

ประสิทธิภาพของปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพ ต่อความสามารถในการผลิตผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คในสภาพดินกรด

Efficacy of Chicken Manure and Biochar on Productivity of Green Oak Lettuce Grown in Acid Soil

อรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ์* และสมชาย ชคตระการ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Ornprapa Thepsilvisut* and Somchai Chakatrakarn

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพต่อการผลิตผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คในสภาพแปลงที่เป็นดินกรด จำนวน 2 รอบการเก็บเกี่ยว วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ (แปลงประกอบด้วย 6 สิ่งทดลอง ได้แก่ (1) ไม่ใส่ทั้งปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพ (2) ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร (16-16-16 และ 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยมูลวัว 2,000 กิโลกรัมต่อไร่) (3) ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (4) ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (5) ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ (6) ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 และใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คมีปริมาณผลผลิตมากที่สุด คือ 2,380 และ 3,390 กิโลกรัมต่อไร่ ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้ได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเป็นกำไรสุทธิเฉลี่ยรวมทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยวสูงที่สุด คือ 77 บาทต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ : ดินกรด; ถ่านชีวภาพ; ปุ๋ยมูลไก่; ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ; ผักสลัด

Abstract

The objective of this study was to investigate the efficacy of chicken manure and biochar on productivity of green oak lettuce under acid soil field conditions. The experiment was arranged in

a randomized complete block design with 4 replications (plot) for 2 harvesting times. Six treatments included (1) control (no add fertilizer and biochar), (2) application of fertilizer according to the Agricultural Service Center (ASC) practice: chemical fertilizer (30 kg/rai rates of 16-16-16 and 46-0-0) and 2,000 kg/rai rates of cow manure, (3) application of 2,000 kg/rai rates of chicken manure, (4) application of 2,000 kg/rai rates of chicken manure and 500 kg/rai rates of biochar, (5) application of 2,000 kg/rai rates of chicken manure and 1,000 kg/rai rates of biochar, and (6) application of 2,000 kg/rai rates of chicken manure and 1,000 kg/rai rates of biochar at 1st harvesting time and application of only 2,000 kg/rai rates of chicken manure at 2nd harvesting time. The result revealed that the highest yield of green oak lettuce was shown under the application of 2,000 kg/rai rates of chicken manure and 500 kg/rai rates of biochar that were 2,380 and 3,390 kg/rai for the 1st and 2nd harvesting time, respectively. Moreover, they provided the highest economic value average form 2 harvesting times that was 77 baht/kg.

Keywords: acid soil; biochar; chicken manure; economic return; lettuce

1. บทนำ

ดินกรด (acid soil) เป็นดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 7.0 และมีลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่ค่อนข้างเป็นปัญหาต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะปริมาณธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้พบว่ามีความค่อนข้างต่ำ ซึ่งนอกจากจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชแล้ว ยังส่งผลต่อกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ทั้งสัตว์และจุลินทรีย์ในดิน [1] อีกทั้งยังสามารถพบปัญหาเกี่ยวกับธาตุโลหะไอออนบวก เช่น อะลูมิเนียม เหล็ก และแมงกานีสที่ละลายออกมาจนเกิดความเป็นพิษต่อพืชโดยตรงหรือส่งผลต่อการดูดธาตุอาหารที่จำเป็น [2] การสำรวจของกรมพัฒนาที่ดิน [3] พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ที่เป็นดินกรดอยู่ประมาณ 95 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 30 ของพื้นที่ทางการเกษตรทั้งหมด ทั้งนี้การสำรวจในจังหวัดปราจีนบุรีพบว่ามีพื้นที่ที่เป็นดินกรดหรือดินเปรี้ยวจัดอยู่ประมาณ 446,823 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15 ของพื้นที่ทั้งหมด [4] สำหรับการแก้ไขปัญหาดินกรดมี

หลากหลายวิธี ได้แก่ การเติมอินทรีย์วัตถุ การขังน้ำ และการใส่ปูน เป็นต้น [5] อย่างไรก็ตาม การใช้ถ่านชีวภาพ (biochar) ซึ่งเป็นวัสดุที่ผลิตจากมวลชีวภาพโดยการเผาที่อุณหภูมิ 300-1,000 องศาเซลเซียส โดยปราศจากออกซิเจน ถือเป็นวัสดุปรับปรุงดินชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงดินกรด เนื่องจากสมบัติของถ่านชีวภาพที่เป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีคาร์บอนในรูปที่เสถียรและคงทนสูง นอกจากนี้ยังมีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 7 ซึ่งสามารถเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน [6] รวมไปถึงมีค่าความจุแลกเปลี่ยนไอออนและรูพรุนสูง ทำให้ดินมีช่องว่างในการดูดซับความชื้นและระบายอากาศได้ดีขึ้น และมีรายงานเกี่ยวกับการใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงสมบัติของดินและเจริญเติบโตของพืช เช่น การศึกษาของ อัจจิมา และคณะ [7] พบว่าการใช้ถ่านกลบชีวภาพไม่สามารถเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน แต่มีแนวโน้มที่ช่วยรักษาสภาพความแตกต่างของดินได้เมื่อมีการใส่ร่วมกับวัสดุปูน และพบว่าการใช้วัสดุปูน (โดโลไมต์ 4,200

กก./ไร่) ร่วมกับถ่านแกลบชีวภาพอัตรา 800 กก./ไร่ ทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองควบคุมที่ไม่มีการใส่สารปรับปรุงดินใด ๆ อย่างไรก็ตาม ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่ไม่จัดอยู่ในประเภทปุ๋ยอินทรีย์เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่น้อย ดังนั้นการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์จึงถือเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาใช้สำหรับการเพาะปลูกพืช โดยเฉพาะพืชผักที่ต้องการผลิตแบบปลอดภัยซึ่งผลผลิตที่ได้กำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคกลุ่มผู้รักสุขภาพเป็นอย่างมาก ทั้งนี้จากรายงานของ เกศศิริรินทร์ และคณะ [8] พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพในอัตราที่เพิ่มขึ้นจาก 500 เป็น 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังพบว่าการใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มทำให้ผักสลัดพันธุ์ กรีนคอสมีปริมาณผลผลิตสูงกว่าการใส่ถ่านชีวภาพในอัตราอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับถ่านชีวภาพที่เหมาะสมต่อการปลูกผักสลัดในสภาพพื้นที่ที่เป็นดินกรดถือเป็นเรื่องที่น่าสนใจ โดยเฉพาะการวิเคราะห์ต้นทุนและความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจเพื่อชี้ให้เห็นถึงข้อเท็จจริงที่อาจเกิดขึ้นหากเพาะปลูกในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการใช้ปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพต่อสมบัติทางเคมีของดินปลูก ปริมาณผลผลิต รวมไปถึงการวิเคราะห์ต้นทุนและความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจ เพื่อเป็นแนวทางให้กับเกษตรกรที่ต้องการปลูกผักใบแบบปลอดภัยและยั่งยืนในสภาพดินกรดต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ (แปลง) ประกอบด้วย 6 สิ่งทดลอง ได้แก่

2.1.1 สิ่งทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยและถ่านชีวภาพทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยว (control)

2.1.2 สิ่งทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยว (CF)

2.1.3 สิ่งทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อย่างเดียว อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยว (CM_{2,000})

2.1.4 สิ่งทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ + ถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยว (CM_{2,000}B₅₀₀)

2.1.5 สิ่งทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ + ถ่านชีวภาพอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยว (CM_{2,000}B_{1,000})

2.1.6 สิ่งทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ + ถ่านชีวภาพอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 และใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียวในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 (CM_{2,000}B_{1,000/No})

2.2 การปลูกและการดูแลรักษา

เตรียมแปลงทดลอง ณ ตำบลศรีมหาโพธิ อำเภอสรีมหาโพธิ จังหวัดปราจีนบุรี โดยขุดหน้าดิน ความลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร ตากดินทิ้งไว้ 7 วัน แล้วย่อยดิน (ผสมขุยมะพร้าวเพียงเล็กน้อยเพื่อให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น) และขึ้นแปลงขนาด 1×4 เมตร จำนวน 24 แปลง ใส่ปุ๋ยในแต่ละแปลงตามอัตราในแต่ละสิ่งทดลอง และหมักทิ้งไว้ 3

วันก่อนย้ายปลูก โดยสิ่งทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับถ่านชีวภาพจะใส่เพียงครั้งเดียวก่อนย้ายปลูก ส่วนสิ่งทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีจะใส่ปุ๋ยรองพื้น ได้แก่ ปุ๋ยมูลวัวและปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ในวันก่อนย้ายปลูก และใส่ปุ๋ยแต่งหน้า ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย 46-0-0 ก่อนการเก็บเกี่ยว 14 วัน รดน้ำแล้วไถกลบเพื่อคลุมเคล้าปุ๋ยชนิดต่าง ๆ และถ่านชีวภาพให้เข้ากับดิน

เพาะเมล็ดผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คลงในหลุมเพาะขนาด $2.4 \times 2.4 \times 4.0$ เซนติเมตร ที่บรรจุวัสดุปลูกประกอบด้วยหน้าดิน ปุ๋ยมูลไก่ และขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1:1 รดน้ำทุกวัน เมื่อต้นกล้ามีอายุ 7 วันหรือมีใบจริง 2-4 ใบ ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม และเมื่อต้นกล้ามีอายุ 14 วันหลังปลูก ย้ายปลูกลงในแปลงที่มีระยะปลูก 25×25 เซนติเมตร กลบหลุมให้เสมอกับหน้าดินและคลุมแปลงด้วยฟางเพื่อรักษาความชื้นในดิน ให้น้ำทุกวันด้วยระบบน้ำหยดในอัตราที่เท่ากันทุกแปลง ผิดพันธุ์สารสกัดธรรมชาติ ได้แก่ น้ำหมักสะเดาและพริกแห้ง เพื่อกำจัดโรคและแมลงเมื่อมีการระบาด และกำจัดวัชพืชอย่างสม่ำเสมอ เก็บเกี่ยวผลผลิตผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่อายุ 42 วันหลังปลูก ซึ่งการปฏิบัติตั้งแต่การเพาะเมล็ด การย้ายปลูก การใส่ปุ๋ยตามสิ่งทดลอง และการดูแลรักษาตลอดการปลูกจะเหมือนกันทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยว ซึ่งการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 ปลูกในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 และการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ปลูกในเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม พ.ศ. 2561

2.3 การเก็บผลการทดลอง

บันทึกคุณภาพของดินทั้งก่อนและหลังการทดลอง โดยวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ด้วยเครื่อง pH/EC meters ปริมาณอินทรีย์วัตถุวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Walkley และ Black [9] และวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักที่

เป็นประโยชน์ ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl method ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย Bray II และวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่สกัดด้วย $1N NH_4OAc$ pH 7.0 และวัดด้วยเครื่อง flame photometer [10] สำหรับการเจริญเติบโต บันทึกความสูงต้นในทุกลำบาห์จนถึงระยะเก็บเกี่ยว (42 วันหลังปลูก) และเมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว บันทึกข้อมูล ได้แก่ ปริมาณผลผลิตซึ่งได้จากการบันทึกน้ำหนักสดของส่วนเหนือดิน (ใบและต้น) และนำมาคำนวณเป็นผลผลิต (กิโลกรัม) ต่อไร่ นอกจากนี้บันทึกผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการผลิตผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คต่อไร่ โดยคำนวณต้นทุน ได้แก่ ค่าแรงงานที่รวมตั้งแต่การเตรียมดิน การปลูก การดูแลรักษา การใส่ปุ๋ย ตลอดจนการเก็บเกี่ยว และค่าวัสดุ ซึ่งหมายความว่ารวมถึงค่าเมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย ถ่านชีวภาพและระบบน้ำ นำข้อมูลต้นทุนที่ได้มาคำนวณเป็นต้นทุนรวม (ตารางที่ 1) จากนั้นนำปริมาณและราคาขายผลผลิตมาคำนวณเป็นรายได้ แล้วนำต้นทุนและรายได้มาคำนวณเป็นกำไรสุทธิต่อไป

2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลอง RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 สมบัติของดินก่อนและหลังการทดลอง

ดินในแปลงปลูกผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย (sandy clay) ที่ประกอบด้วยอนุภาคทราย 50 เปอร์เซ็นต์ ทรายแป้ง 14 เปอร์เซ็นต์ และดินเหนียว 36 เปอร์เซ็นต์ มีค่า

ความเป็นกรด-ด่าง 4.40 (กรดรุนแรงมาก) ค่าการนำไฟฟ้า 0.03 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และปริมาณอินทรีย์วัตถุ 1.03 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ ไนโตรเจน (0.05 เปอร์เซ็นต์) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (12.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และโพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้ (70.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) พบว่ามีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และเมื่อพิจารณาสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 การใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับถ่านชีวภาพในอัตราต่าง ๆ ทำให้ดินหลังการเก็บเกี่ยวมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (5.31-5.64) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (2.45-3.97 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (75.65-98.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (424.96-526.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) มากกว่าดินหลังการเก็บเกี่ยวที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี (สูตร 16-16-16 และ 46-0-0 อัตราอย่างละ 30 กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับปุ๋ยมูลโค (อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่) และมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยและถ่านชีวภาพ และในดินหลังการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 พบว่ายังคงเห็นแนวโน้มดังกล่าวเช่นเดียวกับการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า ดินหลังการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 ในสิ่งทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับถ่านชีวภาพมีปริมาณไนโตรเจนรวม (0.23-0.37 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าดินหลังการเก็บเกี่ยวในสิ่งทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลโค (0.19 เปอร์เซ็นต์) และสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่มีการใส่ทั้งปุ๋ยและถ่านชีวภาพ (0.06 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งผลการทดลองเห็นได้ว่าการใส่ถ่านชีวภาพในอัตราต่าง ๆ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ ทำให้ดินหลังการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่าสิ่งทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียว หรือการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลโค หรือการไม่ใส่ทั้งปุ๋ยและถ่านชีวภาพ (ตารางที่

2) สอดคล้องกับการศึกษาของ เกศศิริรินทร์ [11] ที่พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบ ชังข้าวโพด และเปลือกทุเรียนเพื่อการปรับปรุงดินในการปลูกกระเจี๊ยบเขียว ทำให้ดินหลังปลูกมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นจาก 3.5 เป็น 6.2-7.0 ภายในระยะเวลา 2 เดือน และพบว่าดินหลังปลูกมีความหลากหลายทางชีวภาพในดินมากขึ้น ทั้งนี้จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 รอบ มีค่าเพิ่มขึ้นจากดินก่อนการปลูก โดยเฉพาะในสิ่งทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับถ่านชีวภาพ และพบว่าดินหลังการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 มีปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ เหล่านี้เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับดินหลังการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่ลงไปดินมีการย่อยสลายและเกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมาอย่างช้า ๆ [12] เช่นเดียวกับการศึกษาผลของถ่านชีวภาพและปุ๋ยมูลไก่ต่อสมบัติของดินและการดูดซึมธาตุอาหารในข้าวซึ่งการใส่ถ่านชีวภาพจะส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารถูกปลดปล่อยออกมาเพิ่มขึ้นในระยะยาว ดังนั้นจะเห็นผลได้ดีเมื่อมีการปลูกพืชประมาณ 2-3 รอบการเพาะปลูก [13]

3.2 ความสูงและปริมาณผลผลิต

การใส่ปุ๋ยและถ่านชีวภาพในอัตราที่ต่างกัน มีผลต่อความสูงของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ในทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยว โดยพบว่าการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ความสูงของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คมีค่ามากที่สุด คือ 13.43 เซนติเมตร ซึ่งมีความมากกว่าประมาณ 3 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ยและถ่านชีวภาพ (4.53 เซนติเมตร) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อ

Table 1 Cost calculation for green oak lettuce production in each treatment for 2 harvesting times

Lists	Treatments					
	Control	CF	CM _{2,000}	CM _{2000B500}	CM _{2000B1,000}	CM _{2000B1,000/No}
1 st harvesting time						
1. Labor costs						
1.1 Soil preparation, plantation and harvesting	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
1.2 Fertilizer application	0	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000
2. Material costs						
2.1 Seed	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
2.2 Water system	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
2.3 Fertilizer						
(1) Chicken manure	0	0	4,000	4,000	4,000	4,000
(2) 16-16-16 fertilizer	0	1,380	0	0	0	0
(3) Urea (46-0-0)	0	1,020	0	0	0	0
(4) Cow manure	0	6,000	0	0	0	0
2.4 Biochar	0	0	0	15,000	30,000	30,000
2.5 Rice straw, coconut dust	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400
3. Total cost (baht/rai)	67,400	77,300	72,400	87,400	102,400	102,400
2 nd harvesting time						
1. Labor costs						
1.1 Soil preparation, plantation and harvesting	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
1.2 Fertilizer application	0	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000
2. Material costs						
2.1 Seed	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
2.2 Water system	0	0	0	0	0	0
2.3 Fertilizer						
(1) Chicken manure	0		4,000	4,000	4,000	4,000
(2) 16-16-16 fertilizer	0	1,380	0	0	0	0
(3) Urea (46-0-0)	0	1,020	0	0	0	0
(4) Cow manure	0	6,000	0	0	0	0
2.4 Biochar	0	0	0	15,000	30,000	0
2.5 Rice straw	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
3. Total cost (baht/rai)	15,000	24,900	20,000	35,000	50,000	20,000

Table 2 Chemical properties of soil before sowing and after harvesting of green oak lettuce under different of fertilizer and biochar treatments.

Treatments	pH ^{1/}	EC (dS/m) ^{2/}	Organic matter (%) ^{3/}	Total N (%) ^{4/}	Available P (mg/kg) ^{5/}	Exchangeable K (mg/kg) ^{6/}
Before treatment	4.40	0.03	1.03	0.05	12.00	70.00
1 st harvesting time						
Control	2.64 ^{c7/}	0.33 ^d	2.19 ^c	0.06 ^d	15.95 ^e	132.80 ^d
CF	4.92 ^b	0.61 ^b	2.26 ^c	0.20 ^a	33.15 ^d	280.00 ^c
CM _{2,000}	5.64 ^a	0.59 ^b	2.45 ^c	0.10 ^{cd}	82.66 ^{bc}	524.57 ^a
CM _{2,000} B ₅₀₀	5.60 ^a	0.48 ^c	3.23 ^b	0.13 ^{bc}	75.65 ^c	424.96 ^b
CM _{2,000} B _{1,000}	5.61 ^a	0.63 ^b	3.61 ^{ab}	0.15 ^b	92.75 ^{ab}	526.67 ^a
CM _{2,000} B _{1,000} /No	5.31 ^{ab}	0.67 ^a	3.97 ^a	0.10 ^c	98.65 ^a	518.61 ^a
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	4.43	3.86	12.17	14.37	10.22	5.86
2 nd harvesting time						
Control	2.82 ^d	0.35 ^c	1.37 ^f	0.06 ^d	13.01 ^e	113.36 ^d
CF	4.44 ^c	0.54 ^a	1.99 ^e	0.19 ^c	35.97 ^d	776.87 ^c
CM _{2,000}	4.69 ^c	0.33 ^c	2.54 ^d	0.23 ^c	182.05 ^c	834.47 ^c
CM _{2,000} B ₅₀₀	5.53 ^b	0.57 ^a	4.87 ^a	0.37 ^a	239.45 ^b	943.22 ^b
CM _{2,000} B _{1,000}	5.71 ^a	0.48 ^b	3.76 ^b	0.29 ^b	162.23 ^c	1,179.61 ^a
CM _{2,000} B _{1,000} /No	5.32 ^b	0.55 ^a	3.14 ^c	0.34 ^{ab}	288.74 ^a	832.25 ^c
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	3.32	3.71	8.83	13.31	7.05	5.54

** Significance at the 99 % confidence level; ^{1/} pH (1 : 1 H₂O); ^{2/} EC (1 : 5 H₂O); ^{3/} OM (Walkley and Black method); ^{4/} N (Kjeldahl method); ^{5/} P (Bray II); ^{6/} K (NH₄OAc method); ^{7/} Means followed by the same letters are not significantly different (p ≤ 0.01) using Duncan's multiple range test

ไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยว ซึ่งทำให้ผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คมีความสูง 12.27 เซนติเมตร สำหรับการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 พบว่าความสูงของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา

1,000 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงครั้งเดียวในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 มีความสูงมากที่สุด คือ 14.57 เซนติเมตร ซึ่งไม่ต่างกับสิ่งทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (14.30 เซนติเมตร) การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000

กิโกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียว (14.07 เซนติเมตร) และการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับ ถ่านชีวภาพอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้ง 2 รอบการ เก็บเกี่ยว (13.87 เซนติเมตร) ทั้งนี้จากผลการทดลอง ชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียวหรือใส่ ร่วมกับถ่านชีวภาพ ทำให้ความสูงของผักสลัดพันธุ์กรีน โอ๊คมีค่ามากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลโค (12.57

เซนติเมตร) อย่างไรก็ตาม พบว่าผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คมี ความสูงน้อยที่สุดเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยและถ่านชีวภาพ ซึ่ง มีค่า 6.10 เซนติเมตร และเป็นที่น่าสังเกตว่าความสูง ของทุกสิ่งทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง การเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 และรอบที่ 2 ในสิ่งทดลอง เดียวกัน (ตารางที่ 3)

Table 3 Plant heights and yields of green oak lettuce under different of fertilizer and biochar treatments

Treatments	Plant heights (cm)		Marketable yields (kg/rai)	
	1 st harvesting time	2 nd harvesting time	1 st harvesting time	2 nd harvesting time
Control	4.53 ^{e1/}	6.10 ^c	34.73 ^d	33.56 ^d
CF	10.73 ^d	12.57 ^b	1,868.23 ^b	2,099.34 ^c
CM _{2,000}	11.13 ^{cd}	14.07 ^a	1,181.90 ^c	2,143.40 ^{bc}
CM _{2,000} B ₅₀₀	13.43 ^a	14.30 ^a	2,380.60 ^a	3,390.07 ^a
CM _{2,000} B _{1,000}	12.27 ^b	14.57 ^a	1,929.81 ^b	2,770.18 ^b
CM _{2,000} B _{1,000} /No	12.03 ^{bc}	13.87 ^a	1,796.52 ^b	2,392.21 ^{bc}
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	13.54	9.99	20.59	20.88

^{1/} Means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.01$) using Duncan's multiple range test; ** Significance at the 99 % confidence level

สำหรับปริมาณผลผลิต เมื่อพิจารณาที่ การเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 พบว่าผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่ ปลุกในสิ่งทดลองควบคุมมีปริมาณผลผลิตน้อยที่สุด คือ 34.73 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่ง ทดลองอื่น ๆ แต่พบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัม ต่อไร่ ส่งผลให้ผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คมีปริมาณผลผลิต สูงที่สุด ซึ่งมีค่า 2,380.60 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับ ถ่านชีวภาพอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้ง 2 รอบ

การเก็บเกี่ยว (1,929.81 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งให้ผลไม่ ต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลโค และการใส่ปุ๋ย มูลไก่ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพ 1,000 กิโลกรัม เพียงครั้งเดียวในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 1 ซึ่งมี ผลผลิต 1,868.23 และ 1,796.52 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 พบว่าให้ผล เช่นเดียวกับการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 กล่าวคือ ผักสลัด พันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลุกในสิ่งทดลองควบคุมมีปริมาณ ผลผลิตต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่น ๆ คือ มีค่า 33.56 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าถึง 100

เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่ให้ผลผลิตสูงสุด คือ การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับ ถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (3,390.07 กิโลกรัมต่อไร่) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงปริมาณผลผลิตของทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยว พบว่าผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในสิ่งทดลองที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับถ่านชีวภาพมีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นตามจำนวนรอบของการเก็บเกี่ยว ซึ่งเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 33-81 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโค ทำให้ปริมาณผลผลิตในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ การเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 อย่างไรก็ตาม พบว่าการไม่ใส่ปุ๋ยและถ่านชีวภาพทำให้ปริมาณผลผลิตลดลงในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 (ตารางที่ 3) เช่นเดียวกับการศึกษาของ สุภา และคณะ [14] ที่พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงติดต่อกันทำให้ผลผลิตของแก้วมังกรในปี การผลิตที่ 2 มีค่าสูงกว่าผลผลิตในปีแรก และยังสามารถคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ในการผลิตจิงจูฉ่ายที่พบว่าปริมาณผลผลิตของจิงจูฉ่ายมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนรอบการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 รอบ และโดยเฉพาะ จิงจูฉ่ายที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณผลผลิตมากกว่าจิงจูฉ่ายที่ได้รับปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลโคที่ระดับไนโตรเจนเดียวกัน [15] ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ติดต่อกันเป็นเวลานาน ธาตุอาหารจากปุ๋ยอินทรีย์จะเกิดการปลดปล่อยอย่างช้า ๆ เนื่องจากมีฮิวมัสซึ่งเกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์ที่ช่วยตรึงและลดการสูญเสียของธาตุอาหาร ทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้พืชใช้ประโยชน์ได้อย่างต่อเนื่อง [16] และโดยเฉพาะหากมีการใส่วัสดุอินทรีย์อย่างถ่านชีวภาพลงไปในดินที่มีสภาพเป็นกรด นอกจากจะช่วยเพิ่มความเป็นกรด-ด่างของดิน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชแล้ว ถ่านชีวภาพยังสามารถเก็บกัก

ความชื้นและเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ทำให้เกิดกิจกรรมการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์อย่างปุ๋ยอินทรีย์ได้มากขึ้น [17,18]

3.3 ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

สำหรับต้นทุนในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 พบว่ามีการลงทุนด้านระบบน้ำซึ่งถือเป็นต้นทุนหลัก ทำให้มีต้นทุนรวมสูง และเมื่อคำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเป็นกำไรสุทธิ (บาทต่อกิโลกรัม) พบว่าผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในสิ่งทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยและถ่านชีวภาพในอัตราที่ต่างกัน มีกำไรสุทธิ 39-63 บาทต่อกิโลกรัม โดยสิ่งทดลองที่ให้ผลตอบแทนเป็นกำไรสุทธิสูงสุด คือ สิ่งทดลองที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีค่า 63 บาทต่อกิโลกรัม รองลงมา ได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคและการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีกำไรสุทธิ 59 และ 47 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ขณะที่สิ่งทดลองที่ไม่ใส่ทั้งปุ๋ยและถ่านชีวภาพกลับทำให้กำไรสุทธิมีค่าติดลบ คือ -1,840 บาทต่อกิโลกรัม

สำหรับการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยและถ่านชีวภาพทำให้ผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คมีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น อีกทั้งไม่มีการลงทุนเรื่องระบบน้ำซึ่งเป็นต้นทุนหลัก ทำให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจด้านกำไรสุทธิมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 27-53 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับ การเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยและถ่านชีวภาพยังคงทำให้กำไรสุทธิมีค่าติดลบ คือ -341 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้เมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยของกำไรสุทธิที่ได้จากการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 รอบ ชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัม ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ได้กำไรสุทธิมากที่สุด คือ 77 บาทต่อกิโลกรัม รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลโค

ซึ่งทำให้ได้กำไรสุทธิเฉลี่ย 74 บาทต่อกิโลกรัม และการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 และใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียวในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 ซึ่งทำให้ได้กำไรสุทธิเฉลี่ย 68 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การคิดราคามูลผลิตของการผลิตผักแบบใช้เคมีจะพบว่ามีความต่ำกว่าการผลิตในระบบเกษตรอินทรีย์หรือแบบปลอดภัย ซึ่งข้อมูลของราคาขายผักสลัดที่มีการปลูกแบบเคมีหรือมีการใส่ปุ๋ยเคมีมีราคาขายประมาณ 30-70 บาทต่อกิโลกรัม [19] แต่พบว่า ราคาขายของผักสลัดที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์หรือแบบปลอดภัยที่มีการใส่เพียงแคปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุทางธรรมชาติมีราคาขายประมาณ 80-150 บาทต่อกิโลกรัม [20] ดังนั้นหากเปรียบเทียบราคาขายตามจริงจะเห็นได้ว่ากำไรสุทธิของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีจะมีค่าลดลงและมีย่าน้อยกว่าผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับถ่านชีวภาพในทุกอัตรา อีกทั้งหากพิจารณาถึงต้นทุนของการผลิตผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คจะเห็นได้ว่าการใส่ถ่านชีวภาพทำให้อัตราต้นทุนต่อไร่สูงขึ้น เนื่องจากราคาขายส่งของถ่านชีวภาพอยู่ที่ประมาณ 30-35 บาทต่อกิโลกรัม [21] เมื่อใช้จำนวนมากจึงทำให้ต้นทุนสูง หากส่งเสริมให้เกษตรกรเผาถ่านจากวัสดุเหลือใช้ในสวนของตนเอง จะทำให้ต้นทุนของถ่านชีวภาพลดลง ทั้งนี้ต้นทุนการทำเตาเผาถ่านชีวภาพประมาณ 2,000 บาทต่อเตา ซึ่งประกอบด้วย (1) ถัง 200 ลิตร ราคา 400 บาท (2) ปอกปูนขนาด 1 เมตร 2 ปอก ราคา 600 บาท (3) ฝาปอกปูนราคา 250 บาท (4) ท่อโยหินราคา 190 บาท และ (5) ค่าอุปกรณ์สำหรับยึดอุปกรณ์ต่าง ๆ ประมาณ 500 บาท ซึ่งเผาถ่านชีวภาพได้ 50 ครั้ง ครั้งละประมาณ 20 กิโลกรัม โดยการเผาถ่าน

1,000 กิโลกรัม ต้องใช้การเผาต่อ 1 ถัง รวม 50 ครั้ง ซึ่งมีค่าแรงและค่าขนส่งในการเก็บเปลือกทุเรียนที่ถูกทิ้งประมาณ 8,000-10,000 บาท แต่พบว่าเมื่อหักจากค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนสำหรับการเผาถ่านชีวภาพใช้เอง สามารถลดต้นทุนได้ถึงประมาณ 18,000-20,000 บาท (ต่อถ่านชีวภาพ 1,000 กิโลกรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับ การซื้อถ่านชีวภาพในราคาขายส่ง ดังนั้นผลการทดลองหากมีการเผาถ่านชีวภาพใช้เองสำหรับการปลูกผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีการใส่ถ่านชีวภาพร่วมด้วย น่าจะมีกำไรสุทธิต่อกิโลกรัมเพิ่มขึ้น ดังนั้นการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้เตาเผาถ่านชีวภาพอย่างง่ายเพื่อเพิ่มผลผลิตผักสลัดอินทรีย์ในดินที่มีสภาพเป็นกรด จึงถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่ควรพิจารณาส่งเสริมให้เกษตรกรทำต่อไป และโดยเฉพาะเมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตเฉลี่ยทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยวที่เปรียบเทียบระหว่างสิ่งทดลองที่ 5 คือ ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยว (2,350 กิโลกรัมต่อไร่) และสิ่งทดลองที่ 6 ที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 และใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียวในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 (2,095 กิโลกรัมต่อไร่) จะเห็นได้ว่ามีผลผลิตต่างกันประมาณ 255 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการใส่ถ่านชีวภาพอย่างต่อเนื่องจะช่วยทำให้ผลผลิตของดินดีขึ้น ดังนั้นควรมีการใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับถ่านชีวภาพอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ถือเป็นอัตราการใช้ปุ๋ยและถ่านชีวภาพที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คในสภาพดินกรด ซึ่งทำให้ผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คมีปริมาณผลผลิตและกำไรสุทธิมากที่สุด (ตารางที่ 4)

Table 4 Cost and economic return for green oak lettuce production under different fertilizer and biochar treatments for 2 harvesting times

Data	Treatments					
	Control	CF	CM _{2,000}	CM ₂₀₀₀ B ₅₀₀	CM ₂₀₀₀ B _{1,000}	CM ₂₀₀₀ B _{1,000} /No
1 st harvesting time						
1. Total cost (baht/rai)	67,400	77,300	72,400	87,400	102,400	102,400
2. Yield (kg/rai)	35	1,868	1,182	2,381	1,930	1,797
3. Cost (baht/kg)	1,926	41	61	37	53	57
4. Yield price (baht/kg)	100	100	100	100	100	100
5. Income (baht/rai)	3,500	186,800	118,200	238,100	193,000	179,700
6. Profit (baht/rai)	-63,900	109,500	45,800	150,700	90,600	77,300
7. Net profit (baht/kg)	-1,826	59	39	63	47	43
2 nd harvesting time						
1. Total cost (baht/rai)	15,000	24,900	20,000	35,000	50,000	20,000
2. Yield (kg/rai)	34	2,099	2,143	3,390	2,770	2,392
3. Cost (baht/kg)	441	12	8	10	18	8
4. Yield price (baht/kg)	100	100	100	100	100	100
5. Income (baht/rai)	3,400	209,900	241,300	339,000	277,000	239,200
6. Profit (baht/rai)	-11,600	185,000	221,300	304,000	227,000	219,200
7. Net profit (baht/kg)	-341	88	92	90	82	92
Average from 2 harvesting times						
1. Average cost (baht/rai)	41,200	51,100	46,200	61,200	76,200	61,200
2. Average yield (kg/rai)	35	1,984	1,663	2,886	2,350	2,095
3. Average yield on cost (baht/kg)	1,184	27	35	24	36	33
4. Average profit (baht/rai)	-37,750	147,250	133,550	227,350	158,800	148,250
5. Average net profit (baht/kg)	-1,084	74	66	77	65	68

4. สรุป

การใช้ปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพในอัตราที่ต่างกันสำหรับการปลูกผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คในสภาพแปลงที่เป็นดินกรด มีผลทำให้สมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 รอบ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการปลูก โดยเฉพาะค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจพบว่า การใช้ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นอัตราการใช้ปุ๋ยและถ่านชีวภาพที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คในสภาพดินกรด ซึ่งทำให้ผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊คมีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในด้านกำไรสุทธิเฉลี่ยทั้ง 2 รอบการเก็บเกี่ยว มากที่สุด คือ 77 บาทต่อกิโลกรัม จากราคาขาย 100 บาทต่อกิโลกรัม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ภายใต้ “ทุนวิจัยทั่วไป” ตามสัญญาเลขที่ ทป 2/23/2561 ขอขอบคุณสาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำหรับการสนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบพระคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์เพื่อการวิจัยขั้นสูง สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ (CHNS/O Analyzer) สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช

6. References

[1] Suksawat, M., 2001, Soil Fertility, Odient Store Publisher, Bangkok, 368 p. (in Thai)

- [2] Osotsapa, Y., 2015, Soil, Nutrition and Rice Fertilizer, Soil and Fertilizer Society of Thailand, Bangkok, 454 p. (in Thai)
- [3] Land Development Department, 2013, Management of Acid Sulphate Soil, Acidic Soil and Peat Soil, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, 40 p. (in Thai)
- [4] Acid Sulphate Soil in Prachinburi Province, Land Development Department, Available Source: http://www.ddd.go.th/Lddwebsite/web_ord/Technical/Map_acidity/HTML/Acidity_map.html, April 2, 2018. (in Thai)
- [5] Wongkrachang, S. and Rattaneetu, B., 2014, Acid soil management by using the lime and organic matter, Princess of Naradhiwas Univ. J. 6(1): 103-112. (in Thai)
- [6] Shackley, S., Sohi, S., Ibarrola, R., Hammond, J., Mašek, O., Brownsort, P. and Haszeldine, S., 2012, Biochar as A Tool for Climate Change Mitigation and Soil Management, pp. 183-205, In Meyers, R. (Ed.), Encyclopedia of Sustainability Science and Technology, Springer, New York.
- [7] Kurnsa-ngwan, A., Saelao, P., Sriwongchai, T., Landrot, G. and Khaokaew, S. , 2016, Effects of liming materials and rice husk biochar on soil phosphorus availability and yield of rice grown in an acid sulfate paddy soil: A case study on Maha-Phot soil series, Prachin Buri province, pp. 185-192, 54th Kasetsart University Annual Conference, Major of plant, Kasetsart

- University, Bangkok. (in Thai)
- [8] Sangmanee, K., Chinnasaen, T. and Puntupa, N., 2015, A study of biochar ratio on soil chemical properties, growth and yield of green cos (*Lactuca sativa* L. cv. Green Cos), pp. 746-752, 53th Kasetsart University Annual Conference, Major of plant, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- [9] Walkley, A. and Black, I.A., 1934, An examination of Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents, *Soil Sci.* 63: 251-263.
- [10] Onthong, J., 2002, Soil and Plant Analysis Manual, Department of Earth, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkla, 168 p. (in Thai)
- [11] Sangmanee, K., 2017, Study of Type and Ratio of Biochar on Soil Property, Growth, Yield and Yield Quality of Okra Growing in Acid Sulphate Soil, Research Report, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, 51 p. (in Thai)
- [12] Osotsapa, Y., Wongmaneerot, A. and Hongprayoon, C., 2011, Fertilizer for sustainable agriculture, 2nd Ed., Kasetsart University Press, Bangkok, 519 p. (in Thai)
- [13] Yusof, M.R.M., Ahmed, O.H., King, W.S. and Zakry, F.A.A., 2015, Effect of biochar and chicken litter ash on selected soil chemical properties and nutrients uptake by *Oryza sativa* L. var. MR219, *Int. J. Biosci.* 6: 360-369.
- [14] Borikappakun, S., Sriyam, K. and Preuksapong, A., 2012, Utilization of High-Quality Organic Fertilizer Combined with Chemical Fertilizer on Yield and Yield Quality of Dragon Fruit in Chanthaburi Province, Research Report in Fiscal Year 2009-2011, Land Development Department, Bangkok, 27 p. (in Thai)
- [15] Thepsilvisut, O., 2017, Comparative study on effect of organic and chemical fertilizer on productivity of white mugwort, *Thai Sci. Technol. J.* 25(4): 615-626. (in Thai)
- [16] Srihabun, P., Saelim, S., Potinam, P. and Teamthaisong, S., High quality organic fertilizer for vegetable growing on Chum Phuang soil series, case study of Chinese kale, *Prawarun Agric. J.* 14(2): 165-172. (in Thai)
- [17] Mohammad, I.A., Hussain, Q., Usman, A.R.A., Ahmad, M., Abduljabbar, A., Sallam, A.S. and Ok, Y.S., 2018, Impact of biochar properties on soil conditions and agricultural sustainability: A review, *Land Degrad. Dev.* 29: 2124-2161.
- [18] Wang, L., Butterfly, C.R., Wang, Y., Herath, H., Xi, Y.G. and Xiao, X.J., 2014, Effect of crop residue biochar on soil acidity amelioration in strongly acidic tea garden soils, *Soil Use Manag.* 30: 119-128.
- [19] Kaset Price, Available Source: <https://www.kasetprice.com>, February 2, 2019. (in Thai)

- [20] Organic Vegetable, Pesticide Residue Free Vegetable, Available Source: <https://www.facebook.com/pakorganicthailand>, February 2, 2019. (in Thai)
- [21] Nanagarden, Biochar, Available Source: <https://www.nanagarden.com/search/biochar>, February 2, 2019. (in Thai)