ประสิทธิผลของปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนของกระบวนการหมักหญ้าเนเปียร์ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง

Effectiveness of Organic Fertilizer Derived from Napier Grass Fermentation Sludge on the Growth of Pak Choi (*Brassica rapa* L.)

วิภารัตน์ สงวนศิลป์[1] พิมลรัตน์ มิ่งมูล[1] ฐิติรัช งานฉมัง[1] นิมมานนรดี พรหมทอง[2] และปวีณา ลิมปิทีปราการ[1*]
Wiparat Sungunsin[1], Phimonrat Mingmoon[1], Thitirat Nganchamung[1], Nimmannoradee Promtong[2] and Pawena Limpiteeprakan[1*]

[1]วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34910 ประเทศไทย
[2]คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34910 ประเทศไทย
[1]College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, 34190, Thailand
[2]Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, 34190, Thailand
*Corresponding author, e-mail: pawena.l@ubu.ac.th
(Received: Sep 18, 2025; Revised: Mar 17, 2026; Accepted: Mar 25, 2026)

บทคัดย่อ

กากตะกอนของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ ก่อให้เกิดของเสียที่เหลือจำนวนมาก และยังขาดการนำมาใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม หากนำวัสดุเหล่านี้มาผลิตเป็นปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพ จะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนหญ้าเนเปียร์ร่วมกับผักตบชวาและใบจามจุรี รวมทั้งศึกษาประสิทธิผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง การทดลองเป็นการปลูกผักกวางตุ้งด้วยดินผสมปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกัน จำนวน 4 ทรีทเมนต์ ได้แก่ 1) ดินอย่างเดียว (ชุดควบคุม) 2) ดินผสมปุ๋ยอินทรีย์สูตร A (กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ 100 เปอร์เซ็นต์) 3) ดินผสมปุ๋ยอินทรีย์สูตร B (กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ : ผักตบชวา 1:1) และ 4) ดินผสมปุ๋ยอินทรีย์สูตร C (กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ : ใบจามจุรี 1:1) โดยผสมปุ๋ยอินทรีย์กับดินในอัตราส่วน 1:1 เก็บข้อมูลด้านจำนวนใบ ความกว้างใบ ความสูงลำต้น และน้ำหนักสดของพืช ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์แต่ละสูตร พบว่า สูตร A มีไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูงสุด (0.80 และ 0.27 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่สูตร B มีฟอสฟอรัสสูงสุด (0.11 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตาม ปริมาณธาตุอาหารหลักทุกสูตรยังต่ำกว่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อทดสอบการปลูกผักกวางตุ้งเป็นระยะเวลา 45 วัน พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทุกสูตรช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยทรีทเมนต์ที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C ให้ค่าการเจริญเติบโตอยู่ในระดับสูง ทั้งจำนวนใบเฉลี่ย 17.7 ใบ ความสูง 28.6 เซนติเมตร และน้ำหนักสด 44.1 กรัม ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าแม้ปริมาณธาตุอาหารในบางสูตรต่ำเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน แต่การผสมกากตะกอนหญ้าเนเปียร์กับใบจามจุรีช่วยเสริมประสิทธิภาพปุ๋ยอินทรีย์ได้ ดังนั้นจึงควรส่งเสริมการใช้วัสดุเหลือใช้เกษตรกรรมในการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อยกระดับคุณภาพดินและสนับสนุนเกษตรกรรมยั่งยืน

คำสำคัญ : ปุ๋ยอินทรีย์ กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ ผักกวางตุ้ง การเจริญเติบโตของพืช การใช้ประโยชน์ของเสีย

Abstract

The anaerobic digestion of napier grass for biogas production generates a large amount of residual sludge, which remains underutilized. Converting this waste into high-quality compost could improve soil fertility and promote plant growth. This study aimed to evaluate the quality of organic fertilizer produced from napier grass sludge mixed with water hyacinth and rain tree leaves, as well as to assess the effectiveness of these organic fertilizers on the growth of Pak Choi (*Brassica rapa* L.). The experiment involved growing Pak Choi in soil amended with different organic fertilizer treatments. Four treatments were applied: (1) soil alone (control); (2) soil mixed with organic fertilizer formula A (100% napier grass sludge); (3) soil mixed with organic fertilizer formula B (napier grass sludge and water

hyacinth at a 1:1 ratio); and (4) soil mixed with organic fertilizer formula C (napier grass sludge and rain tree leaves at a 1:1 ratio). Organic fertilizer was mixed with soil at a 1:1 ratio. Data collected included the number of leaves, leaf width, plant height, and fresh weight. The analysis of nutrient contents in each organic fertilizer formula showed that formula A contained the highest nitrogen (0.80%) and potassium (0.27%), while formula B had the highest phosphorus (0.11%). However, the macronutrient contents of all formulas were below the standard for organic fertilizers. When applied to Pak Choi cultivation for 45 days, all organic fertilizer treatments significantly enhanced plant growth compared with the control. Treatment C produced the best growth performance, with an average of 17.7 leaves per plant, a plant height of 28.6 cm, and a fresh weight of 44.1g. The results indicate that although the nutrient contents of some compost formulations were lower than the standard requirements, combining napier grass residue with rain tree leaves enhanced the effectiveness of the organic fertilizer. Therefore, the use of agricultural residues for compost production should be promoted to improve soil quality and support sustainable agriculture.

Keywords: Organic fertilizer, Napier grass sludge, Pak Choi (*Brassica rapa* L.), Plant growth, Waste utilization

บทนำ

ในปัจจุบันการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องในประเทศไทยส่งผลให้ปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะของเสียอันตรายและของเสียที่ไม่เป็นอันตรายจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องนำออกไปจัดการภายนอก ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ (Pollution control department, 2024) ในรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2566 ระบุว่า มีการจัดการกากอุตสาหกรรมเข้าระบบรวมกว่า 19.82 ล้านตัน ซึ่งปริมาณกากของเสียอันตรายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ปริมาณของเสียที่เพิ่มขึ้นนี้ไม่เพียงแต่สร้างภาระด้านค่าใช้จ่ายในการจัดการให้กับผู้ประกอบการ แต่ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของชุมชนโดยรอบหากไม่มีการจัดการที่เหมาะสม ดังนั้น แนวทางการลดและนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ (Waste utilization) จึงกลายเป็นกลยุทธ์สำคัญที่ภาครัฐและภาคอุตสาหกรรมให้ความสนใจอย่างยิ่ง เพื่อตอบสนองต่อนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) และการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมได้ส่งเสริมให้มีการนำกากอุตสาหกรรมที่เคยเป็นของเสียกลับมาสร้างมูลค่าเพิ่มในหลากหลายรูปแบบ เช่น การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากเศษวัตถุดิบและกากตะกอนน้ำเสียผสมวัสดุอื่น ๆ เพื่อใช้ในการเกษตร และการนำชีวมวลมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งไม่เพียงช่วยลดปริมาณของเสียและต้นทุนการจัดการ แต่ยังสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจและสนับสนุนการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าสูงสุด การนำของเสียจากภาคอุตสาหกรรมกลับมาใช้ประโยชน์จึงไม่ใช่แค่การจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม แต่ยังเป็นการสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคม โดยการเปลี่ยนของเสียให้กลายเป็นวัตถุดิบที่มีค่าในกระบวนการผลิตอื่น ๆ ซึ่งจะช่วยขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไปสู่ความยั่งยืนในระยะยาว

ในบริบทของการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) ได้รับความสนใจในฐานะพืชพลังงานที่มีศักยภาพสูง หญ้าชนิดนี้เป็นพืชเขตร้อนที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย มีลักษณะเป็นพืชอายุหลายปีที่ให้ผลผลิตสูงและเก็บเกี่ยวได้หลายครั้งต่อปี ทำให้เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในหลากหลายด้าน นอกจากจะถูกนำไปเป็นอาหารสัตว์ เช่น โคเนื้อ โคนม และกระบือแล้ว หญ้าเนเปียร์เป็นพืชชีวมวลที่มีศักยภาพสูงในการผลิตพลังงานและสามารถนำไปใช้ในระบบก๊าซชีวภาพร่วมกับวัสดุอินทรีย์อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายงานว่าวัตถุดิบชีวมวลจากพืชพลังงานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานและสร้างกากตะกอนที่มีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร (Kovačić *et al.*, 2022) สำหรับในจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกพืชพลังงานอย่างแพร่หลาย มีอุตสาหกรรมที่นำหญ้าเนเปียร์ไปใช้ในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบก๊าซชีวภาพ (Biogas) ร่วมกับวัตถุดิบอื่น ๆ เช่น น้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง น้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และมูลสัตว์ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า กระบวนการนี้ไม่เพียงแต่เปลี่ยนชีวมวลให้เป็น

พลังงานสะอาด แต่ยังสร้างของเหลือซึ่งก็คือ กากตะกอนจากกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ การจัดการกากตะกอนจากระบบย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนยังเป็นเรื่องท้าทายในเชิงการจัดการของเสีย หากไม่ได้รับการบำบัดให้เสถียรจะเกิดปัญหาด้านกลิ่นและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Kovačić *et al.,* 2022)

อย่างไรก็ตาม กากตะกอนดังกล่าวยังคงอุดมไปด้วยธาตุอาหารพืชและอินทรียวัตถุ โดยมีงานวิจัยด้านปุ๋ยอินทรีย์และการจัดการกากตะกอนจากระบบก๊าซชีวภาพระบุว่า กากตะกอนที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนในระบบผลิตก๊าซชีวภาพยังคงมีปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืชที่สำคัญ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุปรับปรุงดินได้ โดยมีบทบาทในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและสนับสนุนระบบเกษตรกรรมหมุนเวียน (Martín-Sanz-Garrido *et al.,* 2025) ซึ่งเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียจากภาคเกษตรและอุตสาหกรรม การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนจึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพ เนื่องจากช่วยลดปัญหาของเสียจากกระบวนการผลิตและส่งเสริมการเกษตรแบบยั่งยืน โดยสามารถนำมาผสมร่วมกับวัสดุอินทรีย์ชนิดอื่น เช่น ผักตบชวาและใบจามจุรี เพื่อปรับสมดุลของวัตถุดิบ เพิ่มความหลากหลายขององค์ประกอบอินทรีย์ และส่งเสริมกระบวนการย่อยสลายระหว่างการหมัก งานวิจัยหลายชิ้นรายงานว่าวัสดุอินทรีย์และกากตะกอนจากกระบวนการชีวภาพสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์และวัสดุปรับปรุงดินเพื่อสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชได้ (Muktamar *et al.,* 2022; Youngmanee *et al.,* 2019) นอกจากนี้ ผักตบชวาซึ่งเป็นชีวมวลที่เติบโตเร็ว ยังมีศักยภาพในการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินและความพร้อมใช้ของธาตุอาหารเมื่อผ่านกระบวนการหมัก (Salsabilla *et al.,* 2025; Canning, 2025)

การนำของเสียจากภาคอุตสาหกรรมกลับมาใช้ประโยชน์จึงไม่ใช่แค่การจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม แต่ยังเป็นการสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคม โดยการเปลี่ยนของเสียให้กลายเป็นวัตถุดิบที่มีค่าในกระบวนการผลิตอื่น ๆ ซึ่งจะช่วยขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไปสู่ความยั่งยืนในระยะยาว การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนกระบวนการหมักหญ้าเนเปียร์ ร่วมกับผักตบชวาและใบจามจุรี ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง (*Brassica rapa* L.) รวมถึงศึกษาปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการหมักหญ้าเนเปียร์ร่วมกับผักตบชวา และใบจามจุรี ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสม เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากของเสียในภาคเกษตรกรรม และช่วยลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีในระยะยาว

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารและประสิทธิผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนของกระบวนการหมักหญ้าเนเปียร์ร่วมกับผักตบชวาและใบจามจุรีต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง (*Brassica rapa* L.)

การทดลองเริ่มจากการเตรียมปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการทดลองจำนวน 3 สูตร โดยหมักแบบใช้ออกซิเจนบนลาน (Windrow system) เป็นระยะเวลา 45 วัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์และการเข้าสู่สภาวะคงตัวของปุ๋ยหมัก (Ay *et al.,* 2024) การประเมินความสมบูรณ์ของการย่อยสลายใช้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) และลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักเป็นตัวบ่งชี้ โดยปุ๋ยหมักที่มีค่า C/N ไม่เกิน 20:1 ตามแนวทางของกรมพัฒนาที่ดินถือว่ามีความสมบูรณ์เพียงพอสำหรับการนำไปใช้ทางการเกษตร เนื่องจากค่า C/N ratio ดังกล่าวบ่งชี้ถึงความสมดุลของคาร์บอนและไนโตรเจนที่เอื้อต่อกระบวนการแร่ธาตุและการหมุนเวียนไนโตรเจนในดิน มากกว่าการสะสมไนโตรเจนในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ (Aguilar-Paredes *et al.,* 2023) ระหว่างการหมัก ผู้วิจัยได้ดูแลรักษากองปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ โดยทำการกลับกองทุก 2-3 วัน เพื่อเพิ่มการถ่ายเทอากาศและกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ ควบคุมความชื้นให้อยู่ในระดับเหมาะสม และจัดวางกองปุ๋ยในพื้นที่ที่มีอากาศถ่ายเทพร้อมมีวัสดุคลุมเพื่อป้องกันน้ำฝนและการชะล้างธาตุอาหาร

ปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 สูตรประกอบด้วย 1) กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ 100 เปอร์เซ็นต์ 2) กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ 50 เปอร์เซ็นต์ : ผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ และ 3) กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ 50 เปอร์เซ็นต์ : ใบจามจุรี 50 เปอร์เซ็นต์ หลังครบกำหนดการหมัก แบ่งปุ๋ยแต่ละสูตรจำนวน 1 กิโลกรัม ส่งตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ณ ห้องปฏิบัติการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยยังไม่ผสมกับดิน เพื่อประเมินคุณภาพของปุ๋ยหมักในแต่ละสูตรก่อนนำปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 สูตรมาผสมกับดินร่วนจากงานสวนและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สำหรับการทดลองปลูกพืช โดยการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และไนโตรเจน (N) ใช้วิธี Combustion method โดยเครื่องวิเคราะห์ธาตุแบบ CHNS analyzer ส่วนปริมาณฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) วิเคราะห์ด้วยวิธี Atomic emission

method ตามวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ ค่าอัตราส่วน C/N ratio คำนวณจากค่าคาร์บอนและไนโตรเจนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้สมการ ดังนี้

$$\text{C/N ratio} = \frac{\text{เปอร์เซ็นต์คาร์บอนทั้งหมด (Total C)}}{\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)}}$$

ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุคำนวณจากค่าคาร์บอนทั้งหมด คูณ 1.724 ตามสูตรการคำนวณมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 เรื่อง กำหนดคุณภาพมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ การเปรียบเทียบนี้ใช้เพื่อประเมินความเหมาะสมของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นในงานวิจัยนี้ในเชิงคุณภาพและแนวโน้มการพัฒนาให้สอดคล้องกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ในอนาคต

การทดลองปลูกผักกวางตุ้งด้วยดินผสมปุ๋ยอินทรีย์วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีทเมนต์ ได้แก่ ดินอย่างเดียว (ชุดควบคุม) และดินผสมปุ๋ยอินทรีย์ 3 สูตร โดยแต่ละทรีทเมนต์ทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 ซ้ำ โดยใช้กระถางปลูกจำนวน 1 กระถางต่อซ้ำ รวมทั้งสิ้น 20 กระถางตลอดการทดลองมีอัตราส่วนดังนี้

1) ชุดควบคุม (Control) ใช้ดินเพียงอย่างเดียว 3 กิโลกรัม
2) สูตร A (กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ 100 เปอร์เซ็นต์) ผสมดินอัตรา 1:1 (1.5 : 1.5 กิโลกรัม)
3) สูตร B (กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ 50 เปอร์เซ็นต์ : ผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์) ผสมดินอัตรา 1:1 (1.5 : 1.5 กิโลกรัม)
4) สูตร C (กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ 50 เปอร์เซ็นต์ : ใบจามจุรี 50 เปอร์เซ็นต์) ผสมดินอัตรา 1:1 (1.5 : 1.5 กิโลกรัม)

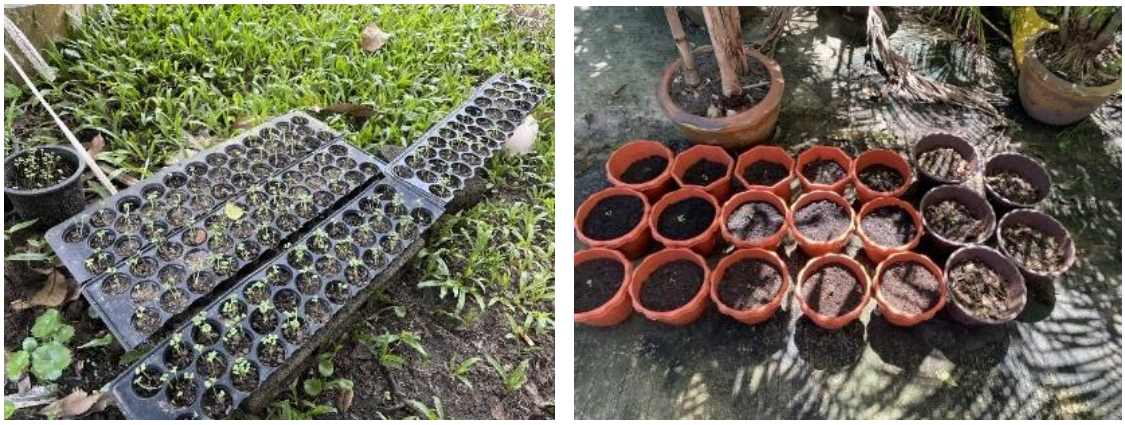
กระถางที่ใช้เป็นพลาสติกกลมสีดำขนาด 8 นิ้ว สามารถบรรจุดินได้ประมาณ 3 กิโลกรัม ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินร่วนได้จากงานสวนและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ก่อนนำมาใช้ ดินถูกตากแห้ง บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร สำหรับการเตรียมต้นกล้า เมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้ง (*Brassica rapa* L.) ที่ใช้ในการทดลองเป็นเมล็ดพันธุ์เชิงพาณิชย์ พันธุ์ทศกัณฐ์ 37 ผลิตและจำหน่ายโดย บริษัท อีสต์ เวสต์ ซีด จำกัด (East-West Seed) ซื้อจากร้านจำหน่ายเมล็ดพันธุ์การเกษตรทั่วไป เป็นพันธุ์ที่นิยมใช้ในการปลูกเชิงการค้า มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 35–40 วัน ต้นกล้าผักกวางตุ้งถูกเพาะเมล็ดในถาดเพาะหลุมใส่ดินร่วน เมล็ดพันธุ์จะถูกใส่ลงในหลุมอย่างสม่ำเสมอ รดน้ำทุกวันในช่วงเช้าและเย็นเพื่อรักษาความชื้น และเมื่อต้นกล้าอายุครบ 14 วัน จึงย้ายลงปลูกในกระถางทดลอง (ภาพที่ 1) โดยคัดเลือกต้นกล้าที่สมบูรณ์ 1 ต้นต่อ 1 กระถาง

สำหรับการให้น้ำควบคุมอย่างเป็นมาตรฐาน โดยสัปดาห์ที่ 1–2 ให้ 500 มิลลิลิตรต่อวัน สัปดาห์ที่ 3–4 ให้ 700 มิลลิลิตรต่อวัน และสัปดาห์ที่ 5–6 ให้ 1,000 มิลลิลิตรต่อวัน แบ่งให้น้ำเป็นสองช่วงเวลา คือ ช่วงเช้าและช่วงเย็น ทั้งนี้ควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมือนกันในทุกกระถาง ทั้งแสงแดด อุณหภูมิ และอากาศถ่ายเท ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งตลอดระยะเวลาการทดลอง 45 วัน โดยเก็บข้อมูลเมื่อพืชมีอายุ 14 21 28 35 42 และ 45 วันหลังปลูก เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโตในแต่ละช่วงเวลา ตามตัวแปรที่กำหนด ได้แก่ จำนวนใบ ความกว้างใบ ความสูงลำต้น และน้ำหนักสดของพืช การเก็บข้อมูลใช้พืชในแต่ละกระถางเป็นหน่วยทดลอง โดยปลูกกระถางละ 1 ต้น ทำให้สามารถติดตามและเก็บข้อมูลจากต้นเดียวกันได้อย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการทดลอง

จำนวนใบ (ใบ) ทำการนับเฉพาะใบจริงที่สมบูรณ์ ไม่รวมใบอ่อนที่ยังไม่คลี่เต็มที่ ความสูงลำต้น (เซนติเมตร) วัดจากโคนต้นติดขอบดินถึงปลายยอดใบที่สูงที่สุดโดยใช้ไม้บรรทัด ความกว้างใบ (เซนติเมตร) วัดจากใบที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของแต่ละต้น ณ บริเวณที่กว้างที่สุดของใบ โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ส่วนการวัดน้ำหนักสด (กรัม) ทำการถอนต้นพืชทั้งต้นในวันเก็บเกี่ยว ล้างดินออกให้สะอาด ซับน้ำส่วนเกิน ผึ่งให้แห้ง และชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล (ภาพที่ 2) โดยมีแบบบันทึกการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง เพื่อประเมินผลกระทบของปุ๋ยอินทรีย์แต่ละสูตรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชอย่างเป็นระบบ

การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งตลอดระยะเวลา 45 วัน จะใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ จำนวน ร้อยละ และค่าเฉลี่ย เพื่อประเมินความเหมาะสมของปุ๋ยอินทรีย์จากกระบวนการหมักกากตะกอนหญ้าเนเปียร์ในแต่ละอัตราส่วนต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง โดยตัวชี้วัดประกอบด้วย จำนวนใบ ความกว้างใบ ความสูง

ลำต้น และน้ำหนักสดของพืช ณ วันเก็บเกี่ยว (อายุ 45 วัน) จากนั้น จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง ได้แก่ จำนวนใบ ความสูงลำต้น ความกว้างใบ และน้ำหนักสดของแต่ละชุดการทดลองและชุดควบคุม ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์ด้วยวิธี Scheffé ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เพื่อระบุความแตกต่างที่แท้จริงระหว่างคู่กลุ่มการทดลองแต่ละคู่



ภาพที่ 1 ต้นกล้าผักกวางตุ้ง และการปักชำต้นกล้าลงในกระถางปลูก



ภาพที่ 2 การเก็บเกี่ยวผักกวางตุ้ง การวัดความกว้างของใบ และการชั่งน้ำหนักสด ณ วันที่เก็บเกี่ยว

ผลการวิจัย

เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 สูตร ทางห้องปฏิบัติการกับค่ามาตรฐานตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 พบว่า ปริมาณไนโตรเจนสูงสุดพบในปุ๋ยสูตร A เท่ากับ 0.80 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือปุ๋ยสูตร C (0.72 เปอร์เซ็นต์) และ ปุ๋ยสูตร B (0.53 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งทั้งหมดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานไม่น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุดพบในปุ๋ยสูตร B เท่ากับ 0.11 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือปุ๋ยสูตร A เท่ากับ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทั้งสองสูตรมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 ที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก ปริมาณโพแทสเซียมสูงสุดพบในปุ๋ยสูตร A เท่ากับ 0.27 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือปุ๋ยสูตร B เท่ากับ 0.24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 สำหรับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) พบว่าสูงสุดในปุ๋ยสูตร A (14.70) รองลงมาคือปุ๋ยสูตร B (13.35) และปุ๋ยสูตร C (12.14) ซึ่งทั้งหมดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ไม่เกิน 20:1) สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่าปุ๋ยสูตร A มีค่าอินทรียวัตถุเท่ากับ 20.22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ขณะที่ปุ๋ยสูตร B และสูตร C มีค่าอินทรียวัตถุต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 สูตร

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ			หน่วย	เกณฑ์กำหนด[a]
	ปุ๋ยสูตร A	ปุ๋ยสูตร B	ปุ๋ยสูตร C		
ปริมาณคาร์บอน	11.73	7.12	8.70	เปอร์เซ็นต์	-
ปริมาณไฮโดรเจน	5.68	6.70	5.91	เปอร์เซ็นต์	-
ปริมาณไนโตรเจน	0.80	0.53	0.72	เปอร์เซ็นต์	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก
ปริมาณฟอสฟอรัส	0.07	0.11	0.04	เปอร์เซ็นต์	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
ปริมาณโพแทสเซียม	0.27	0.24	0.17	เปอร์เซ็นต์	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน[b]	14.70	13.35	12.14	_	ไม่เกิน 20 : 1
อินทรียวัตถุ[b]	20.22	12.27	14.99	เปอร์เซ็นต์	ไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

หมายเหตุ : [a] ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 131 ตอนพิเศษ 29 ง หน้า 4
[b] ค่าอินทรียวัตถุและอัตราส่วน C/N ที่รายงานเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณตามวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้

ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง ณ วันเก็บเกี่ยว (อายุ 45 วัน) พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทุกสูตรส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ จำนวนใบ ความกว้างใบ ความสูงลำต้น และน้ำหนักสด ดังแสดงในตารางที่ 2

ในด้านจำนวนใบพบว่า ชุดที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C (กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ผสมใบจามจุรี) ให้จำนวนใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 17.67 ± 0.94 ใบ ซึ่งแตกต่างจากสูตร A และสูตร B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่สูตร A (14.67 ± 0.94 ใบ) และสูตร B (13.67 ± 1.70 ใบ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงกว่าชุดควบคุมซึ่งมีจำนวนใบเฉลี่ยเพียง 5.33 ± 0.47 ใบ

สำหรับความกว้างใบ ความสูงลำต้น และน้ำหนักสด พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทุกสูตรให้ค่าการเจริญเติบโตสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสูตร A, สูตร B และสูตร C ตามผลการทดสอบ Scheffé ความกว้างใบเฉลี่ยของชุดที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อยู่ในช่วง 8.12–9.98 เซนติเมตร ขณะที่ชุดควบคุมมีความกว้างใบเฉลี่ยเพียง 1.72 ± 0.61 เซนติเมตร

ในด้านความสูงลำต้น พบว่าชุดที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีความสูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25.50–28.60 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยชุดควบคุมมีความสูงเฉลี่ยเพียง 6.93 ± 2.04 เซนติเมตร ส่วนผลการวิเคราะห์น้ำหนักสด พบว่าพืชที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีน้ำหนักสดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 32.17–44.08 กรัม ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน โดยชุดควบคุมมีน้ำหนักสดเฉลี่ยเพียง 0.59 ± 0.35 กรัม

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) แสดงให้เห็นว่าตัวแปรการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง ได้แก่ จำนวนใบ ความกว้างใบ ความสูงลำต้น และน้ำหนักสด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ($p < 0.001$) การทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Scheffé พบว่า ชุดทดลองที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทุกสูตรมีค่าการเจริญเติบโตแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างบางสูตรของปุ๋ยอินทรีย์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการวัดการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง ณ วันเก็บเกี่ยว

ชุดการทดลอง	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ)	ความกว้างใบเฉลี่ย (เซนติเมตร)	ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม)
ชุดควบคุม (Control)	5.33 ± 0.47[c]	1.72 ±0.61[b]	6.93 ±2.04[b]	0.59 ±0.35[b]
ชุด A (กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ + ดิน)	14.67 ±0.94[b]	8.12 ±0.59[a]	25.50 ±1.87[a]	32.17 ±4.19[a]
ชุด B (กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ + ผักตบชวา)	13.67 ±1.70[b]	9.98 ±0.97[a]	28.00 ±1.87[a]	38.97 ±8.07[a]
ชุด C (กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ + ใบจามจุรี)	17.67 ±0.94[a]	8.93 ±0.18[a]	28.60 ±1.22[a]	44.08 ±8.75[a]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ จากการทดสอบ Post hoc multiple comparisons ด้วยวิธี Scheffé

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ของการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง

ตัวแปรการเจริญเติบโต		Sum of squares	df	Mean square	F	p-value
จำนวนใบ	Between groups	251.000	3	83.667	45.636	<.001*
	Within groups	14.667	8	1.833		
	Total	265.667	11			
ความกว้างใบ	Between groups	124.883	3	41.628	80.867	<.001*
	Within groups	4.118	8	.515		
	Total	129.001	11			
ความสูงลำต้น	Between groups	955.642	3	318.5467	67.157	<.001*
	Within groups	37.947	8	4.743		
	Total	993.589	11			
น้ำหนักชั่งสด	Between groups	3432.429	3	1144.143	19.884	<.001*
	Within groups	460.316	8	57.539		
	Total	3892.77	11			

หมายเหตุ : *มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์จากการหมักกากตะกอนหญ้าเนเปียร์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 สูตรมีปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 ประเด็นดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากลักษณะของวัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้ในการผลิตปุ๋ย ซึ่งประกอบด้วยกากตะกอนหญ้าเนเปียร์ ผักตบชวา และใบจามจุรี โดยวัสดุเหล่านี้จัดเป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีโครงสร้างเส้นใยสูง มีปริมาณลิกนินและเซลลูโลสในระดับสูง ส่งผลให้กระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เป็นไปอย่างช้า และจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาการหมักที่ยาวนานเพื่อให้เกิดการแร่ธาตุ (mineralization) อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ ระยะเวลาการหมัก 45 วันที่ใช้ในการศึกษานี้อาจอยู่ในช่วงที่กระบวนการย่อยสลายยังดำเนินต่อเนื่อง ส่งผลให้ธาตุอาหารหลัก โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการแร่ธาตุของจุลินทรีย์ ยังไม่ถูกปลดปล่อยออกมาในระดับสูง โดยมีงานวิจัยที่สนับสนุนว่า ปริมาณธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ได้จะเพิ่มขึ้นตามระดับความสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักระยะเวลา กิจกรรมของจุลินทรีย์ และสภาวะแวดล้อมของการหมัก (Aguilar-Paredes et al., 2023) โดยแม้ว่าปุ๋ยหมักในระยะกึ่งสมบูรณ์อาจยังมีค่าธาตุอาหารรวมไม่สูง แต่สามารถมีบทบาทในการปรับปรุงสมบัติดินและสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชได้ในเชิงหน้าที่

แม้ว่าปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 สูตรจะต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แต่ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยทุกสูตรอยู่ในช่วงประมาณ 12–15 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดไม่เกิน 20:1 และจัดอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ทางการเกษตร ค่า C/N ratio ในช่วงดังกล่าวสะท้อนถึงระดับความสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักในแง่การย่อยสลายของอินทรียวัตถุ และบ่งชี้ว่ากระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนในดินมีแนวโน้มเกิดขึ้นมากกว่าการตรึงไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์ ส่งผลให้พืชสามารถเข้าถึงไนโตรเจนได้อย่างต่อเนื่องหลังการใส่ปุ๋ย สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Khunthong et al. (2018) ที่ชี้ว่าค่า C/N ratio เป็นตัวชี้วัดความพร้อมใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยอินทรีย์ที่มีความเหมาะสมมากกว่าการพิจารณาปริมาณธาตุอาหารรวมเพียงอย่างเดียว

ผลการทดลองการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง ณ วันเก็บเกี่ยว (45 วัน) แสดงให้เห็นว่าทุกชุดการทดลองที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ให้ค่าการเจริญเติบโตทั้งจำนวนใบ ความกว้างใบ ความสูงลำต้น และน้ำหนักสดสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนหญ้าเนเปียร์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ชนิดอื่นสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าปริมาณธาตุอาหารหลักจากการวิเคราะห์ทางเคมีจะต่ำกว่ามาตรฐานก็ตาม ผลการศึกษานี้สนับสนุนแนวคิดที่ว่าประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์มิได้ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารรวมเพียงอย่างเดียว แต่ยังเกี่ยวข้องกับกลไกการปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างค่อยเป็นค่อยไป การเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ การถ่ายเทอากาศ และ

การปรับปรุงโครงสร้างดิน ซึ่งล้วนส่งผลต่อการพัฒนาของระบบรากและการดูดซึมธาตุอาหารของพืช (Martín-Sanz-Garrido et al., 2025; Wongmetha et al., 2017)

เมื่อพิจารณาเชิงเปรียบเทียบระหว่างสูตรปุ๋ย พบว่าปุ๋ยสูตร C ซึ่งใช้กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ผสมกับใบจามจุรี ให้ผลการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งสูงที่สุดในด้านจำนวนใบ ความสูงลำต้น และน้ำหนักสด แม้ว่าปริมาณธาตุอาหารหลักจากการวิเคราะห์ทางเคมีจะไม่สูงที่สุดก็ตาม อาจเนื่องมาจากใบจามจุรีซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์จากพืชตระกูลถั่วมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก ทั้งในด้านการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้มีความร่วนซุยและโปร่ง และการเพิ่มแหล่งไนโตรเจนทางอ้อมผ่านกระบวนการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ ส่งผลให้ระบบรากพืชสามารถแผ่กระจายได้ดีและเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมธาตุอาหาร ผลที่ได้สอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่าการใช้วัสดุอินทรีย์จากพืชสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพปุ๋ยหมักและสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชผ่านการปรับปรุงโครงสร้างดินและการปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างต่อเนื่อง (Youngmanee et al., 2019; Muktamar et al., 2022)

สำหรับปุ๋ยสูตร B ซึ่งใช้กากตะกอนหญ้าเนเปียร์ผสมกับผักตบชวา แม้ว่าจะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดในบรรดาปุ๋ยทั้ง 3 สูตร และให้ค่าความกว้างใบเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง แต่ผลการเจริญเติบโตในด้านจำนวนใบ ความสูงลำต้น และน้ำหนักสดยังไม่เด่นเท่าสูตร C ประเด็นดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับลักษณะของผักตบชวาซึ่งเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างเส้นใยหยาบและมีความชื้นสูง ส่งผลให้กระบวนการย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหารเกิดขึ้นช้ากว่าวัสดุอินทรีย์ประเภทใบไม้ วัสดุอินทรีย์จากผักตบชวายังมีศักยภาพในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยอื่นหรือวัสดุอินทรีย์ชนิดอื่น (Salsabilla et al., 2025) และสามารถเพิ่มปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินและส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ซึ่งช่วยเพิ่มความพร้อมใช้ของธาตุอาหารในดินและการเจริญเติบโตของพืช (Canning, 2025) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่าชีวมวลจากผักตบชวามีศักยภาพในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินและสามารถเพิ่มอินทรียวัตถุและความพร้อมใช้ของธาตุอาหารในดินได้ เมื่อผ่านกระบวนการหมักที่เหมาะสม (Canning, 2025; Salsabilla et al., 2025)

ความแตกต่างของชนิดวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักส่งผลโดยตรงต่ออัตราการย่อยสลาย อินทรียวัตถุคงเหลือและสมบัติทางกายภาพของดิน งานศึกษาการสลายตัวของใบไม้จากพืชตระกูลถั่วพบว่าชนิดของวัสดุอินทรีย์ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการย่อยสลาย โดยวัสดุที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงและค่า C/N ratio ต่ำ เช่น ใบไม้จากพืชตระกูลถั่ว มีแนวโน้มย่อยสลายได้เร็วกว่า ส่งผลให้ธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจน ถูกปลดปล่อยออกสู่ดินได้อย่างต่อเนื่อง (Casanova-Lugo et al., 2024) ในขณะที่วัสดุที่มีลิกนินและเซลลูโลสสูงจะย่อยสลายช้ากว่าและคงอยู่ในดินได้นานกว่า ซึ่งส่งผลต่อความโปร่ง การอุ้มน้ำ และการถ่ายเทอากาศของดิน (Martín-Sanz-Garrido et al., 2025) ปัจจัยดังกล่าวอาจเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้การเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งแตกต่างกันระหว่างสูตรปุ๋ยอินทรีย์ในการศึกษานี้

โดยสรุป แม้ว่าปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 สูตรที่ผลิตขึ้นในการศึกษานี้จะยังไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ในด้านปริมาณธาตุอาหารหลัก แต่ค่า C/N ratio ที่เหมาะสมและคุณสมบัติของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ผสม โดยเฉพาะใบจามจุรี มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งผ่านการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินและการปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างต่อเนื่อง ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการประเมินประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์ควรพิจารณาทั้งคุณภาพทางเคมี กระบวนการย่อยสลาย และผลกระทบต่อระบบดิน–พืชควบคู่กัน เพื่อสะท้อนศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอย่างเหมาะสมและยั่งยืน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนหญ้าเนเปียร์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งแตกต่างกัน โดยปุ๋ยอินทรีย์ทุกสูตรให้ค่าการเจริญเติบโตสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ปุ๋ยสูตรผสมกากตะกอนหญ้าเนเปียร์กับใบจามจุรีให้ผลดีที่สุดต่อจำนวนใบ ความสูงลำต้น และน้ำหนักสดของผักกวางตุ้งภายใต้เงื่อนไขการทดลองนี้ ขณะที่ปุ๋ยสูตรผสมกับผักตบชวาให้ค่าความกว้างใบเฉลี่ยสูงสุด แสดงให้เห็นว่าชนิดและสัดส่วนของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยสรุปปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนหญ้าเนเปียร์มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ในการปลูกผักกวางตุ้ง ในระบบการปลูกแบบกระถางภายใต้เงื่อนไขการทดลองนี้ สำหรับการศึกษาครั้งต่อไป ควรพิจารณาเพิ่มระยะเวลาการหมัก เพื่อปรับปรุงความสมบูรณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ และศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อคุณสมบัติดินและพืชชนิดอื่นเพิ่มเติม เพื่อยืนยันผลและขยายขอบเขตการประยุกต์ใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความร่วมมือจากบริษัท พลาสม่าเพียวริตี้ จำกัด ในการให้ความอนุเคราะห์กากตะกอนจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้ และได้รับการช่วยเหลือจาก สำนักงานบริหารกายภาพและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้อนุเคราะห์พื้นที่สำหรับจัดทำปุ๋ยและทดลองปลูกพืช ซึ่งทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณทุนสนับสนุนกลุ่มวิจัยสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

เอกสารอ้างอิง

Ay, A., Kızılkaya, R., Demirkaya, S., Gülser, C., Durmuş, M. & Yavuzkılıç, Y. (2024). Composting of hazelnut husk and pruning residues. In Proceedings of the 11th International Soil Congress 2024: Challenge Soil Threats, Save Your Future Horizon (pp. 105–111). Nevşehir, Türkiye.

Aguilar-Paredes, A., Valdés, G., Araneda, N., Valdebenito, E., Hansen, F., & Nuti, M. (2023). Microbial community in the composting process and its positive impact on the soil biota in sustainable agriculture. *Agronomy,* 13(2), 542. https://doi.org/10.3390/agronomy13020542

Canning, A. (2025). A review on harnessing the invasive water hyacinth (Eichhornia crassipes) for use as an agricultural soil amendment. *Land,* 14(5), 1116. https://doi.org/10.3390/land14051116

Casanova-Lugo, F., Cetzal-Ix, W. R., Escobedo-Cabrera, A., Villanueva-López, G., Oros-Ortega, I., Aryal, D. R. & Piñeiro-Vázquez, Á.T. (2024). Decomposition and nutrient release of leaves of tree legumes with agroforestry potential in the sub-humid tropic. *Agroforestry Systems,* 98, 3165–3177. https://doi.org/10.1007/s10457-024-01080-w

Hermsanjod, S. (2021). *Degradation of organic materials in soils under different types of organic materials* [Online]. Retrieved January 3, 2026, from: https://agri.ubu.ac.th/mis/seminar/upload/564usLkgwiUFp.pdf. (in Thai)

Khunthong, S., Wattanawangjongsuk, C. & Narabhat, S. (2018). Effects of lignin, carbon, nitrogen and polyphenol of the *Crotalaria juncea* to nitrogen mineralization. *Khon Kaen Agr. J., 46*(4), 665-674. (in Thai)

Kovačić, Đ., Lončarić, Z., Jović, J., Samac, D., Popović, B. & Tišma, M. (2022). Digestate management and processing practices: A review. *Applied Sciences, 12*(18), 9216. https://doi.org/10.3390/app12189216

Martín-Sanz-Garrido, C., Revuelta-Aramburu, M., Santos-Montes, A.M., & Morales-Polo, C. (2025). A review on anaerobic digestate as a biofertilizer: characteristics, production, and environmental impacts from a life cycle assessment perspective. *Applied Sciences, 15*(15), 8635. https://www.mdpi.com/2076-3417/15/15/8635

Muktamar, Z., Larasati, T., Widiyono, H. & Setyowati, N. (2022). Soil nitrate availability pattern as influenced by application of vermicompost supplemented with a liquid organic fertilizer. *International Journal of Agricultural Technology, 18*(1), 281–292.

Pollution Control Department. (2024). *Thailand state of pollution report 2023* [Online]. Retrieved September 17, 2024, from: https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2024/06/pcdnew-2024-06-27_07-56-53_810220.pdf. (in Thai)

Salsabilla, A., Sofyan, E.T. & Yuniarti, A. (2025). Impact of Water Hyacinth Compost and Compound Fertilizers on Soil Chemistry, Nutrient Uptake, and Shallot Yield. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science), 30*(1), 155-164.

Wongmetha, O., Linwattana, K., Saeyang, K., Phueakphong, A. & Tansao, W. (2017). *The open-pollinated Variety trials of Chinese kale, Choy-sum and Pakchoy for the highland area.* Chiang Mai Royal Agricultural Research Center & Horticultural Research Institute, Thailand. (in Thai)

Youngmanee, K., Teamkao, P. & Nuthong, O. (2019). Combination uses of boiler ash and palm oil mill sludge with animal manures in compost production. *King Mongkut's Agricultural Journal, 37*(4), 604-611. (in Thai)