วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

ผลของปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพต่อการเจริญเติบโต ปริมาณรงควัตถุและปริมาณธาตุอาหารในผักสลัดกรีนโอ๊คที่ปลูกในสภาพดินกรด

Effect of chicken manure and biochar on growth, pigment concentration and mineral composition in green oak lettuce grown in acid soil

อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์[1]*

Ornprapa Thepsilvisut[1]*

[1] *สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จังหวัดปทุมธานี 12120*
[1] *Major of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University Rungsit Centre, Pathum Thani 12120*

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนต่อการเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และลักษณะทางสรีรวิทยาของผักสลัดกรีนโอ๊ค โดยวางแผนการทดลองแบบ 4 x 3 factorial in completely randomized design (CRD) จำนวน 6 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปุ๋ยมูลไก่ 4 ระดับ คือ 0, 500, 1,000 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน 3 ระดับ คือ 0, 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จากผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนที่เพิ่มขึ้นทำให้ความสูงที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน รวมถึงปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมของผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณแคโรทีนอยด์ และปริมาณธาตุอาหารหลักในส่วนเหนือดินของผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่าแปรผันตามระดับปุ๋ยมูลไก่ที่พืชได้รับ ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากจะทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตมากที่สุดแล้ว ยังส่งผลให้ปริมาณรงควัตถุ (คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม) และธาตุอาหารหลักในส่วนเหนือดินมีแนวโน้มสูงที่สุด ซึ่งจากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า สำหรับการปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คในสภาพดินกรดควรมีการใส่ปุ๋ยมูลไก่ (2,000 กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน (1,000 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งทำให้ปริมาณรงควัตถุในใบและการดูดใช้ธาตุอาหารมีค่ามากขึ้นและส่งผลให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการใช้ปุ๋ยมูลไก่หรือถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนเพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: คลอโรฟิลล์; ถ่านชีวภาพ; ธาตุอาหารพืช; ปุ๋ยอินทรีย์; ผักสลัด

ABSTRACT: This research aimed to investigate the effect of chicken manure and durian shell biochar on growth, yield and physiological characteristics of green oak lettuce. The experiment was conducted in a 4 x 3 factorial in completely randomized design (CRD) with 6 replications. Two factors were consisted of 1) 4 rates of chicken manure (0, 500, 1,000 and 2,000 kg/rai) and 2) 3 rates of durian shell biochar (0, 500 and 1,000 kg/rai). From the results, it was found that the increase of chicken manure and durian shell biochar applications significantly enhanced the increment of plant length, above ground fresh weight and concentration of chlorophyll A, chlorophyll B and total chlorophyll ($p \leq 0.05$). Whereas, the carotenoid concentration and the mineral concentrations tended to increase with the increasing of chicken manure application. However, the application of 2,000 kg/rai rates of chicken manure with 1,000 kg/rai rates of durian shell biochar showed the highest growth and yield of green oak lettuce. In addition, these application rates of chicken manure and durian shell biochar tended to account for the highest of plant pigments (chlorophyll A, chlorophyll B and total chlorophyll) and the mineral concentrations in above ground of green oak lettuce. The application of chicken manure (2,000 kg/rai) with durian

* Corresponding author: ornprapa@tu.ac.th, ornprapa@hotmail.com

Received: date; May 29, 2020 Accepted: date; October 12, 2020 Published: date April 5, 2021

shell biochar (1,000 kg/rai) could be recommended to increase the plant pigments and nutrients uptake, which account for the higher growth than using only chicken manure or durian shell biochar.
Keywords: chlorophyll; biochar; plant nutrition; organic fertilizer; lettuce

บทนำ

ดินกรดจัดเป็นสาเหตุอันดับต้นๆ ของดินที่มีปัญหาในประเทศไทย ซึ่งสภาพโดยทั่วไปของดินกรดมักพบปัญหาเกี่ยวกับการตรึงของธาตุอาหารหลักที่มีสาเหตุมาจากการละลายออกมามากจนเป็นพิษของธาตุอาหารบางชนิด เช่น เหล็ก อะลูมินัม และไฮโดรเจน เป็นต้น (Chintala et al., 2012) อีกทั้งความเป็นกรดของดินยังก่อให้เกิดความเสียหายต่อการเจริญเติบโตของรากพืช (Robles-Aguilar et al., 2019) ซึ่งนอกจากจะส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินแล้ว ยังส่งผลต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช ทั้งในด้านปริมาณรงควัตถุ กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณธาตุอาหารในพืช เป็นต้น (Khalil et al., 2010) ทั้งนี้ คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ถือเป็นรงควัตถุที่สำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และเป็นกลุ่มสารประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่อร่างกายมนุษย์ (จริงแท้, 2553) อย่างไรก็ตาม การสะสมปริมาณรงควัตถุดังกล่าวในพืชมักขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจนที่พืชได้รับ (อรประภา และภานุมาศ, 2558) ซึ่งความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินย่อมขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเป็นสำคัญ ทั้งนี้การแก้ไขปัญหาดินกรดสามารถทำได้หลายวิธี อาทิ การใช้วัสดุปูนทางการเกษตรอย่างปูนขาว หรือโดโลไมต์ (ธนพันธ์, 2560) หรือการเพิ่มอินทรียวัตถุลงไปในดินโดยการใช้ปุ๋ยพืชสด หรือปุ๋ยคอก เป็นต้น (Whalen et al., 2000) และโดยเฉพาะถ่านชีวภาพที่กำลังได้รับความนิยมในการนำมาปรับปรุงดินกรด เนื่องด้วยคุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง อีกทั้งยังมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง ซึ่งช่วยในการดูดซับธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ไม่ให้เกิดการสูญเสียได้ง่าย (Shackley et al., 2012) และหากใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อย่างปุ๋ยคอกที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น จะยิ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (ศิริลักษณ์ และอรสา, 2556) ทั้งนี้ผักสลัดกรีนโอ๊คถือเป็นชนิดของผักสลัดที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากจนได้รับสมญานามว่า The king of salad plant (George Mateljan Foundation, 2016) เนื่องจากใบผักมีลักษณะอ่อนนุ่ม รูปทรงน่ารับประทานและเจริญเติบโตได้ดีในเกือบทุกสภาพอากาศ อีกทั้งยังอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการสูง ไม่ว่าจะเป็นแคลเซียม วิตามินซี วิตามินเอ รวมไปถึงปริมาณรงควัตถุต่างๆ โดยเฉพาะคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ (Llorach et al., 2008) อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยก่อนหน้าพบว่า การปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คในดินกรด (pH 3.5) ที่ไม่มีการเติมปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพ ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับถ่านชีวภาพถึง 7-35 เท่า (สุทธวรรณ และคณะ, 2563) อีกทั้งยังไม่มีการศึกษาถึงผลกระทบของการปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คในสภาพดินกรดต่อลักษณะทางสรีรวิทยาโดยเฉพาะปริมาณรงควัตถุ ซึ่งจากการศึกษาของสัญญา (2558) พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมของจิงจูฉ่ายที่ปลูกในสภาพดินกรด (pH 4.1) ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ย มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยมูลไก่ทุกอัตรา (10.65-31.95 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) ในการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 รอบ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนต่อการเจริญเติบโต ปริมาณรงควัตถุและปริมาณธาตุอาหารในผักสลัดกรีนโอ๊ค เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการผลิตพืชให้มีคุณภาพภายใต้สภาพดินกรดต่อไป

วิธีการศึกษา

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 4 x 3 Factorial in CRD จำนวน 6 ซ้ำ (กระถาง) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ อัตราการใส่ปุ๋ยมูลไก่ 4 อัตรา ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 500, 1,000 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ และปัจจัย B คือ การใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน 3 อัตรา คือ ไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน ใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

2. ดินที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างดินที่ใช้รวบรวมจากแปลงปลูกผักของเกษตรกร ต.ศรีมหาโพธิ อ.ศรีมหาโพธิ จ.ปราจีนบุรี ซึ่งจากการสำรวจชุดดินของสำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2548) พบว่า เป็นชุดดินเรณู (Renu series, Rn; Fine-loamy, mixed,

semiactive isohyperthermic (Aeric) Plinthic Paleaquults) ซึ่งมีลักษณะเป็นดินเนื้อละเอียด ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมาก การระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และน้ำท่วมขังในฤดูฝน และจากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินที่ใช้ในการทดลอง พบว่า เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินเหนียวปนทรายที่ประกอบด้วยอนุภาคทราย 50 เปอร์เซ็นต์ ทรายแป้ง 14 เปอร์เซ็นต์ และดินเหนียว 36 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.54 ซึ่งมีความเป็นกรดรุนแรงมาก นอกจากนี้ยังมีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (0.73 เปอร์เซ็นต์) และธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจนรวม (0.03 เปอร์เซ็นต์) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (3.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และโพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้ (38.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อยู่ในระดับต่ำ

3. วิธีการทดลอง

ปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คโดยหยอดเมล็ดจำนวน 3 เมล็ดต่อหลุม ลงในหลุมเพาะขนาด 2.4 x 2.4 x 4.0 เซนติเมตร ที่บรรจุวัสดุเพาะซึ่งประกอบด้วยหน้าดิน ปุ๋ยมูลไก่และขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร วางถาดเพาะกล้าในโรงเรือนและรดน้ำทุกวัน ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม เมื่อต้นกล้ามีอายุ 7 วันหลังเพาะเมล็ด และเมื่อต้นกล้ามีอายุ 14 วัน หรือมีใบจริงจำนวน 2-4 ใบ ทำการย้ายปลูกลงในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ที่บรรจุดินผสมขุยมะพร้าว อัตราส่วน 10:1 โดยปริมาตร จำนวน 5 กิโลกรัมต่อกระถาง ใส่ปุ๋ยมูลไก่และ/หรือถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนตามอัตราที่กำหนดในสิ่งทดลอง โดยหมักดินทิ้งไว้ 7 วันก่อนปลูก ย้ายปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คลงในกระถาง กระถางละ 1 ต้น ให้น้ำทุกวันในอัตราที่เท่ากันทุกกระถาง ฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติเพื่อกำจัดโรคและแมลงเมื่อมีการระบาด กำจัดวัชพืชอย่างสม่ำเสมอ และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อผักสลัดกรีนโอ๊คมีอายุ 42 วันหลังปลูก

4. การบันทึกผล

4.1 สมบัติทางเคมีของปุ๋ยมูลไก่ และถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH; 1:2.5H_2O) และค่าการนำไฟฟ้า (EC; 1:5H_2O) ด้วยเครื่อง pH/EC meters สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Walkley และ Black (1934) และปริมาณธาตุอาหารหลักที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) วิเคราะห์ด้วยวิธี Kjedahl method ส่วนฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) ทำให้เกิดสีด้วยวิธี Vanadomolybdate และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Spectrophotometer และโพแทสเซียมทั้งหมด (total K) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Flame photometer ส่วนปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมด ทำการย่อยตัวอย่างด้วย กรดไนตริก:เปอร์คลอริกอัตรา 2:1 โดยปริมาตร และนำสารละลายตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) และเปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 ที่ออกโดยกรมวิชาการเกษตร (**Table 1**)

4.2 การเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิต บันทึกการเจริญเติบโตเมื่อผักสลัดกรีนโอ๊คมีอายุ 42 วันหลังปลูก ได้แก่ ความสูงที่เพิ่มขึ้นซึ่งพิจารณาจากความสูงเริ่มต้นเทียบกับความสูงสุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยวโดยรวบใบและวัดปลายใบที่สูงที่สุด และบันทึกปริมาณผลผลิต โดยตัดลำต้นส่วนเหนือดินมาชั่งน้ำหนักสด จากนั้นอบตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่

4.3 ปริมาณรงควัตถุของผักสลัดกรีนโอ๊ค วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจาก Mackinney (1941) และปริมาณแคโรทีนอยด์ด้วยวิธีดัดแปลงจาก Lin et al. (2013) โดยสกัดใบผักสลัดกรีนโอ๊คด้วย 80% Acetone และวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 645 และ 663 นาโนเมตร เพื่อหาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์ที่มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร

4.4 ปริมาณธาตุอาหารในผักสลัดกรีนโอ๊ค นำตัวอย่างพืชแห้งมาบดให้ละเอียดและวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ย่อยด้วยวิธี Kjedahl method และนำไปกลั่น ส่วนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสกัดด้วย Mixed acid (HNO_3 : H_2SO_4 : $HClO_4$ อัตรา 5:1:2) โดยฟอสฟอรัสทำให้เกิดสีด้วยวิธี Vanadomolybdate และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ส่วนโพแทสเซียมวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Flame photometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

Table 1 Chemical properties of chicken manure and durian shell biochar

Chemical properties	Chicken manure	Durian shell biochar	Standard for Organic fertilizer (2014) by the Department of Agriculture
pH[1/]	7.10	9.70	5.5-8.5
EC (dS/m) [2/]	12.26	9.58	≤ 9.58
CEC ($cmol_c/kg$)[3/]	60.01	64.68	-
Organic matter (%)[4/]	53.89	52.79	≥ 9.58
C:N ratio[5/]	14.08	20.41	≤ 20:1
Total N (%)[6/]	2.22	1.50	≥ 1.0
Total P_2O_5 (%)[7/]	3.14	4.30	≥ 0.5
Total K_2O (%)[8/]	5.00	9.26	≥ 0.5
Total Ca (%)[8/]	0.90	0.24	-
Total Mg (%)[8/]	0.59	1.62	-

[1/] pH (1:2.5 H_2O); [2/] EC (1:5 H_2O); [3/] CEC (NH_4OAc method); [4/] OM (Walkley and Black method); [5/] C:N ratio (Walkley and Black method); [6/] N (Kjeldahl method); [7/] P (Vanadomolybdate method); [8/] K, Ca, Mg (NH_4OAc method)

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลอง Factorial in CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิต

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณปุ๋ยมูลไก่ที่แตกต่างกัน พบว่า ความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่าแปรผันตามปริมาณปุ๋ยมูลไก่ที่พืชได้รับอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่ามากที่สุด คือ 9.85 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000, 500 และ 0 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ที่ทำให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 6.69, 4.53 และ 2.38 เซนติเมตร ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่า ความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักสลัดกรีนโอ๊คยังคงมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับการใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนที่ระดับ 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่ามากที่สุด คือ 7.15 เซนติเมตร ทั้งนี้แม้ว่าปัจจัยของปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพไม่มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ต่อค่าความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักสลัดกรีนโอ๊ค แต่พบว่า ความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักสลัดกรีนโอ๊คที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ มีแนวโน้มมากที่สุด คือ 11.39 เซนติเมตร รองลงมา ได้แก่ ผักสลัดกรีนโอ๊คที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ (10.28 เซนติเมตร) และปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ (8.15 เซนติเมตร) ตามลำดับ (**Table 2**) และสำหรับน้ำหนักสดส่วนเหนือดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีน้ำหนักสดส่วนเหนือดินสูงที่สุด คือ 67.33 กรัม/ต้น ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ (64.82 กรัม/ต้น) (**Table 2**)

2. ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์

จากผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยของปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมในใบของผักสลัดกรีนโอ๊ค แต่พบว่า อัตราการใส่ปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้ง 3 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์รวม พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ใบผักสลัดกรีนโอ๊คมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (5.89 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร) และคลอโรฟิลล์รวม (10.03 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร) สูงที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ (5.43 และ 9.30 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร สำหรับคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์รวม ตามลำดับ) และเมื่อพิจารณาที่ปัจจัยการใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์รวมในใบของผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่ามากที่สุด คือ 5.54 และ 9.54 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร รองลงมาคือ การไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน (5.03 และ 8.79 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์รวม ตามลำดับ) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ (4.92 และ 8.61 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร สำหรับคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์รวม ตามลำดับ) (**Table 2**) ทั้งนี้จากผลของปริมาณคลอโรฟิลล์บีในใบของผักสลัดกรีนโอ๊ค เมื่อพิจารณาที่ปัจจัยปุ๋ยมูลไก่ พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์บีมีค่าเพิ่มขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยมูลไก่ที่อัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ใบผักสลัดกรีนโอ๊คมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีสูงที่สุด (4.14 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยมูลไก่ที่อัตรา 1,000, 500 และ 0 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีปริมาณคลอโรฟิลล์บี เท่ากับ 3.87, 3.67 และ 3.61 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาที่ปัจจัยถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์บีในใบของผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่ามากที่สุด คือ 4.00 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร รองลงมา คือ การไม่ใส่ และการใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนที่ระดับ 500 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (3.77 และ 3.69 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ) (**Table 2**)

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ ที่แม้ว่าปัจจัยของถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนไม่มีผลต่อปริมาณดังกล่าว ซึ่งการใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนที่อัตรา 0-1,000 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบของผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่าอยู่ในช่วง 0.25-0.31 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร อย่างไรก็ตามพบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่ในอัตราที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบของผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่าสูงที่สุด คือ 0.36 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยมูลไก่ที่อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ (0.33 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร) และหากพิจารณาที่ผลของการใส่ปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนร่วมกัน พบว่า ผักสลัดกรีนโอ๊คมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุดเมื่อได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ เพียงอย่างเดียว (0.39 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับการใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนที่อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ (0.39 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร) (**Table 2**)

3. ปริมาณธาตุอาหารพืช

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนรวมในส่วนเหนือดินและรากของผักสลัดกรีนโอ๊ค พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมในส่วนเหนือดินและรากมีค่าสูงที่สุด คือ 3.21 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีปริมาณไนโตรเจนรวมในส่วนเหนือดินและรากน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.43 และ 1.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของผักสลัด กรีนโอ๊คมีค่าแปรผกผันกับการใส่ถ่านชีวภาพ กล่าวคือ การไม่ใส่ถ่านชีวภาพ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมของส่วนเหนือดินและรากมีค่ามากที่สุด คือ 2.90 และ 1.82 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม หากเปรียบเทียบปัจจัยการใส่ปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนร่วมกัน พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ เพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 500 หรือ 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมในส่วนเหนือดินมีค่ามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือ 3.30, 3.18 และ 3.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนรวมในรากของผัก

สลัดกรีนโอ๊คมีค่ามากที่สุดเมื่อได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ (2.09 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับผักสลัดกรีนโอ๊คที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ เพียงอย่างเดียว (**Table 3**) สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมรวมในส่วนเหนือดิน พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับปุ๋ยมูลไก่ที่ได้รับ ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมรวมในรากมีแนวโน้มลดลงเมื่อใส่ปุ๋ยมูลไก่ในอัตราที่เพิ่มขึ้น สำหรับปัจจัยถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ มีแนวโน้มทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมรวมในส่วนเหนือดินมีค่ามากที่สุด คือ 0.31 และ 6.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมรวมในรากมีค่าแปรผันตามการใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน ทั้งนี้หากพิจารณาการใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมรวมในส่วนเหนือดินมีค่าสูงที่สุด คือ 0.41 และ 7.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (**Table 3**)

จากผลการทดลองหากพิจารณาแยกปัจจัย พบว่า ปุ๋ยมูลไก่ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีปริมาณผลผลิตมากกว่าปัจจัยของถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยมูลไก่มากขึ้นพบว่าทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 3-25 เท่า ในขณะที่การใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นเพียงแค่ 1-2 เท่า ทั้งนี้ดินที่ใช้สำหรับการศึกษาในครั้งนี้นอกจากจะมีสภาพความเป็นกรดที่รุนแรงมาก (pH 3.54) แล้ว ยังมีปริมาณธาตุอาหารหลักอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยมูลไก่ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักสูงโดยเฉพาะไนโตรเจนที่สำคัญต่อพืชผักใบ (ยงยุทธ และคณะ, 2554) ย่อมช่วยส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตามที่ต้องการ อีกทั้งปุ๋ยมูลไก่ยังถือเป็นปุ๋ยที่หาง่ายและราคาถูก จึงได้รับความนิยมในการนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการผลิตพืชผักอย่างผักสลัด (Masarirambi et al., 2012) และพืชไร่ เช่น ปอกระเจา (Madisa et al., 2013) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แม้ว่าปัจจัยด้านการใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอาจไม่ใช่ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค เนื่องจากหากพิจารณาที่ปริมาณไนโตรเจนรวมซึ่งมีค่าน้อยกว่าปุ๋ยมูลไก่ และยังมีค่า C/N ratio (20.41) ที่สูงกว่าทำให้อัตราการย่อยสลายเพื่อปลดปล่อยธาตุอาหารของถ่านชีวภาพมีค่าน้อยกว่าปุ๋ยมูลไก่ แต่พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง (pH 9.58) ย่อมมีส่วนช่วยในการปรับปรุงดินที่มีสภาพเป็นกรดให้มีปฏิกิริยาทางเคมีของดินดีขึ้น และทำให้ธาตุอาหารที่ได้จากการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์มีความเป็นประโยชน์มากขึ้น (เกศรินทร์, 2560) อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า การปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คในดินกรดที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีน้ำหนักสดส่วนเหนือดินมากกว่าการไม่ใส่ทั้งปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน (1.89 กรัม/ต้น) ถึงประมาณ 35 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารหลักอย่างไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และพบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพในอัตราดังกล่าวยังทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุด ทั้งนี้ปุ๋ยมูลไก่นอกจากจะเป็นแหล่งของธาตุอาหารหลักให้กับพืชแล้วยังทำให้โครงสร้างดินมีความร่วนซุยมากขึ้นเนื่องจากมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง อีกทั้งถ่านชีวภาพที่มีลักษณะเด่นคือ มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) สูง ซึ่งมีส่วนช่วยในการดูดซับและลดความเป็นพิษของธาตุที่ละลายออกมามากเกินไปในสภาพดินกรดอย่างเหล็กหรืออะลูมิเนียม (Wang et al., 2014) ทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์อย่างไนโตรเจนเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลให้พืชมีการนำธาตุดังกล่าวไปใช้สำหรับการสังเคราะห์เป็นคลอโรฟิลล์ได้ดีขึ้น (Rondon et al., 2007) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชจะช่วยเพิ่มการสังเคราะห์แสงของพืชและเป็นผลให้พืชมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น (Sumeet et al., 2009) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยมูลไก่ที่เพิ่มขึ้นยังส่งผลให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rakocevic et al. (2012) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณเบต้า-แคโรทีนในแครอทมีค่ามากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในทุกรอบการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้แนวโน้มของปริมาณแคโรทีนอยด์ที่แปรผันตรงกับระดับไนโตรเจนที่พืชได้รับยังสามารถพบได้ในพืชชนิดอื่นๆ อาทิ มะเขือเทศ (Zhang et al., 2016) และกระเจี๊ยบเขียว (Rahman and Akter, 2012) เป็นต้น โดย Kansal et al. (2005) รายงานว่า เมื่อพืชผักได้รับปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นจากการให้ปุ๋ย พืชจะนำไนโตรเจนไปใช้ในการสร้างโปรวิตามินรวมถึงนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารสีที่ช่วยในการดูดกลืนแสงอย่างแคโรทีนอยด์

Table 2 Growth, yield and pigment concentrations of green oak lettuce grown under acid soil with different chicken manure and biochar applications

Treatment	Increment of plant length (cm)	Yield fresh weight (g/plant)	Chlorophyll a (mg/cm^2)	Chlorophyll b (mg/cm^2)	Total chlorophyll (mg/cm^2)	Carotenoid (mg/cm^2)
Chicken manure (A)						
CM0	2.38 d [1/]	2.30 d	4.50 b	3.61 b	8.10 b	0.17 b
CM500	4.53 c	7.39 c	4.82 b	3.67 b	8.49 b	0.11 b
CM1,000	6.69 b	21.63 b	5.43 a	3.87 b	9.30 a	0.33 a
CM2,000	9.85 a	58.31 a	5.89 a	4.14 a	10.03 a	0.36 a
Biochar (B)						
B0	4.50 c	15.91 c	5.03 b	3.77 b	8.79 b	0.25
B500	5.94 b	24.08 b	4.92 b	3.69 ab	8.61 b	0.26
B1,000	7.15 a	27.23 a	5.54 a	4.00 a	9.54 a	0.31
F-test						
A	**	**	*	**	**	**
B	**	**	**	*	*	ns
A x B	ns	**	ns	ns	ns	*
CM_0B_0	2.89	1.89 h	4.39	3.60	7.98	0.14 c
CM_0B_{500}	1.42	2.53 h	4.26	3.53	7.79	0.13 c
$CM_0B_{1,000}$	2.83	2.48 h	4.85	3.68	8.53	0.24 bc
$CM_{500}B_0$	2.67	5.63 g	4.40	3.65	8.05	0.12 c
$CM_{500}B_{500}$	4.70	6.15 g	4.71	3.46	8.16	0.25 abc
$CM_{500}B_{1,000}$	6.22	10.39 f	5.35	3.90	9.25	0.33 ab
$CM_{1,000}B_0$	4.56	13.32 e	5.46	3.81	9.26	0.39 a
$CM_{1,000}B_{500}$	7.36	22.84 d	5.22	3.86	9.08	0.25 abc
$CM_{1,000}B_{1,000}$	8.15	28.73 c	5.61	3.95	9.55	0.33 ab
$CM_{2,000}B_0$	7.89	42.79 b	5.87	4.01	9.88	0.36 ab
$CM_{2,000}B_{500}$	10.28	64.82 a	5.47	3.92	9.39	0.39 a
$CM_{2,000}B_{1,000}$	11.39	67.33 a	6.34	4.49	10.82	0.32 ab
C.V. (%)	23.35	6.78	10.89	7.10	9.13	28.52

ns not significant; * Significance at the 95% confidence level; ** Significance at the 99% confidence level

[1/] Mean followed by the same letters are not significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test

Table 3 Nutrient concentrations in above ground and root of green oak lettuce grown under acid soil with different chicken manure and biochar applications

Treatment	Total N (% DW)		Total P (% DW)		Total K (% DW)	
	above ground	root	above ground	root	above ground	root
Chicken manure (A)						
CM0	2.43 c [1/]	1.69 c	0.25 c	0.42 a	5.32 c	5.89 a
CM500	2.76 b	1.76 b	0.30 ab	0.43 a	5.58 c	4.81 b
CM1,000	2.82 b	1.65 d	0.30 b	0.37 b	6.19 b	4.25 c
CM2,000	3.21 a	2.00 a	0.32 a	0.32 c	6.83 a	4.21 c
Biochar (B)						
B0	2.90 a	1.82 a	0.29 b	0.31 c	5.79	4.33 c
B500	2.74 b	1.78 b	0.31 a	0.41 b	6.15	4.74 b
B1,000	2.78 b	1.73 c	0.28 b	0.45 a	6.01	5.30 a
F-test						
A	**	**	**	**	**	**
B	**	**	**	**	ns	**
A x B	*	**	**	**	**	**
CM_0B_0	2.41 ef	1.61 e	0.32 bc	0.37 cd	5.33 e	4.00 c
CM_0B_{500}	2.32 f	1.72 d	0.22 fg	0.41 bc	5.25 e	5.33 b
$CM_0B_{1,000}$	2.57 de	1.74 d	0.22 g	0.48 b	5.39 e	8.33 a
$CM_{500}B_0$	2.82 c	1.96 b	0.31 cd	0.32 de	6.17 c	4.53 c
$CM_{500}B_{500}$	2.78 cd	1.82 c	0.39 a	0.67 a	6.67 bc	5.33 b
$CM_{500}B_{1,000}$	2.69 cd	1.50 f	0.21 g	0.31 def	3.92 f	4.56 c
$CM_{1,000}B_0$	3.07 b	1.63 e	0.26 ef	0.23 f	5.50 de	4.17 c
$CM_{1,000}B_{500}$	2.68 cd	1.73 d	0.34 bc	0.29 def	6.06 cd	4.08 c
$CM_{1,000}B_{1,000}$	2.71 cd	1.58 e	0.30 cd	0.60 a	7.00 b	4.49 c
$CM_{2,000}B_0$	3.30 a	2.07 a	0.26 ef	0.30 def	6.17 c	4.60 c
$CM_{2,000}B_{500}$	3.18 ab	1.84 c	0.28 de	0.25 ef	6.61 bc	4.20 c
$CM_{2,000}B_{1,000}$	3.16 ab	2.09 a	0.41 a	0.41 bc	7.72 a	3.83 c
C.V. (%)	4.08	2.24	6.30	12.32	6.07	8.28

ns not significant; * Significance at the 95% confidence level; ** Significance at the 99% confidence level

[1/] Mean followed by the same letters are not significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test

สรุป

การใส่ปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโต น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน รวมถึงปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมของผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ในขณะที่ปริมาณแคโรทีนอยด์ และปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมรวม ในส่วนเหนือดินของผักสลัดกรีนโอ๊คมีค่าแปรผันตามระดับปุ๋ยมูลไก่ที่พืชได้รับ ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ นอกจากจะทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตสูงที่สุดแล้ว ยังส่งผลให้ปริมาณรงควัตถุโดยเฉพาะคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม รวมถึงปริมาณธาตุอาหารหลักในส่วนเหนือดินมีแนวโน้มสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ภายใต้ “ทุนวิจัยทั่วไป” ตามสัญญาเลขที่ ทป 2/23/2561 ขอขอบคุณสาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์ สำหรับการสนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. เรื่องควรรู้เกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์. แหล่งข้อมูล: http://aglib.doa.go.th/lib/images/Downloads/2551/EB00008.pdf. ค้นเมื่อ 10 เมษายน 2563.

เกศศิรินทร์ แสงมณี. 2560. การศึกษาชนิดและอัตราส่วนของถ่านชีวภาพต่อสมบัติของดิน การเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร, กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2553. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3, ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ธนพันธ์ พงษ์ไทย. 2560. ผลของโดโลไมต์ละคีเซอไรต์ต่อการเจริญเติบโตของต้นยางเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

สัญญา เล่ห์สิงห์. 2558. อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของจิงจูฉ่าย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

สุทธวรรณ วชิรธนุศร อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์ พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และสมชาย ชคตระการ. 2563. ผลของปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพต่อสมบัติทางเคมีของดินและการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในสภาพดินกรด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 28(2): 343-355.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2554. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ ศิริสิงห์ และอรสา สุกสว่าง. 2556. การประยุกต์ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษย์ศาสตร์. 39(2): 212-225.

อรประภา อนุกูลประเสริฐ และภาณุมาศ ฤทธิไชย. 2558. ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพของผักกาดหอม. Thai Journal of Science and Technology. 4(1): 81-94.

Chintala, R., L.M. McDonald, and W.B. Bryan. 2012. Effect of soil water and nutrients on productivity of Kentucky bluegrass system in acidic soils. Journal of Plant Nutrition. 35: 288-303.

Gunes, A., A. Inal, M.B. Taskin, O. Sahin, E.C. Kaya, and A. Atakol. 2014. Effect of phosphorus-enriched biochar and poultry manure on growth and mineral composition of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv.) grown in alkaline soil. Soil Use and Management. 30: 182-188.

George Mateljan Foundation. 2016.The world’s healthiest foods. http://www.whfoods.com/index.html. Accessed 10 August 2016.

Inal, A., A. Gunes, O. Sahin, M.B. Taskin, and E.C. Kaya. 2015. Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil, on the growth of bean and maize. Soil Use and Management. 31(1): 106-113.

Kansal, B.D., B. Sonsh, K.L. Bajaj, and G. Kaur. 2005. Effect of different levels of nitrogen and farmyard manure on yield and quality of spinash (*Spinace oleracea* L.). Plant Foods for Human Nutrition. 31: 163-170.

Khalil, Z.I., M.M.S. Asker, S. El-Sayed, and I.A. Kobbia. 2010. Effect of pH on growth and biochemical responses of *Dunaliella bardawil* and *Chlorella ellipsoidea*. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 26: 1225–1231.

Lin, K.H., M.Y. Huang, W.D. Huang, M.H. Hsu, Z.W. Yang, and C.M. Yang. 2013. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata). Scientia Horticulturae. 150: 86-91.

Llorach, R., A. Martinez-Sanchez, F.A. Tomas-Barberan, M.I. Gil, and F. Ferreres. 2008. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. Food Chemistry. 108(3): 1028-1038.

Mackinney, G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solutions. Journal of Biological Chemistry. 140: 315-322.

Madisa, M.E., T. Mathowa, C. Mpofu, N. Stephen, and S. Machacha. 2013. Effect of chicken manure and commercial fertilizer on performance of jute mallow (*Corchorus olitorius*). Agriculture and Biology Journal of North America. 4(6): 617-622.

Masarirambi, M.T., P. Dlamini, P.K. Wahome, and T.O. Oseni. 2012. Effects of chicken manure on growth, yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Journal of Agriculture and Environmental Sciences. 12(3): 399-406.

Rahman, M., and F. Akter. 2012. Effect of NPK fertilizers on growth, yield and yield attributes of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.). Bangladesh Journal of Botany. 41(2): 131-134.

Rakocevic, B.L., R. Pavlovic, J. Zdravkovic, M. Zdravkovic, N. Pavlovic, and M. Djuric. 2012. Effect of nitrogen fertilization on carrot quality. African Journal of Agricultural Research. 7(18): 2884-2900.

Robles-Aguilar, A.A., J. Pang, and J.A. Postma, S.D. Schrey, H. Lambers and N.D. Jablonowski. 2019. The effect of pH on morphological and physiological root traits of *Lupinus angustifolius* treated with struvite as a recycled phosphorus source. Plant Soil. 434: 65-78.

Rondon, M.A., J. Lehmann, J. Ramírez, and M. Hurtado. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. Biology and Fertility of Soils. 43: 699-708.

Shackley, S., S. Sohi, R. Ibarrola, J. Hammond, O. Mašek, P. Brownsort, and S. Haszeldine. 2012. Biochar as a tool for climate change mitigation and soil management. P. 183-205. In: Meyers, R. (ed.). Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Springer, New York, USA.

Sumeet, G., U. Shahid, and S. Suryapani. 2009. Nitrate accumulation, growth and leaf quality of spinach beet (*Beta vulgaris* L.) as affected by NPK fertilization with special reference to potassium. Indian Journal of Science and Technology. 2(2): 35-40.

Walkley, A., and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37: 29-37.

Wang, L., C.R. Butterfly, Y. Wang, H. Herath, Y.G. Xi, and X.J. Xiao. 2014. Effect of crop residue biochar on soil acidity amelioration in strongly acidic tea garden soils. Soil Use and Management. 30: 119-128.

Whalen, J.K., C. Chang, G.W. Clayton, and J.P. Carefoot. 2000. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. Soil Science Society of America Journal. 64: 962-966.

Zhang, E., Y. Duan, F. Tan, and S. Zhang. 2016. Effects of long-term nitrogen and organic fertilization on antioxidants content of tomato fruits. Journal of Horticulture. 3: 1-5.