วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

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

การจัดการธาตุอาหารในวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของผักสลัดเรดโอ๊คภายใต้ระบบโรงเรือนอัจฉริยะ

Nutrient management in growing media on growth and yield of red oak lettuce under smart greenhouse system

อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์[1]*, ณิรชา ขำทรง[1], พฤกษ์ ชุติมานุกูล[1], เอกราช รัตนอุดมพิสุทธิ์[2] และ อัมพร โพธิ์ใย[2]

Ornprapa Thepsilviisut[1]*, Niracha Kumsong[1], Preuk Chutimanukul[1], Eakkarach Ratanaudomphisut[2] and Amporn Poyai[2]

[1] *สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จังหวัดปทุมธานี 12120*
[1] *Major of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University Rungsit Centre, Pathum Thani 12120*
[2] *ศูนย์บริการปรึกษาการออกแบบและวิศวกรรม (DECC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ จังหวัดปทุมธานี 12120*
[2] *Design and Engineering Consulting Service Center (DECC), National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani 12120*

บทคัดย่อ: การศึกษารูปแบบการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการผลิตผักสลัดเรดโอ๊คในวัสดุปลูก (แกลบดิบ:แกลบเผา:ขุยมะพร้าว:มูลโค:ดิน = 1:1:1:1:0.25 โดยปริมาตร) ภายใต้ระบบโรงเรือนอัจฉริยะที่ควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ย 30±3 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 10 ซ้ำ ประกอบด้วย 11 สิ่งทดลอง ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ และใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยอินทรีย์ผง และปุ๋ยมูลโค อย่างละอัตรา 10.90, 20.90 และ 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยใส่ปุ๋ยทุกชนิดเพียงครั้งเดียว และเก็บเกี่ยวผลผลิตเป็นจำนวน 3 รอบการเก็บเกี่ยว ผลการทดลองพบว่า ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 การใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีน้ำหนักสดต้นมากที่สุด คือ 61.48 กรัมต่อต้น แต่พบว่า ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 และ 3 การใช้ปุ๋ยเคมีทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีน้ำหนักสดต้นน้อยที่สุดและไม่แตกต่างกับการไม่ใส่ปุ๋ยชนิดใด ในขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ที่แม้ว่าทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีน้ำหนักสดต้นในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 (36.95 กรัมต่อต้น) มีค่าน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ แต่พบว่าในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 และ 3 ยังคงทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีน้ำหนักสดต้นที่สม่ำเสมอและมีค่ามากที่สุด คือ 35.35 และ 35.76 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ดังนั้นจากผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ถือเป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเรดโอ๊คภายใต้ระบบโรงเรือนอัจฉริยะซึ่งทำให้ได้ผลผลิตเฉลี่ยจาก 3 รอบการเก็บเกี่ยวสูงที่สุด

คำสำคัญ: ธาตุอาหารพืช; ปุ๋ยอินทรีย์; ผลผลิต; ผักสลัด; โรงเรือนอัจฉริยะ

ABSTRACT: This study was to investigate the utilization of organic fertilizer in soilless media (rice husk: rice husk charcoal: coconut dust: cow manure: soil = 1:1:1:1:0.25 by volume) for red oak lettuce production under a smart greenhouse system (controlling the average temperature at 30±3 °C). The experimental design was a complete randomized design (CRD) with 11 treatments. Treatments were consisting of control (no fertilizer), 20.90 kg N/rai of chemical fertilizer, powder organic fertilizer, granular organic fertilizer, and cow manure at the rate of 10.90, 20.90, and 30.90 kg N/rai). All fertilizers have been applied once before planting and the harvest was done three times. The results in the first harvest revealed that the chemical fertilizer applied at 20.90 kg N/rai gave a significantly

* Corresponding author: ornprapa@hotmail.com

Received: date; March 27, 2023 Accepted: date; July 13, 2023 Published: date;

higher yield of red oak lettuce, which was 61.48 g/plant. However, the second and third harvesting yields of red oak lettuce under the chemical fertilizer treatment were lower, which was not significantly different from the control treatment. Although the application of granular organic fertilizer at 30.90 kg N/rai gave a lower yield fresh weight of red oak lettuce (36.95 g/plant) than that under the 20.90 kg N/rai of chemical fertilizer treatments, the result in the second and third harvests showed that the application of granular organic fertilizer at 30.90 kg N/rai gave consistent productivity and showed the highest yields, which were 35.35 and 35.76 g/plant, respectively. It could be concluded that the application of granular organic fertilizer at 30.90 kg N/rai was considered as the appropriate rate for red oak production under the smart greenhouse system, which gave the highest average yield from 3 harvest cycles.

Keywords: plant nutrition; organic fertilizer; yield, lettuce; smart greenhouse

บทนำ

ผักสลัด (*Lactuca sativa*) จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย และยุโรปแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน นิยมปลูกด้วยเมล็ดซึ่งสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นคือประมาณ 45-50 วันหลังการเพาะเมล็ด (มนูญ, 2544) ทั้งนี้ผักสลัดเป็นผักรับประทานสดชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (สัมฤทธิ์, 2538; สุนทร, 2540) และอุดมไปด้วยรงควัตถุที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ จากการศึกษาของ Llorach et al. (2008) พบว่า ในผักสลัดเรดโอ๊ค *(L. sativa* cv. Red Oak) มีสารแอนโทไซยานินสูงถึง 25.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด อย่างไรก็ตาม พบว่า การสะสมของสารต้านอนุมูลอิสระในผักสลัดมักขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในและภายนอกของพืชหลายประการ เช่น ความเข้มของแสง ปริมาณธาตุอาหารพืช ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น (อรประภา และ ภาณุมาศ, 2558; Aydin et al., 2013; Sutuliene et al., 2022) และแม้ว่าผักสลัดจะสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่พบว่าในช่วงที่สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม อาทิ อุณหภูมิสูง ฝนทิ้งช่วง (แห้งแล้ง) หรือเกิดระบาดของโรคและแมลง จะส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของทั้งปริมาณและคุณภาพผลผลิตของผักสลัด ดังนั้นในปัจจุบันเกษตรกรจึงเริ่มนิยมให้ความสนใจกับการปลูกผักสลัดในสภาพโรงเรือน ซึ่งการปลูกผักสลัดในสภาพโรงเรือนที่สามารถจัดการได้ทั้งอุณหภูมิ ปริมาณน้ำ และการป้องกันโรคและแมลง ส่วนใหญ่ทำให้ได้ผลผลิตที่สูงกว่าผักสลัดที่ปลูกภายนอกโรงเรือน (Barbosa et al., 2015) อย่างไรก็ตามการจัดการภายในโรงเรือนนอกจากจะคำนึงถึงสภาพแวดล้อมแล้ว การจัดการวัสดุปลูกและธาตุอาหารก็ถือเป็นเรื่องที่สำคัญ เนื่องจากมีผลต่อทั้งการเจริญเติบโตของผักสลัด และถือเป็นต้นทุนหลักด้านปัจจัยการผลิตสำหรับการเพาะปลูกพืช ทั้งนี้การปลูกผักสลัดในโรงเรือนนิยมปลูกด้วยระบบไฮโดรพอนิกส์โดยใช้เวอร์มิคิวไลท์และเพอร์ไลท์ (อัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร) เป็นวัสดุปลูกและให้สารละลายธาตุอาหารไปตามระบบน้ำ (คงเอก และคณะ, 2558) แม้ว่าการปลูกผักสลัดด้วยวิธีดังกล่าวจะสามารถควบคุมปริมาณการให้น้ำและธาตุอาหารให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ดี แต่มักพบว่ามีความเสี่ยงในเรื่องของคุณภาพผลผลิตโดยเฉพาะการสะสมของสารไนเตรตซึ่งไม่เป็นผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค (พัชรี และคณะ, 2559) อีกทั้งการใช้วัสดุปลูกและสารละลายธาตุอาหารดังกล่าวยังคงมีราคาสูงและวัตถุดิบส่วนใหญ่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ดังนั้นหากสามารถใช้วัสดุปลูกและปุ๋ยอินทรีย์ที่มีในพื้นที่ หาได้ง่ายและราคาถูกย่อมช่วยให้การผลิตผักสลัดในโรงเรือนมีต้นทุนที่ถูกลง ทั้งนี้ในการเพาะปลูกผักสลัดในโรงเรือนนิยมใช้วัสดุปลูกที่ระบายน้ำและอากาศได้ดี และมีน้ำหนักเบาเพื่อสะดวกต่อการใช้งาน โดยจากการศึกษาของศิราณี และ บัญชา (2561) พบว่า การใช้ดินผสมกับผลปาล์มน้ำมันอัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตร ทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีปริมาณผลผลิตสูงที่สุด และจากการวิจัยก่อนหน้า (ขจรยศ และ อรประภา, 2563) พบว่า วัสดุดินผสมที่ประกอบด้วย ดินร่วน:ขุยมะพร้าว:แกลบดิบ:มูลวัว:มูลไก่ อัตราส่วน 1:1:1:1:0.5 โดยปริมาตร ทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีน้ำหนักสดส่วนเหนือดินรวมทั้ง 3 รอบการเก็บเกี่ยว มากที่สุดและมีต้นทุนของวัสดุดินผสมต่อผลผลิต 1 กิโลกรัม น้อยที่สุดคือ 7.62 บาท อีกทั้งยังสามารถนำกลับมาใช้ได้ต่อเนื่องหากมีเติมแหล่งของธาตุอาหารพืชอย่างปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก เป็นต้น ลงไปในวัสดปลูก นอกจากนี้จากการศึกษาของอานัฐ (2555) พบว่า การใช้วัสดุปลูกที่ประกอบด้วย กากเพาะเห็ด กาบมะพร้าวสับ มูลโค และดินอินทรีย์ อัตรา 2:3:1:1 โดยปริมาตร ร่วมกับการใช้น้ำหมักปลา (เจือจาง 1:100 โดยปริมาตร) และไตรโคเดอร์มา (รองก้นหลุมและโรยรอบโคนต้น) ทำให้ผักกาดหอมห่อมีน้ำหนักสดก่อนและหลังตัดแต่งสูงที่สุด และจากการวิจัยของสุมิตรา และอิศร์ (2561) ยังพบว่าการใช้วัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ขุยมะพร้าว มูลโค ทราย แกลบดิบ และปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 อัตรา 1:2:1:0.5 โดยปริมาตร ทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีการเจริญเติบโตและน้ำหนักสดสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม สำหรับปริมาณธาตุอาหารหลักโดยเฉพาะไนโตรเจนที่ผักสลัด

ต้องการ พบว่า มีค่าแตกต่างกันตามชนิดและลักษณะของดินหรือวัสดุปลูกที่แต่ละงานวิจัยกำหนด โดยจากการศึกษาของ Hoque et al. (2010) พบว่า กำหนดการให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 225 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกเตอร์ หรือ 36 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ โดยการใส่ในดินปลูก ซึ่งทำให้ผักสลัดคอส (var. Green Tower) และบัตเตอร์เฮด (var. Sharp Shooter) มีปริมาณผลผลิตสูงที่สุดและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจมากที่สุด ส่วนการศึกษาของ Paudel et al. (2004) มีการกำหนดอัตราการให้ปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับการผลิตผักสลัดในชุดดินกำแพงแสนอยู่ที่ 81 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกเตอร์ หรือ 12.96 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ และสำหรับอัตราแนะนำในการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับการผลิตผักใบของกรมวิชาการเกษตร (2548) พบว่า ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10-20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทั้งนี้การปลูกผักสลัดในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของวัตถุดิบที่แตกต่างกันย่อมต้องมีการจัดการธาตุอาหารที่แตกต่างกัน แต่จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่มีการใช้ปุ๋ยคอกอย่างมูลโคหรือมูลไก่เป็นแหล่งธาตุอาหารที่ใช้ทดสอบเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยสารละลายธาตุอาหารสังเคราะห์ อย่างไรก็ตาม ยังมีวัสดุอินทรีย์อีกมากมายที่ให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและมีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูง อย่างมูลค้างคาว กากส่าเหล้า หรือแม้แต่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการศึกษาชนิดและอัตราการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีสำหรับการผลิตผักสลัดในวัสดุปลูก เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการผลิตผักสลัดแบบปลอดภัยภายใต้ระบบโรงเรือนอัจฉริยะต่อไป

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (complete randomized design, CRD) จำนวน 10 ซ้ำ ประกอบด้วย 11 สิ่งทดลอง ได้แก่

สิ่งทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)

สิ่งทดลองที่ 2 ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยยูเรีย 46-0-0 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ (20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่; CF 20.90 N)

สิ่งทดลองที่ 3 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 294 กิโลกรัมต่อไร่ (10.90 กิโลกรัม N ต่อไร่; NO 10.90 N)

สิ่งทดลองที่ 4 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 554 กิโลกรัมต่อไร่ (20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่; NO 20.90 N)

สิ่งทดลองที่ 5 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 819 กิโลกรัมต่อไร่ (30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่; NO 30.90 N)

สิ่งทดลองที่ 6 ปุ๋ยอินทรีย์ผง โดยใส่มูลค้างคาว อัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ และกากส่าเหล้าอัตรา 364 กิโลกรัมต่อไร่ (10.90 กิโลกรัม N ต่อไร่; OF 10.90 N)

สิ่งทดลองที่ 7 ปุ๋ยอินทรีย์ผง โดยใส่มูลค้างคาว อัตรา 175 กิโลกรัมต่อไร่ และกากส่าเหล้าอัตรา 262 กิโลกรัมต่อไร่ (20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่; OF 20.90 N)

สิ่งทดลองที่ 8 ปุ๋ยอินทรีย์ผง โดยใส่มูลค้างคาว อัตรา 275 กิโลกรัมต่อไร่ และกากส่าเหล้าอัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ (30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่; OF 30.90 N)

สิ่งทดลองที่ 9 ปุ๋ยมูลโค อัตรา 681 กิโลกรัมต่อไร่ (10.90 กิโลกรัม N ต่อไร่; CM 10.90 N)

สิ่งทดลองที่ 10 ปุ๋ยมูลโค อัตรา 1,306 กิโลกรัมต่อไร่ (20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่; CM 20.90 N)

สิ่งทดลองที่ 11 ปุ๋ยมูลโค อัตรา 1,931 กิโลกรัมต่อไร่ (30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่; CM 30.90 N)

วิธีการทดลอง

หยอดเมล็ดผักสลัดเรดโอ๊คลงในหลุมเพาะขนาด 2.4 x 2.4 x 4.0 เซนติเมตร ที่บรรจุวัสดุเพาะเป็นพีทมอส วางถาดเพาะกล้าในโรงเรือน รดน้ำทุกวัน เมื่อต้นกล้ามีอายุ 15 วัน หรือมีใบจริง 2-4 ใบ ย้ายปลูกลงในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ที่บรรจุวัสดุปลูก ได้แก่ ดิน แกลบดิบ แกลบเผา ขุยมะพร้าวและมูลโค อัตรา 0.25:1:1:1:1 โดยปริมาตร ที่ดัดแปลงจากขจรยศและอรประภา (2563) จำนวน 3 กิโลกรัมต่อกระถาง และใส่ปุ๋ยโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (ผลิตจากวัตถุดิบที่ประกอบด้วยมูลนกนางแอ่นหมัก หินฟอสเฟต ขี้เถ้าทะลายปาล์ม และแร่ดินขาว) ปุ๋ยอินทรีย์ผง (มูลค้างคาวและกากส่าเหล้า) หรือปุ๋ยมูลโค **(Table**

1) จะรองก้นหลุมในวันปลูกตามอัตราที่กำหนดในแผนการทดลอง (อัตรา 10.90, 20.90 หรือ 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่) ส่วนกรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยเคมี ใส่ปุ๋ยรองพื้น คือ ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 (อัตรา 4.80 กิโลกรัม N ต่อไร่) ในวันปลูก และใส่ปุ๋ยแต่งหน้า คือ ปุ๋ยยูเรีย 46-0-0 (อัตรา 16.10 กิโลกรัม N ต่อไร่) ก่อนการเก็บเกี่ยว 15 วัน ซึ่งทำให้แต่ละสิ่งทดลองที่ใส่ปุ๋ยทุกชนิดในอัตรา 10.90, 20.90 และ 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ได้รับปริมาณไนโตรเจนต่อต้น (กระถาง) อยู่ที่ 0.56, 1.07 และ 1.58 กรัม N ต่อกระถาง ให้น้ำด้วยระบบสเปรย์รัศมี 180 องศา บนโต๊ะปลูก โดยให้เป็นระยะเวลา 2 รอบต่อวัน (8.00 น. และ 16.00 น.) ครั้งละ 5 นาที ผ่านระบบการควบคุมโดยอัตโนมัติ ซึ่งทำผักสลัดได้รับน้ำอยู่ที่ประมาณ 200 มิลลิลิตรต่อต้นต่อวัน ฉีดพ่นสารสกัดธรรมชาติเพื่อกำจัดโรคและแมลงเมื่อมีการระบาดและกำจัดวัชพืชโดยวิธีกลอย่างสม่ำเสมอ และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อผักสลัดเรดโอ๊คมีอายุ 30 วันหลังย้ายปลูก โดยการให้ปุ๋ยในแต่ละสิ่งทดลองจะให้เพียงครั้งเดียวในการเก็บเกี่ยวรอบแรก แต่เก็บเกี่ยวรวมทั้งหมด 3 รอบ ในการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนจะทำการเปิดระบบพ่นหมอกด้วยหัวพ่นหมอกขนาด 0.6 มิลลิเมตร ครั้งละ 3 นาที เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้ได้ไม่เกิน 30±3 องศาเซลเซียส โดยพบว่าตลอดการปลูกผักสลัดเรดโอ๊คเป็นระยะเวลา 3 รอบการเก็บเกี่ยว มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในโรงเรือนตลอดทั้งวันอยู่ที่ 31.8 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส ในทุกชั่วโมงของช่วงวัน โดยทำการทดลองในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2563 ณ ตำบลลำลูกกา อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี

Table 1 Selected chemical properties of organic fertilizer used in the experiment

Properties	Cow manure	granular organic fertilizer	powdered organic fertilizer	Standard for organic fertilizer (2014) by the Department of Agriculture
pH (1:10 H_2O) [1/]	7.17	6.96	6.87	5.5-8.5
EC (1:10 H_2O, dS/m)) [2/]	2.60	5.21	5.77	≤ 6.0
Organic matter (%) [3/]	44.9	50.8	52.1	≥ 30.0
Total N (%) [4/]	1.60	3.77	3.95	≥ 1.0
Total P_2O_5 (%) [5/]	0.85	7.23	1.12	≥ 0.5
Total K_2O (%) [5/]	4.06	5.79	2.26	≥ 0.5
C/N ratio[3/,4/]	23.88	18.96	15.74	≤ 20:1

[1/] pH (1:10 H_2O); [2/] EC (1:10 H_2O); [3/] OM (Walkley and Black method); [4/] N (Kjeldahl method); [5/] P, K (Wet digestion method)

การบันทึกผล

3.1 การเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิต ได้แก่ ความสูงต้น และจำนวนใบ บันทึกข้อมูลเมื่อผักสลัดเรดโอ๊คมีอายุ 0, 10, 20 และ 30 วันหลังย้ายปลูก และเมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวบันทึกน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินและราก (กรัม/ต้น) สำหรับน้ำหนักแห้ง อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่

3.2 ปริมาณรงควัตถุ คือ คลอโรฟิลล์รวม ทำการสกัดตัวอย่างพืชสดด้วยวิธีดัดแปลงจาก Nagata and Yamashita (1992) และนำสารละลายใสที่สกัดได้มาวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ด้วยเครื่อง Spectrophotometer มาคำนวณค่าในสมการ (มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ดังสมการ

$$\text{Total chlorophyll (a+b)} = [(20.20_{A645} + 8.02A_{663}) \times V] / (1{,}000 \times W)$$

เมื่อ V = ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายที่ใช้ในการสกัดคลอโรฟิลล์

W = น้ำหนักสดของพืชที่ใช้ในการสกัด

3.3 ปริมาณธาตุอาหารในพืช ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) วิเคราะห์ด้วยวิธี Kjedahl method ส่วน ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) และโพแทสเซียมทั้งหมด (total K) โดยย่อยตัวอย่างด้วย $HClO_4$:HNO_3 อัตรา 1:2 โดยปริมาตร และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง

Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES, Thermo Fisher SCIENTIFIC, China) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance; ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่าง ทรีทเมนต์ด้วยวิธี Duncan's multiple rage test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิต

จากการเปรียบเทียบชนิดและอัตราการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโอ๊คที่ปลูกติดต่อกัน 3 รอบการเก็บเกี่ยว โดยทำการใส่ปุ๋ยก่อนการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 เพียงครั้งเดียว พบว่า ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยอินทรีย์ผง (มูลค้างคาว+กากส่าเหล้า) อัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีความสูงต้นมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 14.67 และ 14.33 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลโคอัตรา 10.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีความสูงต้นมากที่สุด คือ 13.83 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 20.90 และ 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ที่ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีความสูงต้นเท่ากับ 13.50 และ 13.50 เซนติเมตร ตามลำดับ และในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีความสูงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 14.00 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยมูลโคอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ (12.33 เซนติเมตร) ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ที่ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีความสูงเท่ากับ 12.00 เซนติเมตร ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีความสูงต้นมากที่สุดทั้ง 3 รอบการเก็บเกี่ยว **(Table 2)**

Table 2 Growth of red oak lettuce at 30 days after transplanting grown under different fertilizer treatments for 3 harvesting times

Treatment	Height (cm)			Leaf Number		
	First harvesting	Second harvesting	Third harvesting	First harvesting	Second harvesting	Third harvesting
T1: Control	6.83$^{g1/}$	6.00^{d}	4.00^{f}	7.76^{e}	8.00^{g}	5.00^{f}
T2: chemical 20.90 N	10.83^{e}	7.00^{d}	4.33^{f}	17.00^{a}	10.00^{f}	5.00^{f}
T3: granular organic fertilizer 10.90 N	13.00^{c}	11.67^{b}	9.67^{c}	11.33^{d}	12.00^{d}	10.00^{cd}
T4: granular organic fertilizer 20.90 N	13.33^{bc}	13.50^{a}	12.00^{b}	14.67^{c}	14.33^{ab}	15.00^{a}
T5: granular organic fertilizer 30.90 N	14.67^{a}	13.50^{a}	14.00^{a}	16.00^{ab}	15.33^{a}	15.33^{a}
T6: powdered organic fertilizer 10.90 N	9.00^{f}	8.17^{c}	7.17^{e}	10.67^{d}	10.00^{f}	8.67^{de}
T7: powdered organic fertilizer 20.90 N	12.17^{cd}	8.67^{c}	10.00^{c}	14.33^{bc}	10.67^{ef}	10.67^{c}
T8: powdered organic fertilizer 30.90 N	14.33^{ab}	11.33^{b}	8.33^{d}	15.00^{bc}	11.33^{de}	8.00^{e}
T9: Cow manure 10.90 N	10.67^{e}	13.83^{a}	9.67^{c}	11.00^{d}	14.00^{b}	8.67^{de}
T10: Cow manure 20.90 N	10.00^{ef}	12.00^{b}	10.67^{c}	11.00^{d}	14.67^{ab}	12.67^{b}
T11: Cow manure 30.90 N	11.00^{de}	11.67^{b}	12.33^{b}	11.33^{d}	13.00^{c}	15.33^{a}
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	6.23	6.16	6.56	5.30	4.76	7.67

** 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

สำหรับจำนวนใบ พบว่า ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีจำนวนใบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 17 และ 16 ใบ ตามลำดับ ในขณะที่การเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 20.90 และ 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยมูลโคอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีจำนวนใบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 14.33-15.33 ใบ และในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 20.90 และ 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยมูลโคอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีจำนวนใบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือประมาณ 15.00 ใบ ทั้งนี้หากพิจารณาในทุกรอบการเก็บเกี่ยว พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ มีแนวโน้มทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีจำนวนใบมากที่สุดในทุกรอบการเก็บเกี่ยว ซึ่งหากไม่มีการใส่ปุ๋ยชนิดใดเลย พบว่า ทำให้ผักสลัดมีจำนวนใบน้อยที่สุด คือมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5-8 ใบ ในทุกรอบการเก็บเกี่ยว ในขณะที่หากใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ พบว่า ทำให้ผักสลัดมีจำนวนใบมากที่สุดในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 (17 ใบ) แต่พบว่า ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 และ 3 กลับมีจำนวนใบที่ลดลงถึง 41-70 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยอินทรีย์ผง (มูลค้างคาว+กากส่าเหล้า) และมูลโค แม้ใส่ในอัตราที่ต่ำที่สุดคือ 10.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ แต่ยังคงทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีการผลิตใบที่คงที่หรือลดลงเพียงเล็กน้อยในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 2 และ 3 ตามลำดับ **(Table 2)**

น้ำหนักสดของผักสลัดเรดโอ๊คมีค่าแตกต่างกันตามชนิดและอัตราการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน โดยพบว่า ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 ผักสลัดเรดโอ๊คที่ได้รับปุ๋ยเคมีอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ มีน้ำหนักสดส่วนเหนือดินมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 61.48 กรัมต่อต้น รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ (36.95 กรัมต่อต้น) ส่วนในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 พบว่า ผักสลัดเรดโอ๊คที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ มีน้ำหนักสดส่วนเหนือดินมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 35.35 กรัมต่อต้น รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ (27.47 กรัมต่อต้น) และในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 3 พบว่า ผักสลัดเรดโอ๊คที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ยังคงมีน้ำหนักสดส่วนเหนือดินมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ คือ 35.76 กรัมต่อต้น รองลงมาได้แก่ การให้ปุ๋ยมูลโคอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ (15.24 กรัมต่อต้น) ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับการให้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ (13.25 กรัมต่อต้น) สำหรับน้ำหนักแห้ง พบว่ามีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกับน้ำหนักสด โดยในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 ผักสลัดเรดโอ๊คที่ได้รับปุ๋ยเคมีอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ มีน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 2.51 กรัมต่อต้น ส่วนการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 และ 3 พบว่า ผักสลัดเรดโอ๊คที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 1.45 และ 1.98 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ทั้งนี้สำหรับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งราก พบว่า ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเป็นไปตามน้ำหนักของส่วนเหนือดิน แต่พบบางสิ่งทดลองที่ไม่เป็นไปตามแนวโน้มดังกล่าว **(Table 3)**

การใส่ปุ๋ยเคมีในการศึกษาครั้งนี้เป็นการอ้างอิงจากอัตราการใส่ปุ๋ยเคมีสำหรับพืชผักใบที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำ ซึ่งแนะนำให้ใส่ปุ๋ยเคมีสูตรเสมอเพื่อเร่งการเจริญเติบโตในช่วงแรกและให้ปุ๋ยยูเรียเพื่อเพิ่มน้ำหนักผลผลิตโดยตรงในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว 15 วัน แต่จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า หากไม่ใส่ปุ๋ยเคมีในทุกรอบการเก็บเกี่ยวอาจทำให้ผลผลิตลดลงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จากผลผลิตในรอบที่ใส่ปุ๋ยเคมีก่อนหน้า (การเก็บเกี่ยวรอบที่ 1) ในขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ได้ผลผลิตสม่ำเสมอในทุกรอบการเก็บเกี่ยวและทำให้ได้ผลผลิตรวมทั้ง 3 รอบการเก็บเกี่ยวมากที่สุด คือเท่ากับ 108.07 กรัม (36.95+35.35+35.76 กรัม) รองลงมาได้แก่ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ที่ทำให้ได้น้ำหนักสดต้นรวม 3 รอบการเก็บเกี่ยว เท่ากับ 69.85 กรัม อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จำเป็นต้องใส่ในชนิดและอัตราที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชชนิดนั้นเช่นกัน ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในชนิดและอัตราที่แตกต่างกันส่งผลโดยตรงต่อปริมาณผลผลิตของผักสลัดเรดโอ๊คทั้ง 3 รอบการเก็บเกี่ยว โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทุกชนิดในอัตราต่ำ (10.90 กิโลกรัม N ต่อไร่) โดยเฉพาะปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยอินทรีย์ผง ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีผลผลิตน้อยลงเกือบ 3 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ในอัตราที่สูงขึ้น (20.90 และ 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่) นอกจากนี้หากเปรียบเทียบระหว่างปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผลิตจากวัตถุดิบประกอบด้วย มูลนกนางแอ่นหมัก หินฟอสเฟต ขี้เถ้าทะลายปาล์ม และแร่ดินขาว ส่วนปุ๋ยอินทรีย์ผงผลิตจากมูลค้างคาวและกากส่าเหล้า ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาใช้ส่วนใหญ่เป็นวัตถุดิบที่มีธาตุอาหารพืชค่อนข้างสูง แต่จากผลการ

ทดลองชี้ให้เห็นว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ผงในอัตรา 20.90 และ 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้การเจริญเติบโตในช่วงแรกหรือสังเกตได้จากผลผลิตในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 มีค่าสูงกว่าการเก็บเกี่ยวในรอบถัดไป โดยพบว่า ผลผลิตหรือน้ำหนักสดส่วนเหนือดินในรอบที่ 2 และ 3 ลดลงกว่ารอบที่ 1 ถึง 2-3 เท่า ในขณะที่การให้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด โดยเฉพาะการให้ที่อัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ปริมาณผลผลิตเกือบคงที่ทั้งในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 และ 3 และสำหรับปุ๋ยมูลโค พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลโคในอัตราที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ผลผลิตในรอบแรกมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ผลผลิตจะเริ่มเพิ่มขึ้นในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 (สำหรับอัตรา 10.90 และ 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่) และรอบที่ 3 (สำหรับอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยมูลโคมีระยะเวลาของการย่อยสลายและปลดธาตุอาหารให้พืชนำไปใช้ได้ช้ากว่าปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ทั้งนี้อภิชาติ และคณะ (2562) รายงานว่า ปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดนั้นมีความสามารถในการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนให้แก่พืชที่แตกต่างกัน แม้จะใส่ในปริมาณไนโตรเจนที่เท่ากันก็ตาม ซึ่งสามารถอธิบายผลการทดลองดังกล่าวได้ด้วยอัตราส่วนระหว่าง C/N ratio ของปุ๋ยแต่ละชนิด โดยพบว่า ปุ๋ยมูลโคมีค่า C/N ratio สูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยระยะเวลาในการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารพืชได้ช้ากว่า สอดคล้องกับการศึกษาของวีณา (2561) ที่พบว่า เมื่อนำปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่า C/N ratio สูงมาใช้ในการปลูกพืช จะทำให้พืชได้รับไนโตรเจนอย่างช้า พืชจึงมีการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่าปุ๋ยที่มีค่า C/N ratio ต่ำ ซึ่งสามารถปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนให้พืชได้รับโดยตรงในปริมาณที่สูงกว่า และสำหรับปุ๋ยอินทรีย์ผงที่มีค่า C/N ratio ต่ำที่สุด (15.74) จึงสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้พืชได้รับเร็วในช่วงแรก ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Ahmed et al. (2007) ที่รายงานว่า ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่า C/N ratio ต่ำ สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้ดีกว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่มี C/N ratio สูง แต่จากผลการทดลองครั้งนี้อาจมีความเป็นได้ว่าปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์ผงอาจยังมีไม่เพียงพอและเกิดการสูญเสียไปจนทำให้ผลผลิตในรอบที่ 2 และ 3 มีค่าลดลง

จากปริมาณผลผลิตของผักสลัดเรดโอ๊คในทั้ง 3 รอบการเก็บเกี่ยว ที่ได้รับปุ๋ยในทุกชนิดและอัตรา พบว่า มีปริมาณผลผลิตต่อต้นในแต่ละรอบการเก็บเกี่ยวสูงที่สุดเพียง 61.48 กรัมต่อต้น ทั้งนี้อาจมีความเป็นไปได้ว่า ในช่วงที่ทำการศึกษาเป็นช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม ซึ่งจากการบันทึกข้อมูลเพิ่มเติมของอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน ซึ่งแม้ว่าจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งวันตลอดระยะเวลาการปลูกรวม 3 รอบการเก็บเกี่ยวอยู่ที่ 31.8 องศาเซลเซียส แต่หากพิจารณาเพียงช่วงกลางวันคือ ตั้งแต่ 10.00-15.00 น. พบว่า ทั้งภายในและภายนอกโรงเรือนมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงกลางวันอยู่ที่ 38.7 และ 38.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งถือได้ว่าเป็นอุณหภูมิที่สูงมากและส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักสลัดที่พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตควรมีค่าอยู่ในช่วง 21 - 29 องศาเซลเซียส ทั้งชนิดที่ห่อหัวและไม่ห่อหัว (Knott, 1950; Rubatzky and Yamaguchi, 1997) อีกทั้งอาจเกี่ยวข้องกับลักษณะประจำพันธุ์ที่ส่วนใหญ่พบว่า ผักสลัดเรดโอ๊คจะให้ผลผลิตที่น้อยกว่าผักสลัดกรีนโอ๊คหรือผักสลัดพันธุ์อื่นๆ อย่างกรีนคอส โดยจากการศึกษาของจริญญา (2563) ที่แม้ว่ามีการจัดการทั้งการให้สารละลายธาตุอาหารอย่างเต็มที่ในระบบไฮโดรพอนิกส์หรือการปลูกโดยใช้วัสดุปลูก และยังให้แสงเทียมที่เหมาะสมภายใต้ระบบการปลูกพืชแบบปิด (plant factory) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิตลอดการเก็บเกี่ยว 45 วัน ด้วยอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ยังทำให้ได้ผลผลิตสูงสุดอยู่ที่ 78.61 กรัมต่อต้น ในขณะที่ผักสลัดกรีนโอ๊คและกรีนคอสที่ปลูกในสภาวะที่เหมาะสมได้ผลผลิตสูงสุดอยู่ที่ 115.21 และ 147.86 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าผลผลิตของผักสลัดเรดโอ๊คถึง 1.5-1.9 เท่า อีกทั้งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้กำหนดการเก็บเกี่ยวอยู่ที่ 30 วันหลังการย้ายปลูก ในขณะที่งานวิจัยของจริญญา (2563) มีอายุการเก็บเกี่ยวอยู่ที่ 45 วันหลังย้ายปลูก จึงมีความเป็นไปได้ว่า สาเหตุของการที่ได้ผลผลิตของผักสลัดเรดโอ๊คน้อยกว่าการทดลองก่อนหน้าอาจเกี่ยวข้องกับทั้งอุณหภูมิภายในโรงเรือน ลักษณะประจำพันธุ์ และอายุการเก็บเกี่ยว

ปริมาณรงควัตถุ

ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบของผักสลัดเรดโอ๊คของการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันตามชนิดและอัตราปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้รับ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 37.85-52.67 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด แต่สำหรับการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยมูลโคทุกอัตรา (10.90, 20.90 และ 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่) และปุ๋ยอินทรีย์ผงอัตรา 20.90 และ 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ มีค่าอยู่ในช่วง 45.90-66.19 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด และในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทุกชนิดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ยังคงส่งผลให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือมีค่าอยู่ในช่วง 75.77-79.59 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด **(Table 4)**

ทั้งนี้โดยทั่วไปชนิดและอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกันส่งผลต่อการได้รับปริมาณธาตุอาหารของพืชและทำให้การสะสมของปริมาณรงควัตถุอย่างคลอโรฟิลล์ในใบพืชมีค่าแตกต่างกัน (อรประภา และ ภาณุมาศ, 2558; Ye et al., 2022) แต่จากปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในผักสลัดเรดโอ๊คในการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบแนวโน้มของการสะสมคลอโรฟิลล์ในใบผักสลัดเรดโอ๊คมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้รับเพียงแค่ผักสลัดเรดโอ๊คที่เก็บเกี่ยวในรอบที่ 3 และเมื่อเปรียบเทียบชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่ในอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ในทุกรอบการเก็บเกี่ยว พบว่าชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกันไม่ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบผักสลัดเรดโอ๊คมีค่าแตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยในผักสลัดของ Slamet et al. (2017) ที่รายงานว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ มูลโค มูลแพะ มูลนก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด อัตรา 100 กิโลกรัม N ต่อเฮกเตอร์ ไม่ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าทำให้พื้นที่ใบและอัตราการสังเคราะห์แสงมีค่าแตกต่างกันตามชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้รับ ทั้งนี้แม้ว่าคลอโรฟิลล์ถือเป็นรงควัตถุที่สำคัญในการเป็นตัวกลางรับแสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช (Li et al., 2018) แต่จากผลการทดลองในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า ปริมาณรงควัตถุอย่างคลอโรฟิลล์รวมส่วนใหญ่มีค่าไม่สอดคล้องกับปริมาณผลผลิตอย่างน้ำหนักสดส่วนเหนือดินของผักสลัดเรดโอ๊ค ซึ่งเป็นไปได้ว่า การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชนอกจากจะขึ้นอยู่กับการอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยทั้งพื้นที่ใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และสภาพแวดล้อมภายนอกแล้ว (Hasan et al., 2014) ยังขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารที่พืชได้รับทั้งมหาธาตุและจุลธาตุซึ่งล้วนแล้วแต่มีความสำคัญต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี เช่น การสร้างสารชีวโมเลกุลต่างๆ ภายในเซลล์ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช (ยงยุทธ และคณะ, 2554)

ปริมาณธาตุอาหารในพืช

จากการเปรียบเทียบชนิดของปุ๋ยและอัตราการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันต่อปริมาณธาตุอาหารในผักสลัดเรดโอ๊คที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก พบว่า ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือเท่ากับ 1.76 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 และรอบที่ 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือเท่ากับ 1.69 และ 1.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่า ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 20.90 และ 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ หรือการใส่ปุ๋ยมูลโคทุกอัตรา (10.90, 20.90 และ 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่) ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือมีค่าอยู่ในช่วง 0.54-0.58 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 และ 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลโคอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 1.10 และ 0.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่า ในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ผงอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือเท่ากับ 8.98 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลโคอัตรา 20.90 และ 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 7.70 และ 7.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลโคอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ และปุ๋ยอินทรีย์ผงอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 6.71 และ 6.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ **(Table 5)**

Table 3 Fresh and dry weight of red oak lettuce at 30 days after transplanting grown under different fertilizer treatments for 3 harvesting times

Treatment	Fresh weight (g/plant)						Dry weight (g/plant)					
	First harvesting		Second harvesting		Third harvesting		First harvesting		Second harvesting		Third harvesting	
	Above ground	Root	Above ground	Root	Above ground	Root	Above ground	Root	Above ground	Root	Above ground	Root
T1: Control	1.55$^{g1/}$	0.37^{g}	2.54^{f}	0.84^{d}	0.23^{f}	0.09^{e}	0.15^{g}	0.06^{f}	0.26^{f}	0.07^{bc}	0.04^{f}	0.02^{d}
T2: CF 20.90 N	61.48^{a}	2.70^{a}	3.92^{ef}	0.68^{d}	0.24^{f}	0.08^{e}	2.51^{a}	0.12^{de}	0.34^{ef}	0.07^{b}	0.04^{f}	0.02^{d}
T3: NO 10.90 N	13.95^{e}	2.08^{c}	19.09^{c}	1.96^{ab}	11.55^{c}	0.98^{c}	0.78^{de}	0.15^{bc}	0.85^{c}	0.08^{b}	0.73^{c}	0.06^{b}
T4: NO 20.90 N	29.13^{c}	2.22^{bc}	27.47^{b}	1.64^{bc}	13.25^{bc}	1.23^{b}	0.93^{d}	0.10^{e}	1.12^{b}	0.07^{b}	0.87^{bc}	0.08^{b}
T5: NO 30.90 N	36.95^{b}	1.76^{d}	35.35^{a}	2.23^{a}	35.76^{a}	1.43^{a}	1.43^{bc}	0.13^{cd}	1.45^{a}	0.07^{b}	1.98^{a}	0.09^{a}
T6: OF 10.90 N	8.53^{f}	1.59^{d}	4.97^{ef}	1.36^{c}	2.56^{e}	0.51^{d}	0.60^{ef}	0.17^{b}	0.39^{de}	0.12^{a}	0.18^{ef}	0.03^{cd}
T7: OF20.90 N	24.50^{d}	2.45^{ab}	6.70^{de}	1.54^{bc}	7.08^{d}	0.48^{d}	1.52^{b}	0.23^{a}	0.43^{de}	0.15^{a}	0.48^{d}	0.05^{c}
T8: OF 30.90 N	21.32^{d}	2.14^{bc}	8.98^{d}	1.39^{c}	3.93^{e}	0.47^{d}	1.24^{c}	0.14^{bcd}	0.47^{d}	0.08^{b}	0.25^{ef}	0.03^{d}
T9: CM 10.90 N	8.47^{f}	1.17^{e}	18.01^{c}	1.58^{bc}	3.76^{e}	0.52^{d}	0.44^{f}	0.07^{f}	0.84^{c}	0.09^{b}	0.25^{ef}	0.03^{d}
T10: CM 20.90 N	8.18^{f}	0.93^{ef}	17.61^{c}	1.53^{bc}	7.97^{d}	0.49^{d}	0.47^{f}	0.06^{f}	0.77^{c}	0.08^{b}	0.48^{d}	0.04^{cd}
T11: CM 30.90 N	8.22^{f}	0.78^{f}	8.40^{d}	0.86^{d}	15.24^{b}	0.60^{c}	0.50^{f}	0.05^{f}	0.39^{de}	0.04^{c}	1.03^{b}	0.07^{b}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	12.79	11.28	12.84	18.71	13.23	11.30	13.61	13.08	8.20	16.52	16.46	19.58

** 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

(T1: Control: T2: chemical 20.90 N; T3: granular organic fertilizer 10.90 N; T4: granular organic fertilizer 20.90 N; T5: granular organic fertilizer 30.90 N; T6: powdered organic fertilizer 10.90 N; T7: powdered organic fertilizer 20.90 N; T8: powdered organic fertilizer 30.90 N; T9: Cow manure 10.90 N; T10: Cow manure 20.90 N; T11: Cow manure 30.90 N)

Table 4 Total chlorophyll content in leaves of red oak lettuce at 30 days after transplanting grown under different fertilizer treatments

Treatment	Total chlorophyll (µg/ 100 g Fresh weight)		
	First harvesting	Second harvesting	Third harvesting
T1: Control	37.85	17.42[c1/]	39.94[c]
T2: chemical 20.90 N	52.67	29.29[bc]	42.76[c]
T3: granular organic fertilizer 10.90 N	44.52	45.90[ab]	54.26[b]
T4: granular organic fertilizer 20.90 N	44.74	66.19[a]	77.52[a]
T5: granular organic fertilizer 30.90 N	45.74	51.42[a]	79.59[a]
T6: powdered organic fertilizer 10.90 N	39.76	22.98[c]	38.54[c]
T7: powdered organic fertilizer 20.90 N	38.17	53.71[a]	62.78[b]
T8: powdered organic fertilizer 30.90 N	38.42	58.28[a]	60.77[b]
T9: Cow manure 10.90 N	42.17	56.57[a]	54.22[b]
T10: Cow manure 20.90 N	37.30	62.84[a]	60.16[b]
T11: Cow manure 30.90 N	45.96	63.18[a]	75.77[a]
F-test	ns	**	**
C.V. (%)	11.5	18.31	4.64

** 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

การสะสมของธาตุอาหารในพืช มักขึ้นอยู่กับชนิดและอัตราปุ๋ยที่พืชได้รับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในพืชทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่า ปุ๋ยเคมีทำให้พืชมีการสะสมไนโตรเจนในปริมาณมากในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 ซึ่งมีการให้ปุ๋ยเคมีโดยเฉพาะปุ๋ยยูเรียก่อนการเก็บเกี่ยว 15 วัน ที่ทำให้พืชได้รับไนโตรเจนในรูปที่ดูดซึมได้ง่ายและเร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดและอัตราอื่นๆ แต่สำหรับการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 และ 3 พบว่า การให้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (N = 3.77%) อัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้การสะสมของไนโตรเจนในพืชมีค่ามากที่สุด ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่า วัตถุดิบหลักในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่เป็นแหล่งของไนโตรเจนอย่างมูลนกนางแอ่น มีการย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจนได้ดีเมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายเป็นระยะเวลา 1-2 เดือนขึ้นไป (ปนัดดา และคณะ, 2563) อย่างไรก็ตาม สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสในพืชพบว่า การให้ปุ๋ยมูลโคอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงในทุกรอบการเก็บเกี่ยว ซึ่งแม้ว่าในปุ๋ยมูลโคมีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆ แต่จากการให้ในอัตราที่สูง (30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่) ประกอบกับกระบวนการย่อยสลายอาจเกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้เร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งของฟอสฟอรัสที่เป็นวัตถุดิบในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอย่างหินฟอสเฟต หรือปุ๋ยอินทรีย์ผงอย่างมูลค้างคาว (P= 3.25%) หรือกากส่าเหล้า (P= 1.22%) และสำหรับปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่พบว่า ปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยอินทรีย์ผงโดยเฉพาะที่อัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีแนวโน้มของการสะสมโพแทสเซียมในพืชสูง ที่อาจเป็นไปได้ว่า การย่อยสลายและการปลดปล่อยโพแทสเซียมในมูลโค (K = 4.06%) หรือในวัตถุดิบของปุ๋ยอินทรีย์ผงที่เป็นแหล่งของโพแทสเซียมอย่างกากส่าเหล้า (K = 3.79%) มีการย่อยสลายและปลดปล่อยโพแทสเซียมได้เร็วกว่าวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของโพแทสเซียมอย่างขี้เถ้าทะลายปาล์มในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ซึ่งจากการรายงานของกัณฐิกา และคณะ (2562) พบว่า ขี้เถ้าทะลายปาล์มมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดสูงถึง 2.8 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบและพิจารณาถึงความสอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในเนื้อเยื่อพืชกับการให้ผลผลิตของผักสลัดเรดโอ๊ค มีความเป็นไปได้ว่า การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักสลัดเรดโอ๊คน่าจะมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในพืช เนื่องจากสิ่งทดลองที่มีปริมาณ

ผลผลิตสูงที่สุดในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 อย่างการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ และในการเก็บเกี่ยวรอบที่ 2 และ 3 อย่างการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ พบว่าผักสลัดเรดโอ๊คในสิ่งทดลองดังกล่าวมีการสะสมของไนโตรเจนสูงที่สุดตามรอบของการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้ไนโตรเจนถือเป็นธาตุอาหารที่มีส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโตโดยเฉพาะการขยายตัวและการแบ่งเซลล์และส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตทางใบที่ถือเป็นผลผลิตหลักของผักใบ (ยงยุทธ และคณะ, 2554)

Table 5 Total macronutrients in plant tissues of red oak lettuce at 30 days after transplanting grown under different fertilizer treatments

Treatment	Total N (%)			Total P (%)			Total K (%)		
	First harvesting	Second harvesting	Third harvesting	First harvesting	Second harvesting	Third harvesting	First harvesting	Second harvesting	Third harvesting
T1: Control	1.13$^{fg1/}$	1.08^{e}	0.96^{f}	0.31^{d}	0.26^{fg}	0.19^{h}	4.52^{e}	3.17^{f}	2.89^{f}
T2: chemical 20.90 N	1.76^{a}	1.53^{b}	1.39^{b}	0.21^{e}	0.26^{fg}	0.24^{g}	6.71^{c}	3.24^{f}	2.96^{f}
T3: granular organic fertilizer 10.90 N	1.21^{ef}	1.33^{cd}	1.36^{bc}	0.39^{c}	0.39^{e}	0.19^{h}	6.78^{c}	3.32^{ef}	2.89^{f}
T4: granular organic fertilizer 20.90 N	1.37^{d}	1.39^{c}	1.36^{bcd}	0.55^{ab}	0.42^{e}	0.25^{g}	6.22^{d}	3.60^{e}	4.31^{e}
T5: granular organic fertilizer 30.90 N	1.67^{b}	1.69^{a}	1.67^{a}	0.58^{a}	0.51^{cd}	0.39^{e}	7.00^{bc}	4.94^{d}	4.59^{d}
T6: powdered organic fertilizer 10.90 N	1.18^{ef}	1.13^{e}	0.99^{f}	0.38^{cd}	0.21^{g}	0.34^{f}	6.00^{d}	4.94^{d}	6.22^{b}
T7: powdered organic fertilizer 20.90 N	1.37^{d}	1.29^{cd}	1.14^{e}	0.37^{cd}	0.27^{f}	0.45^{d}	6.85^{c}	5.58^{c}	6.29^{b}
T8: powdered organic fertilizer 30.90 N	1.43^{cd}	1.35^{cd}	1.28^{d}	0.48^{b}	0.49^{d}	0.51^{c}	8.98^{a}	5.30^{c}	6.64^{a}
T9: Cow manure 10.90 N	1.08^{g}	1.14^{e}	1.16^{e}	0.55^{ab}	0.56^{bc}	0.51^{c}	6.71^{c}	6.43^{b}	5.51^{c}
T10: Cow manure 20.90 N	1.24^{e}	1.14^{b}	1.29^{cd}	0.54^{ab}	0.59^{b}	0.57^{b}	6.85^{c}	7.70^{a}	6.22^{b}
T11: Cow manure 30.90 N	1.49^{c}	1.26^{d}	1.41^{b}	0.56^{a}	1.10^{a}	0.69^{a}	7.21^{b}	7.75^{a}	6.71^{a}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	3.36	3.87	7.48	7.13	5.81	3.61	3.20	2.84	2.20

** 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

การปลูกผักสลัดเรดโอ๊คภายใต้ระบบโรงเรือนอัจฉริยะที่ควบคุมอุณหภูมิให้ไม่เกิน 30±3 องศาเซลเซียส ด้วยระบบพ่นหมอกซึ่งปลูกด้วยวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย แกลบดิบ: แกลบเผา: มูลโค: ขุยมะพร้าว: หน้าดิน อัตราส่วน 1:1:1:1:0.25 โดยปริมาตร และเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งหมด 3 รอบการเก็บเกี่ยว พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผักสลัดเรดโอ๊คมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตสูงและสม่ำเสมอตลอด 3 รอบการเก็บเกี่ยว คือเท่ากับ 36.95, 35.35 และ 35.76 กรัมต่อต้น ซึ่งหากรวมปริมาณผลผลิตที่ได้ตลอด 3 รอบการเก็บเกี่ยว พบว่ามีปริมาณผลผลิตมากที่สุด (108.07 กรัมต่อต้น) เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่นๆ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 20.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ผลผลิตมีค่าสูงที่สุดในการเก็บเกี่ยวรอบแรก แต่พบว่า หากไม่ใส่ปุ๋ยเคมีต่อเนื่องทุกรอบการเก็บเกี่ยวจะทำให้ผลผลิตลดลงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ในการเก็บเกี่ยวรอบถัดไป โดยการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า หากต้องการผลิตผักสลัดเรดโอ๊คในเชิงธุรกิจภายใต้สภาพโรงเรือนอัจฉริยะสามารถใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 30.90 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทดแทนปุ๋ยเคมีได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตในการจำหน่ายเป็นผักปลอดภัยจากสารเคมีได้ต่อไป แต่ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในลักษณะการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดตามอัตราดังกล่าวในทุกรอบการเก็บเกี่ยวซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ประกอบกับควรศึกษาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในด้านต้นทุนของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ใช้เพิ่มขึ้น กับรายได้ที่จะได้รับจากผลผลิตผักสลัดเรดโอ๊คในทุกรอบการเก็บเกี่ยว ซึ่งข้อมูลที่ได้จะสามารถนำไปใช้ส่งเสริมให้กับเกษตรกรผู้สนใจปลูกผักสลัดในระบบโรงเรือนอัจฉริยะที่ให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี แม้ในช่วงฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูง

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ตลอดการทำวิจัยในครั้งนี้ และงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) (กลุ่มโปรแกรมเกษตรสมัยใหม่, รหัสโครงการ P1950645) สำหรับการดำเนินโครงการตั้งแต่การปลูก การดูแลรักษา ระบบโรงเรือนต่าง ๆ ตลอดจนค่าวิเคราะห์ตัวอย่างวัสดุปลูกและพืชทดสอบ และได้รับการสนับสนุนจากกองทุนวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ประเภท Fundamental Fund ในด้านค่าบริการการใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ตัวอย่างวัสดุปลูก

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักงานเลขานุการกรม, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กัณฐิกา ยังมณี, ภัทรารัตน์ เทียมเก่า และอรพิน หนูทอง. 2562. การใช้เถ้าบอยเลอร์และกากตะกอนปาล์มร่วมกับมูลสัตว์ในการผลิตปุ๋ยหมัก. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 37(4): 604-611.

ขจรยศ ศิรินิล และอรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์. 2563. การพัฒนาวัสดุดินผสมเพื่อการเพาะปลูกผักสลัดกรีนโอ๊ค. แก่นเกษตร. 48(5): 990-1001.

คงเอก ศิริงาม, ปราณีต จิระสุทัศน์ และวิภาภรณ์ แสวงมี. 2558. ผลของวิธีการปลูกต่อการเจริญเติบโตและปริมาณรงควัตถุของผักกาดหอมใบพันธุ์กรีนโอ๊ค. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร. 10(1): 82-95.

จริญญา ฤทธิรัมย์. 2563. อิทธิพลของแสงและอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมในโรงงานผลิตพืชด้วยแสงเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาพืชศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

ปนัดดา จะแจ้ง, โชติรัตน์ ศรีเกลื่อน, ชัยสิทธิ์ ทองจู และวนิดา สืบสายพรหม. 2563. ประสิทธิภาพการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากมูลนกแอ่นกินรังโดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae*. แก่นเกษตร. 48(3): 471-482.

พัชรี ภคกษมา, สุวรรณี สายสิน และศรมน สุทิน. 2559. การตรวจสอบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต. วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย. 5(1): 22-30.

มนูญ ศิรินุพงศ์. 2544. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสู่การปฏิบัติในประเทศไทย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี.

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

ศิราณี วงศ์กระจ่าง และบัญชา รัตนีทู. 2561. ผลของการใช้ดินผสมจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น จ.นราธิวาส ต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค. แก่นเกษตร. 46(ฉบับพิเศษ 1): 1156-1160.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538. แร่ธาตุอาหารพืชสวน. โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ออฟเซ็ท, ขอนแก่น.

สุมิตรา สุปินราช และอิศร์ สุปินราช. 2561. ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมกระถาง. วิทยาศาสตร์เกษตร. 49(1): 47-52.

สุนทร เรืองเกษม. 2540. ผักกินใบ. พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

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

อภิชาติ หมั่นวิชา, ไพโรจน์ ศิลมั่น และสมปอง สรวมศิริ. 2562. ผลของชนิดปุ๋ยอินทรีย์ต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. แก่นเกษตร. 47: 701-706.

อานัฐ ตันโช. 2555. โครงการต้นแบบการปลูกพืชอินทรีย์ในพื้นที่ขาดความอุดมสมบูรณ์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่.

Aydin, M., N. Saglam, N. Gebologlu, S. Sahin, E. Yilmaz, H. Yucel, and M.R. Karaman. 2013. The role of shading on growth, yield and biochemical composition of crisp lettuce in soilless culture. Soil-Water Journal. 2: 1449-1454.

Barbosa, G.L., F.D. Gadelha, N. Kublik, A. Proctor, L. Reichelm, E. Weissinger, G.M. Wohlleb, and R.U. Halden. 2015. Comparison of land, water, and energy requirements of lettuce grown using hydroponic vs. conventional agricultural methods. International Journal of Environmental Research and Public Health. 12(6): 6879-6891.

Hasan, A.E., K.M. Bhiah, and M.T.H. Al-Zurfy. 2014. The impact of peat moss and sheep manure compost extracts on marigold (*Calendula officinalis* L.) growth and flowering. Journal of Organic Systems. 9(2): 56-62.

Hoque, M.M., H. Ajwa, M. Othman, R. Smith, and M. Cahn. 2010. Yield and postharvest quality of lettuce in response to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers. Horticulture Science. 45(10): 1539-1544.

Knott, J.E. 1950. Vegetable Growing. Lea & Febiger, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

Li, Y., N. He, J. Hou, L. Xu, C. Liu, J. Zhang, Q. Wang, X. Zhang, and X. Wu. 2018. Factors influencing leaf chlorophyll content in natural forests at the biome scale. Frontier in Ecology and Evolution. 6: 64.

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

Nagata, M., and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology. 39: 925–928.

Paudel, K.P., S. Sukprakarn, K. Sidathani, and Y. Osotsapar. 2004. Effects of organic manures on production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in reference to chemical fertilizer. Kasetsart Journal (Natural Science). 38: 31 - 37.

Rubatzky, V., and M. Yamaguchi. 1997. World vegetables: Principles, production, and nutritive value. 2nd Edition. Chapman & Hall, New York, USA.

Slamet, W., E.D. Purbajanti, A. Darmawati, and E. Fuskhah. 2017. Leaf area index, chlorophyll, photosynthesis rate of lettuce (*Lactuca sativa* L) under N-organic fertilizer. Indian Journal of Agricultural Research. 51(4): 365-369.

Sutuliene, R., K. Laužike, T. Pukas, and G. Samuoliene. 2022. Effect of light intensity on the growth and antioxidant activity of sweet basil and lettuce. Plants. 11: 1709.

Ye, S., B. Peng, and T. Liu. 2022. Effects of organic fertilizers on growth characteristics and fruit quality in Pear-jujube in the Loess Plateau. Scientific Reports. 12: 13372.