วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 5(1):135-148
J. Agri. Prod. 2023
135

สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักน้ำแบบเติมอากาศต่อการเจริญเติบโตและการสะสมไนเตรทของผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบน้ำลึก (DFT)

Chemical Properties of Aerated Compost Teas on Growth and Nitrate Content of Lettuce in Hydroponics System with Deep Flow Technique (DFT)

ปรัชวนี พิบำรุง*

Prachwanee Pibumrung*

สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

Department of Plant Production Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

* Corresponding author: prachwaneepibumung@gmail.com

(Received: 22 February 2022: Revised: 4 April 2022, Accepted: 2 August 2022)

Abstract

The purpose of this research was to study the chemical properties of aerated compost teas on growth and nitrate content of lettuce in hydroponics. The aerated compost teas were prepared from each manure compost with water (compost and water ratio was 1 kg per 5 liters). The liquid used as compost teas were prepared as a nutrient solution for lettuce in the hydroponics system with deep flow technique (DFT). The experimental design was a completely randomized design (CRD) with 5 replications 5 treatments as 1) standard inorganic fertilizer (control) 2) mealworm waste compost tea 3) cricket frass compost tea 4) vermicompost tea and 5) Chicken manure compost tea. The results showed that the properties and nutrient content of the compost teas were related to the type of compost and affect the growth and nitrate accumulation of lettuce. The highest amount of nitrogen was found in cricket frass compost tea (970.85 mg/l). When

the highest amount of phosphorus was found in mealworm waste compost tea (1,414.39 mg/l), no significant difference was found comparing the potassium content of both compost teas (573.05 and 515.73 mg/l, respectively). The lettuce in standard inorganic fertilizer had the highest fresh weight of lettuce (33.18 g/plant), but not statistically different from that lettuce grown in mealworm waste and cricket frass compost tea (32.57 and 32.44 g/plant, respectively). In terms of nitrate accumulation, the nitrate content of all treatments of lettuce was between 984-1,304 mg/kg. Lettuce grown in standard inorganic fertilizer solution had the highest nitrate content and was statistically significantly different from all treatments.

Keywords: Compost tea, mealworm waste, cricket frass, hydroponics

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักน้ำแบบเติมอากาศต่อการเจริญเติบโตและการสะสมไนเตรทของผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์ โดยเตรียมปุ๋ยหมักน้ำแบบเติมอากาศจากปุ๋ยหมักมูลสัตว์แต่ละชนิดผสมน้ำ (อัตราส่วนปุ๋ยหมัก 1 กก. ต่อน้ำ 5 ลิตร) ใช้เป็นสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบน้ำลึก (DFT) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) 5 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐาน (ชุดควบคุม) 2) ปุ๋ยหมักน้ำมูลหนอนนก 3) ปุ๋ยหมักน้ำมูลจิ้งหรีด 4) ปุ๋ยหมักน้ำมูลไส้เดือน และ 5) ปุ๋ยหมักน้ำมูลไก่ ผลการวิจัยพบว่า สมบัติและปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักน้ำมีความสัมพันธ์กับชนิดของปุ๋ยหมักตั้งต้น และส่งผลต่อการเจริญเติบโตและปริมาณการสะสมไนเตรทของผักกาดหอม โดยปุ๋ยหมักน้ำมูลจิ้งหรีดมีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด (970.85 มก./ล.) และปุ๋ยหมักน้ำมูลหนอนนกมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุด (1,414.39 มก./ล.) แต่ปุ๋ยหมักน้ำทั้งสองชนิดมีปริมาณโพแทสเซียมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (573.05 และ 515.73 มก./ล. ตามลำดับ) ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐานมีน้ำหนักสดสูงสุด (33.18 ก./ต้น) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายปุ๋ยหมักน้ำมูลหนอนนกและมูลจิ้งหรีด (32.57 และ 32.44 ก./ต้น ตามลำดับ) ด้านการสะสมไนเตรท ผักกาดหอมทุกกรรมวิธีมีปริมาณไนเตรทระหว่าง 984-1,304 มก./กก. โดยผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐานมีปริมาณไนเตรทสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธี

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมักน้ำ มูลหนอนนก มูลจิ้งหรีด ไฮโดรโพนิกส์

คำนำ

ปุ๋ยหมักน้ำแบบเติมอากาศ คือ สารละลายอินทรีย์ที่สกัดได้จากการนำปุ๋ยหมักผสมกับน้ำและมีการเติมอากาศ ช่วยเพิ่มธาตุอาหารและส่งเสริมปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ได้ดีกว่าการไม่เติมอากาศ (Arancon *et al*., 2007) เพราะการเพิ่มออกซิเจนในปุ๋ยหมักน้ำช่วยกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีส่วนช่วยยับยั้งเชื้อโรคพืชได้ (Lanthier and Peters, 2013) ในปุ๋ยหมักน้ำมีธาตุอาหารพืช กรดอินทรีย์ และฮอร์โมนที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตช่วยเพิ่มความต้านทานต่อโรคพืช (Morales-Corts *et al*., 2018) รวมทั้งมีสารประกอบทางชีวภาพที่ช่วยยับยั้งเชื้อโรค ลดความเป็นพิษต่อพืชและดิน (Eudoxie and Martin, 2019) ซึ่งปริมาณสารอาหารที่ละลายในปุ๋ยหมักน้ำนั้นมีความสัมพันธ์กับจุลินทรีย์และธาตุอาหารพืช นอกจากช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชแล้ว ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับสมดุลทางเคมีและชีววิทยาในพืช ส่งเสริมให้พืชสามารถต้านทานความเครียดจากปัจจัยทางชีวภาพ และป้องกันการเกิดโรคในพืช (González-Hernández *et al*., 2021) ปุ๋ยหมักน้ำจึงเป็นปุ๋ยอินทรีย์ทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตอบสนองด้านการผลิตอาหารปลอดภัยและพัฒนาการเกษตรยั่งยืน (Li *et al*., 2020) มีรายงานว่า การใช้ปุ๋ยหมักน้ำแบบเติมอากาศจากปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของฟางข้าว มูลไส้เดือน และเปลือกไม้สน สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของราก และผลผลิตของผักกาดหอมใบแดง ข้าวโพดหวาน และถั่วเหลืองได้ (Kim *et al*., 2015) Natsheh and Abu-Khalaf (2020) พบว่า ผักกาดหอมที่ปลูกบนดินโดยกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมีการเจริญเติบโต และปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี Zaccardelli *et al*. (2017) ศึกษาผลการใช้ปุ๋ยหมักน้ำผักฉีดพ่นให้พริกที่ปลูกในระบบอินทรีย์ พบว่าปุ๋ยหมักน้ำช่วยให้พริกมีผลผลิตเพิ่มขึ้น ทั้งด้านสรีรวิทยาและสารอาหาร โดยการเพิ่มจำนวนผลต่อต้น และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพริก สำหรับการปลูกผักในระบบไฮโดรโพนิกส์มีการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก จึงมีข้อกังวลเกี่ยวกับปริมาณไนเตรทในผักสะสมเกินมาตรฐานที่อาจส่งผลต่อสุขภาพ การบริโภคผักที่มีปริมาณไนเตรทสูงสามารถทำให้เกิดเมทฮีโมโกลบินในสัตว์และการก่อตัวของสารก่อมะเร็ง (Mensinga *et al*., 2003) ดังที่สหภาพยุโรปมีการกำหนดมาตรฐานปริมาณการสะสมไนเตรทระดับสูงสุดที่ยอมรับได้ในผักกาดหอมเท่ากับ 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด สำหรับผักที่ปลูกกลางแจ้ง และ 4,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด สำหรับผักที่ปลูกในโรงเรือน (European Commission, 2011) ปัจจุบันมีการศึกษาผลการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบไฮโดรโพนิกส์มากขึ้นทั้งเพื่อการเพิ่มคุณภาพและลดปริมาณการสะสมไนเตรทของผัก Tikasz *et al*. (2019) รายงานว่าการใช้สารสกัดน้ำมูลไก่งวงแบบเติมอากาศเป็นสารละลายธาตุอาหารในระบบไฮโดรโพนิกส์ ส่งผลให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักแห้งสูงกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์และสูงกว่าการใช้สารสกัดน้ำมูลวัว และมูลไก่ Giménez *et al*. (2020) พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักน้ำเป็นสารละลายธาตุอาหารในระบบไฮโดรโพนิกส์ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอมใบอ่อนได้ โดยสามารถลดปริมาณไนเตรท และเพิ่มสารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์ในผักให้สูงขึ้น ซึ่งการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชในระบบไฮโดรโพนิกส์นั้นขึ้นอยู่กับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่ได้จากปุ๋ยหมักที่ใช้ (Hartadiyati *et al*., 2020) ในประเทศไทยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบไฮโดรโพนิกส์เริ่มจากการใช้สารละลายมูลสัตว์

(ปุ๋ยคอกที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก) และน้ำหมักชีวภาพ ดังการศึกษาของ ทัตพล และคณะ (2559) พบว่าผักกาดหอมกรีนคอสที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ที่ใช้สารละลายมูลไก่ ให้น้ำหนักสดมากกว่าผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายมูลค้างคาว แต่สารละลายมูลสัตว์ทั้งสองให้น้ำหนักสดผักกาดหอมต่ำกว่าการใช้สารละลายอนินทรีย์มาตรฐาน (AB) จึงแนะนำการใช้สารละลายมูลไก่เป็นทางเลือกทดแทนปุ๋ยเคมีในการผลิตพืชไฮโดรโพนิกส์ ในการศึกษาของ ไพบูลย์ และคณะ (2563) พบว่าการใช้น้ำหมักชีวภาพจากปลา (หมักเศษปลาร่วมกับกากน้ำตาลและสารละลาย EM เป็นเวลา 8 สัปดาห์) ปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์ ให้ผลผลิตผักกาดหอมต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐานร่วมกับไคโตซาน สำหรับการใช้น้ำหมักชีวภาพจากไส้เดือนดินเป็นปุ๋ยในระบบไฮโดรโพนิกส์พบว่า น้ำหมักชีวภาพไส้เดือนดินมีปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญของผักปวยเล้งในระบบไฮโดรโพนิกส์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตของผักปวยเล้งต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐาน (ภาวินี, 2562) แต่ในการศึกษาของปรัชวนี และเหมวรรณ (2561) พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักน้ำมูลหนอนนกในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบน้ำไม่หมุนเวียนส่งผลให้น้ำหนักสดผักฮ่องเต้ไม่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐาน ด้านการเพิ่มธาตุอาหารสำหรับปุ๋ยอินทรีย์นั้น สามารถทำได้โดยการเพิ่มส่วนผสมวัตถุดิบที่มีธาตุอาหารสูง ซึ่งวัตถุดิบที่มีไนโตรเจนสูง ได้แก่ รำข้าว กากถั่วเหลือง ปลาป่น หรือเลือดแห้ง เมื่อนำไปผ่านกระบวนการหมักจะได้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตรไนโตรเจน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาสมบัติของปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลสัตว์ที่มีรำข้าวเป็นส่วนผสม และผลการใช้ปุ๋ยหมักน้ำแบบเติมอากาศเป็นสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและปริมาณไนเตรทของผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์น้ำลึก เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบไฮโดรโพนิกส์และการใช้ปุ๋ยหมักในรูปสารละลายต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำ

นำมูลสัตว์ 4 ชนิด ได้แก่ มูลหนอนนก มูลจิ้งหรีด มูลไส้เดือน และมูลไก่ (ความชื้น ≤ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก) ผสมมูลสัตว์แต่ละชนิดกับรำละเอียด (อัตราส่วน 10:1 โดยน้ำหนัก) ละลายสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 และเชื้อราไตรโครเดอร์มาคลุกเคล้าให้เข้ากัน ปรับความชื้น 40-50 เปอร์เซ็นต์ ตั้งกองปุ๋ยหมักความสูง 30 เซนติเมตร กลับกองและรดน้ำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ครบ 60 วัน นำตัวอย่างปุ๋ยหมักมาทดสอบการย่อยสลายสมบูรณ์ โดยการวัดค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืช (Germination index; GI) จากนั้นเตรียมปุ๋ยหมักน้ำแบบเติมอากาศโดยเตรียมสารละลายกากน้ำตาล (N=3,475; P=2,806; K=1,227; Ca=3,460; Mg=1,529 และ S=2,645 มิลลิกรัมต่อลิตร) (อัตราส่วนน้ำ: กากน้ำตาลเท่ากับ 20:1 โดยปริมาตร) นำปุ๋ยหมักมูลสัตว์แต่ละชนิดผสมกับสารละลายกากน้ำตาลในถังหมัก (อัตราส่วนปุ๋ยหมัก 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 5 ลิตร) คนให้เข้ากัน ใช้เครื่องปั๊มลม 45 วัตต์ เพิ่มอากาศ (45 ลิตรต่อนาที) เติมอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ เมื่อครบ 5 วัน กรองสารละลายที่ได้ไป

ใช้เป็นปุ๋ยหมักน้ำ การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำใช้วิธีการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (2551) และปริมาณกรดฮิวมิกโดยสกัดปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 N ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที เวลา 30 นาที และนำของเหลวที่แยกชั้นมาทำให้เป็นกรด (pH 2.0) ด้วยกรดซัลฟูริก ทิ้งให้ตกตะกอนในความมืดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที เวลา 30 นาที ล้างส่วนที่ตกตะกอน 3 ครั้งด้วยน้ำปราศจากไอออน เพื่อขจัดกรดซัลฟูริก และทำให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้ง บันทึกเป็นน้ำหนักเปียกและแห้งของกรดฮิวมิก (Pant *et al*., 2012) ทำการตรวจสอบ *Escherichia coli* โดยวิธี Membrane filter technique ปริมาตรปุ๋ยหมักน้ำ 100 มิลลิลิตร (APHA, 1998) เพื่อใช้เป็นจุลินทรีย์บ่งชี้การปนเปื้อนของมูลสัตว์

การใช้ปุ๋ยหมักน้ำในระบบไฮโดรโพนิกส์

ทำการทดลองในโรงเรือนโดยเตรียมสารละลายสำหรับปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์น้ำลึกแบบเติมอากาศ (อัตราส่วนปุ๋ยหมักน้ำต่อน้ำเท่ากับ 1:4 โดยปริมาตร) ใส่ลงในถังพลาสติกเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว ปิดด้วยแผ่นโฟม นำกล้าผักกาดหอมในฟองน้ำ อายุ 7 วัน ใส่ถ้วยปลูกวางในถังปลูก 4 ต้นต่อถัง แต่ละถังมีเครื่องปั๊มลมเพิ่มอากาศ (70 ลิตรต่อนาที) 8 ชั่วโมงต่อวัน ทำการเปลี่ยนสารละลายปุ๋ยหมักน้ำทุกสัปดาห์ สำหรับกรรมวิธีควบคุม (ใช้ปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐาน (AB): 0.14% N, 0.20% P, 0.40% K, 0.162% Ca, 0.068% Mg, 35 ppm Fe, 50 ppm Mn, 75 ppm Zn และ 15 ppm CU) อัตราส่วนปุ๋ยอนินทรีย์ต่อน้ำเท่ากับ 1:120 โดยปริมาตร ปรับค่า pH ระหว่าง 5.5-6.5 และ ค่า EC ระหว่าง 1.0-1.8 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ทุกกรรมวิธี บันทึกข้อมูลความสูงต้น (เซนติเมตร) น้ำหนักสดและแห้ง (กรัม) และปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD-unit) เมื่อผักกาดหอมอายุ 42 วัน หลังเพาะเมล็ด

การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท

โดยการเก็บตัวอย่างผักกาดหอมทั้งต้น อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง นำมาบดละเอียด สกัดตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นอัตราส่วน 1:10 มิลลิลิตร ทิ้งค้างคืน นำไปตกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที เวลา 10 นาที กรองสารสกัดที่ได้ วิเคราะห์ไนเตรทตามวิธีการของ AOAC (1980) โดยใช้สารสกัดตัวอย่าง 0.2 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ และกรดซัลฟูริกผสมให้เข้ากัน เติมสารละลาย Brucine sulfanilic acid นำไปตั้งในอ่างควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อน 25 นาที ทิ้งให้เย็น วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer วิเคราะห์ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสดผัก)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) แบบ One-way ANOVA โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำแบบเติมอากาศ

สมบัติทางเคมีปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำแบบเติมอากาศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักเป็นกลาง (6.69-7.14) และปุ๋ยหมักน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย (6.98-8.28) โดยปุ๋ยหมักน้ำทุกชนิดมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าปุ๋ยหมัก ด้านค่าการนำไฟฟ้า ปุ๋ยหมักน้ำทุกชนิดมีค่าการนำไฟฟ้า (1.21-3.16 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร) ต่ำกว่าปุ๋ยหมักตั้งต้นแต่ละชนิด (3.01-4.98 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร) เนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมักน้ำมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแอมโมเนีย และไอออนธาตุอาหารต่าง ๆ ที่ปลดปล่อยออกมาระหว่างกระบวนการมินเนอราลไลเซชันอินทรียวัตถุ (El-Tahlawy, 2018) ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมักวัดจากความเข้มข้นสะสมทั้งหมดของเกลือที่ละลายน้ำได้และปริมาณไอออนต่าง ๆ รวมทั้งธาตุอาหารบางชนิดที่ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมักสูง (Gondek *et al*., 2020) สมบัติของปุ๋ยหมักน้ำทุกชนิดมีความผันแปรไปตามชนิดของปุ๋ยหมักตั้งต้น โดยปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลหนอนนกและมูลจิ้งหรีดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลไส้เดือนและมูลไก่ ในขณะที่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลไส้เดือนมีปริมาณกรดฮิวมิกสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำทุกกรรมวิธี ปุ๋ยหมักน้ำทุกชนิดมีค่าดัชนีการงอกต่ำกว่าปุ๋ยหมักตั้งต้นและมีค่าสูงกว่าร้อยละ 80 และทุกชนิดตรวจไม่พบจุลินทรีย์บ่งชี้การปนเปื้อนจากมูลสัตว์ (*E. coli*) แสดงว่าปุ๋ยหมักน้ำทุกชนิดสามารถนำไปใช้ในการผลิตพืชได้ (Table 1) ด้านปริมาณธาตุอาหาร ปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงแม้ว่าในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักจะมีธาตุอาหารบางส่วนสูญเสียจากการชะล้างไปก่อนแล้ว (Sanadi *et al*., 2019) แต่ปุ๋ยหมักในทุกกรรมวิธียังคงมีธาตุอาหารในปริมาณที่สามารถใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับพืชได้ โดยปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมีไนโตรเจนระหว่าง 21.25-43.07 กรัมต่อกิโลกรัม และ 501.26-970.85 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัสระหว่าง 10.90-34.25 กรัมต่อกิโลกรัม และ 787.82-1,414.39 มิลลิกรัมต่อลิตร และโพแทสเซียมระหว่าง 6.63-22.08 กรัมต่อกิโลกรัม และ 49.84-573.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้ปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลหนอนนกและมูลจิ้งหรีดมีปริมาณธาตุอาหารหลักสูงกว่าปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลไก่และมูลไส้เดือน โดยปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลจิ้งหรีดมีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด ในขณะที่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลหนอนนกมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุด แต่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลหนอนนกและมูลจิ้งหรีดมีปริมาณโพแทสเซียมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านธาตุอาหารรอง พบว่าปุ๋ยหมักมูลหนอนนกมีปริมาณแคลเซียมสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปุ๋ยหมักทุกชนิด โดยปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลหนอนนกและมูลจิ้งหรีดมีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียมและกำมะถันสูงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลไส้เดือนและมูลไก่ (Table 2) ด้านจุลธาตุ พบว่า ปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลหนอนนกมีปริมาณเหล็กสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำทุกชนิด ปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลหนอนนกและมูลจิ้งหรีดมีปริมาณแมงกานีส ทองแดง สังกะสีและโบรอนสูงแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติกับปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลไส้เดือนและมูลไก่ โดยปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำมูลไส้เดือนมีปริมาณจุลธาตุต่ำสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักน้ำทุกชนิด (Table 3) จะเห็นได้ว่าปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักน้ำทุกชนิดแปรผันตรงกับชนิดของปุ๋ยหมักตั้งต้น และปุ๋ยหมักน้ำทุกชนิดมีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่าปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักตั้งต้น เนื่องจากเป็นการตรวจวัดในรูปของสารอาหารที่สกัดได้จากปุ๋ยหมักในรูปสารละลายเท่านั้น (Sanadi *et al*., 2019)

การเจริญเติบโตและการสะสมไนเตรทของผักกาดหอม

ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐานมีความสูงต้นสูงสุด (17.05 เซนติเมตรต่อต้น) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยหมักน้ำทุกกรรมวิธี และส่งผลให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักสดและแห้งสูงสุด (33.18 และ 1.20 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายปุ๋ยหมักน้ำมูลหนอนนกและมูลจิ้งหรีด แสดงว่าความสูงต้น น้ำหนักสดและแห้งของผักกาดหอมแปรผันตามปริมาณธาตุอาหารในสารละลายปุ๋ยหมักน้ำ และถึงแม้ว่าปุ๋ยหมักน้ำมูลไส้เดือนมีธาตุอาหารโพแทสเซียม กำมะถัน และจุลธาตุต่ำกว่าปุ๋ยหมักน้ำมูลไก่ แต่ผักกาดหอมที่ปลูกในปุ๋ยหมักน้ำมูลไก่ และปุ๋ยหมักน้ำมูลไส้เดือนมีความสูง น้ำหนักสดและแห้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปุ๋ยหมักน้ำมูลไส้เดือนมีกรดฮิวมิกสูง จึงส่งผลให้ผักกาดหอมเจริญเติบโตได้ดี เพราะมีรายงานว่ากรดฮิวมิกสามารถเพิ่มสารประกอบฟีนอลิกส่งผลด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การเพิ่มความแข็งแรง และการต้านทานความเครียดในพืช (Theunissen *et al*., 2010) ช่วยเพิ่มผลผลิตของชิกโครีและคุณสมบัติทางพฤกษเคมี เช่น ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Gholamia *et al*., 2018) โดยกรดฮิวมิกจากปุ๋ยหมักน้ำมูลไส้เดือนนั้นมีผลทางชีวภาพที่ซับซ้อนในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะการเจริญและการพัฒนาของราก (García *et al*., 2018) ซึ่งอาจเกิดจากการผลิตออกซินหรือส่วนประกอบคล้ายออกซินจากสารฮิวมิกที่มี (Trevisan *et al*., 2010) ดังที่ Gomes *et al*. (2019) รายงานว่า กรดฮิวมิกจากมูลไส้เดือนส่งผลให้ต้นกล้ามังคุดดูดซึมธาตุอาหารพืชได้มากขึ้น รวมทั้งเพิ่มปริมาณรงควัตถุทั้งคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตของพืชนั้นเป็นผลรวมเชิงบวกของปัจจัยต่าง ๆ ในปุ๋ยหมักน้ำ เช่น องค์ประกอบของสารอาหาร กรดฮิวมิก ฮอร์โมนพืช และจุลินทรีย์ (Morales-Corts *et al*., 2018) ดังนั้นปุ๋ยหมักน้ำทุกกรรมวิธีในการศึกษาครั้งนี้ ช่วยให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตได้ถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (18.29-20.78 SPAD-unit) แม้มีธาตุอาหารพืชต่ำกว่าปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐาน ด้านการสะสมไนเตรท พบว่าผักกาดหอมทุกกรรมวิธีมีปริมาณไนเตรทสะสมระหว่าง 984-1,304 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (European Union, 2011) โดยผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐานมีปริมาณไนเตรทสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธี (Table 4) ซึ่งการสะสมไนเตรทในผักนั้นมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมทั้งด้านแสง สภาพอากาศ ลักษณะสาร และอัตราการใช้ปุ๋ยที่ส่งผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมในอวัยวะ

ต่าง ๆ ของพืช (Kmecl *et al*., 2017) สำหรับผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์นั้น การหยุดให้ปุ๋ยไนโตรเจนในช่วงการเจริญเติบโตระยะสุดท้ายสามารถลดการสะสมไนเตรทของผักกาดหอมได้ (Tabaglio *et al*., 2020) หรือการให้สารละลายความเข้มข้นไนเตรทต่ำตั้งแต่เริ่มต้นการผลิตสามารถลดปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักได้เช่นกัน (Sago and Shigemura, 2018) แต่ปริมาณไนเตรทที่ต่ำจะส่งผลต่อการลดลงของพื้นที่ใบและผลผลิตผักที่ได้ (Cometti *et al*., 2011) ดังนั้นเมื่อปุ๋ยหมักน้ำทุกกรรมวิธีมีปริมาณไนโตรเจนต่ำ ผักจึงมีปริมาณการสะสมไนเตรทต่ำกว่าการได้รับปุ๋ยอนินทรีย์ อีกทั้งสารประกอบอินทรีย์ในปุ๋ยหมักน้ำอาจส่งผลกระตุ้นทางชีวภาพต่อการเปลี่ยนแปลงการขนส่งไนเตรทในกระบวนการเมแทโบลิซึมหลายอย่างของไนโตรเจน ทำให้มีการใช้ไนเตรทได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Tsouvaltzis *et al*., 2014) การใช้สารละลายจากปุ๋ยหมักน้ำในระบบไฮโดรโพนิกส์จึงช่วยลดปริมาณการสะสมไนเตรทในผักได้

Table 1 Chemical properties of the composts and compost teas

Compost	pH	EC (mS/cm)	Humic acid (g/kg dw)	Germination index (%)	*E. coli* (CFU/ml)
Mealworm waste	7.08a	4.53a	3.27b	108.45	-
Cricket frass	7.14a	4.98a	3.18b	106.02	-
Vermicompost	6.82ab	3.01b	5.50a	105.91	-
Chicken manure	6.69b	3.04b	2.93b	104.73	-
F-test	**	**	**	ns	-
CV%	3.37	5.26	10.41	6.95	-
Compost tea	**pH**	**EC (mS/cm)**	**Humic acid (mg/l)**	**Germination index (%)**	***E. coli* (CFU/ml)**
Mealworm waste	8.10a	2.84a	195.56b	84.32	ND
Cricket frass	8.28a	3.16a	181.44c	83.80	ND
Vermicompost	7.33b	1.93b	246.28a	81.56	ND
Chicken manure	6.98b	1.21c	123.70d	82.47	ND
F-test	**	**	**	ns	-
CV%	4.29	5.48	13.76	8.52	-

Remarks: mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT and ** indicated significant difference at $P<0.01$, ns=non-significant difference, ND=Not detected

Table 2 Macronutrient concentration of the composts and compost teas

Compost	Total N	Total P	Total K	Total Ca	Total Mg	Total S
	g/kg					
Mealworm waste	37.63b	34.25a	22.08a	669.73a	9.36a	3.94a
Cricket frass	43.07a	27.98b	20.75a	554.58b	8.59a	4.12a
Vermicompost	21.25c	10.90d	6.63c	352.31c	5.94b	2.72b
Chicken manure	23.19c	22.43c	14.91b	256.52d	4.70c	3.05b
F-test	**	**	**	**	**	**
CV%	8.95	10.27	7.43	5.06	4.71	8.34
Compost tea	**Available N**	**Available P**	**Available K**	**Available Ca**	**Available Mg**	**Available S**
	mg/l					
Mealworm waste	884.54b	1414.39a	515.73a	590.07a	168.96a	79.80a
Cricket frass	970.85a	1104.65b	573.05a	488.21a	144.47a	77.53a
Vermicompost	501.26c	787.82c	49.84c	248.68b	54.25b	42.21c
Chicken manure	522.97c	793.53c	214.62b	302.31b	80.34b	56.47b
F-test	**	**	**	**	**	**
CV%	11.44	8.94	15.07	9.26	17.35	7.68

Remarks: mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT and ** indicated significant difference at $P<0.01$

Table 3 Micronutrient concentration of the composts and compost teas

Compost	Total Fe	Total Mn	Total Cu	Total Zn	Total B
	mg/kg				
Mealworm waste	835.06a	223.83a	162.33a	196.90a	50.44a
Cricket frass	658.17b	207.83a	165.49a	212.45a	47.93a
Vermicompost	16.09d	81.47c	12.25c	37.03c	5.81c
Chicken manure	443.19c	149.36b	155.91b	168.27b	39.50b
F-test	**	**	**	**	**
CV%	3.40	5.18	7.97	6.31	4.52

Table 3 Micronutrient concentration of the composts and compost teas (Cont.)

Compost tea	Available Fe	Available Mn	Available Cu	Available Zn	Available B
	mg/l				
Mealworm waste	105.37a	76.84a	4.11a	39.49a	0.56a
Cricket frass	82.06b	69.33a	3.85a	42.71a	0.51a
Vermicompost	38.91d	14.20c	0.19c	0.95c	0.28c
Chicken manure	64.22c	39.56b	2.07b	22.62b	0.43b
F-test	**	**	**	**	**
CV%	5.67	4.39	3.20	3.95	4.88

Remarks: mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT and ** indicated significant difference at $P<0.01$

Table 4 Height of shoot, weight, chlorophyll and nitrate content of lettuce

Fertilizer	Plant height (cm)	Weight		Chlorophyll (SPAD-unit)	Nitrate content (mg/kg fw)
		fresh (g/plant)	dry (g/plant)		
Inorganic fertilizer	17.05a	33.18a	1.20a	20.78	1,304a
Mealworm waste compost tea	15.63b	32.57a	1.24a	19.65	1,129b
Cricket frass compost tea	15.61b	32.44a	1.21a	19.30	1,107b
Vermicompost tea	13.27c	28.93b	0.68b	18.63	984b
Chicken manure compost tea	13.34c	29.05b	0.69b	18.29	1,073b
F-test	**	**	**	ns	**
CV%	5.91	4.73	1.05	3.82	10.36

Remarks: mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT and ** indicated significant difference at $P<0.01$

สรุปผลการวิจัย

ปุ๋ยหมักน้ำมูลหนอนนกและมูลจิ้งหรีดในการศึกษาครั้งนี้ มีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าปุ๋ยหมักน้ำมูลไส้เดือนและมูลไก่ ส่งผลให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักสดและแห้งไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐาน ด้านการสะสมไนเตรท พบว่าผักกาดหอมทุกกรรมวิธีมีปริมาณไนเตรทสะสมระหว่าง 984-1,304 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสดผัก โดยผักกาดหอมที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอนินทรีย์มาตรฐานมีปริมาณไนเตรทสูงกว่าการใช้ปุ๋ยหมักน้ำทุกกรรมวิธี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2551. คู่มือการจัดการอินทรียวัตถุเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน และเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2551. คู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

ทัตพล พุ่มดารา อาคม คิดสง่า และนิสาชล เทศศร. 2559. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปลูกผักกาดหอมกรีนคอสในระบบไฮโดรโปนิกส์. แก่นเกษตร 44(พิเศษ 1): 892-897.

ปรัชวนี พิบำรุง และเหมวรรณ ธรรมเจตนา. 2561. ผลของปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตผักฮ่องเต้ในระบบไฮโดรโพนิกส์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 49(พิเศษ 2): 333-336.

ไพบูลย์ หมุ่ยมาศ วริธนันท์ บรรณโก ปทุมรัตน์ จันทร์แจ้ง วุฒิพงษ์ โมงขุนทด มงคลชัย ตักเตือน ณิชกานต์ นานุ และอารยา ขวัญยืน. 2563. ผลของไคติน ไคโตซาน น้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาและมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมที่ปลูกแบบในดินและแบบไฮโดรโพนิกส์. แก่นเกษตร 48(พิเศษ 1): 1123-1132.

ภาวินี จันทร์วิจิตร. 2562. ผลของน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักปวยเล้ง (*Spinacia oleracea* L.) ในระบบไฮโดรโปนิกส์. วารสารนเรศวรพะเยา 12(3): 51-54.

AOAC. 1980. Brucine colorimetric method. *In*: W. Horwitz (ed.). Methods of analysis, 13th ed. Washington DC.

APHA. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater 20th ed. American Public Health. Washington DC.

Arancon, N.Q., C.A. Edwards, R. Dick and L. Dick. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. BioCycle 48(11): 51-52.

Cometti, N.N., M.Q. Martins, C.A. Bremenkamp and J.A. Nunes. 2011. Nitrate concentration in lettuce leaves depending on photosynthetic photon flux and nitrate concentration in the nutrient solution. Horticultura Brasileira 29(4): 548-553.

El-Tahlawy, Y.A. 2018. Biological and chemical characterization of compost

tea based on compost particle size. N. Egypt. J. Microbiol. 50: 133-146.

Eudoxie, G. and M. Martin. 2019. Compost tea quality and fertility, organic fertilizers history, production and applications. *In*: M. Larramendy and S. Soloneski (eds.). IntechOpen. pp. 1-25.

European Union. 2011. Commission regulation (EU) No 1258/2011 of December 2, 2011 amending regulation (EC) no 1881/2006 as regards maximum levels for nitrates in foodstuffs. Available: http://data.europa.eu/eli/reg/2011/1258/oj (December 15, 2021.)

García, A.C., O.C.H. Tavares, D.M. Balmori, V.S. Almeida, L.P. Canellas, J.M. García-Mina and R.L.L. Berbara. 2018. Structure-function relationship of vermicompost humic fractions for use in agriculture. J. Soils Sediments. 18(4): 1365-1375.

Gholamia, H., M.J. Saharkhiz, F.R. Farda, A. Ghanic and F. Nadaf. 2018. Humic acid and vermicompost increased bioactive components, antioxidant activity and herb yield of Chicory (*Cichorium intybus* L.). Biocatal. Agric. Biotechnol. 14(5): 286-292.

Giménez, A., J.A. Fernández, J.A. Pascual, M. Ros and C. Egea-Gilabert. 2020. Application of directly brewed compost extract improves yield and quality in baby leaf lettuce grown hydroponically. Agronomy 10(370): 1-15.

Gomes, J.G.A., R.A. Pereira, G.A. Sodré and E. Gross. 2019. Humic acids from vermicompost positively influence the nutrient uptake in mangosteen seedlings. Pesq. Agropec. Trop. 49: 1-8.

Gondek, M., C.D. Weindorf, C. Thiel and G. Kleinheinz. 2020. Soluble salts in compost and their effects on soil and plants: A review. Compost Science & Utilization 28(2): 59-75.

González-Hernández, A.I., M.B. Suárez-Fernández, R. Pérez-Sánchez, M.A. Gómez-Sánchez and M.R. Morales-Corts. 2021. Compost tea induces growth and resistance against *Rhizoctonia solani* and *Phytophthora capsici* in Pepper. Agronomy 781(11): 1-12.

Hartadiyati, E., A. Wiyanto and A. Rusilowati. 2020. The compost tea on hydroponics system used to increase understanding of sustainable development for high school student. Journal of Phys: Conf. Ser. 1567, DOI:10.1088/1742-6596/1567/2/022060.

Kim, M.J., C.K. Shim, Y.K. Kim, S.J. Hong, J.H. Park, E.J. Han, J.H. Kim and S.C. Kim. 2015. Effect of aerated compost tea on the growth promotion of lettuce, soybean, and sweet corn in organic

cultivation. Plant Pathol. J. 31(3): 259-268.

Kmecl, V., T. Knap and D. Žnidarčič. 2017. Evaluation of the nitrate and nitrite content of vegetables commonly grown in Slovenia. Ital. J. Agron. 12(2): 79-84.

Lanthier, M. and S. Peters. 2013. Microbial content of activity aerated compost tea after variations of ingredients or procedures. Acta Hortic. 1009: 219-224.

Li, X., X. Wang, X. Shi, Q. Wang. X. Li and S. Zhang. 2020. Compost tea-mediated induction of resistance in biocontrol of strawberry Verticillium wilt. J. Plant Dis. Prot. 127(2): 257-268.

Mensinga, T.T., G.J. Speijers, and J. Meulenbelt. 2003. Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds. Toxicol. Rev. 22(1):41-51.

Morales-Corts, M.R., R. Pérez-Sánchez and M.A. Gómez-Sánchez. 2018. Efficiency of garden waste compost teas on tomato growth and its suppressiveness against soilborne pathogens. Sci. Agric. 75(5): 400-409.

Natsheh, B. and N. Abu-Khalaf. 2020. Influence of different types of fertilizers application on the Lettuce (*Lactuca Sativa* L.) growth and quality. Palestine Technical University Kadoorie Research Journal 8(2): 40-53.

Pant, A.P., T.J.K. Radovich, N.V. Hue and R.E. Paull. 2012. Biochemical properties of compost tea associated with compost quality and effects on pak choi growth. Scientia Horticulturae 148: 138-146.

Sago, U. and A. Shigemura. 2018. Quantitative nutrient management reduces nitrate accumulation in hydroponic butterhead lettuces grown under artificial lighting. HortScience 53(7): 963–967.

Sanadi, N.F.A., C.T. Leea, M.R. Sarmidib, J.J. Klemešc and Z. Zhang. 2019. Characterisation of liquid fertiliser from different types of bio-waste compost and its correlation with the compost nutrients. Chemical Engineering Transactions 72: 253-258.

Tabaglio, V., R. Boselli, A. Fiorini, C. Ganimede, P. Beccari, S. Santelli and G. Nervo. 2020. Reducing nitrate accumulation and fertilizer use in lettuce with modified intermittent nutrient film technique (NFT) system. Agronomy 10(8): 1-15.

Theunissen, J., P.A. Ndakidemi and C.P. Laubscher. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. Int. J. Phys. Sci. 5(13): 1964-1973.

Tikasz, P., S. MacPherson, V. Adamchuk and M. Lefsrud. 2019. Aerated chicken, cow, and turkey manure extracts

differentially affect lettuce and kale yield in hydroponics. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture 8(3): 241-252.

Trevisan, S., O. Francioso, S. Quaggiotti and S. Nardi. 2010. Humic substances biological activity at the plant-soil interface from environmental aspects to molecular factors. Plant Signaling & Behavior 5(6): 635-643.

Tsouvaltzis, P., A. Koukounaras and A.S. Siomos. 2014. Application of amino acids improves lettuce crop uniformity and inhibits nitrate accumulation induced by the supplemental inorganic nitrogen fertilization. Int. J. Agric. Biol. 16(5): 951-955.

Zaccardelli, M., C. Pane, D. Villecco, A.M. Palese and G. Celano. 2017. Compost tea spraying increases yield performance of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in greenhouse under organic farming system. Italian Journal of Agronomy 13(991): 229-234.