

ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการให้ผลผลิต และคุณภาพของผักกาดหอม

Effect of High Quality Organic Fertilizer on Yield and Quality of Lettuce

อรประภา อณุกุลประเสริฐ*

สาขาการจัดการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

ภาณุมาศ ฤทธิไชย

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Ornprapa Anugoolprasert*

Major of Organic Farming Management, Faculty of Science and Technology,
Thammasat University, Rungsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Panumart Rithichai

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,
Rungsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

การศึกษาชนิดและอัตราการให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักกาดหอม โดยวางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม จำนวน 5 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง คือ ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตรที่ 1 ของกรมพัฒนาที่ดินและปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูง และอัตราการให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง 3 ระดับ คือ 1, 2.5 และ 5 กรัมไนโตรเจนต่อดิน 5 กิโลกรัม และสิ่งทดลองควบคุม ได้แก่ ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคที่ระดับ 1 กรัมไนโตรเจนต่อดิน 5 กิโลกรัม จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยที่ระดับไนโตรเจนเดียวกัน ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดทำให้สมบัติทางเคมีของดินดีขึ้นกว่าการให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโค โดยเฉพาะปริมาณฟอสฟอรัสในดินหลังปลูก ซึ่งพบว่ามีความสูงกว่าถึง 2-4 เท่า การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักกาดหอมมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น แต่ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงให้ผลไม่แตกต่างกัน โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดที่ระดับ 2.5 และ 5 กรัมไนโตรเจน ทำให้ต้นผักกาดหอมมีปริมาณผลผลิตมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมที่ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคที่ระดับ 1 กรัมไนโตรเจน ในด้านคุณภาพของผลผลิตพบว่าเมื่อให้ระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น สารประกอบฟีนอลิกรวมมีค่าลดลง ในขณะที่การสะสมไนเตรตมีค่ามาก

ขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดกับการให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคที่ระดับไนโตรเจนที่เท่ากัน พบว่าผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคจะมีการสะสมไนเตรตในใบมากกว่าผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิด ดังนั้นในการปลูกผักกาดหอมเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ จึงควรเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดที่ระดับ 2.5 กรัมไนโตรเจน สามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคที่ระดับ 1 กรัมไนโตรเจนได้

คำสำคัญ : ไนเตรต; ปุ๋ยเคมี; ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง; ผักกาดหอม; สารประกอบฟีนอลิกรวม

Abstract

The effect of type and amount of high quality organic fertilizers on growth and yield of lettuce was conducted under 2 x 3 factorial in CRD compared with the control. Seven treatments included the combination between 2 types of high quality organic fertilizers (high quality organic fertilizer FOR.1 (OF) and chicken manure (CM), with 3 rates of nitrogen applications (1, 2.5 and 5 g N/5 kg of soil). The control was chemical fertilizer combined with cow manure at 1 g N/5 kg of soil. At the same rate of 1 g N application, the results revealed that both OF and CM provided better soil chemical properties compared with the control. Especially, the available phosphorus under OF and CM treatments was 2 to 4 times higher than that of the control. For the growth and yield of lettuce, there were no significant differences between the two types of high quality organic fertilizer on the growth, fresh weight and dry weight of lettuce. However, all the measurements significantly increased with the rise of the nitrogen applications. Considerably higher than that of the control, the yields of lettuce were obtained at 2.5 and 5 g N applications of OF and CM, respectively. Related to the lettuce product quality, the total phenolic compound was significantly decreased, whereas the nitrate accumulation was remarkably increased with the raise of nitrogen applications. Comparison between OF and CM treatments, and the control at the same nitrogen level, it was shown that the nitrate accumulation in lettuce leaves under the control was higher than that under both organic treatments. It appears that in order to obtain the quality products and reduce the risk of nitrate accumulation, high-quality organic fertilizer is more suitable than chemical fertilizer, as it was seen in the experiment where both organic fertilizers at 2.5 g N level can replace the 1 g N applications of chemical fertilizer combined with cow manure.

Keywords: chemical fertilizer; high quality organic fertilizer; lettuce; nitrate; total phenolic compound

1. คำนำ

ประเทศไทยถือเป็นประเทศเกษตรกรรมที่ประชากรส่วนใหญ่ยังคงดำรงอาชีพการเกษตร โดย

ในปัจจุบันการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรยังคงมีปริมาณที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่วนใหญ่พบว่าเกษตรกรยังคงมีพฤติกรรมการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณ

มากเกินความต้องการของพืชและใช้อย่างต่อเนื่อง เพื่อเร่งการเจริญเติบโต (กรมวิชาการเกษตร, 2548) โดยเฉพาะการผลิตพืชผัก ซึ่งการใช้ปุ๋ยในลักษณะดังกล่าวนี้ นอกจากจะทำให้ต้นทุนในการผลิตมีมูลค่าสูงแล้ว ยังก่อให้เกิดปัญหาดินเสื่อมโทรม อาทิ ดินมีความเป็นกรดมากขึ้น โครงสร้างของดินเสื่อมสภาพ และเกิดการสะสมของไนเตรตในดินและแหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียง (Savci, 2012) นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการสะสมของสารพิษในพืชผัก เช่น ไนเตรต (Muramoto, 1999) ซึ่งเมื่อร่างกายได้รับอาหารที่มีการปนเปื้อนของสารไนเตรตในปริมาณสูง นอกจากจะก่อให้เกิดความเสี่ยงของการเกิดโรคเมทิโมโกลบินีเมีย (methemoglobinemia) ที่ไนเตรตเข้าไปจับกับฮีโมโกลบิน (hemoglobin) แทนที่ออกซิเจนแล้ว ไนเตรตที่เข้าสู่ร่างกายในปริมาณสูงยังสามารถชักนำให้เกิดสารไนโตรซามีน (nitrosamine) ที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งในระบบทางเดินอาหาร (Santamaria, 2006)

จากสภาพปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีนั้น ระบบการผลิตเกษตรอินทรีย์ที่มุ่งเน้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แทนปุ๋ยเคมีจึงถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ โดยปุ๋ยอินทรีย์นอกจากจะมีประสิทธิภาพในการช่วยปรับปรุงโครงสร้างดิน เช่น การอุ้มน้ำและการถ่ายเทอากาศในดินแล้ว ยังมีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชรวมอยู่ด้วย อีกทั้งการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากขยะอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ยังเป็นการช่วยลดปริมาณขยะและช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า พืชผักที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มของการสะสมปริมาณไนเตรตน้อยกว่าพืชผักที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี (พัชรภรณ์ และคณะ, 2552) และพบว่าปริมาณคุณค่าทางโภชนาการของพืชผักที่ปลูกโดย

ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น วิตามิน แร่ธาตุและสารต้านอนุมูลอิสระต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย มีแนวโน้มมากกว่า พืชผักที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี (Asami *et al.*, 2003; Kipkosgei *et al.*, 2003) แต่อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นเองหรือวางขายในท้องตลาดส่วนใหญ่ยังคงมีปริมาณธาตุอาหารต่ำ โดยเฉพาะธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งปุ๋ยอินทรีย์ยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น มีอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาช้า จึงอาจไม่ทันกับความต้องการของพืช โดยเฉพาะพืชผักที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น เนื่องจากธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในรูปของอินทรีย์สาร ซึ่งจำเป็นต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายเพื่อปลดปล่อยธาตุอาหารพืชให้อยู่ในรูปอนินทรีย์สาร เช่น แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรต (NO_3^-) ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (ชุดิ มณฑน์, 2553) ซึ่งหลายหน่วยงาน อาทิ กรมพัฒนาที่ดิน ได้ทำการศึกษาโดยการนำวัสดุอินทรีย์และ/หรืออินทรีย์ธรรมชาติทางการเกษตรที่มีธาตุอาหารสูงมาผ่านกระบวนการหมักจนสลายตัวอย่างสมบูรณ์ เพื่อการผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารหลักในปริมาณสูง แต่อย่างไรก็ตาม รายงานเกี่ยวกับชนิดและอัตราการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชผักนั้นยังมีอยู่อย่างจำกัด ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการเลือกผักกาดหอมเป็นพืชทดสอบ เนื่องจากผักกาดหอมเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้เร็ว มีช่วงการเก็บเกี่ยวที่สั้นสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และยังเป็นผักใบที่มีความเสี่ยงต่อการสะสมของสารไนเตรตในปริมาณค่อนข้างสูง โดยงานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและอัตราการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีต่อการให้ผลผลิต การสะสมไนเตรต และสารต้านอนุมูลอิสระในผักกาดหอม ผลที่ได้จากการศึกษานี้ สามารถนำไป

ประยุกต์ในการทำและการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูง เพื่อส่งเสริมให้กับชุมชนเมืองที่ต้องการผลิตผักใบแบบไม่พึ่งพาการใช้ปุ๋ยเคมีที่ปลอดภัยและยั่งยืนต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 factorial in CRD ร่วมกับสิ่งทดลองควบคุม จำนวน 5 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัยการศึกษา ได้แก่ (1) ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง 2 ชนิด คือ ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรที่ 1 กรมพัฒนาที่ดิน (OF) และ ปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูง (CM) และ (2) อัตราการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง 3 ระดับ คือ 1, 2.5 และ 5 กรัม ไนโตรเจน ต่อดิน 5 กิโลกรัม และกำหนดให้สิ่งทดลองควบคุมเป็นตัวแทนของสิ่งทดลองที่มีการให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโค ซึ่งมีระดับไนโตรเจนเท่ากับ 1 กรัมไนโตรเจน ต่อดิน 5 กิโลกรัม (control)

ทำการหยอดเมล็ดผักกาดหอม จำนวน 3 เมล็ดต่อหลุม ลงในภาชนะที่มีหลุมขนาด 3.75 x 3.75 x 5 เซนติเมตร และบรรจุด้วยดินและขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร โดยทำการรดน้ำทุกวัน และเมื่อต้นกล้ามีอายุ 7 วันหลังเพาะเมล็ด ทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม จากนั้นเมื่อต้นกล้ามีอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด ทำการย้ายปลูกลงในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตรที่บรรจุดินผสมกาบมะพร้าวสับ อัตราส่วน 3:1 โดยปริมาตร และเติมมูลโค หรือปุ๋ยเคมี หรือปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ที่มีการกำหนดปริมาณไนโตรเจน (กรัม) ต่อดินปลูกทั้งหมดรวม 5 กิโลกรัม ในทุกสิ่งทดลอง ตามปริมาณที่คำนวณจากค่าวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ (Table 1) โดยให้ทุกสิ่งทดลองมีการใส่ปุ๋ยรองพื้นหรือปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงในวันที่ย้ายปลูก ส่วนการให้ปุ๋ยแต่งหน้าในสิ่งทดลองควบคุม ให้เมื่อผักกาดหอมมี

อายุ 10 วันหลังย้ายปลูก ซึ่งอัตราการให้ปุ๋ยในแต่ละสิ่งทดลอง ประกอบด้วย (1) สิ่งทดลองควบคุม : ปุ๋ยรองพื้น ได้แก่ มูลโคอัตรา 14.1 กรัมต่อกระถาง (0.22 กรัมไนโตรเจน) ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 อัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง (0.32 กรัมไนโตรเจน) และปุ๋ยแต่งหน้า ได้แก่ ปุ๋ยยูเรียอัตรา 1.0 กรัมต่อกระถาง (0.46 กรัมไนโตรเจน) (2) ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรที่ 1 กรมพัฒนาที่ดิน ที่ 1.0 กรัม ไนโตรเจน อัตรา 43.5 กรัมต่อกระถาง (3) ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรที่ 1 กรมพัฒนาที่ดิน ที่ 2.5 กรัม ไนโตรเจน อัตรา 108.7 กรัมต่อกระถาง (4) ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรที่ 1 กรมพัฒนาที่ดิน ที่ 5.0 กรัม ไนโตรเจน อัตรา 217.4 กรัมต่อกระถาง (5) ปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูง ที่ 1.0 กรัม ไนโตรเจน อัตรา 71.4 กรัมต่อกระถาง (6) ปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูง ที่ 2.5 กรัม ไนโตรเจน อัตรา 178.6 กรัมต่อกระถาง และ (7) ปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูง ที่ 5.0 กรัม ไนโตรเจน อัตรา 357.1 กรัมต่อกระถาง ทำการให้น้ำทุกวันในอัตราที่เท่ากันทุกกระถางและฉีดพ่นสารสกัดธรรมชาติเพื่อกำจัดโรคและแมลงเมื่อมีการระบาด

2.2 การเก็บผลการทดลอง

ทำการเก็บผลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง ในทุกสัปดาห์จนถึงระยะเก็บเกี่ยว และเมื่อผักกาดหอมมีอายุ 45 วันหลังปลูก ทำการเก็บเกี่ยวและบันทึกข้อมูล ได้แก่ พื้นที่ใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบ ต้นและราก น้ำหนักแห้งอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้น นำค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมาคำนวณหาปริมาณน้ำในพืช (water content) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (dry matter) ของต้นผักกาดหอมในแต่ละสิ่งทดลอง ส่วนคุณภาพของผักกาดหอม ทำการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compounds) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ที่ดัดแปลงมาจาก Liu และคณะ

(2007) และ สิริลักษณ์ (2554) ส่วนปริมาณไนเตรตในใบสดโดยใช้เทคนิค colorimetric method (พัชรภรณ์ และคณะ, 2552) และปริมาณคลอโรฟิลล์

(chlorophyll content) ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจาก Mackinney (1941)

Table 1 Chemical properties of organic fertilizers

Parameters	Cow manure*	Chicken manure (CM)*	High quality organic fertilizer FOR.1 (OF)*	Organic fertilizer by Fertilizer Act vol. 2 (2550)
pH	7.40	8.60	8.50	-
EC (ms/cm)	3.15	8.15	4.82	≤ 10
Organic matter (%)	54.61	25.95	25.43	≥ 20
Moisture (%)	16.53	21.12	10.32	≤ 30
C:N ratio	20.31	8.85	6.41	≤ 20 : 1
Total N (%)	1.56	1.70	2.30	≥ 1.0
Total P (%)	0.64	4.81	4.32	≥ 0.5
Total K (%)	0.91	2.39	1.78	≥ 0.5
Total Ca (%)	0.44	10.43	16.06	-
Total Mg (%)	0.35	3.15	2.01	-

*Samples were analyzed at central soil laboratory, Land Development Regional Office Zone 1, Pathumthani.

สำหรับสมบัติทางเคมีของดิน ทำการบันทึกคุณภาพของดินทั้งก่อนและหลังการทดลอง โดยวิเคราะห์หาค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity, EC) ด้วยเครื่อง pH/EC meters ปริมาณอินทรีย์วัตถุด้วย Walk-Black method (Walkley and Black, 1934) และปริมาณธาตุอาหารหลักที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ ไนโตรเจนด้วย Kjeldahl method และวัดฟอสฟอรัสที่สกัดด้วย Bray II ด้วยเครื่อง spectrophotometer ส่วนปริมาณธาตุอาหารในดินผัสดูดซึม ทำการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสด้วยวิธีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

2.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรม SAS

3. ผลการวิจัย

3.1 สมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังการทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยที่ระดับ 1 กรัมไนโตรเจน ที่เท่ากัน พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมในดินหลังปลูกที่ให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตร 1 และมูลไก่หมักคุณภาพสูงมีค่ามากกว่าและน้อยกว่า

สิ่งทดลองควบคุมที่ให้อยู่เคมีร่วมกับมูลโค แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าค่า pH ค่า EC ปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณฟอสฟอรัสที่ให้อยู่อินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดในทุกระดับไนโตรเจน มีค่ามากกว่าดินหลังปลูกในสิ่งทดลองควบคุมและมากกว่าดินก่อนปลูก โดยเฉพาะปริมาณฟอสฟอรัส

ที่พบว่ามีค่ามากกว่าถึง 2-4 เท่า นอกจากนี้ยังพบว่าการให้อยู่อินทรีย์คุณภาพสูงในระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสในดินหลังปลูกมีค่าเพิ่มขึ้น (Table 2)

Table 2 Chemical properties of the experimental soil before and after treatments

Treatment*		pH	EC (ms/cm)	Organic matter (%)	Total N (%)	Available P (mg/kg)
Fertilizer type	N level					
Before treatment						
		6.20	0.19	3.46	0.17	31.00
After treatment						
Control	1.0 g N	6.90	0.28	3.47	0.26	48.35
OF	1.0 g N	7.10	0.31	3.61	0.29	104.91
OF	2.5 g N	7.30	0.30	3.65	0.30	171.27
OF	5.0 g N	7.20	0.46	3.61	0.37	310.94
CM	1.0 g N	7.30	0.37	3.65	0.25	188.34
CM	2.5 g N	7.30	0.55	3.78	0.27	323.27
CM	5.0 g N	7.10	0.85	4.68	0.44	499.28

*Samples were analyzed at central soil laboratory, Land Development Regional Office Zone 1 Pathumthani.

3.2 การเจริญเติบโต

ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทำให้ต้นผักกาดหอมมีความสูงและพื้นที่ใบต่อต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่การเจริญเติบโตของผักกาดหอมจะแปรผันตามระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยการให้อยู่อินทรีย์คุณภาพสูงทั้ง 2 ชนิด โดยเฉพาะปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูง ที่ระดับ 2.5 และ 5 กรัมไนโตรเจน ทำให้ต้นผักกาดหอมมีความสูงและพื้นที่ใบต่อต้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมซึ่งให้อยู่เคมีร่วมกับมูลโคที่ระดับ 1 กรัมไนโตรเจน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่า

พื้นที่ใบต่อต้นของต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูงที่ระดับ 5 กรัมไนโตรเจน มีค่ามากที่สุด คือ 7,161.3 ตารางเซนติเมตร (Figure 1A and 1B)

3.3 ปริมาณผลผลิต

ปริมาณผลผลิตทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นผักกาดหอมมีค่ามากขึ้นตามระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้อยู่อินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดที่ระดับ 2.5 และ 5 กรัมไนโตรเจน ทำให้ต้นผักกาดหอมมีน้ำหนักสดมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งน้ำหนักสด

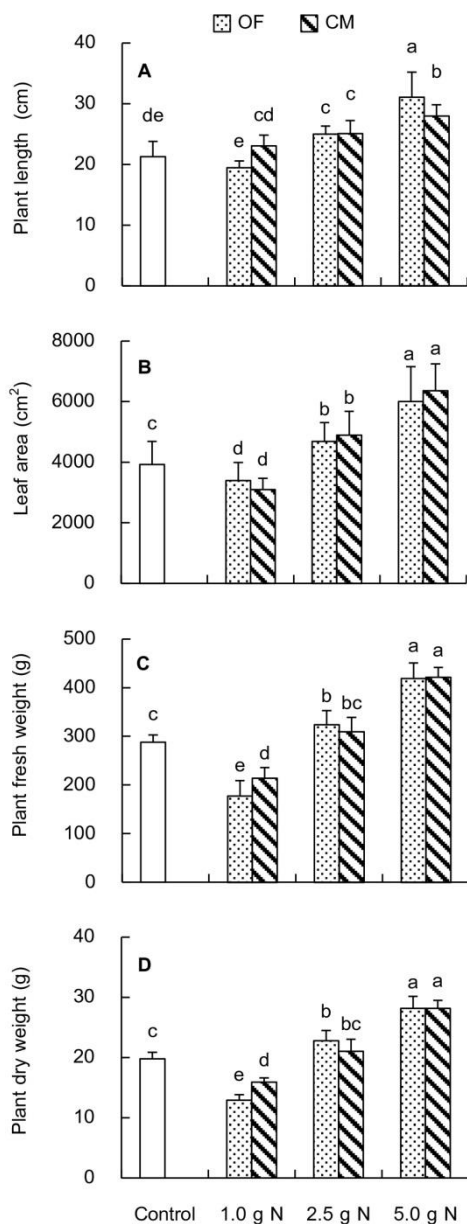


Figure 1 The effect of type and rate of high quality organic fertilizer on plant length (A), leaf area (B), plant fresh weight (C) and plant dry weight (D) of lettuce. Vertical bars represent the standard deviation (n=3). The same letters are not significantly different by DMRT ($p=0.05$).

และน้ำหนักแห้งของต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูงที่ระดับ 5 กรัมไนโตรเจน มีค่ามากที่สุด คือ 422 และ 28 กรัม ตามลำดับ (Figure 1C and 1D) สำหรับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งและปริมาณน้ำในพืช ของผักกาดหอมอายุ 45 วันหลังย้ายปลูกพบว่าเมื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดที่ระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ต้นผักกาดหอมมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งลดลง แต่ปริมาณน้ำในพืชมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดและปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคในสิ่งทดลองควบคุมที่ระดับไนโตรเจนเดียวกัน พบว่าปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดทำให้ต้นผักกาดหอมมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งมากกว่า ในขณะที่ปริมาณน้ำในพืชมีค่าน้อยกว่าต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคในสิ่งทดลองควบคุม (Figure 2A and 2B)

3.4 คุณภาพของผักกาดหอม

การให้ปุ๋ยในระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ต้นผักกาดหอมมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการให้ปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูงทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบมีค่ามากกว่าต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตร 1 โดยสิ่งทดลองที่ให้ปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูงที่ระดับ 1, 2.5 และ 5 กรัมไนโตรเจน และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตร 1 ที่ระดับ 5 กรัมไนโตรเจน ทำให้ผักกาดหอมมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3A)

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณการสะสมไนเตรตในใบผักกาดหอมสดอายุ 45 วันหลังปลูก พบว่าการให้ปุ๋ยในระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การสะสมไนเตรตในใบผักกาดหอมมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งทดลองควบคุมที่ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโค และสิ่งทดลองที่ให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสอง

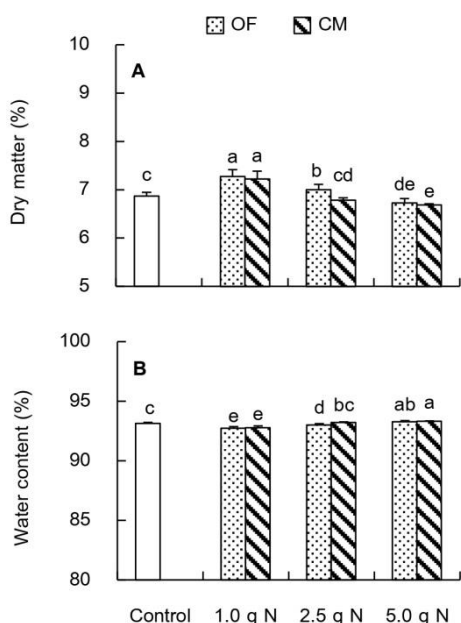


Figure 2 Dry matter (A) and water content (B) of lettuce as influenced by an interaction between the type and rate of high quality organic fertilizer. Vertical bars represent the standard deviation (n=3). The same letters are not significantly different by DMRT (p=0.05).

ชนิด ที่ระดับ 1 กรัมไนโตรเจน เดียวกัน พบว่าการให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตร 1 และปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูงทำให้การสะสมไนเตรตในใบผักกาดหอมมีค่าน้อยกว่าประมาณ 37 และ 25 % ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับ การสะสมไนเตรตในใบผักกาดหอมในสิ่งแวดล้อมควบคุม (Figure 3B) ซึ่งจากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่ามีค่าแปรผกผันกับปริมาณไนเตรตที่สะสมในใบผักกาดหอมสด โดยมีค่าลดลงเมื่อให้ปุ๋ยในระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น และพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในใบของต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดมีค่ามากกว่าต้น

ผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคที่ระดับไนโตรเจนเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตร 1 ที่ระดับ 1 กรัมไนโตรเจนทำให้ต้นผักกาดหอมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด คือ 10.9 มิลลิกรัม gallic acid ต่อกรัมน้ำหนักสด (Figure 3C)

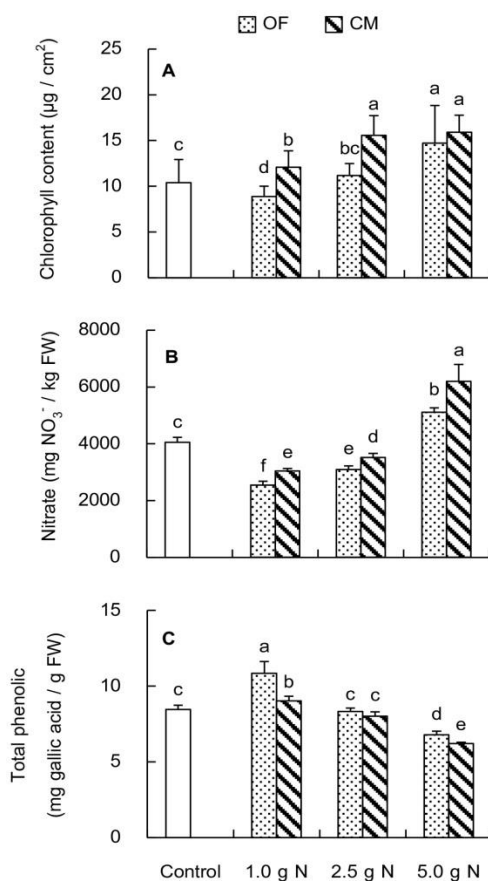


Figure 3 Chlorophyll content (A), nitrate accumulation in leaves (B) and total phenolic in leaves (C) of lettuce as influenced by an interaction between the type and rate of high quality organic fertilizer. Vertical bars represent the standard deviation (n=3). The same letters are not significantly different by DMRT (p=0.05).

3.5 ปริมาณธาตุอาหารในผักกาดหอม

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในต้นผักกาดหอม พบว่าทั้งชนิดและอัตราการให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในใบและลำต้นของผักกาดหอมอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูง มีค่ามากกว่าต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตร 1 อย่างมีนัยสำคัญ และปริมาณธาตุอาหารทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดที่ระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูงที่ระดับ 5 กรัมไนโตรเจน พบว่ามีค่ามากที่สุด คือ 25.5 และ 8.0 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ (Figure 4A and 4B)

4. วิจัย

การให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดทำให้ดินหลังปลูกมีคุณสมบัติทางเคมีดีขึ้นเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมที่ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคที่ระดับ 1 กรัมไนโตรเจน ที่เท่ากัน โดยเฉพาะปริมาณฟอสฟอรัสที่พบว่า มีค่ามากกว่าถึง 2-4 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปุ๋ยมูลไก่หมักคุณภาพสูงและปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตร 1 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์ทั่วไป และผักกาดหอมส่วนใหญ่มีอัตราการใช้ธาตุฟอสฟอรัสต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุไนโตรเจน (ยงยุทธ และคณะ, 2554) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของเกศศิริพันธ์ และคณะ (2556) และ คำนึ่ง และคณะ (2555) ที่พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทำให้สมบัติทางเคมีของดินหลังปลูก โดยเฉพาะปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ดินที่ให้

ปุ๋ยเคมีกลับมีแนวโน้มทำให้สมบัติทางเคมีของดินดังกล่าวลดลง ซึ่งปราณี และคณะ (2551) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้ลดการสูญเสียธาตุอาหาร โดยธาตุอาหารจะมีการปลดปล่อยอย่างช้า ๆ เนื่องจากมีอิทธิพลซึ่งเป็นองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุในดินที่ช่วยตรึงธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ไว้ไม่ให้ถูกชะล้างไป นอกจากนี้ยังพบว่าทำให้ดินมีสมบัติทางเคมีดีขึ้น โดยเฉพาะค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืชมีค่าเพิ่มมากขึ้น

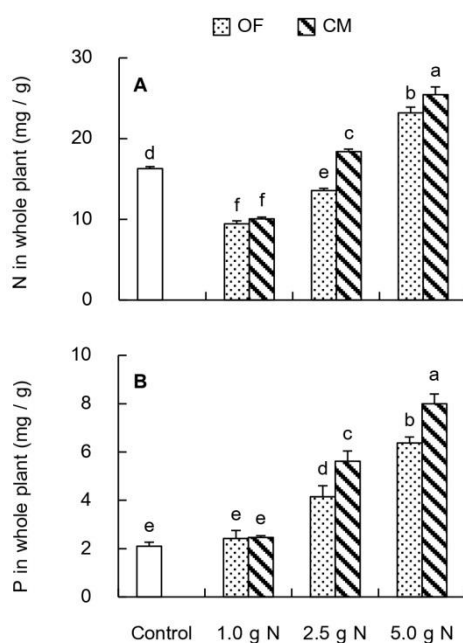


Figure 4 Total nitrogen (A) and total phosphorus (B) in the whole plant of lettuce as influenced by an interaction between the type and rate of high quality organic fertilizer. Vertical bars represent the standard deviation (n=3). The same letters are not significantly different by DMRT (p=0.05).

สำหรับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของต้นผักกาดหอม พบว่าชนิดของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงให้ผลไม่แตกต่างกัน ในขณะที่การเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของผักกาดหอมจะแปรผันตามระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Farag และคณะ (2013) ที่พบว่าการให้ปุ๋ยในระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตในด้านความสูง จำนวนใบ และปริมาณผลผลิตของผักสลัดพันธุ์ Iceberg และ Romaine มีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ แนวโน้มของการเจริญเติบโตของพืชที่แปรผันตามระดับของไนโตรเจนหรือระดับปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น ยังพบได้ในพืชชนิดอื่น ยกตัวอย่าง ได้แก่ ผักโขม (Ainika, 2012) ผักเสี้ยน (Ngetich *et al.*, 2012) คะน้า (Amkha *et al.*, 2006) และ ผักบุ้ง (Nashrin *et al.*, 2002) เป็นต้น ซึ่งไนโตรเจนถือเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญมากสำหรับผักกินใบ โดยนอกจากจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตแล้ว ยังมีผลต่อคุณภาพของผักเป็นอย่างมาก (ยงยุทธ และคณะ, 2554) นอกจากนี้ จากผลการวิจัยพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดในอัตราไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลของปริมาณไนโตรเจนในต้นผักกาดหอมที่พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดในอัตราไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น โดยมีความเป็นไปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์อาจเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนในต้นผักกาดหอม เพราะในองค์ประกอบคลอโรฟิลล์มีอะตอมของไนโตรเจนล้อมรอบอะตอมของแมกนีเซียมที่อยู่ตรงกลาง ซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวนที่เรียกว่า porphyrin ring จึงทำให้ค่าของคลอโรฟิลล์แปรผันตามปริมาณไนโตรเจนที่ให้กับต้นพืช (Wu and Rebeiz, 1985)

การให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงในระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ต้นผักกาดหอมมีปริมาณ

น้ำในพืชมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลของปริมาณไนโตรเจนในต้นผักกาดหอมที่พบว่ามีค่าแปรผันตามระดับไนโตรเจนที่ต้นผักกาดหอมได้รับ ทั้งนี้เมื่อพืชได้รับระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น พืชจะดูดธาตุไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น และเมื่อปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในพืชสูงขึ้น คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ที่สะสมอยู่ในเซลล์พืชจะถูกเปลี่ยนไปสร้างโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของโปรโทพลาสซึม ทำให้ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่จะนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ลูโลสไม่เพียงพอ จึงส่งผลให้ผนังเซลล์พืชบาง ในขณะที่เซลล์จะมีขนาดใหญ่ขึ้นเนื่องจากการสร้างโปรโทพลาสซึมทำให้เซลล์พืชมีการสะสมน้ำได้มาก (มุกดา, 2544; Hoque *et al.*, 2010) นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับไนโตรเจนที่เท่ากันพบว่าปริมาณน้ำในพืชของต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคมีค่ามากกว่าต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิด ซึ่งอาจเนื่องมาจากการให้ปุ๋ยเคมีซึ่งมีอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารสูง ทำให้พืชสามารถดูดไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วและเกิดการสะสมน้ำได้มากกว่า ซึ่งจากการที่มีปริมาณน้ำในผลผลิตมากกว่า จึงส่งผลให้น้ำหนักหรือปริมาณผลผลิตรวมมีค่ามากกว่า (Lester and Saftner, 2011) แต่จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและคุณภาพของผลผลิตของต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยในระดับไนโตรเจนที่เท่ากันพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสและสารประกอบฟีนอลิกรวมในต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิด มีค่ามากกว่าต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโค ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการปลูกผักกาดหอม ทำให้ผลผลิตมีคุณค่าทางโภชนาการต่อผู้บริโภคมากกว่าต้นผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโค ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Rajasheker *et al.* (2012) ที่พบว่าผักสลัดใบเขียวพันธุ์ Baronet ที่

ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ผลผลิตมีปริมาณของสาร L-chicoric acid ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกหลักในผักสลัด มีค่ามากกว่าผักสลัดที่ได้รับปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ แวนิลินมั่งดังกล่าวยังสามารถพบได้ในพืชชนิดอื่น ๆ ได้แก่ *Solanum villosum* (Kipkosgei *et al.*, 2003) หัวคีนฉ่ายฝรั่ง (Leclerc *et al.*, 1991) และมะเขือเทศ (Caris-Veyrat *et al.*, 2004) เป็นต้น โดยชี้ให้เห็นว่าผลผลิตที่ได้จากการให้ปุ๋ยอินทรีย์มีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าผลผลิตที่ได้จากการให้ปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะในด้านของปริมาณวิตามินซี ธาตุเหล็ก แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส (Worthington, 2001)

นอกจากนี้ จากผลการทดลองยังพบว่า ปริมาณไนเตรตในใบของผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดมีค่าน้อยกว่าผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคที่ระดับไนโตรเจนเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการสะสมไนเตรตในใบผักกาดหอมจะแปรผันตามระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับ Pavlou และคณะ (2007) พบว่าผักสลัดใบที่ได้รับปุ๋ยเคมีทำให้การสะสมปริมาณไนเตรตในใบมีค่าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกทั้ง 3 ถาดอย่างมีนัยสำคัญ โดยความแตกต่างของปริมาณไนเตรตในใบผักสลัดที่ได้รับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์จะปรากฏชัดในการให้ระดับไนโตรเจนที่เพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ Chen และคณะ (2004) ที่พบว่า การเพิ่มขึ้นของระดับไนโตรเจนที่ให้กับต้นกะหล่ำปลีและปวยเล้งทำให้ปริมาณไนเตรตที่สะสมในต้นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในส่วนของใบที่มีการสะสมไนเตรตมากที่สุด รองลงมาคือส่วนของลำต้นและราก ตามลำดับ

5. สรุป

5.1 ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดทำให้สมบัติทางเคมีของดินดีขึ้นกว่าการให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับ

มูลโคเมื่อเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยที่ระดับไนโตรเจนเดียวกัน โดยเฉพาะปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

5.2 การเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของผักกาดหอมขึ้นอยู่กับระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งชนิดของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงให้ผลไม่แตกต่างกัน และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดที่ระดับ 2.5 กรัมไนโตรเจน สามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคที่ระดับ 1 กรัมไนโตรเจนได้

5.3 การให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทั้งสองชนิดทำให้ผักกาดหอมมีผลผลิตที่มีคุณภาพมากกว่า กล่าวคือ จะมีการสะสมไนเตรตในใบน้อยกว่า และมีสารประกอบฟีนอลิกรวมซึ่งถือเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าผักกาดหอมที่ได้รับปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับไนโตรเจนเดียวกัน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากฝ่ายวางแผนและบริหารงานวิจัย กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2556

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร, 2548, การจัดการเขตศักยภาพการผลิตข้าวจังหวัดปทุมธานี, โรงพิมพ์ดอกเบี๋ย, กรุงเทพฯ.
- เกศศิริพันธ์ แสงมณี, ชัยนาม ดิสถาพร และนพมณี สุวรรณัง, 2556, การจัดการดินด้วยเทคโนโลยีชีวภาพและถ่านชีวภาพในการผลิตผักคะน้า, น. 276-283, ใน การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 3, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- คำนึ่ง แสงข้า, ฤทธิ ภัทรดิกล และอัจฉรา จิตตลดากร, 2555, ผลการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อผลผลิตทาง

- เศรษฐกิจของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2, น. 1-11, ใน การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.
- ชุตินณณ์ ชูพุดชา, 2553, ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า (*Brassica oleracea*) ในระบบเกษตรอินทรีย์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- ปราณี สีหพันธ์, โสพส แซ่ลิ่ม, พรพนา โพธินาม และสุดสงวน เทียมไธสงค์, มปป., ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชผักในชุดดินชุมพวง จังหวัดขอนแก่น : กรณีศึกษา ผักคะน้า, ส่วนวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5, ขอนแก่น.
- พัชรภรณ์ ภูไพบูลย์, ศิริวัลย์ สร้อยกล่อม และ วาสนา บัวงาม, 2552, การวิเคราะห์การสะสมไนเตรทในผักสด, น. 289-298, ใน รายงานการวิจัยสาขาพืช การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544, ความอุดมสมบูรณ์ของดิน, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- ยงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชวลิต ฮงประยูร, 2554, ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สิริลักษณ์ แสงผล, 2554, ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงคุณภาพกับอัตราการหายใจของผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคภายใต้สภาวะการเก็บรักษาด้วยบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- Ainika, L.N., Amans, W.B., Olonitola, C.O., Okutu, P.C. and Dodo, E.Y., 2012, Effect of organic and inorganic fertilizer on growth and yield of *Amaranthus caudatus* L. in northern Guinea savanna of Nigeria, WJEPAS 2(2): 26-30.
- Amkha, S., Michiko, T., Sagwansupyakorn, C., Sukprakan, S. and Kazuyuki, I., 2006, Effect of amount of nitrogen fertilizer on early growth of leafy vegetables in Thailand, Jpn. J. Trop. Agr. 50(3): 127-132.
- Asami, D.K., Hong, Y.J., Barrett, D.M. and Mitchell, A.E., 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, J. Agric. Food Chem. 51: 1237-1241.
- Caris-Veyrat, C., Amiot, M.J., Tyssandier, V., Grasselly, D., Buret, M., Mikolajczak, M., Guillard, J.C., Bouteloup-Demange, C. and Borel, P., 2004, Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant micro constituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans, J. Agric. Food Chem. 52: 6503-6509.
- Chen, B.M., Wang, Z.H., Li, S.X., Wang, G.X., Song, H.X. and Wang, X.N., 2004, Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables, Plant Sci. 167: 635-643.

- Farag, A.A.A., Abdrabbo, M.A.A. and Abd-Elmoniem, E.M., 2013, Using different nitrogen and compost levels on lettuce grown in coconut fiber, J. Hortic. For. 5(2): 21-28.
- Hoque, M.M., Ajwa, H., Othman, M., Smith, R. and Cahn, M., 2010, Yield and postharvest quality of lettuce in response to nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers, Hortic. Sci. 45(10): 1539-1544.
- Kipkosgei, L.K., Akundabweni, L.S.M. and Hutchinson, M.J., 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 Sci. Confer. Proc. 6: 514-518.
- Leclerc, J., Miller, M.L., Joliet, E. and Rocquelin, G., 1991, Vitamin and mineral contents of carrot and celeriac grown under mineral or organic fertilization, Biol. Agric. Hortic. 7: 339-348.
- Lester, G.E. and Saftner, R.A., 2011, Organically versus conventionally grown produce: Common production inputs, nutritional quality, and nitrogen delivery between the two systems, J. Agric. Food Chem. 59: 10401-10406.
- Liu, X., Ardo, S., Bunning, M., Parry, J., Zhou, K., Stushnoff, C., Stoniker, F., Yu, L. and Kendall, P., 2007, Total phenolic content and DPPH radical scavenging activity of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in Colorado, LWT Food Sci. Technol. 40: 552-557.
- Mackinney, G., 1941, Absorption of light by chlorophyll solutions, J. Biol. Chem. 140: 315-322.
- Muramoto, J., 1999, Comparison of nitrate content in leafy vegetables from organic and conventional farms in California, Center for Agroecology and Sustainable Food Systems. University of California, Santa Cruz, p. 66.
- Nashrin S.A., Farooque, A.M., Siddiqua, M.K., Rahman, M.M. and Khanam, M.R., 2002, Effect of nitrogen and spacing on the growth and yield of gimakalmi, *Ipomoea reptans* Poir, Online J. Biol. Sci. 2: 170-174.
- Ngetich, O.K., Aguyoh, J.N. and Ogwenio, J.O., 2012, Effects of composted farmyard manure on growth and yield of spider plant (*Cleome gynandra*), Int. J. Sci. Nat. 3: 514-520.
- Pavlou, G.C., Ehaliotis, C.D. and Kavvadias, V.A., 2007, Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce, Sci. Hort. 111: 319-325.
- Rajasheker, C.B., Oh, M.M. and Carey, E.E., 2012, Organic crop management enhances chicoric acid content in lettuce, J. Nutr. Food Sci. 3: 1296-1302.
- Santamaria, P., 2006, Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation, J. Sci. Food Agr. 86: 10-17.
- Savci, S., 2012, An agricultural pollutant: Chemical fertilizer, Int. J. Environ. Sci. Develop. 3: 77-80.

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.

Worthington, V., 2001, Nutritional quality of organic

versus conventional fruits, vegetables, and grains, *J. Altern. Complement. Med.* 7: 161-173.

Wu, S.M. and Rebeiz, C.A., 1985, Chloroplast biogenesis: Molecular structure of chlorophyll b (E489 F666), *J. Bio. Chem.* 260: 3632-3664.