วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

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

คุณภาพผักสลัดส่วนรับประทานได้ที่ปลูกในชนิดดินต่างกันภายใต้การใช้วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน

Edible quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in different soil series under organic soil amendment

จุฑามาศ แก้วมโน[1], พิชญา อินทฤทธิ์[1] และ อัจฉรา เพ็งหนู[1,2]*

Chutharmard Kaewmano[1], Pitchaya Intharit[1], and Ashara Pengnoo[1,2]*

[1] *สาขานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา 90110*
[1] *Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Songkhla, 90110*
[2] *ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ*
[2] *Natural Biological Control Research Center, National Research Council of Thailand*

บทคัดย่อ: สมบัติดินปลูกมีอิทธิพลต่อปริมาณและการดูดใช้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ของพืช โดยเฉพาะดินเนื้อหยาบและเนื้อละเอียดมักมีสมบัติทางกายภาพไม่ส่งเสริมต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่งผลต่อคุณภาพผลผลิตของพืช จึงต้องมีการปรับปรุงดินก่อนปลูก การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดดินที่ปรับปรุงด้วยวัสดุอินทรีย์ต่อคุณภาพส่วนที่รับประทานได้ของผักสลัด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 6 ตำรับการทดลอง ปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คในชุดดินบ้านทอน ชุดดินอ่าวลึก และชุดดินระโนดที่ปรับปรุงด้วยมูลวัวและมูลไก่ ผลการศึกษา พบว่า ผักสลัดที่ปลูกในดินต่างชนิดกันและปรับปรุงด้วยวัสดุอินทรีย์ต่างกันมีปริมาณฟอสฟอรัสและเหล็กในส่วนที่รับประทานได้แตกต่างกัน แต่มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และไนเทรตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผักสลัดในชุดดินบ้านทอนและตำรับชุดดินระโนดที่ใช้มูลไก่มีปริมาณฟอสฟอรัสระดับสูง และตำรับชุดดินระโนดที่ใช้มูลไก่มีปริมาณเหล็กต่ำ ผักสลัดในทุกตำรับมีปริมาณโพแทสเซียมระดับสูงยกเว้นตำรับชุดดินบ้านทอนที่ใช้มูลไก่ และมีปริมาณไนเทรตต่ำ และผักสลัดที่ปลูกในดินทุกชนิดมีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การใช้วัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกันมีผลต่อปริมาณวิตามินซีในผักสลัดอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น คุณภาพของผักสลัดที่ปลูกในดินทุกชนิดภายใต้การปรับปรุงด้วยวัสดุอินทรีย์ขึ้นอยู่กับสมบัติของดินปลูกซึ่งมีบทบาทในการควบคุมสมดุลและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน การเลือกใช้วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินสามารถเพิ่มคุณภาพของผักสลัด

คำสำคัญ: คุณภาพผักสลัด; ปริมาณแร่ธาตุ; วิตามินซี; ชนิดดิน

ABSTRACT: Properties of planting soil have an influence on the amounts and uptake of the available plant nutrients. Physical properties of coarse and fine textured soils, especially, do not promote plant growth which affect the plant quality. Improving the physical property of soils by amending with organic material before planting is required. The objective of this research was to investigate the effect of amending soil types with organic materials on the edible quality of lettuce. The experimental design was completely randomized with six treatments. Green oak lettuce was grown in Ban Thon Soil Series, Ao Luek Soil Series and Ranod Soil Series, and each was amended with cow manure and chicken manure. The results revealed that the contents of phosphorus and iron in the edible part of lettuce were

* Corresponding author: ashara.p@psu.ac.th

Received: date; June 15, 2020 Accepted: date; October 12, 2020 Published: date; June 15, 2021

significantly affected by both soil types and organic amendments. There was no significant difference for potassium, calcium, magnesium, zinc and nitrate contents in the edible part of lettuce in any of the treatments. High content of phosphorus in lettuce was found in Ban Thon Soil Series and Ranod Soil Series amended with chicken manure treatment. Low content of iron was found in Ranod Soil Series amended with chicken manure treatment. Lettuce grown in all treatments had high content of potassium, except for a treatment of Ban Thon Soil Series amended with chicken manure and had low nitrate content. Vitamin C contents in the edible part of lettuce of all treatments were not significantly different. But type of organic soil amendment significantly affected vitamin C content in the lettuce. Therefore, the quality of lettuce grown in different soil types under organic soil amendments was affected by planted soil properties as controlling the availability and balance of soil nutrient. Also, manure application can improve the quality of lettuce.

Keywords: lettuce quality; mineral content; vitamin c; soil type

บทนำ

ดินแต่ละชนิดมีสมบัติต่างกันจึงมีอิทธิพลต่อความสามารถในการปลดปล่อยและการดูดใช้ธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ต่างกัน ส่งผลให้ดินแต่ละชนิดสามารถให้ปริมาณและคุณภาพผลผลิตต่างกัน โดยเฉพาะในดินเนื้อหยาบและเนื้อละเอียดซึ่งมักมีสมบัติทางกายภาพที่ไม่ส่งเสริมต่อการเจริญเติบของพืช ดินที่มีประสิทธิภาพสูงในการให้ผลผลิตที่มีคุณภาพจึงต้องมีสมบัติทางกายภาพที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากด้วย ธรรมชาติของกลุ่มดินเนื้อหยาบมักมีความสามารถในการดูดยึดทั้งน้ำและธาตุอาหารไว้ได้น้อย และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากมีสัดส่วนของอนุภาคขนาดทรายสูงซึ่งมีองค์ประกอบทางแร่ส่วนใหญ่เป็นแร่ควอร์ต (อัญชลี, 2553) ดินจึงมีช่องขนาดใหญ่ปริมาณมากและมีพื้นที่ผิวจำเพาะน้อย ส่วนกลุ่มดินเนื้อละเอียดมักอุ้มน้ำได้ดีและสามารถดูดยึดธาตุอาหารต่าง ๆ ได้ดี จึงทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มดินเนื้อหยาบ (มัตติกา, 2547) เนื่องจากมีสัดส่วนของอนุภาคขนาดดินเหนียวสูงซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่ดินเหนียว ทำให้มีช่องขนาดเล็กมากและมีพื้นที่ผิวจำเพาะมาก อย่างไรก็ตามดินเนื้อละเอียดที่มีพัฒนาการของโครงสร้างน้อยมักทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำในดินช้า ส่งผลต่อการถ่ายเทอากาศในดินได้ (เอิบ, 2533) แต่ดินเนื้อละเอียดที่มีโครงสร้างดีโดยเฉพาะแบบก้อนกลมจะเอื้อให้การเคลื่อนที่ของน้ำในดินเร็วและความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างต่ำ (Tawornpruek et al., 2006) การปรับปรุงดินเหล่านี้ก่อนปลูกด้วยวัสดุอินทรีย์เป็นแนวทางหนึ่งของการจัดการดินเพื่อเพิ่มคุณภาพดินทางกายภาพ (ยงยุทธ, 2558) ทั้งด้านความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (Mylavarapu and Zinati, 2009) ความคงทนของเม็ดดินและการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน (Bandyopadhyay et al., 2010) นอกจากนี้วัสดุอินทรีย์ยังมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชรวมอยู่ด้วย ดังนั้นชนิดดินที่ต่างกันมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งการดูดใช้น้ำและธาตุอาหาร และการสูญเสียธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนในรูปไนเทรตโดยกระบวนการชะละลาย ส่งผลต่อเนื่องต่อปริมาณผลผลิตและการสะสมแร่ธาตุ (อรประภา และภาณุมาศ, 2558; Baslam et al., 2013; Fu et al., 2017) และสารต้านอนุมูลอิสระ (Asami et al., 2003; Kipkosgei et al., 2003) รวมถึงวิตามินซี (วารินทร์ และดนัย, 2551; Fu et al., 2017) ของผักสลัดที่ปลูกในดิน อย่างไรก็ตาม ด้วยไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นแก่การเจริญเติบโตของพืช รูปที่พืชสามารถดูดซึมไปใช้มักจะอยู่ในรูปของไนเทรต (NO_3^-) ในสารละลายดินและแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (NH_4^+) (ยงยุทธ, 2558) สำหรับไนเทรตหากพืชดูดขึ้นมาในระดับสูงและมีปริมาณที่มากกว่าการนำไปใช้ ทำให้เกิดการสะสมไนเทรตในเนื้อเยื่อพืช (กรรณิกา, 2555 และ Santamaria, 2006) ซึ่งหากมีการสะสมของไนเทรตมากเกินไปอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ (GorenjAk and CenCic, 2012) สหภาพยุโรปกำหนดปริมาณไนเทรตมาตรฐานของผักสลัดที่ปลูกในสภาพโรงเรือน คือ 2,500-4,500 มก./กก.น้ำหนักสด (European Commission Regulation 1881/2006, 2006) ขึ้นอยู่กับฤดูกาล

ผักสลัดจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพและนิยมรับประทานสด กระแสนิยมของผู้บริโภคในปัจจุบันที่เลือกรับประทานผักเพื่อสุขภาพมากขึ้น ทำให้ผักสลัดเพื่อสุขภาพเป็นที่ต้องการของตลาดสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง งานวิจัยด้านคุณภาพผักสลัดที่ปลูกในดินต่างชนิดกันยังมีรายงานอยู่น้อย ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดดินภายใต้การปรับปรุงด้วยวัสดุอินทรีย์ต่อคุณภาพส่วนที่รับประทานได้ของผักสลัด เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการดินและธาตุอาหารให้เหมาะสมสำหรับดินที่นำมาปลูกผักสลัดเพื่อให้ได้ผักสลัดที่มีคุณภาพและ

ปลอดภัย รวมทั้งได้องค์ความรู้สำหรับรองรับการเพิ่มขึ้นของผู้ผลิตผักสลัดในดินตามความต้องการของตลาดที่ต้องการผักสลัดเพื่อเป็นอาหารฟังก์ชันต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

ศึกษาทดลองบริเวณโรงเรือน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 โดยเก็บตัวอย่างดินชั้นไถพรวน (0-25 ซม.) ของชุดดินบ้านทอน (sandy, siliceous, superactive, ortstein, isohyperthermic, Typic Haplorthods, Bh) ชุดดินอ่าวลึก (very-fine, kaolinitic, isohyperthermic Rhodic Kandiudoxs, Ak) และชุดดินระโนด (very-fine, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Endoaqualfs, Ran) และวิเคราะห์สมบัติบางประการของชุดดินและวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ปรับปรุงดินก่อนปลูกผักสลัด เพื่อให้อินทรียวัตถุของดินอยู่ในระดับเหมาะสมสำหรับการส่งเสริมสมบัติทางกายภาพของดิน (อินทรียวัตถุ 2%) (Hazelton and Murphy, 2007) และเพื่อใส่ธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ตามคำแนะนำสำหรับผักรับประทานใบ (ยงยุทธ และคณะ, 2554) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย 6 ตำรับการทดลอง ได้แก่ ชุดดินบ้านทอนที่ปรับปรุงด้วยมูลวัว (BhCM) ชุดดินบ้านทอนที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่ (BhCHM) ชุดดินอ่าวลึกที่ปรับปรุงด้วยมูลวัว (AkCM) ชุดดินอ่าวลึกที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่ (AkCHM) ชุดดินระโนดที่ปรับปรุงด้วยมูลวัว (RanCM) และชุดดินระโนดที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่ (RanCHM) เตรียมดินปลูกในกระถางโดยใส่ตัวอย่างดิน 6.6 ลบ.ซม./กระถาง แล้วผสมกับวัสดุอินทรีย์ โดยน้ำหนักที่ใช้คิดตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อให้ดินทุกกระถางมีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 2% แล้วบ่มดินไว้ในสภาพเรือนกระจก โดยรักษาระดับความชื้นดินที่ระดับความจุความชื้นสนามเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ จากนั้นแบ่งดินเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 สำหรับปลูกผักสลัด ตำรับการทดลองละ 10 กระถาง และชุดที่ 2 สำหรับวิเคราะห์สมบัติของดินปลูก ตำรับการทดลองละ 3 กระถาง (รวมทั้งหมด 78 กระถาง) โดยผลวิเคราะห์วัสดุอินทรีย์และสมบัติของดินปลูกตามวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์สมบัติวัสดุอินทรีย์ (จำเป็น และคณะ, 2556) สมบัติดินทางเคมี (จำเป็น และจักรกฤษณ์, 2557) และทางฟิสิกส์ (Klute, 1986; Lal and Shukla, 2004) แสดงเป็นค่าเฉลี่ยดัง **Table 1**

ปลูกผักสลัดโดยคัดเลือกกล้าผักสลัดกรีนโอ๊คอายุ 14 วัน ที่มีขนาดและความสูงของต้นกล้าเท่ากัน กระถางละ 1 ต้น ให้ธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยสูตร 15-15-15 โดยคลุกกับดินในกระถางในวันที่ย้ายกล้าลงปลูกอัตรา 2.73 ก./กระถาง และใส่ปุ๋ยยูเรียไปพร้อมกับระบบน้ำเมื่อผักสลัดมีอายุ 28 วัน จนถึง 42 วัน รวมปริมาณปุ๋ยยูเรีย 54 ก. โดยแบ่งใส่ 6 ครั้ง ทำการให้น้ำ 2 ครั้งต่อวัน โดยใช้ระบบน้ำหยด และใช้ชีวภัณฑ์ *Bacillus subtilis* (B-Veggie) เพื่อส่งเสริมการเจริญของรากและป้องกันโรครากเน่าและใบจุด (อัจฉรา และคณะ, 2559) เก็บผลผลิตเมื่อผักมีอายุ 45 วัน ในช่วงเช้าก่อนเวลา 8.00 น. เตรียมตัวอย่างโดยแบ่งผักเป็น 4 ซ้ำต่อตำรับ ตัดเฉพาะชิ้นส่วนที่รับประทานได้ แล้วนำมาแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยผักส่วนที่ 1 เก็บที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี และผักส่วนที่ 2 นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วบดละเอียด เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและไนเทรต วิเคราะห์คุณภาพของผักสลัดส่วนที่รับประทานได้ โดยวิธีการย่อยตัวอย่างผักด้วยกรดผสมไนทริกเปอร์คลอริคในอัตราส่วน 3:1 แล้ววิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer และความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และสังกะสีด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (จำเป็น และจักรกฤษณ์, 2557) ปริมาณไนเทรตโดยวิธี Salicylic acid ด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer (Cataldo et al.,1975) และปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid) โดยสกัดตัวอย่างสดผักสลัดที่บดละเอียดด้วย 3% กรดฟอสฟอริก และวัดด้วยเครื่อง High performance liquid chromatography (Lakshanasomya, 1998)

ศึกษาผลของชนิดดินที่ปรับปรุงด้วยวัสดุอินทรีย์ต่อคุณภาพของผักสลัด โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลวิเคราะห์หากข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติและความแปรปรวนเท่ากัน (homogeneity of variance) โดยการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นของคุณภาพของผักสลัดที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

Table 1 Properties of organic materials and soil treatments in the experiment. (mean value, n = 3)

Properties	Organic Materials		Soil Treatments					
	CM	CHM	BhCM	BhCHM	AkCM	AkCHM	RanCM	RanCHM
pH (1:10)	7.6	8.2						
Electrical Conductivity (1:10) (dS/m)	2.6	6.9						
Total Nitrogen (%)	1.3	2.3						
Total Phosphorus (%)	0.6	1.1						
Total Potassium (%)	0.2	0.5						
Total Calcium (%)	0.5	3.0						
Total Magnesium (%)	0	0						
Total Iron (%)	0.66	0.05						
Total Zinc (%)	0	0						
Carbon:Nitrogen ratio	22	16						
Organic Matter (g/kg)	493	639	4.3	2.8	5.5	4.5	4.0	3.7
pH (1:5)			6.6	7.0	6.2	6.0	5.4	5.4
ECe (dS/m)			1.6	1.7	0.4	0.7	0.6	1.9
CEC ($cmol_c$/kg)			1.8	1.6	7.2	6.1	12.5	14.7
Total Nitrogen (g/kg)			0.7	0.5	0.8	0.8	1.3	1.4
Available Phosphorus (mg/kg)			61.9	64.7	16.0	54.8	50.3	50.1
Available Potassium (mg/kg)			136	142	216	275	294	610
Available Calcium (mg/kg)			291	295	355	368	636	652
Available Magnesium (mg/kg)			51.4	32.9	57.4	43.4	234	233
Available Iron (mg/kg)			13.3	10.7	19.3	14.7	210.8	123.3
Available Zinc (mg/kg)			1.7	3.2	1.6	3.5	2.5	3.8
Total Porosity (%)			51.5	48.0	60.8	61.4	54.9	53.5
Macropores (%)			92.7	92.4	49.2	49.4	40.8	44.7
Mesopores (%)			4.3	4.3	13.7	13.1	20.0	16.8
Micropores (%)			3.0	3.3	37.1	37.6	39.2	38.5
Hydraulic Conductivity (cm/hr)			16.1	13.7	12.3	19.2	0.3	3.4
Available Water Capacity (%V)			8.3	7.8	13.0	13.1	18.5	16.4
Soil series: sand, silt, clay (%)			91.4, 1.3, 4.3		7.5, 2.8, 89.8		13.2, 42.0, 44.8	

Remark: Bh = Ban Thon series; Ak = Ao Luek series; Ran = Ranod series; CM = Cow manure; CHM = Chicken manure; ECe = Electrical Conductivity of a saturated soil extract; CEC = Cation Exchange Capacity

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ปริมาณแร่ธาตุในผักสลัด

ผักสลัดที่ปลูกในดินต่างชนิดกันและมีการปรับปรุงด้วยวัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกัน มีปริมาณฟอสฟอรัสและเหล็กในส่วนที่รับประทานได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 2**) โดยเมื่อพิจารณาระดับธาตุอาหารสำหรับพืชผักรับประทานใบทั่วไป (ยงยุทธ และคณะ, 2554; Kim et al., 2016) พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในผักสลัดจากตำรับชุดดินบ้านทอนทั้งหมดและชุดดินระโนดที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงเกินระดับที่เพียงพอสำหรับพืช (3-6 ก./กก.) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตำรับอื่นที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง โดยปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในผักสลัดที่ปลูกในตำรับชุดดินบ้านทอนที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่และต่ำสุดในตำรับชุดดินอ่าวลึกที่ปรับปรุงด้วยมูลวัว ความแตกต่างของปริมาณฟอสฟอรัสในผักสลัดในตำรับการทดลอง อาจเนื่องจากปริมาณความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินหลังการปรับปรุงด้วยวัสดุอินทรีย์ ซึ่งเกือบทุกตำรับดินอยู่ในระดับสูงมาก (มากกว่า 45 มก./กก.) และจากสภาพ pH ของดินและอำนาจในการตรึงฟอสฟอรัสที่เกิดจากปริมาณและชนิดของแร่ดินเหนียว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Brady and Weil, 2008) ซึ่งมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสที่ใส่ในรูปของปุ๋ยเคมี สอดคล้องกับที่พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในผักสลัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น (**Figure 1a**) และมีแนวโน้มลดลงเมื่อดินมีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้น (**Figure 1b**)

ปริมาณฟอสฟอรัสระดับสูงในผักสลัดของตำรับชุดดินบ้านทอนอาจเนื่องจากดินมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายสูง (**Table 1**) ทำให้มีอำนาจในการตรึงฟอสฟอรัสต่ำกว่าชุดดินอื่น และดินมีสภาพ pH ที่ส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสที่อยู่ในดิน โดยเมื่อดินมี pH อยู่ระหว่าง 6-7 จะมีฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ทั้งนี้ผักสลัดที่ปลูกในตำรับชุดดินบ้านทอนที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่าในตำรับที่ปรับปรุงด้วยมูลวัว อาจเนื่องจากเมื่อ pH ดินต่ำกว่า 6.8 รูปที่เป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและมีอยู่มากคือ $H_2PO_4^-$ ซึ่งดูดไปใช้ได้ง่ายที่สุด แต่หาก pH ดินอยู่ระหว่าง 6.0-7.2 จะอยู่ในรูป HPO_4^{2-} มากซึ่งพืชดูดได้ช้ากว่ารูปแรก (ยงยุทธ, 2558) เมื่อความเป็นกรดของดินเพิ่มขึ้นจะส่งเสริมการตรึงฟอสเฟตให้อยู่ในรูปของเหล็กและอะลูมินัมฟอสเฟตซึ่งยากแก่พืชที่จะใช้ประโยชน์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) และสอดคล้องกับปริมาณเหล็กในตำรับชุดดินปลูก ลักษณะดังกล่าวจึงอาจส่งผลให้ผักสลัดที่ปลูกในตำรับชุดดินบ้านทอนที่ปรับปรุงด้วยมูลวัวมีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนที่รับประทานได้สูงกว่าตำรับชุดดินอ่าวลึกและตำรับชุดดินระโนด อย่างไรก็ตาม กรณีของผักสลัดที่ปลูกในตำรับชุดดินอ่าวลึกมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่าผักสลัดในตำรับชุดดินระโนดที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่ทั้งที่ดินปลูกมีสภาพความเป็นกรดน้อยกว่า อาจเนื่องจากฟอสเฟตไอออนในดินถูกดูดซับไว้หรือทำปฏิกิริยากับ hydrous oxide ของเหล็กและอะลูมินัม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) จึงทำให้ลดความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินได้ ซึ่งธรรมชาติของชุดดินอ่าวลึกมี hydrous oxide ของเหล็กและอะลูมินัมในอนุภาคขนาดดินเหนียวอยู่ปริมาณมาก (เอิบ, 2533) ส่วนกรณีของผักสลัดที่ปลูกในชุดดินระโนดตำรับที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าตำรับที่ปรับปรุงด้วยมูลวัว อาจเนื่องจากสารละลายดินมีความเข้มข้นสูง (ECe = 1.87 เดซิซีเมน/ม.) ขณะเดียวกันธรรมชาติของชุดดินมีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้สูง จึงทำให้มีการเคลื่อนที่ของฟอสเฟตไอออนโดยการแพร่สู่รากพืชได้อย่างสม่ำเสมอ (ยงยุทธ, 2558) แม้ว่าดินมีสภาพเป็นกรดจัด (pH 5.4) และเป็นดินเนื้อละเอียด (clay 45%) สอดคล้องกับที่พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในผักสลัดเพิ่มขึ้นเมื่อดินมีสภาพการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Figure 1c**)

Table 2 Mineral contents in the edible part of lettuce. Each value reported as mean ± S.D. (n = 4)

Mineral Content (dry weight)	Ban Thon series		Ao Luek series		Ranod series	
	Cow Manure[1/]	Chicken Manure[1/]	Cow Manure[1/]	Chicken Manure[1/]	Cow Manure[1/]	Chicken Manure[1/]
Total P (g/kg)	7.63 ± 0.34a	6.46 ± 0.94b	4.14 ± 1.18c	5.49 ± 0.59c	4.73 ± 0.39c	6.59 ± 0.27b
Total K (g/kg)	56.90 ± 5.47	43.67 ± 8.03	54.47 ± 1.66	58.35 ± 8.34	56.46 ± 16.86	57.86 ± 6.13
Total Ca (g/kg)	13.39 ± 2.22	15.90 ± 1.46	13.87 ± 1.77	14.91 ± 2.68	12.19 ± 0.34	14.45 ± 2.15
Total Mg (g/kg)	3.63 ± 0.36	2.91 ± 0.52	3.21 ± 0.20	2.91 ± 0.18	3.70 ± 0.32	3.42 ± 0.65
Total Fe (mg/kg)	70.65 ± 19.66a	79.52 ± 22.78a	89.02 ± 8.35a	76.51 ± 14.22a	71.21 ± 5.81a	37.85 ± 11.95b
Total Zn (mg/kg)	49.05 ± 3.92	49.06 ± 9.32	30.47 ± 2.44	30.36 ± 3.16	35.35 ± 3.85	40.12 ± 4.96

Remark: Total P = Total Phosphorus, Total K = Total Potassium, Total Ca = Total Calcium, Total Mg = Total Magnesium, Total Fe = Total Iron, Total Zn = Total Zinc

[1/] Means followed by different letters are significantly different between treatments at P≤0.05

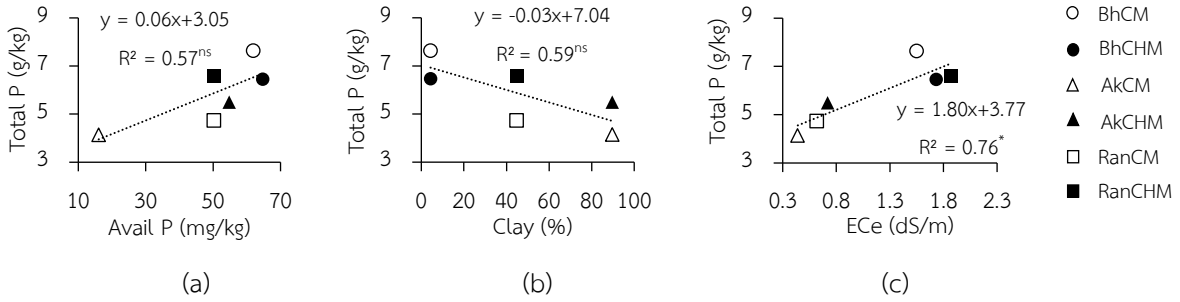

Figure 1 The relationship between Total P in the edible part of lettuce and some soil properties. The data point is mean value of the treatments

ns = not significant; * = significant at P≤0.05; Bh = Ban Thon series; Ak = Ao Luek series; Ran = Ranod series; CM = Cow manure; CHM = Chicken manure

ปริมาณโพแทสเซียมในผักสลัดจากทุกตำรับการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงเกินระดับที่เพียงพอ (15-48 ก./กก.) สำหรับพืช ซึ่งสอดคล้องกับในดินปลูกที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมากโดยเฉพาะในตำรับชุดดินระโนด (**Table 1**) ในสภาพที่ดินมีโพแทสเซียมสูงมาก ทำให้พืชดูดโพแทสเซียมไปใช้ในปริมาณที่มากกว่าที่พืชต้องการใช้จริง (ยงยุทธ และคณะ, 2558) ส่งผลให้พืชสะสมโพแทสเซียมในปริมาณที่เกินความต้องการ แต่ทั้งนี้ปริมาณการสะสมโพแทสเซียมระดับสูงยังขึ้นกับธรรมชาติของผักสลัดที่มีความต้องการโพแทสเซียมสูง โดยมีปัจจัยที่ทำให้เกิดความต้องการสูง คือ มีวงจรการเจริญเติบโตสั้นและระยะเวลาการดูดซึมสั้น (Voogt., 2002 and Cruz et al., 2019) จึงอาจเป็นสาเหตุให้ผักสลัดจากทุกตำรับการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมใกล้เคียงกันมาก ยกเว้นผักสลัดในตำรับชุดดินบ้านทอนที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่ ที่มีปริมาณโพแทสเซียมของผักสลัดอยู่ในระดับเพียงพอที่พืชต้องการ แต่มีแนวโน้มต่ำกว่าดินตำรับอื่น ทั้งที่ในดินปลูกมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ระดับสูง (142 มก./กก.) อาจเนื่องจากตำรับชุดดินบ้านทอนที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่ได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอ จึงทำให้ความต้องการโพแทสเซียมสำหรับรวมกรดอะมิโนเพปไทด์ และการสังเคราะห์เอนไซม์ RuDP carboxylase สำหรับสังเคราะห์โปรตีนในคลอโรพลาสต์ (มุกดา, 2544) ของผักสลัดลดลง

ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และสังกะสีในผักสลัดจากทุกตำรับการทดลองอยู่ในระดับเพียงพอ ยกเว้นปริมาณเหล็กในผักสลัดของตำรับชุดดินระโนดที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำชัดเจนและอยู่ในระดับขาดแคลน (น้อยกว่า 50 มก./กก.) อาจเนื่องจากภาวะ

ปฏิปักษ์ระหว่างโพแทสเซียมกับเหล็กในดิน เมื่อดินมีโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นทำให้พืชดูดเหล็กได้น้อยลง (ยงยุทธ, 2558; Fageria, 2001) ซึ่งพบว่าในดินปลูกมีโพแทสเซียมสูงมาก (610.28 มก./กก.) (**Table 1**) นอกจากนี้การเกิดภาวะแข่งขันและแย่งใช้พาหะแบบเดียวกันในการขนส่งไอออนที่มีลักษณะคล้ายกันของเหล็ก (Fe^{2+}) และสังกะสี (Zn^{2+}) ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ และสังกะสีทำให้เกิดกระบวนการใช้เหล็กในพืช จึงทำให้ปริมาณเหล็กในเซลล์พืชลดลงเมื่อพืชได้รับสังกะสีมากขึ้น (ยงยุทธ, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสังกะสีในดิน (3.82 มก./กก.) ที่มีค่ามากกว่าตำรับอื่นและในผักสลัด (40.12 มก./กก.) ของตำรับดิน และสาเหตุอีกประการหนึ่งคือ ในตำรับชุดดินระโนดที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่ซึ่งดินมีสภาพการระบายน้ำปานกลาง ทำให้เหล็กในดินเปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ (Fe^{2+}) น้อยกว่าการปรับปรุงด้วยมูลวัวที่ดินมีสภาพการเคลื่อนที่ของน้ำช้า ดินมีน้ำขังนานขึ้น เหล็กในดินจึงอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ (Fe^{2+}) มากขึ้น จึงอาจส่งเสริมให้พืชดูดใช้ได้มาก สำหรับในตำรับชุดดินบ้านทอนและตำรับชุดดินอ่าวลึกซึ่งมีสภาพระบายน้ำและอากาศดี สามารถส่งเสริมให้รากดูดใช้ธาตุอาหารได้ดี รวมถึงดูดใช้ธาตุเหล็กได้อยู่ในระดับที่เพียงพอ (ยงยุทธ, 2558)

ปริมาณสังกะสีในผักสลัดของตำรับชุดดินอ่าวลึกมีแนวโน้มต่ำกว่าในตำรับชุดดินอื่นแม้ว่าในดินปลูกมีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย (1.58 และ 3.54 มก./กก.) มากกว่าระดับเพียงพอ แต่เนื่องจากในดินมีฟอสฟอรัสมากเกินไป เมื่อพืชดูดใช้ฟอสฟอรัสมากก็ต้องการสังกะสีมากเช่นกัน (ยงยุทธ, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับที่พบว่าเมื่อผักสลัดมีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นทำให้ผักสลัดมีปริมาณสังกะสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Figure 2a**) อีกประการหนึ่งคือ สังกะสีถูกดูดซับติดกับเหล็กและอะลูมิเนียมออกไซด์ (Li et al., 2003 อ้างโดย ยงยุทธ, 2558) ซึ่งพบอยู่มากในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของชุดดินอ่าวลึก (เอิบ, 2533) เมื่อปริมาณสังกะสีในดินลดลงและดินมีความเข้มข้นของสารละลายดินเฉลี่ย (ECe 0.44 และ 0.72 เดซิซีเมน/ม.) ต่ำกว่าตำรับชุดดินอื่น จึงอาจทำให้อัตราการแพร่ของสังกะสีสู่รากลดลง (ยงยุทธ, 2558) สอดคล้องกับที่พบว่าปริมาณสังกะสีในผักสลัดมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้น (**Figure 2b**) และเพิ่มขึ้นเมื่อดินมีสภาพการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Figure 2c**)

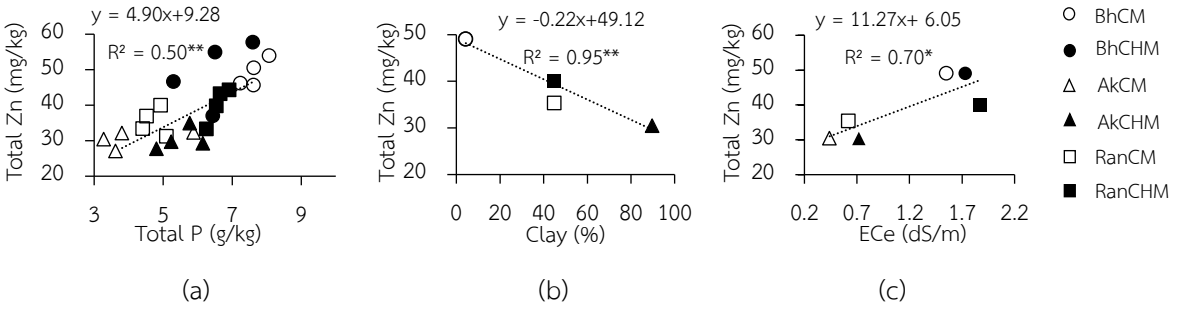

Figure 2 The relationships between Total Zn in edible part of lettuce and Total P (data point from each treatment is value of 4 replications) and some soil properties. (data point is mean value of the treatments)

* = significant at P≤ 0.05; ** = significant at P≤ 0.01; Bh = Ban Thon series; Ak = Ao Luek series; Ran = Ranod series; CM = Cow manure; CHM = Chicken manure

ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในส่วนใบของผักสลัด พบได้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 4-6, 28-50, 4-16 และ 1.4-2.9 ก./กก.น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนปริมาณเหล็กและสังกะสีในส่วนใบของผักสลัด พบได้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 59.9-112.4 และ 30-46 มก./กก.น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Koudela and Petrikova, 2008; Baslam et al., 2013; USDA 2015; Urbano et al., 2017) ซึ่งความแตกต่างของปริมาณแร่ธาตุขึ้นอยู่กับชนิดของผักสลัดและปัจจัยแวดล้อมของการปลูกผักที่สำคัญ ได้แก่ สมบัติของดินปลูก ระบบการปลูก การจัดการดินและธาตุอาหาร วัสดุปรับปรุงดิน และสภาพภูมิอากาศ

ปริมาณไนเทรต

ผักสลัดที่ปลูกในดินทุกตำรับมีปริมาณไนเทรตสะสมอยู่ในส่วนที่รับประทานได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Figure 3**) โดยปริมาณไนเทรตของผักสลัดที่ปลูกในตำรับชุดดินอ่าวลึก (976-1,182 มก./กก.น้ำหนักสด) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในตำรับชุดดินระโนด (608-673 มก./กก.น้ำหนักสด) และตำรับชุดดินบ้านทอน (484-753 มก./กก.น้ำหนักสด) ปริมาณไนเทรตในผักสลัดที่ปลูกในดินภายใต้สภาพแวดล้อมของประเทศไทยมีค่าแตกต่างกันได้มาก โดยผักสลัดที่ปลูกในดินแบบดั้งเดิมมีปริมาณไนเทรตเฉลี่ยต่ำกว่า (83-2,875 มก./กก.น้ำหนักสด) การปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ทั่วไป (1,593-3,517 มก./กก.น้ำหนักสด) (Surat et al., 2014) และการปลูกในดินที่ปรับปรุงด้วยวัสดุอินทรีย์ (2,500-6,500 มก./กก.น้ำหนักสด) (อรประภา และภาณุมาศ, 2558) แต่พบว่าสูงกว่าการปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ที่จัดการธาตุอาหารและใช้ชีวภัณฑ์ *Bacillus subtilis* (B-Veggie) (336-1,695 มก./กก.น้ำหนักสด) (อัจฉรา และคณะ 2559) อย่างไรก็ตาม ผักสลัดที่ปลูกในดินและระบบไฮโดรโพนิกส์มีปริมาณไนเทรตสะสมมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับการจัดการและการเว้นระยะของการใส่ปุ๋ยก่อนเก็บผลผลิต

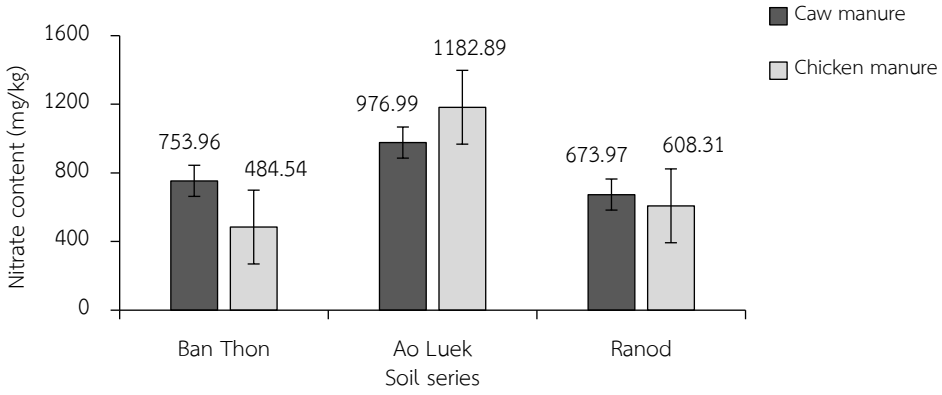

Figure 3 Nitrate content in the edible fresh weight of lettuce. Each value reported as mean (n = 4) and not significantly at P≤0.05

ปริมาณไนเทรตในผักสลัดจากทุกตำรับการทดลองมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าความปลอดภัยทางด้านอาหารสำหรับผักสลัด (European Commission Regulation 1881/2006, 2006) เนื่องจากมีการจัดการธาตุไนโตรเจนตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับผักรับประทานใบตามวิธีการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (ยงยุทธ และคณะ, 2554) การปลูกผักในสภาพที่ได้รับแสงเพียงพอส่งเสริมให้ไนเทรตในพืชถูกนำไปใช้ประโยชน์เพื่อนำไปสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโน แต่ในสภาวะที่ผักได้รับแสงไม่เพียงพอ การสังเคราะห์แสงลดลง ไนเทรตถูกเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนลดลงและช้ากว่าการดูดไนเทรตของราก ทำให้เกิดการสะสมไนเทรตในแวคคิวโอลของเซลล์พืชเพื่อรอการนำไปสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโนต่อไป (ยงยุทธ, 2558; Blom-zandstra, 1989) ซึ่งมีรายงานว่าผักกาดหอมที่ได้รับแสงที่มีความเข้มแสงน้อยเกินไป (80.65 ไมโครโมล/ตร.ม./วินาที) ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงค่อนข้างต่ำ ส่งผลให้เกิดการสะสมไนเทรตในผักกาดหอมสูงถึง 3,725 มก./กก.น้ำหนักสด (พิชญ์สินี และธรรมศักดิ์, 2560) นอกจากนี้ อุณหภูมิอากาศก็มีผลต่อเมตาบอลิซึมของเอนไซม์ไนเทรตรีดักเทสที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสารไนเทรตไปเป็นโปรตีน (ยงยุทธ, 2558)

อย่างไรก็ตาม ปริมาณการสะสมไนเทรตในผักสลัดที่ปลูกในชุดดินอ่าวลึกมีแนวโน้มสูงกว่าผักสลัดที่ปลูกในชุดดินระโนดและชุดดินบ้านทอน อาจเนื่องจากธรรมชาติของชุดดินที่มีความสามารถดูดซับไอออนลบได้บางส่วนที่เป็นผลจากการสะสมของเหล็กออกไซด์ในดินและส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว โดยความจุแลกเปลี่ยนแอนไอออนของดินมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณเหล็กออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในดินนี้ที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ (รฐนนท์, 2549) จึงมีส่วนช่วยในการดูดซับไนเทรตไอออนไว้ในดิน ลดการสูญเสียโดยกระบวนการชะละลาย แม้ว่า

ดินมีสมบัติทางกายภาพ (**Table 1**) ที่เอื้อให้น้ำเคลื่อนที่ในดินได้เร็วและระบายอากาศได้ดี เช่นเดียวกับชุดดินบ้านทอน ซึ่งส่งเสริมการเกิดกระบวนการไนทริฟิเคชันโดยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมเปลี่ยนเป็นไนเทรตได้เร็ว (ยงยุทธ, 2558) ดังนั้นพืชจึงสามารถดูดใช้ไนเทรตได้มากกว่าชุดดินบ้านทอน ในขณะที่ชุดดินระโนดซึ่งมีสภาพนำน้ำช้ามาก (ตำรับมูลวัว) ถึงปานกลาง (ตำรับมูลไก่) ทำให้การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมไปเป็นไนเทรตเกิดได้ช้ากว่า อย่างไรก็ตาม กรณีในตำรับชุดดินบ้านทอนที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่มีแนวโน้มปริมาณไนเทรตต่ำกว่าที่ปรับปรุงด้วยมูลวัว เนื่องจากดินมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ และความเข้มข้นของสารละลายดินสูง เพราะมีสภาพการนำไฟฟ้าสูง ส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของผักสลัด (**Table 1**) สอดคล้องกับที่พบว่า ปริมาณไนเทรตในผักสลัดเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวและความพรุนรวมของดินเพิ่มขึ้น (**Figure 4a and 4b**) และมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณอนุภาคขนาดทราย และความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น (**Figure 4c and 4d**)

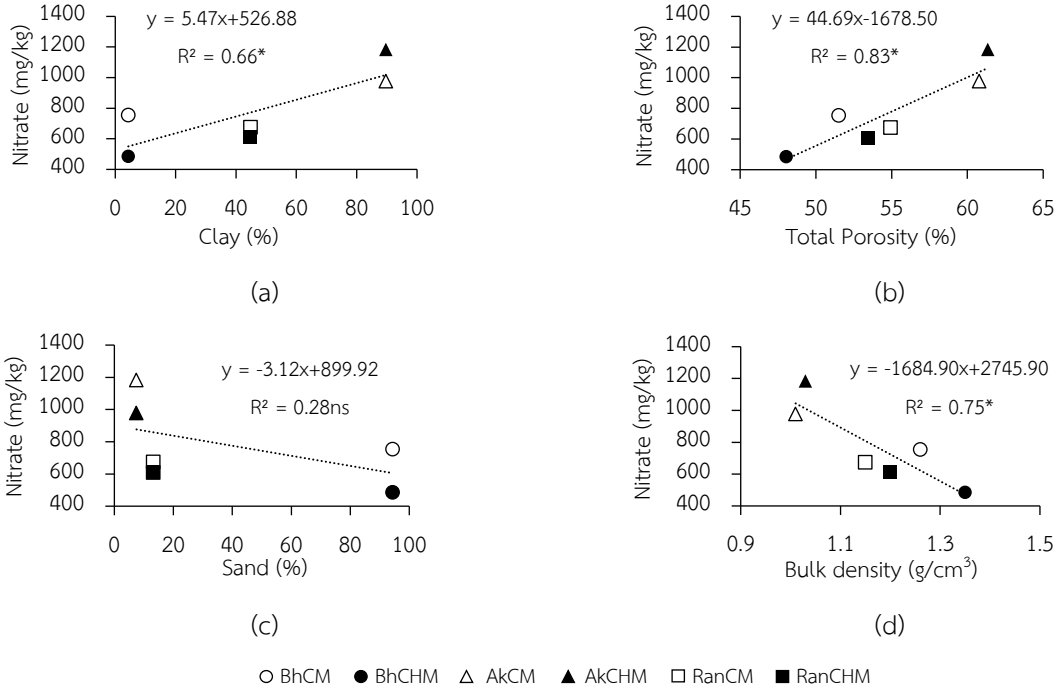

Figure 4 The relationship between nitrate content in the edible part of lettuce and some soil properties. The data point is mean value of the treatments

ns = not significant; * = significant at P≤0.05; Bh = Ban Thon series; Ak = Ao Luek series; Ran = Ranod series; CM = Cow manure; CHM = Chicken manure

ปริมาณวิตามินซี

ผักสลัดกรีนโอ๊คที่ปลูกในดินต่างชนิดกันมีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์ต่างชนิดมีผลต่อปริมาณวิตามินซีในส่วนที่รับประทานได้ของผักสลัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Figure 5**) โดยผักสลัดที่ปลูกในตำรับชุดดินอ่าวลึกมีแนวโน้มปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยน้อยกว่าผักสลัดที่ปลูกในดินชนิดอื่น และดินที่ปรับปรุงด้วยมูลไก่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าที่ปรับปรุงด้วยมูลวัว ปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยในผักสลัดส่วนที่รับประทานได้ที่ปลูกในดินทุกตำรับ (5.59-7.72 มก./100ก.น้ำหนักสด) มีค่าสูงกว่าในรายงานของ USDA (2016) ซึ่งมีค่าเพียงแค่ 3.7 มก./100ก.น้ำหนักสด แต่มีค่าต่ำกว่าผักสลัดกรีนโอ๊คที่ปลูกในดินจากพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ (10.22 มก./100ก.น้ำหนักสด) (วารินทร์ และดนัย, 2551)

การสร้างวิตามินซีในพืชมักถูกกระตุ้นด้วยสภาวะความเครียด (stress) ของสภาพแวดล้อมที่ปลูก พืชสร้างวิตามินซีโดยอาศัยโมเลกุลของน้ำตาลจากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Shinohra และ Suzuki,1988) สภาวะที่พืชได้รับแสงที่มีความเข้มข้นสูงหรือได้รับแสงเป็นเวลานานขึ้นมีโอกาสให้พืชสังเคราะห์แสงได้มากขึ้นซึ่งมีผลให้สร้างวิตามินซีได้มากขึ้น (Riga et al., 2019) สอดคล้องกับที่พบว่าผักสลัดที่ปลูกในสภาพความเข้มแสงสูงมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าที่ปลูกในสภาพความเข้มแสงต่ำ (พิชญ์สินี และธรรมศักดิ์, 2560) นอกจากนี้การใช้แสงสีขาวส่งผลให้ผักสะสมวิตามินซีสูงกว่าแสงสีอื่น (Chen et al., 2014) สภาวะความเค็มที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้พืชมีการสะสมวิตามินซีเพิ่มขึ้น (Pérez-López et al., 2015) และสภาวะที่พืชมีปริมาณไนเทรตต่ำลงทำให้พืชมีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น (Fu et al., 2017) ดังนั้นเป็นไปได้ว่าในตำรับการทดลองที่มีการใช้มูลไก่ปรับปรุงดินทำให้ผักสลัดมีปริมาณวิตามินซีที่สูง อาจจะเนื่องจากผักสลัดได้รับสภาวะความเครียดจากความเข้มข้นสารละลายดินสูง (EC) จากการใส่มูลไก่ซึ่งมีค่าความเค็มสูงกว่าเมื่อเทียบกับมูลวัว (**Table 1**) และจากการได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับที่พบว่า ปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นเมื่อสภาพการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นและเมื่อปริมาณไนเทรตในผักสลัดมีแนวโน้มลดลง (**Figure 6a and 6b**)

ในขณะที่ผักสลัดที่ปลูกในชุดดินอ่าวลึกซึ่งมีสภาพที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตมากกว่าโดยเฉพาะการปรับปรุงด้วยมูลวัว (**Table 2**) จึงทำให้มีแนวโน้มของปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าดินอื่น เนื่องจากผักสลัดอาจจะมีสภาวะความเครียดน้อยลง ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะทางโครงสร้างของดินที่สามารถอุ้มน้ำที่เป็นประโยชน์ไว้ได้มาก สภาพการเคลื่อนที่ของน้ำเร็ว มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าชุดดินอื่น ทำให้ผักสลัดมีน้ำใช้ในการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผักสลัดมีขนาดใบใหญ่สมบูรณ์ จึงส่งผลทำให้มีการสะสมปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าผักสลัดที่ปลูกในชุดดินอื่น (**Figure 5a**) สอดคล้องกับที่มีรายงาน (Tani et al., 2014) พบว่าผักที่มีพื้นที่ใบมากจะสะสมวิตามินซีต่ำกว่าผักที่มีพื้นที่ใบน้อย

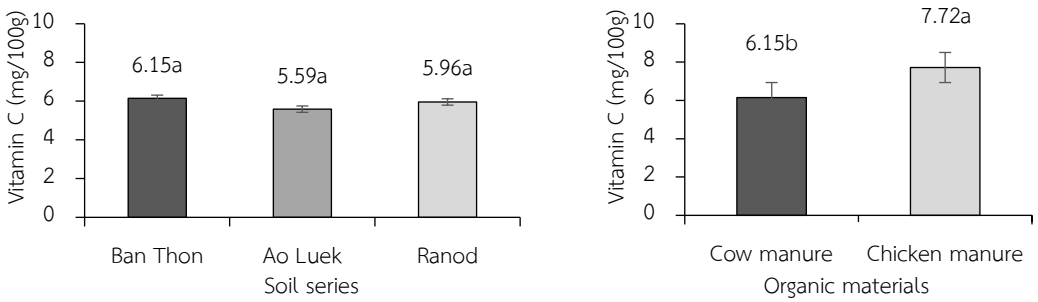

Figure 5 Vitamin C content of edible fresh weight of lettuce as influenced by soil types (a) under same amended organic material (manure) and by organic material type (b) under a selected soil (Ban Thon series) Each value represent the mean of 3 replicates. The same letter is no significantly at P≤0.05

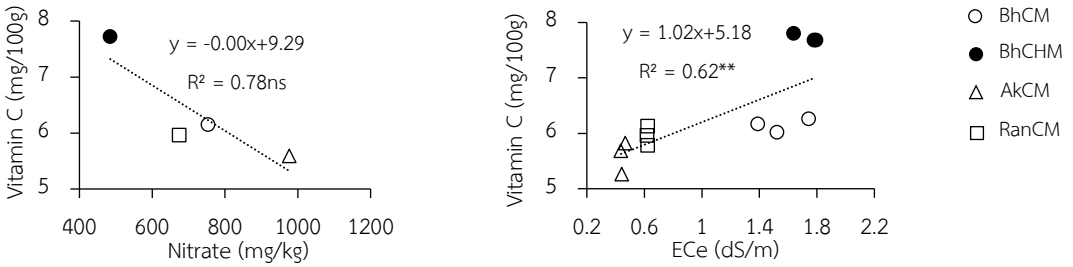

Figure 6 The relationship between Vitamin C content in the edible part of lettuce and Electrical conductivity. (data point is mean value of the treatments) and nitrate content. (data point from each treatment are value of 3 replications)

ns = not significant; ** = significant at P≤0.01; Bh = Ban Thon series; Ak = Ao Luek series; Ran Ranod series; CM = Cow manure; CHM = Chicken manure

สรุป

ชนิดดินปลูกภายใต้การปรับปรุงด้วยวัสดุอินทรีย์ทำให้ผักสลัดส่วนที่รับประทานได้มีคุณภาพต่างกัน ผักสลัดที่ปลูกในชุดดินบ้านทอนซึ่งเป็นดินเนื้อหยาบมีปริมาณฟอสฟอรัสและมีแนวโน้มสังกะสีและวิตามินซี สูงกว่าในชุดดินระโนดและชุดดินอ่าวลึกซึ่งเป็นดินเนื้อละเอียด และการใช้วัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกันปรับปรุงชุดดินบ้านทอนทำให้ผักสลัดมีคุณภาพต่างกัน โดยเมื่อปรับปรุงด้วยมูลไก่ทำให้ผักสลัดมีแนวโน้มปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และวิตามินซีสูงกว่าเมื่อเทียบกับมูลวัว และในชุดดินระโนดเมื่อใช้มูลไก่ทำให้ปริมาณเหล็กต่ำกว่าเมื่อเทียบกับมูลวัว ผักสลัดที่ปลูกในดินทั้ง 3 ชนิดซึ่งอยู่ภายใต้การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี มีปริมาณไนเทรตอยู่ในระดับต่ำและปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐานของสหภาพยุโรป คุณภาพของผักสลัดถูกควบคุมโดยสมบัติของดินปลูก การปลูกผักสลัดให้มีคุณภาพเชิงโภชนาการนั้นควรคำนึงถึงชนิดดินและการเลือกใช้ชนิดวัสดุปรับปรุงดินที่เหมาะสม โดยเฉพาะการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพในดินเนื้อหยาบที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ เนื่องจากดินมี buffering capacity ต่ำ ส่งผลให้สารละลายดินปลูกเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว และในดินเนื้อละเอียดที่มีพัฒนาการของโครงสร้างน้อยซึ่งมีผลต่อสภาพการระบายน้ำและอากาศ ดังนั้น การปลูกผักสลัดให้มีคุณภาพเชิงโภชนาการสำหรับชุดดินบ้านทอนควรเลือกใช้มูลวัวมากกว่ามูลไก่ แต่ชุดดินระโนดควรเลือกใช้มูลไก่มากกว่ามูลวัว และชุดดินอ่าวลึกสามารถใช้ได้ทั้งมูลวัวและมูลไก่ ทั้งนี้การใส่วัสดุอินทรีย์ยังเป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับผักด้วย ในการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำสำหรับผักรับประทานใบ จึงอาจจะลดปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมลงได้ ขึ้นกับชนิดของวัสดุอินทรีย์ที่นำมาใช้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคใต้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ชีวภัณฑ์ *Bacillus subtilis* (B-Veggie) ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรรณิกา จ้าเสียง. 2555. ปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัด (Green oak). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จำเป็น อ่อนทอง, ณัฐพงศ์ เยาว์จุ้ย, และจักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2556. คู่มือการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

จำเป็น อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2557. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

พิชญ์สินี เพชรไทย และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2560. ผลของความเข้มแสงและระยะเวลารับแสงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอม. Songklanakarin Journal of Plant Science. 3: 54-59.

มัตติกา พนมธรนิจกุล. 2547. การจัดการดินและน้ำเพื่อระบบการเกษตรที่ยั่งยืน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และ อนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สำนักพิมพ์โอเดียนวสโตร์, กรุงเทพฯ.

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

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รฐนนท์ เจริญชาศรี. 2549. ลักษณะรอยพิมพ์ประจุของดินออกซิซอลส์ที่มีสีแดงในประเทศไทย.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วารินทร์ ใจวิเสน และดนัย บุญยเกียรติ. 2551. คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คลีฟที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์. วารสารเกษตร. 24: 51-57.

อรประภา อนุกลูประเสริฐ และภาณุมาศ ฤทธิไชย. 2558. ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพของผักกาดหอม. Thai Journal of Science and Technology. 1: 81-94.

อัจฉรา เพ็งหนู, จุฑามาศ แก้วมโน, สิริรัตน์ เกียรติปฐมชัย, กลอยใจ สำเร็จวาณิชย์ และพันธทิพย์ จุลวรรณโณ. 2559. การผลิตผักไฮโดรโพนิกส์ปลอดภัยโดยชีววิธี. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพ.

อัญชลี สุทธิประการ. 2553. แร่ในอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินเขตร้อน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2533. ดินของประเทศไทย: ลักษณะ การแจกกระจาย และการใช้. ภาควิชาปฐพีวิทยาคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Asami, D. K., Y. J. Hong, D. M. Barrett, and A. E. Mitchell. 2003. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51: 1237-1241.

Bandyopadhyay, K. K., A. K. Misra, P. K. Ghosh, and K. M. Hati. 2010. Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean. Soil and Tillage research. 110: 115-125.

Baslam, M., F. Morales, I. Garmendia, and N. Goicoechea. 2013. Nutrient quality of outer and inner leaves of green and red pigmented lettuces (*Lactuca sativa L.*) consumed as salads. Scientia Horticulturae. 151: 103-111.

BLOM-ZANDSTRA, M. A. R. G. A. R. E. T. H. A. 1989. Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. Annals of Applied Biology. 115: 553-561.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. The Nature and Properties of Soils. Pearson Prentice Hall, New Jersey.

Cataldo, D.A., M. Haroon, L.E. Schrader, and V.L. Youngs. 1975. Rapid Colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commun Soil Science and Plant Analysis. 6: 71-80.

Chen, M., S. Mao, and Y. Liu. 2014. Big data: A survey. Mobile networks and applications. 19: 171-209.

Cruz, F. J. R., R. de Mello Prado., G. Felisberto, Á. S. Santos, and R. F. Barreto. 2019. Potassium nutrition in fruits and vegetables and food safety through hydroponic system. P.23-44. In: M. Asaduzzaman and T. Asao. Improvement of Quality in Fruits and Vegetables Through Hydroponic Nutrient Management. IntechOpen, Croatia.

European Commission Regulation 1881/2006. 2006. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs: Official Journal of the European Union. Available: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/ LexUriServ.do?uri =OJ:L:2006:364:0005:0024:EN:PDF. Accessed 6 June 2020.

Fageria, N.K. 2001. Nutrient interaction in crop plant. Journal of Plant Nutrition. 24: 1269-1290.

Fu, Y., H. Li, J. Yu, H. Liu, Z. Cao, N. S. Manukovsky, and H. Liu. 2017. Interaction effects of light intensity and nitrogen concentration on growth, photosynthetic characteristics and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L. *Var. youmaicai*). Scientia Horticulturae. 214: 51-57.

Gorenjak, A.H., and A. Cencic. 2012. Nitrate in vegetables and their impact on human health: A review. Faculty of Agriculture and Life Sciences. University of Maribor. Pivola 10. 2311 Hoce. Slovenia. Acta Alimentaria. 42: 158-172.

Hazelton, P.A., and B.W. Murphy. 2007. Interpreting Soil Test Results: What do all the number mean?. CSIRO PUBLISHING, Australia.

Kim, M. J., Y. Moon, J. C. Tou, B. Mou, and N. L. Waterland. 2016. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa L.*). Journal of Food Composition and Analysis. 49: 19-34.

Kipkosgei, L. K., L. S. M. Akundabweni, and M. J. Hutchinson. 2003. The effect of farmyard manure and nitrogen fertilizer on vegetative growth, leaf yield and quality attributes of Solanum villosum (Black nightshade) in Keiyo district, rift valley. African Crop Science Conference Proceedings. 6: 514-518.

Klute, A. 1986. Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy, Inc., Wisconsin.

Koudela, M., and K. Petrikova. 2008. Nutrients content and yield in selected cultivars of leaf lettuce (*Lactuca sativa L. var. crispa*). Horticultural Science. 35: 99-106.

Lakshanasomya N. 1998. Determination on vitamin C in some kinds of food by HPLC. Bulletin of the Department of Midical Sciences. 40: 347-357.

Lal, R., and M. K. Shukla. 2004. Principles of Soil Physics. P.22-23. Marcel Dekker. Inc, New York.

Mylavarapu, R. S., and G. M. Zinati. 2009. Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. Scientia horticulturae. 120: 426-430.

Pérez-López, U., J. Miranda-Apodaca, M. Lacuesta, A. Mena-Petite, and A. Muñoz-Rueda. 2015. Growth and nutritional quality improvement in two differently pigmented lettuce cultivars grown under elevated CO2 and/or salinity. Scientia Horticulturae. 195: 56-66.

Riga, P., L. Benedicto, A. Gil-Izquierdo, J. Collado-Gonzalez, F. Ferreres, and S. Medina. 2019. Diffuse light affects the contents of vitamin C, phenolic compounds and free amino acids in lettuce plants. Food Chemistry. 272: 227-234.

Santamaria, P. 2006. Review-Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. Journal of the Science of Food and Agriculture. 86: 10-17.

Shinohara, Y., and Y. Suzuki. 1988. Quality improvement of hydroponically grown leaf vegetables. In Symposium on High Technology in Protected Cultivation. 230: 279-286.

Surat, H., P. Watcharapon, N. Warangkana, K. Tanyaporn, and P. Tippawan. 2014. Determination of nitrate in the edible part of vegetables from markets around Chiang Mai City, Northern Thailand by using high performance liquid chromatography. Asian Journal of Agricultural Research. 8: 204-210.

Tani, A., S. Shina, K. Nakashima, and M. Hayashi. 2014. Improvement in lettuce growth by light diffusion under solar panels. Journal of Agricultural Meteorology. 70: 139-149.

Tawornpruek, S., I. Kheoruenromne, A. Suddhiprakarn, and R. J. Gilkes. 2006. Properties of red Oxisols on calcareous sedimentary rocks in Thailand. Geoderma. 136: 477-493.

Urbano, V. R., T. G. Mendonça, R. G. Bastos, and C. F. Souza. 2017. Effects of treated wastewater irrigation on soil properties and lettuce yield. Agricultural water management. 181: 108-115.

USDA. 2015. National Nutrient Database for Standard Reference Release 28. USDA, Washington D.C.

USDA. 2016. National Nutrient Database for Standard Reference Release 28. USDA, Washington D.C.

Voogt, W. 2002. Potassium management of vegetables under intensive growth conditions: Potassium for Sustainable Crop Production. Available: https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/ Potassium%20Management%20of%20 Vegetables.pdf. Accessed 8 September 2020.