

ผลของการใช้ปุ๋ยหมักจากกากตะกอนก๊าซชีวภาพผสมวัสดุพืชต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

EFFECTS OF BIOGAS SLUDGE COMPOST MIXED WITH PLANT MATERIALS ON THE GROWTH OF CHINESE WATER SPINACH

สุดารัตน์ สุวรรณไตร¹ ธิดาร์ตน์ สำนักนิตย์¹ ฐิติรัช งานฉมั่ง¹ นิมนนารดี พรหมทอง² ปวีณา ลิ้มปิธิปการ^{*1}
 Sudarat Suwannatrai¹, Thidarat Samnaknit¹, Thitirat Nganchamung¹, Nimmannoradee Promtong²
 Pawena Limpiteeprakan^{*1}

¹ วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

² คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

¹ College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University

² Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University

* E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): pawena.l@ubu.ac.th

วันที่รับบทความ 16 กันยายน 2568 วันที่ไขบทความ 29 ธันวาคม 2568 วันที่ตอบรับบทความ 31 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักจากกากตะกอนของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังร่วมกับวัสดุพืช ได้แก่ ผักตบชวาและใบจามจุรี ต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน เป็นการศึกษาเชิงทดลอง โดยแบ่งปุ๋ยหมักเป็น 3 สูตร ได้แก่ สูตร A (กากตะกอนเพียงอย่างเดียว) สูตร B (กากตะกอนผสมผักตบชวา 1:1) และสูตร C (กากตะกอนผสมใบจามจุรี 1:1) หมักเป็นเวลา 45 วัน หลังจากนั้นนำปุ๋ยหมักผสมกับดินในอัตรา 1:1 โดยน้ำหนัก รวมกระถางละ 3 กิโลกรัม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ พร้อมชุดควบคุมที่เป็นดินล้วน ประเมินผลการเจริญเติบโตโดยวัดจำนวนใบ ความสูงลำต้น เส้นรอบลำต้น และน้ำหนักสดของผักบุ้งจีนเมื่อผักบุ้งมีอายุ 25 วัน ผลการทดลองพบว่า ชุดการทดลอง C (กากตะกอนผสมใบจามจุรี 1:1) ให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุดในทุกด้าน โดยมีจำนวนใบเฉลี่ย 20.00 ± 1.54 ใบ ความสูง 4.12 ± 0.28 ซม. เส้นรอบลำต้น 5.84 ± 0.13 มม. และน้ำหนักสด 12.43 ± 0.90 กรัม ขณะที่ชุดควบคุมมีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด (จำนวนใบเฉลี่ย 11.58 ± 0.26 ใบ ความสูง 3.07 ± 0.19 ซม. เส้นรอบลำต้น 4.12 ± 0.30 มม. และน้ำหนักสด 3.67 ± 0.29 กรัม) สูตร B และ A ให้ผลรองลงมา ตามลำดับ การศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้ปุ๋ยหมักที่ผสมกากตะกอนกับวัสดุพืชสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สูตร C ที่ผสมกากตะกอนกับใบจามจุรีเป็นสูตรที่เด่นที่สุดในการส่งเสริมการเจริญเติบโต ปรับปรุงคุณภาพดิน และรักษาสมดุลทางนิเวศวิทยา

คำสำคัญ: กากตะกอนก๊าซชีวภาพ; ปุ๋ยหมัก; ผักตบชวา; ใบจามจุรี; การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effectiveness of compost produced from anaerobic digestate of cassava starch waste mixed with plant materials, namely water hyacinth and *Samanea saman* (rain tree) leaves, on the growth performance of Chinese water spinach (*Ipomoea aquatica*). The experiment involved three compost formulations: Formula A (digestate only), Formula B (digestate mixed with water hyacinth at a 1:1 ratio), and Formula C (digestate mixed with rain tree leaves at a 1:1 ratio). All composts were fermented for 45 days and subsequently mixed with soil at a 1:1 ratio by weight, with a total of 3 kg per pot. The experiment was conducted with three replications, including a control group containing soil alone. Plant growth was assessed on day 25 by measuring the number of leaves, plant height, stem circumference, and fresh weight. The results indicated that Formula C (digestate + rain tree leaves 1:1) produced the highest growth performance across all parameters, with an average of 20.00 ± 1.54 leaves, plant height of 4.12 ± 0.28 cm, stem circumference of 5.84 ± 0.13 mm, and fresh weight of 12.43 ± 0.90 g. In contrast, the control group recorded the lowest performance (11.58 ± 0.26 leaves, 3.07 ± 0.19 cm height, 4.12 ± 0.30 mm stem circumference, and 3.67 ± 0.29 g fresh weight). Formulas B and A ranked second and third, respectively. Overall, the findings demonstrate that compost derived from digestate mixed with plant materials can effectively enhance the growth of Chinese water spinach. Formula C, in particular, stands out as the most effective formulation, contributing not only to improved plant growth and soil quality but also supporting ecological sustainability.

Keywords: Biogas sludge; Compost; Water hyacinth; *Samanea saman* leaves; Chinese water spinach growth

1. บทนำ

ภาคเกษตรกรรมของประเทศไทยยังคงเป็นหนึ่งในภาคเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น มันสำปะหลัง ซึ่งมีปริมาณการผลิตสูงถึง 28.62 ล้านตันในปี พ.ศ. 2567 [1] การปลูกมันสำปะหลังไม่เพียงแต่สร้างรายได้ให้เกษตรกรไทยเท่านั้น แต่ยังเป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ การผลิตพลังงานชีวภาพ และอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพืชเศรษฐกิจนี้ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มผลผลิตที่ผ่านมามีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมาก ซึ่งแม้ว่าจะช่วยเพิ่มผลผลิตระยะสั้น แต่กลับส่งผลกระทบต่อคุณภาพดิน ลดความอุดมสมบูรณ์ของดิน และก่อให้เกิดการสะสมของสารไนเตรดในพืช ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค [2] แนวทางการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากสามารถปรับปรุงคุณภาพดิน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ ลดการใช้สารเคมี และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังสอดคล้องกับแนวคิด เกษตรกรรมยั่งยืน และ เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ซึ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ลดของเสีย และสร้างมูลค่าเพิ่มให้วัสดุเหลือใช้ในภาคการเกษตร

กากมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิต มักถูกมองว่าเป็นของเสีย แต่ในความเป็นจริงกากมันสำปะหลังอุดมไปด้วยธาตุอาหารสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม อีกทั้งมีโครงสร้างรูพรุนที่สามารถอุ้มน้ำและระบายอากาศได้ดี ทำให้รากพืชเจริญเติบโตได้อย่างเหมาะสม [3] การนำกากตะกอนนี้ไปหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพไม่เพียงแต่ช่วยสร้างพลังงานชีวภาพ แต่ยังได้ของเหลือเป็น กากตะกอนหมักก๊าซชีวภาพ ซึ่งยังคงอุดมไปด้วยธาตุอาหารสำคัญและสามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ใช้ปรับปรุงดิน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

มีหลายงานวิจัยที่สนับสนุนว่าการใช้วัสดุอินทรีย์จากพืชสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักและปรับปรุงคุณภาพดินได้อย่างมีนัยสำคัญ โดย Amaya-Gómez และคณะ [4] พบว่าปุ๋ยหมักช่วยเพิ่มการตรึงไนโตรเจนและส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ในดิน ส่งผลให้ผลผลิตพืชดีขึ้น ขณะที่ Canning [5] และ Beesigamukama และคณะ [6] รายงานว่าผักตบชวาเป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีศักยภาพสูงในการผลิตปุ๋ยหมัก เนื่องจากอุดมไปด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสซึ่งช่วยเร่งการย่อยสลาย และ Mashavira และคณะ [7] ยังพบว่าปุ๋ยหมักผักตบชวาช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศได้อย่างชัดเจน

ด้านคุณภาพของปุ๋ยหมัก งานของ Ndiaye และคณะ [8] แสดงว่าการผสมวัสดุพืชร่วมกับกากตะกอนช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหลัก (N-P-K) และลดอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Patra และคณะ [9] ที่ศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักและเวอร์มิคอมโพสต์จากวัสดุอินทรีย์หลายชนิด เช่น ใบไม้และผักตบชวา โดยพบว่ากระบวนการหมักช่วยลดค่า C/N ratio เพิ่มปริมาณไนโตรเจนในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ และเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน อันเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยยกระดับคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากนี้ Serafini [10] รายงานว่าการใช้ผักตบชวาในการผลิตปุ๋ยหมักยังมีข้อดีด้านสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน ส่วน Tibebe และคณะ [11] และ Sultana และคณะ [12] ยังคงสนับสนุนว่าปุ๋ยหมักจากวัสดุพืชสามารถเพิ่มคุณภาพดินและผลผลิตพืชได้ดี ดังนั้น วรรณกรรมทั้งหมดนี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการผสมวัสดุพืชกับกากตะกอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักและสนับสนุนการเกษตรกรรมยั่งยืน

อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้กากตะกอนหมักก๊าซชีวภาพเป็นปุ๋ยอยู่บ้าง แต่หลายงานเน้นเพียงการใช้วัสดุชนิดเดียว และขาดการศึกษาการผสมกากตะกอนกับวัสดุพืชเหลือใช้ท้องถิ่น เช่น ผักตบชวาและใบจามจุรี ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการหมัก ปรับปรุงโครงสร้างดิน และเสริมธาตุอาหารเพิ่มเติม รวมทั้งขาด

ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับผลกระทบของปุ๋ยหมักต่อ พืชเศรษฐกิจระยะสั้น เช่น ผักบุ้งจีน ซึ่งเป็นพืชยอดนิยมในครัวเรือน และเกษตรกรรายย่อย การศึกษาเชิงทดลองเพื่อตรวจสอบผลของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนร่วมกับวัสดุพืชเหล่านี้ต่อการเจริญเติบโตของพืชจึงเป็นสิ่งจำเป็น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักจากกากตะกอนหมักก๊าซชีวภาพร่วมกับผักตบชวาและใบจามจุรี รวมถึงประเมินประสิทธิภาพของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน การศึกษานี้ไม่เพียงแต่ให้ข้อมูลพื้นฐานทางวิชาการเกี่ยวกับคุณสมบัติและประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ แต่ยังช่วยประเมินความเป็นไปได้ในการใช้ ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี เพิ่มมูลค่าให้วัสดุเหลือใช้ และเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับเกษตรกร นอกจากนี้ งานวิจัยยังสอดคล้องกับแนวคิดเกษตรกรรมยั่งยืนและเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยการลดของเสีย เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร และสนับสนุนการผลิตอาหารปลอดภัย การศึกษานี้จึงมีความสำคัญทั้งในด้านการเกษตรและสิ่งแวดล้อม และคาดว่าจะ成为ข้อมูลอ้างอิงที่เป็นประโยชน์สำหรับนักวิจัย เกษตรกร และผู้สนใจด้านการพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุเหลือใช้ในอนาคต

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตรกำหนดข้อกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยหมัก [13] ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดและข้อกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
กรณีไม่เป็นปุ๋ยอินทรีย์เหลว		
1	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก
2	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
3	โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
4	มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกัน	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก
5	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)	ไม่เกิน 20 : 1
6	ความชื้น	ไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก
กรณีเป็นปุ๋ยอินทรีย์เหลว		
1	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
2	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
3	โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
4	มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกัน	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก
5	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)	ไม่เกิน 20 : 1

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักจากกากตะกอนของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพจากมันสำปะหลัง และประเมินประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักดังกล่าวต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน ขั้นตอนการหมักปุ๋ยหมักดัดแปลงจากแนวทางของ สุธีรา สุนทรารักษ์ [14] โดยผู้วิจัยได้ปรับอัตราส่วนและระยะเวลาหมักให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของกากตะกอน รายละเอียด

วิธีการผสมดินและปุ๋ยหมัก รวมถึงขั้นตอนการปลูกผักบุ้งจีน ก็ปรับให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักที่ใช้ในการทดลองผลิตจากกากตะกอนของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพจากมันสำปะหลังผสมกับผักตบชวาและใบจามจุรี โดยใช้วิธีการหมักแบบกองบนลาน (Windrow System) เป็นเวลา 45 วัน หลังจากนั้นนำตัวอย่างปุ๋ยหมักที่ได้ไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่าปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ฟอสฟอรัส (Phosphorus) โพแทสเซียม (Potassium) รวมถึงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N Ratio) และปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter, OM)



ภาพที่ 1 ภาพกองปุ๋ยหมักกับใบจามจุรี (a) และกองปุ๋ยหมักกับผักตบชวา (b)

3.2 การทดลองปลูกผักบุ้งจีน

ดำเนินการทดลองปลูกผักบุ้งจีนโดยเตรียมดินปลูกตากแดดเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำดินมาผสมคลุกเคล้ากับปุ๋ยหมักจากกากตะกอนแต่ละสูตรใน อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก เพื่อควบคุมปริมาณวัสดุให้แน่นสม่ำเสมอ ทำซ้ำได้ และช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน รวมถึงเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน การทดลองแบ่งออกเป็น 4 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 3 ซ้ำ (3 กระถางต่อชุด) โดยกำหนดน้ำหนักรวมต่อกระถาง 3 กิโลกรัม ได้แก่ ชุดควบคุมซึ่งใช้ดินปลูกเพียงอย่างเดียว และชุดทดลองที่ใช้ดินผสมปุ๋ยหมักแต่ละสูตร หลังจากเตรียมวัสดุปลูกแล้วจึงทำการย้ายต้นกล้าผักบุ้งจีนลงปลูกในกระถางทดลอง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนของดินและปุ๋ยหมักในชุดการทดลองปลูกผักบุ้งจีน

ชุดการทดลอง	ประเภทของปุ๋ยหมัก	อัตราส่วนปุ๋ยหมัก: ดิน (โดยน้ำหนัก)	ดิน (กิโลกรัม)	ปุ๋ย (กิโลกรัม)
ชุดควบคุม (Control)	ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก	0:1	3.0	-
ชุดการทดลอง A	ปุ๋ยหมักจากกากตะกอน	1:1	1.5	1.5
ชุดการทดลอง B	ปุ๋ยหมักสูตรกากตะกอน+ผักตบชวา	1:1	1.5	1.5
ชุดการทดลอง C	ปุ๋ยหมักสูตรกากตะกอน+เศษใบจามจุรี	1:1	1.5	1.5

3.3 การวัดการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนตลอดระยะเวลา 25 วันหลังจากการปลูก โดยเก็บข้อมูลรวม 3 ครั้ง ในวันที่ 15, 20, และ 25 ได้แก่ ความสูงของลำต้นที่วัดจากโคนต้นถึงยอดใบที่สูงที่สุด (หน่วยเป็น

เซนติเมตร) จำนวนใบที่สมบูรณ์ เส้นรอบวงลำต้นที่วัดบริเวณโคนต้น (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) และน้ำหนักสดของต้น ผักบั้งจีนหลังจากล้างเศษดินออก (หน่วยเป็นกรัม)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลการเจริญเติบโตของผักบั้งจีนที่เก็บรวบรวมได้ตลอดระยะเวลา 25 วัน จะถูกนำเสนอในรูปแบบของ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่ออธิบายข้อมูลในแต่ละกลุ่มการทดลอง จากนั้น จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ จำนวนใบ ความสูง เส้นรอบวงลำต้น และน้ำหนักสดของผักบั้งจีนในแต่ละชุดการทดลองและชุดควบคุม การวิเคราะห์จะใช้ สถิติแบบ ANOVA (Analysis of Variance) หากพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จะทำการทดสอบต่อยอดด้วย Post Hoc Multiple Comparisons โดยใช้ วิธีการ Scheffé เพื่อระบุความแตกต่างที่แท้จริงระหว่างคู่กลุ่มการทดลองแต่ละคู่

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารทางห้องปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของปุ๋ยหมักทั้งสามสูตร (A, B, และ C) ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่ามีปริมาณ ธาตุอาหารที่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 สำหรับ ปริมาณไนโตรเจน (N) พบว่าปุ๋ยสูตร C มีค่าสูงสุดที่ร้อยละ 4.72 และปุ๋ยสูตร A มีค่าใกล้เคียงกันที่ร้อยละ 4.66 โดย ทั้งสองสูตรมีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 ในขณะที่ปุ๋ยสูตร B มีปริมาณไนโตรเจน เพียงร้อยละ 0.77 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) พบว่าทุกสูตรมีปริมาณน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ กำหนดไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยเฉพาะปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยสูตร A และ C ที่มีค่าเพียงร้อยละ 0.13 และปุ๋ย สูตร B ที่มีค่าร้อยละ 0.09 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าผลการทดสอบจากบริษัท อุบลไปโอเพาเวอร์ จำกัด อย่างไรก็ตาม ปริมาณ โพแทสเซียมในปุ๋ยสูตร C (ร้อยละ 0.20) มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่บริษัทวิเคราะห์ได้ (ร้อยละ 0.22)

นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ยังพบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยสูตร B และ C (9.71 และ 1.66 ตามลำดับ) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 20:1 และปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ในปุ๋ย สูตร C (ร้อยละ 135.16) และปุ๋ยสูตร B (ร้อยละ 128.04) มีค่าที่สูงมาก

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารทางห้องปฏิบัติการของปุ๋ยแต่ละสูตร

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ ^a	ผลการทดสอบ ^b			ค่ามาตรฐาน ^c	หน่วย	วิธีทดสอบ อ้างอิง
		ปุ๋ยสูตร A	ปุ๋ยสูตร B	ปุ๋ยสูตร C			
ไนโตรเจน (N)	1.04	4.66	0.77	4.72	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1	ร้อยละ	Combustion method, CHNS analyzer

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ ^a	ผลการทดสอบ ^b			ค่ามาตรฐาน ^c	หน่วย	วิธีทดสอบอ้างอิง
		ปุ๋ยสูตร A	ปุ๋ยสูตร B	ปุ๋ยสูตร C			
ฟอสฟอรัส (P)	0.44	0.13	0.09	0.13	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5	ร้อยละ	Atomic Emission Method
โพแทสเซียม (K)	0.22	0.09	0.14	0.20	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5	ร้อยละ	Atomic Emission Method
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	11.59	1.53	9.71	1.66	ไม่เกิน 20:1	-	Calculation
อินทรีย์วัตถุ (OM)	20.80	122.56	128.04	135.16	มากกว่าร้อยละ 20	ร้อยละ	

หมายเหตุ : ^aผลการทดสอบที่ได้จาก บริษัท อุบลไปโอเพาเวอร์ จำกัด (2564)

^bผลการทดสอบปริมาณธาตุอาหาร ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^cประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557

4.2 การเจริญเติบโตของผักบุ้งเงินในการทดลอง

จากการทดลองพบว่าชุดการทดลอง C ซึ่งใช้ปุ๋ยหมักจากกากตะกอนร่วมกับใบจามจุรีผสมดิน แสดงผลการเจริญเติบโตของผักบุ้งเงินดีที่สุดในทุกด้าน โดยมีจำนวนใบเฉลี่ย 20.00 ± 1.54 ใบ ความสูงเฉลี่ย 4.12 ± 0.30 ซม. เส้นรอบลำต้นเฉลี่ย 5.84 ± 0.33 มม. และน้ำหนักสดเฉลี่ย 12.43 ± 1.11 กรัม ในวันที่ 25 หลังปลูก รองลงมาคือชุดการทดลอง B ซึ่งมีจำนวนใบเฉลี่ย 12.75 ± 1.33 ใบ ความสูงเฉลี่ย 3.24 ± 0.30 ซม. เส้นรอบลำต้นเฉลี่ย 4.61 ± 0.33 มม. และน้ำหนักสดเฉลี่ย 4.47 ± 0.71 กรัม สำหรับชุดการทดลอง A พบว่ามีกาเจริญเติบโตใกล้เคียงกับชุดควบคุม โดยมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่าชุดการทดลอง C อย่างชัดเจน ขณะที่ชุดควบคุมให้ค่าต่ำที่สุดในทุกตัวแปร โดยมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวัดการเจริญเติบโตของผักบุ้งเงิน ณ วันที่เก็บเกี่ยว (25 วัน)

ชุดการทดลอง	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ)	ความสูงเฉลี่ย (ซม.)	เส้นรอบวงลำต้นเฉลี่ย (มม.)	น้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม)
ชุดควบคุม (Control)	11.58 ± 0.26	3.07 ± 0.19	4.12 ± 0.30	3.67 ± 0.29
ชุดการทดลอง A	13.38 ± 1.69	3.14 ± 0.13	4.36 ± 0.16	4.23 ± 0.99
ชุดการทดลอง B	12.75 ± 1.33	3.24 ± 0.25	4.61 ± 0.33	4.47 ± 0.71
ชุดการทดลอง C	20.00 ± 1.54	4.12 ± 0.30	5.84 ± 0.13	12.43 ± 1.11

4.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิผลของปุ๋ยหมักแต่ละสูตร

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิผลของปุ๋ยหมักทั้งสี่สูตรการทดลองพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกตัวแปรการเจริญเติบโต ($p < 0.001$) ตามการวิเคราะห์แบบ One-way ANOVA และการทดสอบ Post Hoc แบบ Scheffé โดยสูตรการทดลอง C (กากตะกอนผสมใบจามจุรี) ให้ผลการเจริญเติบโตสูงที่สุดอย่างชัดเจน ได้แก่ จำนวนใบเฉลี่ย 20 ใบ ความสูงลำต้น 4.12 ซม. เส้นรอบลำต้น 5.84 มม. และน้ำหนักสด 12.43 กรัม ขณะที่ชุดควบคุมมีค่าต่ำสุดในทุกตัวแปร (จำนวนใบเฉลี่ย 11.88 ใบ ความสูง 3.07 ซม. เส้นรอบลำต้น 4.12 มม. และน้ำหนักสด 3.67 กรัม) ส่วนชุดการทดลอง A และ B แสดงผลในระดับปานกลาง โดยมีค่าการเจริญเติบโตสูงกว่าชุดควบคุมแต่ต่ำกว่าสูตร C ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการผสมใบจามจุรีในปุ๋ยหมักสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนได้ดีกว่าสูตรอื่น ๆ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ของการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

ตัวแปรการเจริญเติบโต		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
จำนวนใบ	Between Groups	129.202	3	43.067	16.286	0.001*
	Within Groups	21.155	8	2.644		
	Total	150.357	11			
ส่วนสูง	Between Groups	2.172	3	0.724	9.211	0.006*
	Within Groups	0.629	8	0.079		
	Total	2.801	11			
เส้นรอบวง	Between Groups	5.329	3	1.776	20.071	<0.001*
	Within Groups	0.708	8	0.089		
	Total	6.038	11			
น้ำหนัก ณ วันเก็บเกี่ยว	Between Groups	157.612	3	52.537	49.919	<0.001*
	Within Groups	8.420	8	1.052		
	Total	166.031	11			

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

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักพบว่า สูตร C ซึ่งเป็นปุ๋ยหมักจากกากตะกอนผสมใบจามจุรี มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่น โดยมีค่าร้อยละ 4.72 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานและสูงกว่าค่าที่วิเคราะห์ได้จากกากตะกอนเดิมของบริษัทอย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของใบจามจุรีในฐานะแหล่งอินทรีย์วัตถุที่มีไนโตรเจนสูง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของขวัญฤทัย ทองบุญฤทธิ์ และคณะ [15] ที่ระบุว่าใบจามจุรีสามารถเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในกระบวนการหมักได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ งานวิจัยของสุธีรา สุนทรารักษ์ [14] ยังรายงานว่าปุ๋ยหมักจากเศษใบไม้ โดยเฉพาะใบจามจุรี มีคุณภาพสูง ย่อยสลายได้ดี และมีศักยภาพในการเพิ่ม

ธาตุอาหารหลักให้กับพืช ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ที่พบว่าปุ๋ยหมักสูตร C มีค่าสูงที่สุดในด้านธาตุอาหารและสามารถส่งผลต่อการพัฒนาความสมบูรณ์ของพืชได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้ ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ของปุ๋ยหมักสูตร C มีค่าต่ำ (1.66) อันเป็นผลจากปริมาณไนโตรเจนสูงของใบจามจุรีร่วมกับกากตะกอนหมักก๊าซชีวภาพที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายแล้ว ทำให้คาร์บอนบางส่วนถูกใช้ไปในกระบวนการหมัก ส่งผลให้ค่า C/N ต่ำกว่าปุ๋ยหมักทั่วไป และธาตุไนโตรเจนอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้รวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ค่า C/N ที่ต่ำมากอาจบ่งชี้ถึงความเสี่ยงในการพิจารณาการใช้ปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียไนโตรเจนในระยะยาว ทั้งนี้ ธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ ช่วยในการสร้างโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการพัฒนาโครงสร้างของลำต้นและใบ [16] จึงอธิบายได้ว่าปุ๋ยหมักสูตร C ส่งผลให้ผักบุ้งจีนมีการเจริญเติบโตดีกว่าสูตรอื่นทั้งในด้านจำนวนใบ ความสูงลำต้น เส้นรอบลำต้น และน้ำหนักสด

อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในปุ๋ยหมักทุกสูตรยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากระยะเวลาหมัก 45 วันที่ยังไม่เพียงพอสำหรับการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดซึมได้ทันที ผลวิเคราะห์พบว่าสูตร B และ C มีค่าอินทรีย์วัตถุสูงมาก (ร้อยละ 128.04 และ 135.16 ตามลำดับ) แสดงว่ายังมีส่วนของวัสดุพืชที่สลายตัวไม่สมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ สิทธิศักดิ์ แก้วยศ [17] ที่ชี้ว่าหากการหมักยังไม่ครบระยะเวลาที่เหมาะสม พืชจะไม่สามารถใช้ประโยชน์จากฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากยังคงอยู่ในรูปที่ไม่พร้อมให้ดูดซึม ข้อค้นพบนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ ชนากานต์ แยมภูิกา [18] ที่ระบุว่าการย่อยสลายที่ไม่สมบูรณ์ทำให้ธาตุอาหารรองบางชนิดยังไม่เปลี่ยนรูปเป็นสารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะสั้น แม้ว่าการมีอินทรีย์วัตถุสูงในสูตร B และ C จะทำให้ธาตุอาหารบางส่วนยังไม่พร้อมใช้ในทันที แต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มากก็มีข้อดีในเชิงโครงสร้างดิน กล่าวคือ ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ระบายอากาศ และยึดเกาะของอนุภาคดิน ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนการเจริญเติบโตของระบบรากในระยะยาว แม้ว่าพืชอาจยังไม่สามารถได้รับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในระดับสูง แต่การปรับปรุงสมบัติของดินที่เกิดจากอินทรีย์วัตถุปริมาณมากก็ยังคงส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตโดยรวมของผักบุ้งจีนในระยะต่อไป

ผลการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนหลังการทดลองพบว่าสูตร C ให้ผลดีที่สุดในทุกตัวแปร ได้แก่ จำนวนใบ ความสูง เส้นรอบลำต้น และน้ำหนักสด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้จากปุ๋ยหมัก โดยเฉพาะค่าปริมาณไนโตรเจนที่สูงกว่าในสูตรอื่นอย่างชัดเจน ผักบุ้งจีนที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยสูตร C จึงมีการเจริญเติบโตโดดเด่นกว่า บ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ของพืชทั้งในด้านโครงสร้างและชีวสรีรวิทยา ในขณะที่สูตร B ซึ่งเป็นการผสมกากตะกอนกับผักตบชวาให้ผลดีในระดับปานกลาง สะท้อนว่าผักตบชวาเป็นแหล่งอินทรีย์วัตถุที่มีศักยภาพ แต่มีองค์ประกอบทางธาตุอาหารรองและอินทรีย์วัตถุที่แตกต่างจากใบจามจุรี จึงไม่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตได้เท่ากับสูตร C การวิเคราะห์ทางสถิติ One-way ANOVA และการทดสอบ Scheffé พบว่าชุดการทดลอง C แตกต่างจากชุดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ชุดควบคุมให้ค่าต่ำที่สุดในทุกตัวแปร ซึ่งตอกย้ำถึงความจำเป็นของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงคุณภาพดินและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชผักสวนครัว

เมื่อเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ปุ๋ยหมักจากสูตร A, B และ C กับข้อมูลของบริษัททูลโบโอเพาเวอร์ พบว่าสูตร C มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งยืนยันบทบาทของใบจามจุรีในการเพิ่มศักยภาพของกากตะกอนให้มีปริมาณธาตุอาหารสูงขึ้น ผลการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนหลัง 25 วันยังแสดงผลสอดคล้องกัน คือสูตร C ให้ค่าการเจริญเติบโตที่สูงที่สุด รองลงมาคือสูตร B และ A ส่วนชุดควบคุมแสดงผลต่ำที่สุดอย่างชัดเจน สรุปได้ว่าปุ๋ยหมักจากกากตะกอนร่วมกับใบจามจุรีเป็นสูตรที่มีประสิทธิภาพสูงสุดทั้งในด้านการเพิ่มธาตุอาหารและการ

[6] Beesigamukama, D., Tumuhairwe, J. B., Muoma, J., Maingi, J. M., Ombori, O., Mukaminega, D., Nakanwagi, J., & Amoding, A. (2018). Improving water hyacinth-based compost for crop production. *Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 4(3), 52–63.

- [7] Mashavira, M., Chitata, T., Mhindu, R. L., Muzemu, S., Kapenzi, A., & Manjeru, P. (2015). The effect of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) compost on tomato (*Lycopersicon esculentum*) growth attributes, yield potential and heavy metal levels. *American Journal of Plant Sciences*, 6(4), 868–876. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.64059>
- [8] Ndiaye, I. A., Balde, A., Seydi, O., Tendeng, E., Sylla, S., & Diarra, K. (2025). Impact of composting and vermicomposting of three types of animal manure on the dynamics of macronutrients nitrogen, phosphorus and potassium. *European Scientific Journal, ESJ*, 40, 452–465. <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/19398>
- [9] Patra, R. K., Behera, D., Mohapatra, K. K., Sethi, D., Mandal, M., Patra, A. K., & Ravindran, B. (2022). Juxtaposing the quality of compost and vermicompost produced from organic wastes amended with cow dung. *Environmental Research*, 214(Part 4), Article 114119. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114119>
- [10] Serafini, L. F., Arrobas, M., Rodrigues, M. Â., Feliciano, M., Miguens, F., Oliveira, V., Santos, D., Diaz De Tuesta, J. L., & Gonçalves, A. (2025). The composting of water hyacinth: A life cycle assessment perspective. *Waste and Biomass Valorization*, 16, 507–523. <https://doi.org/10.1007/s12649-024-02203-x>
- [11] Tibebe, D., Kassa, Y., Biru, B., Aregahagne, S., Jember, K., Fentie, T., Assefa, F., Moges, Z., & Ayele, H. S. (2025). Evaluating the nutrient content and heavy metal safety of water hyacinth-based compost: A sustainable solution for chemical fertilizer reduction and nutrient recycling in agriculture. *Scientific African*, 30, Article e02985. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2025.e02985>
- [12] Sultana, M., Jahiruddin, M., Islam, M. R., Rahman, M. M., Abedin, M. A., & Solaiman, Z. M. (2021). Nutrient enriched municipal solid waste compost increases yield, nutrient content and balance in rice. *Sustainability*, 13(3), Article 1047. <https://doi.org/10.3390/su13031047>
- [13] กรมวิชาการเกษตร. (2567, 13 มิถุนายน). ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557. <https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2019/11/FEDOA11.pdf>
- [14] สุธีรา สุนทรารักษ์. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 48. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2553.
- [15] ขวัญฤทัย ทองบุญฤทธิ, ศุภรัตน์ เสงตระกุลเวนิช, วิไลลักษณ์ เครือโป้, และปิยภรณ์ จันธิมา. (2561). ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักใบจามจุรีและแทนแดง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.)*, 5(3), 47–48.
- [16] ศิริพร กาทอง, และเฉลิม เรืองวิริยะชัย. (2557). การหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ. *วารสารวิจัย มข*, 14(4), 57–68.
- [17] สิทธิศักดิ์ แก้วยศ, ฐฐพล สำนักันตย์, พิษณุ นันทอง, พวงเพชร พิมพ์จันทร์, & นีอร งามสุข. (2562). การใช้ปุ๋ยหมักชีวภาพและแบคทีเรียละลายฟอสเฟตเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวมะลิสีสุรินทร์. *วารสารแก่นเกษตร*, 47(1), 692–696.

- [18] ชนากานต์ แยมภูิกา, ผานิตย์ นาขยัน, สาวิกา กอนแสง, ภาวิณี อารีศรีสม, & วีณา นิลวงศ์. (2565). อิทธิพลของน้ำหมักชีวภาพต่อการย่อยสลายและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของฟางข้าว. *วารสารแก่นเกษตร*, 50(6), 1797–1807.