

ผลของการใช้ถ่านชีวภาพจากเศษไม้แปรรูปต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค
Effect of Biochar from Processed Wood Waste on the Growth of Green Oak Lettuce
(*Lactuca sativa*)

วันวิสาข์ วัฒนะพันธ์ศักดิ์¹, ณัฏชา ศรีหิรัญ², ธรรมธวัช แสงงาม³, ไยไหม ช้วยหนู⁴ และ
พงษ์เพชร พงษ์ศิวกภัย^{2*}

Wanwisa Wattanapansak¹, Natcha Sornhiran², Thamthawat Saengngam³, Yaimai Chuaynoo⁴
and Pongpet Pongsivapai^{2*}

Received: October 25, 2024

Revised: April 22, 2025

Accepted: April 22, 2025

Abstract: Biochar is another mechanism that directly addresses the issue of global warming and also offers indirect benefits in terms of promoting plant growth and productivity. However, the effectiveness of biochar varies depending on its source materials, as well as the methods used in combination with chemical and organic fertilizers. This research was conducted to study the effect of using biochar and biochar mixed with vermicompost (premium biochar) as soil amendments on the growth of green oak lettuce. A completely randomized design with 4 replications of 5 treatments, which include: 1) Control (no biochar), 2) 1% biochar by weight of soil, 3) 2% biochar by weight of soil, 4) 1% biochar mixed with vermicompost by weight of soil, and 5) 2% biochar mixed with vermicompost by weight of soil. The experimental results found that the addition of biochar and premium biochar contributed to an increase in plant height, stem diameter, plant fresh weight and plant dry weight. Particularly, premium biochar at the rate of 2% by soil weight (MB2) gave highly significance difference of plant height (15.75 cm), stem diameter (8.65 mm), plant fresh weight (82.33 g), and plant dry weight (4.97 g). While other treatments gave plant height in range of 14.00-14.75 cm, stem diameter 6.53-6.80 mm plant fresh weight 62.95-76.45 g and plant dry weight 4.00-4.50 g. However, other plant growth parameters showed no significant difference among treatments.

Keywords: Biochar, Green oak lettuce, Vermicompost

¹ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

¹Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

²ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

²Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

³สถานีวิจัยกาญจนบุรี ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

³Kanchanaburi Research Station, Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

⁴สถานีวิจัยสิทธิพรกฤดากร ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

⁴Sitthiporn Kritsadakon Research Station, Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

*Corresponding author: fagrppp@ku.ac.th

บทคัดย่อ: ถ่านชีวภาพเป็นอีกกลไกหนึ่งที่ช่วยแก้ไขปัญหามภาวะโลกร้อนโดยตรงแล้ว ยังมีประโยชน์ทางอ้อมในแง่ของการส่งเสริมการเจริญเติบโต รวมถึงผลผลิตของพืช อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของถ่านชีวภาพนั้นย่อมมีความแตกต่างเนื่องจากวัสดุต้นกำเนิด รวมถึงแนวทางในการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพและถ่านชีวภาพผสมมูลไส้เดือนเป็นวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์จำนวน 4 ซ้ำ 5 ดำรับทดลอง ได้แก่ 1) ควบคุมหรือไม่ใส่ถ่านชีวภาพ 2) ใส่ถ่านชีวภาพ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดิน 3) ใส่ถ่านชีวภาพ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดิน 4) ใส่ถ่านชีวภาพผสมมูลไส้เดือน 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดิน และ 5) ใส่ถ่านชีวภาพผสมมูลไส้เดือน 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดิน ผลการทดลองพบว่าการใช้ถ่านชีวภาพและถ่านชีวภาพผสมมูลไส้เดือนมีความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักแห้งต้น เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มดำรับทดลองที่ใส่ถ่านชีวภาพผสมมูลไส้เดือน 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดิน (MB2) ทำให้ความสูงต้น (15.75 เซนติเมตร) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (8.65 มิลลิเมตร) น้ำหนักสดต้น (82.33 กรัม) และน้ำหนักแห้งต้น (4.97 กรัม) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในขณะที่ดำรับอื่น ๆ มีค่าความสูงต้นอยู่ในช่วง 14.00-14.75 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 6.53-6.80 มิลลิเมตร น้ำหนักสดต้น 62.95-76.45 กรัม และน้ำหนักแห้งต้น 4.00-4.50 กรัม สำหรับค่าการเจริญเติบโตอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างดำรับทดลอง

คำสำคัญ: ถ่านชีวภาพ, ผักสลัดกรีนโอ๊ค, มูลไส้เดือน

คำนำ

ปัจจุบันโลกกำลังประสบกับวิกฤตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ความมั่นคงทางด้านอาหารและความต้องการด้านพลังงานซึ่งทั้งหมดเป็นประเด็นที่มีความเกี่ยวข้องอย่างยิ่งกับการจัดการทรัพยากรดิน ในปัจจุบันนักวิจัยหลายประเทศทั่วโลกพบว่าเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาดังกล่าวไปพร้อม ๆ กันคือเทคโนโลยีถ่านชีวภาพ หรือไบโอชาร์ (biochar) (Lehmann *et al.*, 2006; Anand *et al.*, 2022; Deng *et al.*, 2024) เกิดจากการเผาไหม้ของวัสดุธรรมชาติ ในสภาพที่ปราศจากออกซิเจน ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่าการแยกสลายด้วยความร้อน (pyrolysis) ซึ่งมี 2 วิธี คือ การแยกสลายอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิเฉลี่ย 700 องศาเซลเซียส และการแยกสลายอย่างช้าที่อุณหภูมิเฉลี่ย 500 องศาเซลเซียส (Winsley, 2007) ถ่านชีวภาพจึงมีความแตกต่างจากถ่านทั่วไป (charcoal) ทั้งในด้านของกระบวนการผลิต และประโยชน์ในการใช้งาน โดยถ่านทั่วไปมักนิยมนำมาใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิง ฯลฯ ส่วนถ่านชีวภาพที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการ pyrolysis จะได้วัสดุที่อุดมไปด้วยคาร์บอนในรูปเสถียร ซึ่งไม่ย่อยสลาย

ตามธรรมชาติโดยง่าย จึงทำให้เป็นวิธีการแก้ไขปัญหการเพิ่มการกักเก็บ และลดการปลดปล่อยคาร์บอนสู่ชั้นบรรยากาศได้โดยตรง (อรสา, 2549; สายชล และคณะ, 2563) และยังมีประโยชน์ทางอ้อมในการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรในแง่ของวัสดุปรับปรุงดิน (soil amendment) (Glaser *et al.*, 2001; Lehmann *et al.*, 2003; Lehmann, 2007) เนื่องจากสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชทั้งในแง่ของความอุดมสมบูรณ์จากธาตุอาหารที่อยู่ในถ่าน และในแง่ของสมบัติทางด้านกายภาพของดินเช่นปรับปรุงโครงสร้างดิน ช่องว่างในดิน ความจุในการอุ้มน้ำ ความหนาแน่นของดิน (Warnock *et al.*, 2007; Atkinson *et al.*, 2010) สร้างสภาพแวดล้อมเป็นแหล่งสะสมอาหารให้จุลินทรีย์ (Krull *et al.*, 2010) ดังนั้นการประยุกต์ใช้ถ่านชีวภาพเพื่อปรับปรุงดินจึงเป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในแง่ของการการพัฒนาที่ยั่งยืน (Lehmann *et al.*, 2006)

การศึกษามากมายได้รายงานประโยชน์ของถ่านชีวภาพในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางด้านเกษตรกรรม (Glaser *et al.*, 2001) โดยศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตต่อพืชนั้นมีความ

แตกต่างกันเนื่องจากปัจจัยหลัก เช่น 1) สมบัติของถ่าน ที่ขึ้นกับกระบวนการผลิต และสมบัติของวัสดุที่นำมาผลิต (Liu *et al.*, 2011; Ighalo *et al.*, 2023) 2) อัตราถ่านชีวภาพที่ใช้ (สมชาย และปัทมา, 2561) และ 3) ชนิดของพืชที่ปลูก ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีศักยภาพในการผลิตถ่านชีวภาพประเทศหนึ่งเนื่องจากมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมาก (ชัยสิทธิ์, 2563) เช่น ฟางข้าว แกลบ ยางพารา เหง้ามันสำปะหลัง กากอ้อย เศษข้าวโพด ฯลฯ นอกจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเศษไม้เหลือใช้จากการแปรรูปในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ต่าง ๆ ที่เติบโตมากขึ้นเป็นชีวมวลอีกประเภทหนึ่งที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นถ่านชีวภาพ นอกจากนี้อัตราถ่านชีวภาพที่ใช้ในอัตราที่แตกต่างกันยังส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตและผลผลิตที่แตกต่างกันอีกด้วย (อรประภา, 2564) ขึ้นอยู่กับสมบัติของวัสดุต้นกำเนิดรวมถึงวิธีการผลิตในการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการจัดการปุ๋ยควบคู่ไปกับการใช้ถ่านชีวภาพ เพื่อช่วยในการยกระดับการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช (สายชล และคณะ 2563; อรประภา, 2564)

อย่างไรก็ตามการศึกษาผลของการใช้ถ่านชีวภาพจากเศษไม้เหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ต่อการเจริญเติบโตของพืชยังมีจำกัด ดังนั้นผลของการใช้ อัตราที่ใช้ รวมถึงการยกระดับประสิทธิภาพของถ่านชีวภาพโดยการเข้าร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นสิ่งที่สำคัญในการทดสอบหาต้องการจัดการวัสดุจากเศษไม้ ในแง่ของการลดการปลดปล่อยคาร์บอนเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของถ่านชีวภาพและถ่านชีวภาพผสมมูลไส้เดือนต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของผักสลัดกรีนโอ๊ค เพื่อยืนยันผลของการใช้ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและเพื่อให้ทราบอัตราที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในแง่ของการส่งเสริมการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลอง ณ โรงเรือน 5 ของคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 4 ซ้ำ จำนวน 5 ดำรับการทดลองดังนี้ 1. ควบคุม (ไม่ใส่ถ่านชีวภาพ) (MC) 2. ใส่ถ่านชีวภาพสัดส่วน 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดิน (MA1) 3. ใส่ถ่านชีวภาพสัดส่วน 2 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดิน (MA2) 4. ใส่ถ่านชีวภาพที่ผสมมูลไส้เดือน 20 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วน 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดิน (MB1) และ 5. ใส่ถ่านชีวภาพที่ผสมมูลไส้เดือน 20 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วน 2 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดิน (MB2) รวมทั้งสิ้นมีทั้งหมด 20 กระถางโดยมีรายละเอียดแต่ละดำรับการทดลอง (Table 1)

การปลูกและการดูแลรักษา เพาะเมล็ดผักสลัดกรีนโอ๊คในถาดเพาะกล้า จนต้นกล้าผักสลัดมีอายุ 21 วันหลังเพาะเมล็ด โดยต้นกล้าเริ่มมีใบจริง 2 ถึง 3 ใบ และมีส่วนสูงประมาณ 5 ซม. จึงย้ายกล้าปลูกลงในกระถางขนาด 6 นิ้ว โดยใช้ดินผสมกระถางละ 6 กก. ดินผสมที่นำมาใช้มีสมบัติเบื้องต้นคือค่าปฏิกิริยาดิน (pH) อยู่ในระดับ 7.62 อินทรีย์วัตถุ 28.68 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนทั้งหมด 1.43 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 1,870 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 11,680 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 2) โดยก่อนย้ายกล้าจะผสมดินผสมกับถ่านชีวภาพโดยสมบัติเบื้องต้นของถ่านชีวภาพ และถ่านชีวภาพผสมมูลไส้เดือน (Table 3) ซึ่งการใส่ถ่านชีวภาพแต่ละดำรับการทดลองที่ความแตกต่างทั้งอัตราและชนิด (Table 1) ใช้ถ่านชีวภาพอนุภาคน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร ผสมกับดินผสมที่ระดับความลึก 0 ถึง 10 เซนติเมตร จากนั้นใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 5 กรัม/กระถาง สัปดาห์ละ 1 ครั้งเป็นเวลา 5 สัปดาห์ (ทั้งหมด 25 กรัม) จนกระทั่งเก็บเกี่ยวที่อายุ 49 วันหลังปลูก

Table 1 The description of treatments.

Treatments	Descriptions	Amount of biochar (g)	Biochar mixed with vermicompost 20%	Symbol
1	Control	0	X	MC
2	Applied biochar 1% by soil weight	60	X	MA1
3	Applied biochar 2% by soil weight	120	X	MA2
4	Applied biochar + vermicompost 1% by soil weight	60	✓	MB1
5	Applied biochar + vermicompost 2% by soil weight	120	✓	MB2

การบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ทำการวัดความสูงต้นตั้งแต่ส่วนเหนือดินจนถึงปลายยอด ความกว้างทรงพุ่ม เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นโดยวัดที่ส่วนเหนือดิน 1 เซนติเมตร ด้วย ด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ และค่าความเขียวใบโดยเครื่อง SPAD chlorophyll meter reading; SPAD-502) วัดใบที่ 2-3 ของต้นบริเวณโคน กลาง และปลายใบ วัดจำนวน 3 ครั้ง ต่อใบต่อดัน โดยเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและข้อมูลผลผลิต ที่ระยะ 49 วันหลังปลูก บันทึกข้อมูลโดยชั่งน้ำหนักสดต้น น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักแห้งราก โดยน้ำหนักแห้งทั้งต้นและรากดำเนินการโดยนำส่วนเหนือดินทั้งหมด และส่วนของ

รากที่ทำความสะอาดรากพืชด้วยน้ำแล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (กรัมต่อดัน) แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนัก

วิเคราะห์ข้อมูลดินหลังปลูก โดยทำการสุ่มตัวอย่างดินจากแต่ละกระถางฝังให้แห้งในร่มและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการ ประกอบด้วยพีเอชดิน อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 วัดสภาพการนำไฟฟ้าจากสารละลายดินที่สกัดจากดินอ้อมตัวด้วยน้ำ (ECe) อินทรีย์วัตถุ (OM) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K)

Table 2 The properties of potting soil used in this experiment.

Potting soil properties	Values
pH (soil : water = 1:1)	7.62
OM (%) ¹	28.68
Total N (%) ²	1.43
Available P (mg/kg) ³	1,870
Exchangeable K (mg/kg) ⁴	11,680

Note ¹ = Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)

² = digestion + Kjeldahl method (Attanandana and Chanchareonsook, 1999)

³ = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)

⁴ = Extract with NH₄OAc at pH 7.0 (Pratt, 1965)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองเช่น ข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance: ANOVA) เพื่อหาค่า F-test

และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของแต่ละตำรับทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม R

Table 3 Some of chemical properties of biochar and biochar (MA) mixed with vermicompost (MB).

Biochar properties	Biochar (MA)	Biochar + vermicompost (MB)	Methods
pH	10.13	10.00	9045 D Method
Total C (%)	79.70	86.00	ASTM D 5373-16: 2016
Total N (%)	0.44	0.70	ASTM D 5373-16: 2016
Total P (%)	0.61	0.60	Vanadomolybdate method
Total K (%)	0.69	0.71	ISO 16967: 2015

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการทดลองพบว่าการใช้ถ่านชีวภาพและถ่านชีวภาพผสมมูลไส้เดือนในทุกอัตราช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค (Table 4) โดยส่งผลให้ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง ($P < 0.01$) ตำรับทดลองที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ผสมมูลไส้เดือน สัดส่วน 2 เปอร์เซนต์ (MB2) ให้ความสูงต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีค่ามากที่สุด (15.75 เซนติเมตร และ 8.65 มิลลิเมตร ตามลำดับ) ความสูงต้นของ MB2 ไม่แตกต่างทางสถิติกับ MB1 และ MA2 ในขณะที่ขนาดลำต้นของ MB2 แตกต่างทางสถิติกับตำรับทดลองอื่น ๆ ที่มีการใส่ถ่านชีวภาพ (MA1 MA2 และ MB1) อย่างไรก็ตาม ตำรับควบคุม (MC) ให้ความสูงต้น และขนาดลำต้นไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับอื่น ๆ ยกเว้น MB2 ขนาดทรงพุ่ม และความเขียวใบไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลองตำรับอื่น ๆ นอกเหนือจาก MB2 มีค่าความสูงต้นอยู่ในช่วง 14.00-14.75 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 6.53-6.80 มิลลิเมตร ขนาดทรงพุ่มอยู่ในช่วง 16.75-19.00 เซนติเมตร และค่าความเขียวใบ (SPAD) อยู่ในช่วง 18.35-22.55

นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติของผลผลิตผักสลัดกรีนโอ๊คระหว่างตำรับทดลอง (Table 5) พบว่า MB2 ให้

น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักแห้งต้นสูงที่สุด (82.33 กรัม และ 4.97 กรัม ตามลำดับ) และไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับทดลองอื่น ๆ ที่มีการใส่ถ่านชีวภาพ (MB1 MA2 และ MA1) แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับ MC ในขณะที่น้ำหนักสดและแห้งของพืชตำรับ MC ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับอื่น ๆ (MB1 MA2 และ MA1) ยกเว้น MB2 ขณะที่น้ำหนักรากทั้งสดและแห้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างแต่ละตำรับทดลอง โดย MC มีค่าน้ำหนักสดและแห้งของรากสูงที่สุด (17.12 และ 1.72 กรัม ตามลำดับ) ตามมาด้วย MA1 MA2 MB1 และ MB2 ตามลำดับ

ผลวิเคราะห์ดินหลังปลูกพบว่า ค่าการนำไฟฟ้า (ECe) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail.P) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแต่ละตำรับทดลอง (Table 6) ค่า EC_e ของทุกตำรับทดลองที่ใส่ถ่านชีวภาพไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับ MC ซึ่งไม่ใส่ถ่านชีวภาพ นอกจากนี้ Avail.P ในตำรับ MB2 มีค่าสูงที่สุด (1,003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ยังให้ผลสอดคล้องกับผลผลิตโดยเฉพาะน้ำหนักสดและแห้งของพืช ไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับทดลองที่ใส่ถ่านชีวภาพ แต่แตกต่างทางสถิติกับ MC2 ซึ่งไม่มีการใส่ถ่านชีวภาพ ในขณะที่สมบัติดินอื่นๆ เช่น pH OM Total N และ Exch. K ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างแต่ละตำรับทดลอง ($P > 0.05$)

Table 4 Growth of green oak lettuce at 49 days after planting.

Treatments	Plant height (cm)	Canopy width (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf greenness (SPAD)
MC	14.00 ^b	16.75	6.53 ^b	18.35
MA1	14.00 ^b	17.00	6.60 ^b	20.13
MA2	14.75 ^{ab}	17.63	6.63 ^b	20.33
MB1	14.75 ^{ab}	18.00	6.80 ^b	22.55
MB2	15.75 ^a	19.00	8.65 ^a	22.08
F-test	**	ns	**	ns
C.V. T (%)	5.56	11.97	16.10	19.37
P-value	<0.01	>0.05	<0.01	>0.05

Note: Numbers in the same column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.01$ by DMRT, **indicated significant difference at $P < 0.01$, ns = there was no statistical difference

Table 5 Yield of green oak lettuce.

Treatments	Plant fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Plant dry weight (g)	Root dry weight (g)
MC	62.95 ^b	17.12	4.00 ^b	1.27
MA1	68.14 ^{ab}	14.87	4.19 ^{ab}	1.03
MA2	72.51 ^{ab}	14.47	4.30 ^{ab}	0.84
MB1	76.45 ^{ab}	13.96	4.50 ^{ab}	0.79
MB2	82.33 ^a	12.30	4.97 ^a	0.78
F-test	**	ns	**	ns
C.V. T (%)	6.54	32.58	18.18	56.28
P-value	<0.01	>0.05	<0.01	>0.05

Note: Numbers in the same column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.01$ by DMRT, **indicated significant difference at $P < 0.01$, ns = there was no statistical difference

การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใส่ถ่านชีวภาพที่ผสมมูลไส้เดือนสัดส่วน 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตด้านความสูง น้ำหนักต้น และขนาดต้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ศิริลักษณ์ และอรสา (2556) พบว่า การใช้อัตราส่วนปุ๋ยคอก 25 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับถ่านชีวภาพ ทำให้ความสูงและน้ำหนักเฉลี่ยของคะน้าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ ที่ให้เห็นว่าการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับมูลไส้เดือนสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ และยังสอดคล้องกับสมบัติดินผสมหลังปลูก (Table 6)

ซึ่งพบว่าตำรับ MB2 ส่งผลให้มี Avail. P และ EC ในดินหลังปลูกสูงที่สุด ซึ่งบ่งชี้ว่าการใช้อัตราถ่านที่มากขึ้น ร่วมกับมูลไส้เดือน อาจส่งผลให้มี Avail. P สะสมในดินได้มากขึ้น รวมถึงไอออนต่าง ๆ สะสมมากขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของค่า EC ด้วย ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้จึงมีส่วนในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังพบงานวิจัยที่ให้ผลสอดคล้องกับการทดลองนี้ Carter *et al.* (2013) พบว่าการใช้ถ่านชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม และกะหล่ำปลีทำให้มีจำนวนใบสูงกว่าการไม่ใช้ถ่านชีวภาพ และมี

ผลต่อน้ำหนักสดของผักที่เพิ่มขึ้น นลินอร (2566) ที่พบว่าค่าน้ำหนักสดและความสูงของผักสลัด ในกลุ่มทดลองที่เปรียบเทียบการใส่และไม่ใส่ถ่านชีวภาพพบว่า การใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีมีผลให้น้ำหนักสดของผักสลัดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มทดลองที่ใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ย ให้ค่าน้ำหนักสดต่อต้นสูงที่สุด (272.44 กรัมต่อต้น) นอกจากนี้ สายชล และคณะ (2563) รายงานว่าการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับวัสดุปลูกช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของถั่วฝักยาวไร้ค้าง ซึ่งจากการศึกษาก่อนหน้านี้มีความสอดคล้องกับผลการทดลองของการศึกษานี้ เนื่องจากถ่านชีวภาพช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร และอินทรีย์วัตถุในดิน รวมถึงส่งเสริมการกักเก็บธาตุอาหาร (สายชล และคณะ, 2563) และยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของ

ดิน (Pandian *et al.*, 2016) อย่างไรก็ตามมีเพียงแค่ตำรับทดลอง MB2 ในการทดลองนี้เท่านั้นที่สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ ในขณะที่ตำรับทดลองอื่น ๆ ในการศึกษาที่ใส่ถ่านชีวภาพให้ผลการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊คไม่แตกต่างกับตำรับควบคุม ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลของการศึกษาก่อนหน้านี้ เนื่องจากอาจเป็นเพราะอัตราที่ใช้ (อรประภา, 2564) เนื่องจากการใช้อัตราที่เหมาะสม หรือมากพออาจส่งผลให้ส่งเสริมการเจริญเติบโตสูงขึ้น ดังนั้นในการใส่ถ่านชีวภาพเพื่อจุดประสงค์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ควรต้องคำนึงถึงอัตราที่เหมาะสม ชนิดของวัสดุต้นกำเนิด การเพิ่มประสิทธิภาพด้วยปุ๋ยอินทรีย์ รวมถึงชนิดพืชที่เพาะปลูก ดังนั้นจึงควรมีการทดสอบเพิ่มเติมในปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้

Table 6 The properties of potting soil after experiment.

Treatments	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Total N (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)
MC	6.88	0.72 ^b	17.79	0.16	877.82 ^b	1,711.54
MA1	6.96	0.96 ^a	23.17	0.27	949.43 ^{ab}	1,828.08
MA2	7.04	1.04 ^a	22.05	0.24	890.00 ^{ab}	1,747.74
MB1	6.83	1.00 ^a	23.22	0.27	936.09 ^{ab}	1,586.11
MB2	6.95	1.05 ^a	19.64	0.20	1,003.78 ^a	1,669.52
F-test	ns	**	ns	ns	*	ns
C.V. T (%)	1.70	14.38	17.34	27.09	6.33	9.67
P-value	>0.05	<0.01	>0.05	>0.05	<0.05	<0.05

Note: Numbers in the same column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ by DMRT,

**indicated significant difference at $P < 0.01$, * indicated significant difference at $P < 0.05$, ns = there was no statistical difference

สรุป

การศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพและถ่านชีวภาพผสมมูลไส้เดือนเป็นวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊คพบว่าผลการทดลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดกรีนโอ๊คตำรับทดลอง MB2 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตดีที่สุดไม่แตกต่างกับตำรับทดลองอื่น ๆ ที่มีการใช้

ถ่านชีวภาพ แต่ปัจจัยที่ส่งผลให้ MB2 ส่งผลโดดเด่นที่สุดอาจเนื่องมาจาก 2 ปัจจัยคือ อัตราที่ใช้ ร่วมกับการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการผสมกับมูลไส้เดือน 20 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการใช้ถ่านชีวภาพในอัตราที่เหมาะสมร่วมกับการจัดการปุ๋ยทั้งเคมี และอินทรีย์สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช จึงเป็นประโยชน์ต่อการเตรียมวัสดุปลูก หรือการ

เตรียมดินเพื่อการปลูกพืชในอนาคต อย่างไรก็ตาม ควรทำการวิจัยเพิ่มเติมทั้งในเรื่องของอัตราที่ใช้ การจัดการร่วมกับปุ๋ยเคมีและอินทรีย์ พืชชนิดอื่น ๆ รวมถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย จาก บริษัท บาลฟ์ อินโนเวชั่น ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด ปี 2566 และขอขอบคุณบุคลากรภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ได้ช่วยแนะนำ อำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ตัวอย่าง รวมถึงเจ้าหน้าที่ศูนย์บริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน ในเรื่องของการอำนวยความสะดวก การดำเนินงานต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

- ชัยสิทธิ์ ทองจุ. 2563. การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร. เกษตรอภิรมย์ 6(30): 44-45.
- นลินอร นัยปลอด. 2566. ผลของการใช้ถ่านชีวภาพจากผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) ร่วมกับการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิตในผักสลัด (*Lactuca sativa*). วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 15(21): 15-26.
- ศิริลักษณ์ ศิริสิงห์ และอรสา สุกส่วง. 2556. การประยุกต์ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ 39(2): 212-225.
- สมชาย บุตรนันท์ และปัทมา วิทยากร. 2561. มหัตศวรรษถ่านชีวภาพกับผลกระทบสองชั่ว. เกษตร 46(6): 1167-1176.
- สายชล สุขญาณกิจ, สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์, ธนภัทร ปลื้มพวง, และธนวรรณ พาณิชพัฒน์. 2563. ผลของถ่านชีวภาพร่วมกับการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิตและความเข้มข้นธาตุอาหารในถั่วฝักยาวไร้ค้าง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 28(3): 443-454.
- อรประภา เทพศิลป์วิสูตร. 2564. ผลของปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพต่อการเจริญเติบโตปริมาณรงควัตถุและปริมาณธาตุอาหารในผักสลัดกรีนโอ๊คที่ปลูกในสภาพดินกรด. เกษตร 49(2): 294-303.
- อรสา สุกส่วง. 2549. Biochar Technology. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีถ่านชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- Anand, A., V. Kumar and P. Kaushal. 2022. Biochar and its twin benefits: Crop residue management and climate change mitigation in India. Renewable and Sustainable Energy Reviews 156: 111959.
- Atkinson, C.J., J.D. Fitzgerald and N. A. Hipps. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. Plant and Soil 337: 1-18.
- Attanandana, T. and J. Chanchareonsook. 1999. Practice and Manual of Soil and Plant Analysis. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 108 p. (in Thai)
- Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Science 59: 39-45.
- Carter, S., S. Shackley, S. Sohi, T.B. Suy and S. Haefele. 2013. The Impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lettuce sativa*) and cabbage (*Brassica chinensis*). Agronomy 3: 404-418.
- Deng, X., F. Teng, M. Chen, Z. Du, B. Wang, R. Li and P. Wang. 2024. Exploring negative emission potential of biochar to

- achieve carbon neutrality goal in China. *Nature Communications* 15: 1085.
- Glaser, B., L. Haumaier, G. Guggenberger and W. Zech. 2001. The Terra Preta phenomenon : a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften* 88: 37-41.
- Ighalo, J.O., J. Conradie, C.R. Ohoro, J.F. Amaku, K.O. Oyedotun, N.W. Maxakato, K.G. Akpomie, E.S. Okeke, C. Olisah, A. Malloum and K.A. Adegoke. 2023. Biochar from coconut residues: An overview of production, properties and applications. *Industrial Crops & Products* 204: 117300.
- Krull, E., B. Singh, and S. Joseph. 2010. Preface to special issue: Proceedings from the first Asia-Pacific biochar conference 2009, Gold Coast, Australia. *Australian Journal of Soil Research* 48: 1-4.
- Lehmann, J., P. da Silva Jr., C. Steiner, T. Nehls, W. Zech, and B. Glaser. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil* 249: 343-357.
- Lehmann, J., J. Gaunt and M. Rondon. 2006. Biochar Sequestration in terrestrial ecosystems-A review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11: 403-427.
- Lehmann, J. 2007. A handful of carbon. *Nature* 447: 143-144.
- Liu, T., Y. M. Yang, Y. Wu, H. Wang, Y. Chen and W. Wu. 2011. Reducing CH₄ and CO₂ emissions from waterlogged paddy soil with biochar. *Journal of Soils and Sediments* 11: 930-939.
- Pandian, K., P. Subramaniayan, P. Gnasekaran and S. Chitraputhirapillai. 2016. Effect of biochar amendment on soil physical, chemical and biological properties and groundnut yield in rainfed alfisol of semi-arid tropics. *Archives of Agronomy and Soil Science* 62: 1293-1310.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium. p. 1022-1030. *In*: C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis. Part II.* The American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.
- Warnock, D.D., J. Lehmann, T.W. Kuyper and M.C. Rillig. 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil: Concept and mechanisms. *Plant and Soil* 300: 9-20.
- Winsley, P. 2007. Biochar and bioenergy production for climate change mitigation. *New Zealand Science Review* 64: 1-10.