

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมและคุณสมบัติ
ของกระถางเพาะชำอินทรีย์จากผักตบชวาและแกลบ

THE STUDY OF THE APPROPRIATE RATIO AND PROPERTIES OF
ORGANIC NURSERY POTS FROM WATER HYACINTH AND RICE HUSKS

วีรญา สิงคณิภา* และ วีรชน ทองอัม

Weeraya Singcanipa*, and Weerachon Thongoum

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat University

*corresponding author e-mail: weeraya.sing82@gmail.com

(Received: 21 May 2024; Revised: 3 August 2024; Accepted: 13 August 2024)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปกระถางเพาะชำอินทรีย์จากผักตบชวาและแกลบดิบ ปริมาณธาตุอาหารหลักในวัสดุดิบ ปริมาณธาตุอาหารหลักในกระถางเพาะชำอินทรีย์ ศึกษาความแข็งแรงและการดูดซับน้ำของกระถางเพาะชำอินทรีย์จากผักตบชวาและแกลบดิบ และยังได้นำกระถางเพาะชำอินทรีย์จากผักตบชวาและแกลบดิบไปทดสอบปลูกมะเขือเทศ การศึกษาปริมาณไนโตรเจน พบว่า กระถางเพาะชำอินทรีย์มีค่าระหว่าง 3.425–5.013% ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าระหว่าง 0.015–0.028% และปริมาณโพแทสเซียมมีค่าระหว่าง 0.808–2.213% การทดสอบความแข็งแรงอยู่ระหว่าง 15.467×10^3 – 49.467×10^3 N/m² ส่วนการทดสอบการดูดซับน้ำอยู่ระหว่าง 25.496–43.531% และผลการนำกระถางเพาะชำอินทรีย์จากผักตบชวาและแกลบดิบไปทดสอบปลูกมะเขือเทศ พบว่า กระถางเพาะชำอินทรีย์ สูตรที่ 3 อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาวแป้งเปียก 80 : 20 : 300 มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบและค่าเฉลี่ยความสูงมากที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้เป็นทางเลือกในการนำวัสดุที่เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม และวัสดุที่เป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรมาทำกระถางเพาะชำอินทรีย์ อีกทั้งกระถางเพาะชำอินทรีย์ที่พัฒนาขึ้นยังเป็นกระถางที่ช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับกล้าไม้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: กระถางเพาะชำอินทรีย์ ผักตบชวา แกลบ ธาตุอาหาร

Abstract

This research aimed to study the appropriate ratio for forming organic nursery pots from water hyacinth and raw rice husks, the macronutrients in raw materials, and the macronutrient content in organic nursery pots. The strength and water-holding capacity of the obtained organic nursery pots were investigated. Subsequently, these were used to grow the tomatoes. The results indicate the nitrogen, phosphorus and potassium content in the range of 3.425–5.013%, 0.015–0.028% and 0.808–2.213%, respectively. The strength and water absorption tests are varied from 15.467×10^5 – 49.467×10^5 N/m², and from 25.496–43.531%, respectively. However, the tomato growing in the organic nursery pots with the third formula i.e., the ratio of water hyacinth to raw rice husk to paste glue is 80 : 20 : 300, exhibits the highest average number of leaves and height. Therefore, in this research, an alternative is to use materials that are environmental problems and agricultural by-products to make organic nursery pots. In addition, the organic nursery pots developed are pots that increase the amount of nutrients for the seedlings, providing an environmentally friendly solution.

Keywords: Organic nursery pots, Water hyacinth, Raw rice husks, Primary macronutrients

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ข้าวเป็นสินค้าเกษตรส่งออกหลักของประเทศ ที่ครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุด (คิดเป็น 46.10% ของพื้นที่เกษตรทั้งหมดของประเทศ และครอบคลุมครัวเรือนถึง 4.90 ล้านครัวเรือน (คิดเป็น 60.50% ของจำนวนครัวเรือนภาคเกษตรทั้งหมด (ชัยวัช, 2565) ดังนั้นผลพลอยได้จากการสีข้าว คือ แกลบดิบ (Rice husk) มีหน้าที่ป้องกันเมล็ดข้าว ซึ่งประกอบด้วย องค์ประกอบทางเคมีหลายอย่าง เช่น สารเซลลูโลส (Cellulose) มีประมาณ 40–50% สารประกอบประเภทลิกนิน (Lignin) มีประมาณ 25–30% ส่วนที่เป็นเถ้าถ่าน (Ash) 15–20% และความชื้น (Moisture) 8–15% พบว่า ส่วนที่เป็นสารประกอบอินทรีย์มีมากถึง 75–90% ที่เหลือเป็นส่วนประกอบของแร่ต่างๆ เช่น ซิลิกา (Silica) สารประกอบแอลคาไลด์ (Alkalids) และธาตุที่เป็นส่วนน้อย (Trace elements) อื่นๆ (Sarangi, Bhattacharyya & Behera, 2009)

ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) มีปริมาณ Crude protein ในปริมาณปานกลาง มี Nitrogen free extracts และ Total ash ในปริมาณสูง (นัยนันท์, 2561) นอกจากนี้ จะพบว่า ผักตบชวาโดยส่วนใหญ่จะมีการดูดสารเหล่านี้จากแหล่งน้ำ เช่น ดูดซับสารไนเตรต ไโอออน (NO_3^-) แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และฟอสเฟตไอออน (PO_4^{3-}) (Rommens et al., 2003)

ผักตบชวาช่วยในการบำบัดน้ำเสีย โดยอาศัยคุณสมบัติทำหน้าที่เป็นตัวกรอง ผักตบชวาที่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น เปรียบได้กับการบรรจุวัสดุพรุน ซึ่งกรองน้ำที่ไหลผ่านกอผักตบชวาอย่างช้าๆ จึงทำให้ของแข็งแขวนลอยต่างๆ ที่ปนอยู่ในน้ำถูกสกัดกั้น ระบบรากที่มีจำนวนมากช่วยกรองสารอินทรีย์ที่ละเอียด และจุลินทรีย์ที่อาศัยเกาะอยู่ที่ราก ช่วยดูดสารอินทรีย์ไว้ด้วยอีกทางหนึ่ง รากผักตบชวาจะดูดสารอาหารที่อยู่ในน้ำลำเลียงไปยังใบเพื่อสังเคราะห์แสง ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจึงถูกกำจัดไป (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ผักตบชวามีสารอาหารที่พืชต้องการได้แก่ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งจากการศึกษาการทำปุ๋ยหมักร่วมกับกากตะกอนส่วนเกินระบบบำบัดน้ำเสียมีการวิเคราะห์ ธาตุอาหารเริ่มต้นของผักตบชวาพบมีปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เท่ากับ 2.770.60 และ 3.20 เปอร์เซ็นต์ (ประไพพรรณ, 2559)

กระถางที่ใช้ในการเพาะชำพืชส่วนใหญ่ทำมาจากพลาสติก เมื่อพืชที่เพาะชำในกระถางนั้นเจริญเติบโตเต็มที่เกษตรกรก็จะนำพืชนั้นปลูกลงในดิน โดยถุงเพาะชำพลาสติกหรือกระถางพลาสติกที่ผ่านการใช้งานแล้วจะกลายเป็นขยะ จะถูกทำลายโดยการเผาหรือการฝังกลบก่อให้เกิดไมโครพลาสติกในดิน เป็นพาหะสารอินทรีย์ที่เป็นพิษและโลหะที่เป็นพิษ ซึ่งพืชดูดซับได้ง่าย (Bansal & Singh, 2022) เข้าสู่สายใยอาหาร ส่งผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ (Senathirajah et al., 2021) เป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดผลเสียต่อระบบนิเวศของดิน (Yu et al., 2020) นอกจากนี้พบว่า ในระยะเวลา 1 ปี โพลีเอทิลีนและพลาสติกสามารถย่อยสลายตามธรรมชาติได้เพียง 8.06% และ 5.63% ตามลำดับ (Thomas et al., 2015) ดังนั้นการนำเอาวัสดุทางการเกษตรหรือวัสดุที่สามารถย่อยสลายเองได้ตามธรรมชาติมาทดแทนวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากพลาสติก อีกทั้งยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุทางการเกษตรได้ จากงานวิจัยของ สุรัชย์ และวิโรจน์ (2566) ได้ศึกษากระถางกล้าไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและผักตบชวา พบว่า หลังปลูกพืช 15 วัน พืชเจริญเติบโตได้ดี กระถางสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้พืชเจริญเติบโตได้ ซึ่งจากผลงานวิจัยของ Schettini et al. (2013) แสดงให้เห็นว่ากระถางชีวภาพที่ผลิตขึ้นนั้นมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชอยู่ในวัตถุดิบ จึงมีส่วนช่วยเพิ่มธาตุอาหารแก่พืชหากกระถางย่อยสลายเองโดยธรรมชาติและช่วยปรับปรุงดินได้ นอกจากนี้การศึกษาปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนและหลังการทดลองของภาชนะเพาะชำจากฟางข้าว ใบอ้อย และใบลำไย พบว่า ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในดินหลังการทดลองมีปริมาณผักตบชวาช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับดิน สามารถย่อยสลายทางชีวภาพ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เหมาะสำหรับ การเจริญเติบโตของรากพืชและดูดซับน้ำได้ดี ส่วนแกลบเป็นวัสดุแนวใหม่มีเส้นใยที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับกระถางชีวภาพ ช่วยเพิ่มอายุการใช้งาน (Srisunont et al., 2024)

ธาตุอาหารหลักในพืช ธาตุไนโตรเจน (N) จัดว่าเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Plant Available Nitrogen; PAN) ในดินอยู่ในรูปของอนินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรตไอออน (NO_3^-) (Sullivan, 2012) ประโยชน์ของไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ย ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนปลดปล่อยมากที่สุดในตลาดที่ 2 หลังการบ่ม มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ (Nilawong, 2012) ได้ศึกษาการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินโดยการบ่มดินกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนในสัดส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อสัดส่วนดินต่อปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเท่ากับ 1 : 0.50 และ 1 : 1 โดยน้ำหนัก ธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารพืชธาตุหนึ่ง ที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก และจะมีอยู่ในดินต่ำมากโดยมีค่าเฉลี่ยเพียง 0.06% เมื่อเทียบกับไนโตรเจนที่มี 0.14% และโพแทสเซียม 0.83% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอยู่ในรูปอนุมูลฟอสเฟต คือ H_2PO_4^- และ HPO_4^{2-} ซึ่งได้จากการกระบวนการแปรสภาพของอินทรีย์วัตถุ และการละลายของสารประกอบฟอสเฟตต่างๆ ในดิน ออกมาอยู่ในสารละลายดิน (Soil solution) ซึ่งอยู่ในสภาพสมดุลกัน ส่วนโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมากและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ในกิจกรรมสร้างและเคลื่อนย้ายน้ำตาล สังเคราะห์แสง และการหายใจ เป็นต้น (กองวิเคราะห์ดิน, 2544)

คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำวัสดุจากธรรมชาติ คือ ผักตบชวาซึ่งเป็นวัชพืชที่สร้างปัญหาอย่างมากในแหล่งน้ำ ส่งผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และแกลบ เนื่องด้วยจังหวัดสุรินทร์เป็นจังหวัดที่ทำการปลูกข้าวเป็นอาชีพหลัก เมื่อเกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว หลังการสีข้าวจะได้แกลบออกมา นำแกลบที่เหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตกระถางเพาะชำอินทรีย์อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผักตบชวาจากบ้านคูขาด ตำบลหนองแวง อำเภอศรีณรงค์ จังหวัดสุรินทร์ และแกลบจากโรงสีข้าวในชุมชน และแบ่งมันสำปะหลังจากร้านค้าในชุมชน

1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ ได้แก่ เครื่องขึ้นรูปกระถาง เครื่องปั้น ยี่ห้อ SHARP เตาให้ความร้อน (Hot plate) ยี่ห้อ DLAB รุ่น MS7-H550-S เครื่องชั่งยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น PG2002-S เครื่องอัลตราไวโอเลต-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer) ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น AAnalyst 400 และเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrometer) ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น Lambda 365

1.3 สารเคมี ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) กรดไนตริก (HNO_3) และกรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$)

2. การเตรียมวัตถุดิบและการขึ้นรูปกระถาง

2.1 การเตรียมผักตบชวา นำต้นผักตบชวาสดที่ล้างทำความสะอาดแล้วมาล้างออก แล้วนำลำต้นและใบของผักตบชวามาหั่นหรือสับด้วยมีดให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น นำผักตบชวาที่ได้นำมาตากแดด 2–3 วัน

2.2 การเตรียมแกลบ นำแกลบจากโรงสีข้าวมาล้างทำความสะอาด นำไปตากแดด 1 วัน

2.3 การเตรียมตัวประสานกาวแบ่งเปือก ซึ่งแบ่งมัน 200 กรัม ต่อน้ำ 1000 มิลลิลิตร เทแบ่งมันลงไปในน้ำและคนให้เข้ากัน นำไปให้ความร้อนแล้วคนแบ่งให้สุก จนกระทั่งมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2.4 นำผักตบชวาที่ละเอียดผ่านการตากแห้งแล้วมาผสมกับแกลบดิบ และกาวแบ่งเปือก ตามอัตราส่วนผักตบชวา (กรัม) ต่อแกลบ (กรัม) ต่อกาวแบ่งเปือก (กรัม) 3 อัตราส่วน ดังนี้ 80 : 20 : 300 50 : 50 : 300 และ 20 : 80 : 300 โดยน้ำหนัก แล้วนำไปขึ้นรูปกระถางด้วยอุปกรณ์อัดกระถางที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง ขนาดกระถาง ความสูง 9 เซนติเมตร ความกว้างของปากกระถาง 9 เซนติเมตร ความกว้างของก้นกระถาง 5 เซนติเมตร และความหนาของกระถาง 1.50 เซนติเมตร เมื่อขึ้นรูปกระถางได้แล้ว นำกระถางไปตากแดด 3–5 วัน

3. การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

นำวัตถุดิบที่แห้ง กระถางที่ขึ้นรูป และดินก่อนการปลูก และดินหลังปลูกจากกระถางเพาะชำในแต่ละสูตร มาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) วิเคราะห์โดยวิธีการย่อยด้วยกรด Conc. H_2SO_4 แล้วกลั่นด้วยวิธีเจลดาลท์ (Kjeldahl method) สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) วิเคราะห์ด้วยวิธีวานาโดโมลิบเดต (Vanadomolybdate method) โดยใช้เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis Spectrophotometer) และการวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (Atomic Absorption Spectroscopy)

4. การทดสอบคุณสมบัติของกระถาง

4.1 ทดสอบความแข็งแรง

นำกระถางทั้ง 3 สูตร มาวัดขนาด ความกว้าง ความยาว และความหนาของก้นกระถางแต่ละสูตร นำส่วานมาเจาะรูตรงกลางของก้นกระถางของแต่ละสูตร นำกระถางแต่ละสูตรมาทดสอบความแข็งแรง จะทำการหนีบกระถางไว้ให้ลอยจากพื้นประมาณ 1 เมตร นำลูกตุ้มน้ำหนักมาใส่ โดยเพิ่มน้ำหนักขึ้นทีละ 0.50 กิโลกรัม ซึ่งจะเว้นระยะห่างในการใส่ลูกตุ้ม 1 นาที เพื่อดู

การเปลี่ยนแปลง นำลูกตุ้มน้ำหนักมาใส่จนกระทั่งแต่ละสูตรแตกหัก นำขอคำนวณค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง ดังสมการที่ 1

$$F_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

เมื่อ F_c หมายถึง ความแข็งแรงต่อแรงดึง (นิวตันต่อตารางเมตร, N/m^2)

P หมายถึง น้ำหนักของลูกตุ้ม (กิโลกรัม, kg) $\times 10$ (นิวตัน, N)

A หมายถึง พื้นที่ภาคตัดขวางที่แรงมากระทำ (ตารางเมตร, m^2)

4.2 การทดสอบการดูดซับน้ำ

เตรียมกระถางแต่ละสูตรที่ต้องการทดสอบ หาน้ำหนักของกระถางที่แห้งก่อนทดสอบ โดยการนำเอากระถางไปชั่งน้ำหนัก เมื่อได้น้ำหนักที่แห้งแล้ว ($W_{\text{ก่อน}}$) จากนั้นนำกระถางไปแช่ในภาชนะที่มีน้ำปริมาตร 2,000 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 นาที นำกระถางที่แช่น้ำขึ้นมาและปล่อยให้ น้ำส่วนเกินที่ผิวของกระถางออกจนไม่หยด แล้วนำกระถางไปชั่งน้ำหนักที่อิ่มน้ำ ($W_{\text{หลัง}}$) นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณค่าการดูดซับน้ำ ดังสมการที่ 2

$$\%W = \frac{W_{\text{หลัง}} - W_{\text{ก่อน}}}{W_{\text{ก่อน}}} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ $\% W$ หมายถึง ร้อยละการดูดซับน้ำ

$W_{\text{ก่อน}}$ หมายถึง น้ำหนักของวัสดุก่อนทดสอบ (กรัม, g)

$W_{\text{หลัง}}$ หมายถึง น้ำหนักของวัสดุที่อิ่มน้ำ (กรัม, g)

4.3 การทดสอบการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศในกระถางเพาะชำอินทรีย์

การปลูกพืชในงานวิจัยครั้งนี้ ใช้เมล็ดมะเขือเทศในการปลูก นำดินจำนวน 150 กรัม มาใส่ในแต่ละกระถางทั้ง 3 สูตร จำนวนสูตรละ 3 ใบ (ชำ) เพื่อเตรียมการปลูก นำเมล็ดมะเขือเทศ ใส่ลงไปในกระถาง 1-2 เมล็ด ต่อกระถาง จากนั้นรดน้ำ 10 มิลลิลิตรทุกกระถาง รดน้ำทุกเช้า และเย็น เป็นเวลา 15 วัน บันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโต โดยความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) และบันทึกจำนวนใบ (คู่ใบ)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในผักตบชวาและ แกลบ

ผลการศึกษาธาตุอาหารหลักปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในผักตบชวาและแกลบ ดังตารางที่ 1 พบว่า ผักตบชวามีปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส

และปริมาณโพแทสเซียมมากกว่าที่พบในแกลบดิบ โดยผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในผักตบชวามีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับ 7.472% 0.025% และ 4.197% ตามลำดับ แกลบดิบมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับ 3.269% 0.017% และ 0.499% ตามลำดับ ซึ่งผักตบชวาและแกลบมีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชที่เหมาะสม สามารถนำมาเป็นกระถางเพาะชำอินทรีย์ได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในสารตัวอย่างผักตบชวาและแกลบ

สารตัวอย่าง	ธาตุอาหาร		
	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณฟอสฟอรัส (%)	ปริมาณโพแทสเซียม (%)
ผักตบชวา	7.472±0.000	0.025±0.003	4.197±0.026
แกลบ	3.269±0.093	0.017±0.010	0.499±0.007

2. ผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในกระถางเพาะชำอินทรีย์

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในกระถางเพาะชำอินทรีย์ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในกระถางเพาะชำอินทรีย์มีค่าระหว่าง 3.425–5.012% กระถางเพาะชำอินทรีย์ สูตรที่ 1 (80 : 20 : 300) มีปริมาณไนโตรเจนมากที่สุด โดยปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นตามปริมาณของผักตบชวา ปริมาณฟอสฟอรัสในกระถางเพาะชำอินทรีย์มีค่าระหว่าง 0.015–0.028% กระถางเพาะชำอินทรีย์สูตรที่ 3 (20 : 80 : 300) มีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุด ปริมาณฟอสฟอรัสของกระถางเพาะชำอินทรีย์เพิ่มขึ้นตามปริมาณของแกลบ ปริมาณโพแทสเซียมในกระถางเพาะชำอินทรีย์มีค่าระหว่าง 0.808–2.213% พบว่า กระถางเพาะชำอินทรีย์สูตรที่ 1 (80 : 20 : 300) มีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุด โดยปริมาณโพแทสเซียมของกระถางเพาะชำอินทรีย์เพิ่มขึ้นตามปริมาณของผักตบชวาเช่นเดียวกับปริมาณไนโตรเจน

3. ผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินก่อนปลูก และดินหลังปลูก

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในดินก่อนปลูก พบว่า มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับ 0.125% 0.016% และ 0.036% ตามลำดับ โดยดินหลังปลูกในกระถางเพาะชำอินทรีย์มีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมา คือ ปริมาณโพแทสเซียม แต่ดินหลังปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสลดลง เมื่อเปรียบเทียบดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกจะเห็นว่าดินหลังปลูกมีปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมมากกว่าดินก่อนปลูก ส่วนดินหลังปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสน้อยกว่าดินก่อนปลูก ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ในกระถางเพาะชำอินทรีย์ ดินก่อนปลูก และดินหลังปลูก

ตัวอย่าง	ธาตุอาหาร		
	ปริมาณ ไนโตรเจน(%)	ปริมาณ ฟอสฟอรัส(%)	ปริมาณ โพแทสเซียม(%)
กระถางสูตรที่ 1	5.013±0.0539	0.015±0.001	2.213±0.024
กระถางสูตรที่ 2	4.857±0.337	0.021±0.000	1.631±0.010
กระถางสูตรที่ 3	3.425±0.707	0.028±0.001	0.808±0.012
ดินก่อนการปลูก	0.125±0.143	0.016±0.001	0.036±0.000
ดินหลังปลูกจากกระถางสูตรที่ 1	1.121±0.000	0.013±0.001	1.070±0.007
ดินหลังปลูกจากกระถางสูตรที่ 2	1.121±0.162	0.017±0.001	0.275±0.002
ดินหลังปลูกจากกระถางสูตรที่ 3	1.557±0.285	0.015±0.001	0.660±0.013

หมายเหตุ กระถางสูตรที่ 1 อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาวแป้งเปียก 80 : 20 : 300 โดยน้ำหนัก
 กระถางสูตรที่ 2 อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาวแป้งเปียก 50 : 50 : 300 โดยน้ำหนัก
 กระถางสูตรที่ 3 อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาวแป้งเปียก 20 : 80 : 300 โดยน้ำหนัก

4. ผลการทดสอบคุณสมบัติของกระถาง

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล ดังตารางที่ 3 พบว่า ค่าความแข็งแรงของกระถางเพาะชำอินทรีย์ ในอัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาวแป้งเปียก 80 : 20 : 300 โดยน้ำหนัก มีค่าสูงสุด เท่ากับ $49.467 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ รองลงมา คือ อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาวแป้งเปียก 50 : 50 : 300 และ 20 : 80 : 300 ตามลำดับ

ผลการค่าการดูดซับน้ำพบว่า กระถางเพาะชำอินทรีย์อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาวแป้งเปียก 20 : 80 : 300 มีค่าสูงสุด เท่ากับ 43.531% รองลงมา คือ อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาวแป้งเปียก 50 : 50 : 300 และ 80 : 20 : 300 ตามลำดับ

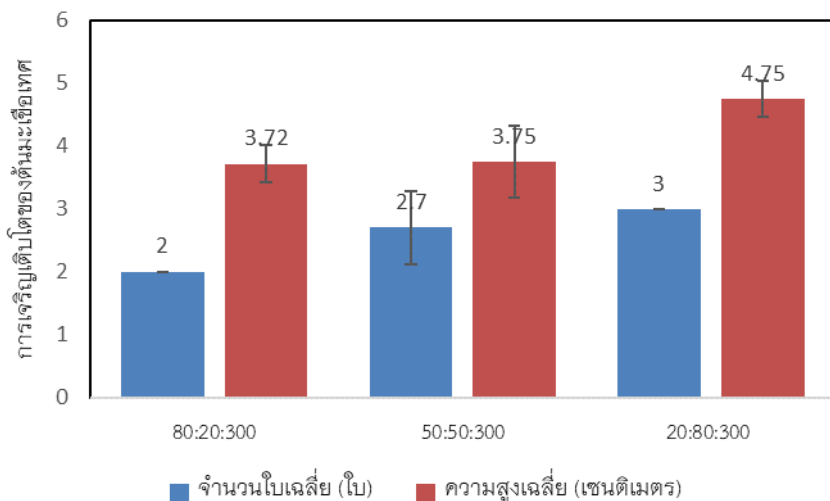
ตารางที่ 3 ผลการศึกษาค่าความแข็งแรง และค่าการดูดซับน้ำของกระถางเพาะชำอินทรีย์

ตัวอย่าง	อัตราส่วนระหว่าง ผักตบชวาต่อแกลบดิบ ต่อกาวแป้งเปียก	ค่าความแข็งแรง ($\times 10^3 \text{ N/m}^2$)	ค่าการดูดซับน้ำ (%)
กระถางสูตรที่ 1	80 : 20 : 300	49.467±0.155	25.496±0.521
กระถางสูตรที่ 2	50 : 50 : 300	48.133±0.155	32.283 ±0.315
กระถางสูตรที่ 3	20 : 80 : 300	15.467±0.155	43.531±0.899

หมายเหตุ กระถางสูตรที่ 1 อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาวแป้งเปียก 80 : 20 : 300 โดยน้ำหนัก
 กระถางสูตรที่ 2 อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาวแป้งเปียก 50 : 50 : 300 โดยน้ำหนัก
 กระถางสูตรที่ 3 อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาวแป้งเปียก 20 : 80 : 300 โดยน้ำหนัก

5. ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศ

ผลการทดสอบการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศในกระถางเพาะชำอินทรีย์ โดยผลการเจริญเติบโต ความสูง และจำนวนใบ พบว่า ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศหลังการปลูก 15 วัน พบว่า กระถางเพาะชำอินทรีย์อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาวแป้งเปียก 20 : 80 : 300 มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบและความสูงมากที่สุด รองลงมา คือ อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาวแป้งเปียก 50 : 50 : 300 และ 80 : 20 : 300 ตามลำดับ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผลการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศหลังการปลูก 15 วัน



ภาพที่ 2 ลักษณะของกระถางเพาะชำอินทรีย์

อภิปรายผล

จากการศึกษาปริมาณอินทรีย์วัตถุในวัตถุติบจะเห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจน และ โฟสเฟอรัสในผักตบชวามีอยู่มาก เนื่องจากแหล่งน้ำที่คณะผู้วิจัยเก็บผักตบชวาอยู่ติดกับนาข้าว และเมื่อถึงฤดูปลูกข้าวเกษตรกรจะนำปุ๋ยมาใส่ในนาข้าว ปุ๋ยเหล่านี้สามารถถูกชะล้างด้วยน้ำแล้ว ไหลลงแหล่งน้ำธรรมชาติ จึงทำให้แหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียงกับนาข้าวมีปริมาณของธาตุอาหาร อยู่มาก ส่งผลให้ผักตบชวาที่ได้นำมาวิเคราะห์มีปริมาณธาตุอาหารมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Rommens et al. (2003) โดยส่วนใหญ่ผักตบชวาจะมีการดูดสารเหล่านี้จากแหล่ง น้ำผ่านระบบรากได้ ผักตบชวาในงานวิจัยนี้มีปริมาณไนโตรเจน (7.472%) และโพแทสเซียม (4.197%) ซึ่งมีปริมาณมากกว่าเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ ประไพพรรณ (2559) ธาตุอาหารเริ่มต้นของ ผักตบชวาพบมีปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เท่ากับ 2.77% 0.60% และ 3.20% ตามลำดับ และงานวิจัยของ สุรัชย์ และวิโรจน์ (2566) ผักตบชวาพบมี ปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เท่ากับ 1.88% 0.28% และ 4.10%

จากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินหลังปลูกพืช ในกระถางเพาะชำอินทรีย์ทั้ง 3 สูตร ส่วนใหญ่มีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่สอดคล้องกับ งานวิจัยของ เกตุสุตา, จุฑารัตน์ และสรวิษฐ์ (2564) ที่ว่าธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในดิน หลังการทดลองมีปริมาณที่ลดลง แต่มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Nilawonk (2012) ว่าใน วัตถุติบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ย ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนปลดปล่อยมากที่สุดในปีที่ 2 หลังการบ่ม เนื่องจากธาตุอาหารที่อยู่ในกระถางเพาะชำอินทรีย์ คือ ผักตบชวาและแกลบดิบ ซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาตินั้น ธาตุอาหารหลักในกระถางเพาะชำอินทรีย์สามารถปลดปล่อยออกมาอยู่ ในดินหลังปลูกได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรัชย์ และวิโรจน์ (2566) กระถางสามารถปลดปล่อย ธาตุอาหารเพื่อให้พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Iwuagwu, Ogonnaya & Onwuchekwa (2020) การใช้แกลบดิบช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิต และมีบางส่วน ที่มีปริมาณธาตุอาหารดินหลังปลูกในกระถางเพาะชำอินทรีย์มีปริมาณลดลง เนื่องจากพืชดูดธาตุ อาหารไปใช้ในการเจริญเติบโต

จากผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงของกระถางเพาะชำอินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม ปริมาณของผักตบชวา เพราะผักตบชวาเป็นเส้นใยและปั้นละเอียด ส่วนแกลบมีลักษณะเป็น รูปทรงรีและแข็ง ทำให้เกิดการจับตัวกับกาบแปงเปียกได้ง่าย อัดแน่นมากขึ้น และมีช่องว่าง ระหว่างวัสดุน้อยลง จึงทำให้ค่าความแข็งแรงของกระถางมีค่ามากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ของ กิตติชัย และคณะ (2558) การทดสอบการดูดซับน้ำของกระถางเพาะชำอินทรีย์ พบว่า ค่าการดูดซับน้ำของกระถางเพาะชำอินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณแกลบดิบ แกลบดิบ ส่งผลให้เกิดช่องว่างระหว่างวัสดุในกระถางเพาะชำอินทรีย์มาก ความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ ทำให้

การอุ้มน้ำได้ดี ซึ่งไม่สอดคล้องกับ Srisunont et al. (2024) กล่าวว่า การใช้วัสดุอินทรีย์ เช่น แกลบ เป็นเส้นใยที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับกระถางชีวภาพและช่วยเพิ่มอายุการใช้งาน เนื่องจากโครงสร้างด้านในของแกลบมีพื้นที่ผิวเรียบ ในขณะที่พื้นที่ผิวด้านนอกนั้นมีความขรุขระอย่างมาก ส่งผลให้เกิดช่องว่างขนาดใหญ่ขึ้นเป็นช่องทางที่น้ำสามารถเคลื่อนที่ได้

จากผลการวิเคราะห์ดินหลังปลูกพืช 15 วัน พบว่า ดินหลังปลูกมีปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียมมากกว่าดินก่อนปลูกพืช เนื่องจากการใช้วัสดุอินทรีย์สามารถเพิ่มความชื้นประโยชน์ของธาตุอาหารให้กับดิน สอดคล้องกับ อรรถพล, ธรรมเรศ และวิทยา (2566) ได้ศึกษาถึงปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ การใช้วัสดุอินทรีย์นอกจากจะช่วยลดความเค็มของดินได้แล้วยังช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า แกลบดิบมีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่าผักตบชวา ทำให้กระถางมีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่ากระถางที่มีอัตราส่วนปริมาณผักตบชวามากกว่า แต่หลังจากปลูกพืชพบว่า ดินหลังปลูกกลับมีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้น เนื่องจากในแกลบดิบมีโปรตีนให้จุลินทรีย์ในดินไปยึดเกาะจึงมีผลทำให้ปริมาณและกิจกรรมจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ความสามารถเซลล์แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนได้ดีขึ้น มีความสอดคล้องกับสุทธวรรณ, ประดับรัฐ และสิริแซ (2559) กล่าวถึงการศึกษาวิธีการที่จะช่วยให้จุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนดำรงชีวิตตรึงอยู่ได้ในดินด้วยการใช้วัสดุธรรมชาติ เช่น วัชพืชหรือขยะธรรมชาติมาเป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์ยึดเกาะอาศัยอยู่เพื่อเพิ่มธาตุไนโตรเจนในดินส่งเสริมการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของต้นพืช

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศหลังการปลูก 15 วัน พบว่า กระถางเพาะชำอินทรีย์ที่มีปริมาณแกลบมากกว่า จะมีปริมาณฟอสฟอรัสมากขึ้นด้วย ส่งผลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากในระยะกล้า ทำให้ต้นกล้ามีพัฒนาการเจริญเติบโตเร็วขึ้น (จักรพงศ์ และบุญมี, 2562)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมและคุณสมบัติของกระถางเพาะชำอินทรีย์จากผักตบชวาและแกลบ จะเห็นว่าธาตุอาหารหลักในผักตบชวามีมากกว่าแกลบ เมื่อนำมาขึ้นรูปกระถางเพาะชำอินทรีย์ ทดสอบความแข็งแรงและทดสอบดูดซับน้ำของกระถางเพาะชำอินทรีย์พบว่า ปริมาณของผักตบชวาส่งผลให้กระถางมีความแข็งแรงมากกว่าปริมาณแกลบดิบ ผักตบชวามีผลต่อปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมในกระถางเพาะชำอินทรีย์ ส่วนปริมาณแกลบทำให้ค่าการดูดซับน้ำและทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสมากขึ้น หลังจากนำกระถางเพาะชำอินทรีย์ทดลองปลูกพืช การวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในดินก่อนปลูกและดินหลังปลูก พบว่า ดินหลังปลูกมีปริมาณไนโตรเจนมากกว่าดินก่อนปลูก โดยเฉพาะสูตรที่มีปริมาณแกลบมากที่สุด รองลงมา คือ ปริมาณ

โพแทสเซียม แกลบดิบเป็นวัสดุธรรมชาติที่เหมาะสมแก่จุลินทรีย์ทำให้ปริมาณและกิจกรรมจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น เซลล์แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนได้ดีขึ้น แต่ดินหลังปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสลดลง เนื่องจากฟอสฟอรัสถูกพืชดึงไปใช้ในการเจริญเติบโต ผลการนำกระถางเพาะชำอินทรีย์ไปปลูกต้นมะเขือเทศ พบว่า กระถางเพาะชำอินทรีย์อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาต่อแกลบดิบต่อกาบแปงเปียก 20 : 80 : 300 ให้ผลการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศดีที่สุด จึงเหมาะสมในการนำไปปลูกพืช เนื่องจากมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการปลูกพืชออกมาในดิน พืชนำธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโต ในงานวิจัยนี้สามารถช่วยลดปริมาณผักตบชวาในแหล่งน้ำ และนำวัสดุเหลือใช้ในการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ นอกจากจะช่วยลดปริมาณขยะได้ทางหนึ่งแล้ว กระถางเพาะชำอินทรีย์นี้มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช เหมาะกับการใช้เพาะต้นกล้าสามารถปลูกลงดินได้ โดยกระถางจากผักตบชวาและแกลบดิบสามารถย่อยสลายในธรรมชาติได้ ทั้งยังช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับต้นพืชและปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้นตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเคมี ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. (2548). **ปุ๋ยอินทรีย์การผลิต การใช้ มาตรฐานและคุณภาพ**. (พิมพ์ครั้งที่ 17). กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.
- กิตติชัย โสพันนา, วิษชุดา ภาโสเม, นกวรรณ วรตง, และอนันตสิทธิ์ ไชยวังราช. (2558). การประดิษฐ์และสมบัติของกระถางชีวภาพ. *SNRU Journal of Science and Technology*, 7(2), 1–7.
- เกตุสุดา พรหมพินิจ, จุฑารัตน์ รอดพ่วง, และสหรัฐ จันจาเร. (2564). **การพัฒนาภาชนะเพาะชำจากเศษชีวมวลสำหรับพืชเก็บเกี่ยวราก**. (ปริญาวิทยาสตรบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม.
- จักรพงษ์ กางโสภา, และบุญมี ศิริ. (2562). การเปลี่ยนแปลงความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) หลังการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับฟอสฟอรัส. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 37(2), 274–283.

- ชัยวัช ไชวเจริญสุข. (2565). **แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2565–2567: อุตสาหกรรมข้าว**. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2566, จาก https://www.krungsri.com/getmedia/305ada9b-d04a-43ab-808e-332becf8c14a/IO_Rice_220203_TH_EX.pdf.aspx
- นัยนันท์ อริยกานนท์. (2561). ผักตบชวากับการบำบัดสารมลพิษในน้ำ. **วารสารสิ่งแวดล้อม**, 22(3), 51.
- ประไพพรรณ จันทร์ทิพย์. (2559). การทำปุ๋ยหมักผักตบชวาร่วมกับกากตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำตาลขี้เหล็ก และกากตะกอนจากโรงงานยางแท่ง STR 20. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม.
- สุทธวรรณ สุพรรณ, ประดับรัฐ ประจันเขตต์, และสิริแซ พงษ์สวัสดิ์. (2559). การใช้แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนร่วมกับวัสดุตัวกลางชีวภาพเพื่อการส่งเสริมการเจริญของพืช. **Progress in Applied Science and Technology**, 6(2), 17–28.
- สุรัชย์ สังข์งาม, และวีโรจน์ เชาว์วิเศษ. (2566). กระถางเพาะกล้าไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและผักตบชวา. **Journal of Advanced Development in Engineering and Science**, 13(38), 96–107.
- อรอุพล เปลื้องไธสง, ธรรมเรศ เชื้อสาวถี, และวิทยา ตริไลเกศ. (2566). การศึกษาอัตราส่วนของแกลบที่ผสมกับปุ๋ยหมักเปลือกมันสำปะหลังต่อสมบัติดินในพื้นที่ดินเค็ม จังหวัดบุรีรัมย์. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 51(1), 162–171.
- Bansal, O.P., & Singh, A. (2022). A review on microplastic in the soils and their Impact on soil microbes, crops and humans. **International Journal of Research – GRANTHAALAYAH**, 10(9), 245–273.
- Iwuagwu, M.O., Ogbonnaya, C.I., & Onwuchekwa, O. (2020). Complementary effects of rice husk and nitrogen fertilizer on the growth, yield and nutrient uptake of cocoyam (*Colocasia esculenta* (L.)). **Schott American Journal of Plant Biology**, 4, 1–11.
- Nilawonk, W. (2012). Effects of vermicompost on plant-available nitrogen content in organic cropping soils in Chiang Mai, Thailand. In **5th Annual International Symposium on Agriculture**. 16–19 July 2012, Athens: Greece.
- Rommens, W., Maes, J., Dekeza, N., Inghelbrecht, P., Nhwatiwa, T., Holsters, E., Ollevier, F., Marshall, B., & Brendonck, L. (2003). The impact of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in a eutrophic subtropical impoundment (Lake Chivero, Zimbabwe) Water quality. **Archiv für Hydrobiologie**, 158(3), 389–405.
- Sarangi, M., Bhattacharyya, S., & Behera, R.C. (2009). Effect of temperature on morphology and phase transformations of nanocrystalline silica obtained from rice husk. **Phase transitions**, 82(5), 377–386.
- Schettini, E., Santagata, G., Malinconico, M., Immirzi, B., Mugnozza, S., & Vox, G. (2013). Recycled wastes of tomato and hemp fibers for biodegradable pots: Physico-chemical characterization and field performance. **Resour Conserv Recycl**, 70(3), 9–19.

- Senathirajah, K., Attwood, S., Bhagwat, G., Carbery, M., Wilson, S., & Palanisami, T. (2021). Estimation of the mass of microplastics ingested—A pivotal first step towards human health risk assessment. **Journal of Hazardous Materials**, **404**, 124004.
- Srisunont, T., Wongsakoonkan, W., Tongphanpham, N., Ratanasongtham, P., & Srisunont, C. (2024). A brief overview of biodegradable pots for sustainable environment in Thailand. **Curr. Appl. Sci. Technol**, **24**(5), 1–13.
- Sullivan, D.M., & Andrews, N.D. (2012). **Estimating plant-available nitrogen release from cover crops**. U.S.A.: A Pacific Northwest Extension Publication, Oregon State University.
- Thomas, B.T., Olanrewaju–Kehinde, D.S.K., Popoola, O.D., & James, E.S. (2015). Degradation of plastic and polythene materials by some selected microorganisms isolated from soil. **World Applied Sciences Journal**, **33**(12), 1888–1891.
- Yu, H., Fan P., Hou J., Dang Q., Cui D., Xi B., & Tan W. (2020). Inhibitory effect of microplastics on soil extracellular enzymatic activities by changing soil properties and direct adsorption: An investigation at the aggregate–fraction level. **Environmental Pollution**, **267**, 115544.