ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการผลิตสมุนไพรบัวบก ในพื้นที่อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม

พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ [1*], นัทฐา ทักษ์รัตนศรัณย์ [2] และ ณิภัชญา จันทร์ด้วง [1]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี
[2] สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1, ปทุมธานี
* phakpen@staff.tu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซากับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกรต่อการผลิตบัวบก (*Centella asiatica* (L.) Urb. ในพื้นที่อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนต์ ได้แก่ (1) การไม่ใส่ปุ๋ย (2) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร และ (3) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ผลการทดลองพบว่าบัวบกที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการเจริญเติบโตมากกว่าบัวบกที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกรและไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความยาวไหล จำนวนต้นต่อไหล น้ำหนักสดทั้งหมด และน้ำหนักแห้งทั้งหมด มากที่สุด และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซายังมีผลทำให้บัวบกมีปริมาณผลผลิตสดต่อไร่สูงที่สุด 1,768 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกรและไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตสดต่อไร่ 1,335 และ 914 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และบัวบกที่ได้รับปุ๋ยปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณสารสำคัญทั้งหมดเพิ่มขึ้น 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาผลตอบแทนพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้มีกำไรเพิ่มขึ้น 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้บัวบกที่ปลูกในพื้นที่อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม มีการเจริญเติบโต ปริมาณ-คุณภาพผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา บัวบก ปุ๋ยอินทรีย์

Effect of Application of Organic Fertilizer Supplemented with Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Asiatic Pennywort Herb Production in Bang Len District, Nakhon Pathom

Phakpen Poomipan [1*], Natta Takrattanasarun [2] and Niphatchaya Chanduong [1]

[1] Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology,
Thammasat University, Pathumthani
[2] Land Development Regional 1, Pathumthani
* phakpen@staff.tu.ac.th.

Abstract

The objective was aimed to compare 2 types of organic fertilizer on growth and yield of asiatic pennyworth (*Centella asiatica* (L.) Urb. growing in Bang Len district, Nakhon Pathom. A pot experiment was undertaken in CRD with 3 replications. There were 3 treatments, (1) no fertilizer, (2) organic fertilizer according to farmer practice and (3) organic fertilizer supplemented with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). The results showed that application of organic fertilizer supplemented with AMF significantly increased growth in term of stolen length, node number and total fresh-dry weight than those in organic fertilizer according to farmer practice and no fertilizer treatment. The organic fertilizer supplemented with AMF gave the highest yield of 1,768 kg/rai. Whereas, application of organic fertilizer according to farmer practice and no fertilizer treatment gave the lower yield of 1,335 and 914 kg/rai, respectively. Total bioactive compounds were also increased in organic fertilizer supplemented with AMF treatment by 15 %. When considering the economic return, it was found that the cultivation of asiatic pennyworth with organic fertilizer supplemented with AMF had an increase of approximately 50% profit. Therefore, application of organic fertilizer supplemented with AMF had significantly resulted in the highest growth, quantity and quality of yield and economic return of asiatic pennyworth growing in Bang Len district, Nakhon Pathom.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal fungi, Asiatic pennywort, Organic fertilizer

1. บทนำ

บัวบก (asiatic pennyworth) เป็นพืชสมุนไพรที่นิยมใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ทั้งรับประทานสดโดยตรง ใช้ประกอบอาหาร แปรรูปเป็นเครื่องดื่ม และใช้สารสกัดเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางหลายชนิด โดยบัวบกมีสารสำคัญในกลุ่ม triterpenes ได้แก่ asiaticcoside, madecassoside asiatic acid และ madecassic acid ซึ่งมีฤทธิ์ต้านการอักเสบและสมานแผล [1] บำรุง

ประสาทและความจำ [2] จึงทำให้ในปัจจุบันมีความนิยมผลิตภัณฑ์สมุนไพรบัวบกมากขึ้น โดยรัฐบาลได้ให้ความสำคัญของการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรไทยให้มีคุณภาพมาตรฐานภายใต้โมเดลประเทศไทย 4.0 เพื่อผลักดันให้ประเทศไทยเป็น “Hub” สมุนไพรของอาเซียน พร้อมผลักดันสมุนไพร 4 ชนิด (บัวบก-ขมิ้นชัน-ไพล-กระชายดำ) ให้เป็น Thailand’s signature ในตลาดระดับโลก [3]

ในปัจจุบันการเพาะปลูกบัวบกได้รับความสนใจจากเกษตรกรมากขึ้น เนื่องจากมีต้นทุนการเพาะปลูกต่ำ ให้ผลผลิตต่อเนื่องได้หลายปี จึงทำให้เกษตรกรในจังหวัดนครปฐม นครศรีธรรมราช และ นนทบุรี มีการรวมกลุ่มเพื่อเพาะปลูกบัวบก โดยพื้นที่จังหวัดนครปฐมเป็นพื้นที่ใหญ่ที่สุดที่มีการปลูกบัวบกในประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 53 ของพื้นที่ปลูกบัวบกทั่วประเทศ แต่ได้ผลผลิตต่ำกว่าในพื้นที่อื่น [4] จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนากระบวนการเพาะปลูกบัวบกในพื้นที่อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม เพื่อให้มีการเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และคุณภาพในด้านปริมาณสารสำคัญในบัวบกเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การผลิตบัวบกจำเป็นต้องมีการจัดการเหมาะสมกับดินแต่ละพื้นที่ โดยในพื้นที่ปลูกบัวบกในอำเภอบางเลน จัดอยู่ในชุดดินบางเลน ซึ่งเป็นดินอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชและการละลายของธาตุอาหารในดิน แต่เนื่องจากเนื้อดินเป็นดินเหนียว จึงทำให้ดินแน่นทึบ ความพรุนรวมต่ำ [5] ซึ่งการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จะมีส่วนช่วยให้ดินมีความร่วมซุยมากขึ้น เกิดช่องว่างระหว่างเม็ดดินมากขึ้น ซึ่งจะเป็นการแก้ปัญหาด้านสมบัติดินพร้อมกับทำให้พืชได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ [6]

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซากับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกรต่อการผลิตบัวบก ในพื้นที่อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ทดลอง

ดำเนินการทดลองในพื้นที่ปลูกบัวบกของกลุ่มเกษตรแปลงใหญ่ใบบัวบกนิลเพชร ตำบลนิลเพชร อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ซึ่งจัดจำแนกอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ลุ่ม-ชุดดินบางเลน (Fine, smectitic, isohyperthermic Vertic Endoaquolls) โดยสมบัติของดินแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติดินในพื้นที่ทดลอง ตำบลนิลเพชร อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม

สมบัติของดิน	ค่าวิเคราะห์	การแปลผล
เนื้อดิน [1/]	Clay	ดินเหนียว
ความเป็นกรด-ด่างของดิน [2/]	6.5	กรดเล็กน้อย
ปริมาณอินทรียวัตถุ [3/] (%)	3.09	สูง
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ [4/] (mg/kg)	329	สูงมาก
ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ [5/] (mg/kg)	435	สูงมาก

[1/] hydrometer method, [2/] 1:1,soil:H_2O, [3/] Walkley-Black titration method, [4/] Bray II, [5/] 1M NH_4OAc, pH7.0 extraction

3.2 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design: CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนต์ ได้แก่

ทรีตเมนต์ที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย

ทรีตเมนต์ที่ 2 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร

ทรีตเมนต์ที่ 3 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

3.3 การเตรียมหน่วยการทดลอง

3.3.1 พันธุ์บัวบก ใช้พันธุ์ของเกษตรกร โดยมีลักษณะคือ ใบมีขนาดใหญ่กว่า 5 เซนติเมตร ขอบใบหยักตื้น โคนใบโค้งเล็กน้อย สีก้านใบและไหลเป็นสีเขียวปนม่วง (ภาพที่ 1) คัดเลือกไหลบัวบกที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ปักชำลงถุงปลูกที่ใช้วัสดุเพาะชำ ดินร่วน:แกลบเผา:ทรายหยาบ อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร รดน้ำให้ชุ่ม เมื่อไหลปักชำมีอายุ 2 สัปดาห์ จึงย้ายปลูก

ภาพที่ 1 ลักษณะบัวบกจากแหล่งปลูกนครปฐม

3.3.2 การใส่ปุ๋ยอินทรีย์

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร โดยใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าว (เตรียมปุ๋ยหมักฟางข้าวตามวิธีการผลิตปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดิน [7]) อัตรา 200 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งเป็นชนิดและอัตราที่เกษตรกรใช้ในการเพาะปลูกบัวบก โดยจากผลวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 (ตารางที่ 2)

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยใช้ปุ๋ยหมักกากถั่วเหลือง (เตรียมปุ๋ยหมักกากถั่วเหลืองตามวิธีการผลิตปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดิน [7]) ผสมกับดินหัวเชื้อของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Glomus intraradices* อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ โดยจากผลวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 (ตารางที่ 2) และมีคุณสมบัติเด่นคือ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด สูง

ดังนั้น จากค่าวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ตามตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่ามีปริมาณธาตุอาหารไม่เท่ากัน จึงใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ในอัตราที่แตกต่างกัน โดยใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าว อัตรา 200 กิโลกรัม/ไร่ และใช้ปุ๋ยหมักกากถั่วเหลือง อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ ทั้งนี้เพื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณธาตุไนโตรเจนเท่ากัน คือ 3.2 เปอร์เซ็นต์-ไนโตรเจน

3.4 การจัดการหน่วยทดลองและปฏิบัติดูแลหน่วยทดลอง

กำหนดพื้นที่แปลงปลูกจำนวน 9 แปลง แต่ละแปลงมีขนาด 2x3 เมตร เตรียมดินโดยไถพรวนดินลึก 15 เซนติเมตร ติดตั้งระบบให้น้ำแบบพ่นฝอยปลูกบัวบก ระยะปลูก 10x10 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยตามแผนการทดลอง เมื่อบัวบกมีอายุ 15 และ 30 หลังย้ายปลูก โดยแบ่งใส่ในปริมาณที่เท่ากัน ให้น้ำทุกวัน ควบคุมแมลงและโรคพืชด้วยสกัดจากธรรมชาติตามความจำเป็น

ตารางที่ 2 สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร	ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา
ปริมาณอินทรียวัตถุ (%)	20.68	32.56
C/N ratio	20	8
ค่าการนำไฟฟ้า 1:10 (dS/m)	5.80	5.50
ความเป็นกรด-ด่าง	7.0	6.85
ปริมาณไนโตรเจน (N) (%)	1.58	3.20
ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) (%)	1.37	1.45
ปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) (%)	0.54	0.78

3.5 การเก็บผลการทดลอง

เมื่อบัวบกมีอายุ 84 วัน เก็บบัวบกในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ดังนี้ (1) จำนวนใบต่อต้น โดยนับจำนวนใบทั้งหมดของต้นแม่ (2) จำนวนไหลต่อต้น โดยนับจำนวนไหลที่แตกจากต้นแม่ (3) ความยาวไหล โดยวัดจากโคนต้นแม่ถึงส่วนที่ยาวที่สุดของไหล (4) จำนวนต้นต่อไหล (5) น้ำหนักสดทั้งหมด (6) น้ำหนักแห้งทั้งหมด (7) ผลผลิตสดต่อไร่ (8) ปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ asiaticcoside, madecassicacid, madecassoside และ asiatic acid ด้วยเทคนิค HPLC ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีของ Alqahtani et al. [8] และ (9) การเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan’s multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และแสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร และ ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีผลทำให้บัวบกมีการเจริญเติบโตมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร มีผลทำให้บัวบกมีจำนวนใบ 5.2±0.2 ใบ/ต้น มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และการไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งมีผลทำให้บัวบกมีจำนวนใบ 4.6±0.5 และ 4.2±0.3 ใบ/ต้น ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จำนวนไหลของบัวบกที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร และ ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีจำนวนไหล 1.3±0.3 และ 1.4±0.3 ไหล/ต้น ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าจำนวนไหลของบัวบกที่ไม่ใส่ปุ๋ย (0.7±0.3 ไหล/ต้น) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้บัวบกมีความยาวไหล 45.2±5.2 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร (27.2±3.0 เซนติเมตร) และการไม่ใส่ปุ๋ย (16.8±1.0 เซนติเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซายังมีผลทำให้บัวบกมีจำนวนต้นต่อไหลเท่ากับ 4.1±0.2 ต้น/ไหล ซึ่งมากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร (2.0±0.4 ต้น/ไหล) และการไม่ใส่ปุ๋ย (1.4±0.4 ต้น/ไหล) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน ดังนั้น จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์

เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้จำนวนไหลและจำนวนต้นต่อไหลเพิ่มขึ้นมากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกรและการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 จำนวนใบ จำนวนไหล ความยาวไหล และ จำนวนต้นต่อไหลของบัวบกที่ได้รับปุ๋ยแตกต่างกัน

ทรีตเมนต์	จำนวนใบ (ใบ/ต้น)	จำนวนไหล (ไหล/ต้น)	ความยาวไหล (เซนติเมตร)	จำนวนต้นต่อไหล (ต้น/ไหล)
ไม่ใส่ปุ๋ย	4.2±0.3 $^{b\ 1/}$	0.7±0.3 ^{b}	16.8±1.0 ^{c}	1.4±0.4 ^{b}
ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร	5.2±0.2 ^{a}	1.3±0.3 ^{a}	27.2±3.0 ^{b}	2.0±0.4 ^{b}
ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา	4.6±0.5 ^{b}	1.4±0.3 ^{a}	45.2±5.2 ^{a}	4.1±0.2 ^{a}
F test	*	**	**	**

1/ ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่าง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้น้ำหนักสดทั้งหมดของบัวบกมากที่สุด 8.45±1.20 กรัม/ต้น รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร 6.10±0.21 กรัม/ต้น และน้อยที่สุดคือการไม่ใส่ปุ๋ย 3.62±0.28 กรัม/ต้น และพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้น้ำหนักแห้งทั้งหมด เท่ากับ 1.55±0.12 กรัม/ต้น ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร และการไม่ใส่ปุ๋ย โดยมีน้ำหนักแห้งทั้งหมด เท่ากับ 0.81±0.04 และ 0.64±0.14 กรัม/ต้น ตามลำดับ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้ผลผลิตสดต่อไร่มากที่สุด 1,768±45 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาคือใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว 1,335±36 กิโลกรัม/ไร่ และน้อยที่สุดคือไม่ใส่ปุ๋ย 914±58 กิโลกรัม/ไร่ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีผลทำให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และผลผลิตสดต่อไร่ของบัวบกเพิ่มขึ้นมากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกรและการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 น้ำหนักสด-แห้ง และผลผลิตสดต่อไร่ ของบัวบกที่ได้รับปุ๋ยแตกต่างกัน

ทรีตเมนต์	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น)	ผลผลิตสด (กิโลกรัม/ไร่)
ไม่ใส่ปุ๋ย	3.62±0.28 ^{c}	0.64±0.14 ^{b}	914±58 ^{c}
ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร	6.10±0.21 ^{b}	0.81 ±0.04 ^{b}	1,335±36 ^{b}
ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา	8.45±1.20 ^{a}	1.55±0.12 ^{a}	1,768±45 ^{a}
F test	**	*	**

1/ ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่าง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและการไม่ใส่ปุ๋ย มีผลทำให้ปริมาณ asiaticoside 4.23±0.19 และ 4.42±0.09 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร ซึ่งมีปริมาณ asiaticoside 3.76±0.08 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ยังพบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยมีผลทำให้

ปริมาณ madecassoside มากที่สุด 5.14±0.11 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีปริมาณ madecassoside 4.84±0.11 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร มีผลทำให้บัวบกมีปริมาณ madecassoside น้อยที่สุด 4.23±0.08 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาปริมาณ asiatic acid พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยมีผลทำให้ปริมาณ asiatic acid 0.41±0.04 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร และ ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยมีปริมาณ asiatic acid 0.28±0.04 และ 0.35±0.04 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยมีผลทำให้บัวบกมีปริมาณ madecassic acid มากที่สุด 0.78±0.07 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีปริมาณ madecassic acid 0.41±0.04 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และน้อยที่สุดคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร มีปริมาณ madecassic acid 0.32±0.04 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีผลทำให้ปริมาณสารสำคัญในกลุ่ม triterpenes ได้แก่ asiaticcoside, madecassoside asiatic acid และ madecassic acid ในบัวบกเพิ่มขึ้นมากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกรและการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณสารสำคัญในบัวบกที่ได้รับปุ๋ยแตกต่างกัน

ทรีตเมนต์	asiaticcoside (%)	madecassoside (%)	asiatic acid (%)	Madecassic acid (%)
ไม่ใส่ปุ๋ย	4.42±0.09 [a 1/]	5.14±0.11 [a]	0.41±0.04 [a]	0.78±0.07 [a]
ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร	3.76±0.08 [b]	4.23±0.08 [c]	0.28±0.04 [b]	0.32±0.04 [c]
ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา	4.23±0.19 [a]	4.84±0.11 [b]	0.35±0.04 [b]	0.41±0.03 [b]
F test	**	**	**	**

[1/] ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่าง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกบัวบกภายใต้การจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกัน พบว่า ในกระบวนการผลิตบัวบกมีต้นทุนส่วนต่าง ๆ ดังนี้ ต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าอุปกรณ์และค่าเสื่อมของอุปกรณ์ และ ต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าแรง ต้นพันธุ์ สารกำจัดศัตรูพืช-วัชพืช และวัสดุการเกษตร คิดเป็นจำนวนเงิน 10,000 บาท/ไร่ ส่วนต้นทุนปุ๋ย จะแตกต่างกันตามทรีตเมนต์ โดยต้นทุนปุ๋ยจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร คิดเป็น 2,000 บาท/ไร่ ต้นทุนปุ๋ยจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา คิดเป็น 1,750 บาท/ไร่ ดังนั้น ต้นทุนรวมของการปลูกบัวบกโดยไม่ใส่ปุ๋ย มีต้นทุนรวม 10,000 บาท/ไร่ การปลูกบัวบกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร มีต้นทุนรวม 12,000 บาท/ไร่ การปลูกบัวบกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีต้นทุนรวม 11,750 บาท/ไร่ อย่างไรก็ตาม หากคำนวณปริมาณผลผลิตสดต่อไร่ที่นำไปจำหน่ายในราคากิโลกรัมละ 30 บาท จะทำให้การปลูกบัวบกโดยไม่ใส่ปุ๋ย มีรายได้ 27,420 บาท/ไร่ การปลูกบัวบกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร มีรายได้ 40,050 บาท/ไร่ การปลูกบัวบกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีรายได้ 53,040 บาท/ไร่ ซึ่งเมื่อหักต้นทุนรวมแล้วจะทำให้มีกำไรต่อไร่แตกต่างกัน กล่าวคือ การปลูกบัวบกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ทำให้มีกำไรมากที่สุด 41,290 บาท/ไร่ รองลงมาคือ การปลูกบัวบกโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร มีกำไร 28,050 บาทต่อไร่ ในขณะที่การปลูกบัวบกโดยไม่ใส่ปุ๋ย มีกำไรน้อยที่สุด 17,420 บาท/ไร่ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการเพาะปลูกบัวบกโดยใช้ปุ๋ยแตกต่างกัน

ทรีตเมนต์	ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (บาท)					
	ต้นทุนคงที่	ต้นทุนผันแปร	ต้นทุนปุ๋ย	ต้นทุนรวม	รายได้ต่อไร่	กำไรต่อไร่
ไม่ใส่ปุ๋ย	1,000	9,000	0	10,000	27,420	17,420
ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร	1,000	9,000	2,000	12,000	40,050	28,050
ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา	1,000	9,000	1,750	11,750	53,040	41,290

5. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีผลทำให้บัวบกมีการเจริญเติบโตและผลผลิตมากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ได้จากวัสดุอินทรีย์ที่มีค่า C/N ratio ต่ำ (กากถั่วเหลือง) จึงสามารถปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนออกมาได้รวดเร็ว โดยอาศัยกระบวนการ nitrogen mineralization ในการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนให้เปลี่ยนมาเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งเป็นรูปของไนโตรเจนที่พืชสามารถดูดใช้ได้ [6] ในขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร ซึ่งได้จากการหมักฟางข้าว มีค่า C/N ratio สูง จะมีการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนออกมาได้ช้า สอดคล้องกับการศึกษาของ วีณา [9] พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดมีการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนได้แตกต่างกัน โดยปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่า C/N ratio ต่ำ จะเกิดกระบวนการ nitrogen mineralization เร็ว หรืออีกนัยหนึ่งคือจะมีการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนได้เร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่า C/N ratio สูง [10] เช่นเดียวกับการศึกษาของ อภิชาติ และคณะ [11] พบว่า ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อความสามารถในการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนให้แก่พืชได้แตกต่างกัน ทำให้ปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ ชุติมณฑน์ [12] พบว่า ปริมาณธาตุอาหารที่ปลดปล่อยออกมาจากปุ๋ยอินทรีย์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเจริญเติบโตของพืช เมื่อปุ๋ยอินทรีย์เกิดกระบวนการ nitrogen mineralization ได้เร็ว จะมีผลทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดมีอัตราการเกิดกระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหาร ต่างกัน ขึ้นอยู่กับค่า C/N ratio ของปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิด [13]

การเกิดกระบวนการ nitrogen mineralization ที่แตกต่างกันของปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด มีผลเนื่องมาจากวัสดุอินทรีย์ที่นำมาทำปุ๋ยมีความแตกต่างกัน จากการศึกษาของ Seligman and Keulen [14] พบว่า องค์ประกอบทางเคมี เช่น hemicellulose, cellulose และ lignin ของวัสดุอินทรีย์ที่มีความแตกต่างกัน จะมีผลทำให้กระบวนการ nitrogen mineralization แตกต่างกันด้วย และจากการศึกษาของ Trinsoutrot et al. [15] พบว่า วัสดุอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของ lignin สูงจะยากต่อการย่อยสลาย ได้แก่ ฟางข้าว แกลบ ชานอ้อย ซังข้าวโพด เป็นต้น วัสดุเหล่านี้จึงเกิดกระบวนการ nitrogen mineralization ช้า และมีค่า C/N ratio สูง [16] ดังนั้นเมื่อนำปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่า C/N ratio สูง มาใช้ในการเพาะปลูกพืช จึงพบว่าทำให้พืชได้รับธาตุไนโตรเจนได้อย่างช้า ๆ ส่งผลให้การเจริญเติบโตต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ Masunga et al. [17] พบว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่า C/N ratio สูง จะเกิดกระบวนการ nitrogen mineralization ได้ช้า จึงมีผลทำให้เกิดการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนได้ในปริมาณน้อยและช้ากว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่า C/N ratio ต่ำ

นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีผลทำให้บัวบกมีปริมาณสารสำคัญมากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร ซึ่งจากการศึกษาของ Murshidul et al. [18] และ Siddiqui et al. [19] พบว่าปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่บัวบกได้รับจากการใส่ปุ๋ยจะมีผลต่อการสังเคราะห์ปริมาณการสร้างสารสำคัญ โดยผลจากการศึกษาของ Müller et al. [20] พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่เพียงพอจะมีผลทำให้บัวบกมีการสะสมสารสำคัญได้มากกว่าการได้รับไนโตรเจนมากหรือ

น้อยเกินไป นอกจากนี้ การเสริมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ในกลุ่มของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ก็มีผลทำให้บัวบกมีสารสำคัญเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน จากการศึกษาของ Trisilawati et al. [21] พบว่า การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อ biotic stress ในพืช ซึ่งทำให้เกิดการสังเคราะห์สารสำคัญในบัวบกเพิ่มขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองนี้ พบว่า บัวบกที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณสารสำคัญมากที่สุด เนื่องจากความเครียดจากการขาดธาตุอาหารเป็นตัวกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์สารสำคัญเพิ่มขึ้นได้ [20] แต่การไม่ใส่ปุ๋ยมีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตต่ำที่สุด ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ซึ่งจะเห็นได้ว่าให้กำไรต่อไร่น้อยที่สุด ดังนั้น เกษตรกรควรเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อรอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เพื่อให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น และมีคุณภาพทางด้านปริมาณสารสำคัญเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นมากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร

6. สรุปผลการวิจัย

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีผลทำให้บัวบกมีการเจริญเติบโตมากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตสดต่อไร่เพิ่มขึ้น 25 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณสารสำคัญทั้งหมดเพิ่มขึ้น 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เสริมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีผลทำให้มีกำไรต่อไร่มากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตามการปฏิบัติของเกษตรกร

7. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ปีงบประมาณ 2564 โดยคณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำหรับการสนับสนุนนี้ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์สำหรับการสนับสนุนสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เพื่อให้งานวิจัยนี้บรรลุความสำเร็จเป็นอย่างดี

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Azis, H. A., Taher, M., Ahmed, A. S., Sulaiman, W. M. A. W., Susanti, D., Chowdhury, S. R., & Zakaria, Z. A. (2017). In vitro and In vivo wound healing studies of methanolic fraction of *Centella asiatica* extract. **South African Journal of Botany,** 108, 163-174.

[2] Sabaragamuwa, R., Perera, C. O., & Fedrizzi, B. (2018). *Centella asiatica* (Gotu kola) as a neuroprotectant and its potential role in healthy ageing. **Trends in Food Science & Technology,** 79, 88-97.

[3] สำนักสารนิเทศ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (2561). **กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์จัดทำตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย 2561 เฉลิมพระเกียรติเนื่องในวันเฉลิมพระชนมพรรษา**. ค้นเมื่อ 30 เมษายน 2565 จาก https://goodhealth.moph.go.th/?url=pr/detail/2/02/114046/

[4] กรมส่งเสริมการเกษตร. (2560). **ระบบสารสนเทศการผลิตด้านการเกษตร: บัวบก**. ค้นเมื่อ 30 เมษายน 2565 จาก http://production.doae.go.th/

[5] กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน. (2562). **ชุดดินบางเลน**. ค้นเมื่อ 30 เมษายน 2565 จาก http://oss101.ldd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/central/Bl.htm

[6] คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2548). **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[7] กรมพัฒนาที่ดิน. (2565). **การผลิตปุ๋ยหมัก**. ค้นเมื่อ 27 พฤษภาคม 2565 จาก https://www.ldd.go.th/menu_5wonder/PDF/PD1.pdf.

[8] Alqahtani, A., Tongkao-on, W., Li, K. M., Razmovski-Naumovski, V., Chan, V., & Li. G. Q. (2015). Seasonal variation of triterpenes and phenolic compounds in Australian *Centella asiatica* (L.) Urb. **Phytochemical Analysis,** 26, 436-443.

[9] วีณา นิลวงศ์. (2561). ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า,** 36, 178-188.

[10] Ahmad, R., Arshad, M., Naveed, M., Zahir, Z. A., Sultan, T. & Khalid, M. (2007). Carbon mineralization rate of composted and raw organic waste and its implications on environment. **Soil and Environment,** 26, 92-96.

[11] อภิชาติ หมั่นวิชา, ไพโรจน์ ศิลมั่น และ สมปอง รวมศิริ. (2562). ผลของชนิดปุ๋ยอินทรีย์ต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. **แก่นเกษตร,** 47, 701-706.

[12] ชุติมณฑน์ ชูพุดชา. (2553). **ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าในระบบเกษตรอินทรีย์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[13] Garzón, E., González-andrés, F., García-Martínez, V. M., & De Paz, J. M. (2011). Mineralization and nutrient release of an organic fertilizer made by flour, meat, crop residues in two vineyard soils with different pH levels. **Communications in Soil Science and Plant Analysis,** 42, 1485-1496.

[14] Seligman, N. G., & Keulen H.V. (1981). A stimulation model of annual pasture production limited by rainfall and nitrogen. In Frissel, M. J. & Veen, J. A., (Eds.), **Stimulation of Nitrogen Behavior of Soil-Plant Systems** (192-221). PUDOC, Wageningen, Netherlands.

[15] Trinsoutrot, I., Recous, S., Bentz, B., Lineres, M., Cheneby, D., & Nicolardot, B. (2000). Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. **Soil Science,** 64, 918-926.

[16] กรมวิชาการเกษตร. (2549). **คู่มือปุ๋ยอินทรีย์**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

[17] Masunga, R. H., Uzokwe, V. N., Mlay, P. D., Odeh, I., Singh, A., Buchan, D., & Neve, S. D. (2016). Nitrogen mineralization dynamics of different valuable organic amendments commonly used in agriculture. **Applied Soil Ecology,** 101, 185-193.

[18] Murshidul, H., Ajwa, H., & Mou, B. (2004). Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer effects on nutritional composition of lettuce. **The 101st Annual international conference of the American society for Horticultural Science**, Austin, Texus. Horticultural Science 39, 872.

[19] Siddiqui, Y., Islam, T. M., Naidu, Y., & Meon, S. (2011). The conjuctive use of compost tea and inorganic fertilizer on the growth yield and terpenoid content of *Centella asiatica* (L.) Urban. **Scientia Horticulture,** 130, 289-295.

[20] Müller, V., Lankes, C., Zimmermann, B. F., Noga, G., & Hunsche, M. (2013). Cetelloside accumulation in leaves of *Centella asiatica* is determined by resource partitioning between primary and secondary

metabolism while influenced by supply levels of either nitrogen, phosphorus or potassium. **Journal of Plant Physiology,** 170, 1165-1175.

[21] Trisilawati, O., Hartoyo, B., Bermawie, N., & Pribai, E. R. (2019). Application of AMF (arbucular mycorrhizal fungi) and organic fertilizer to increase the growth, biomass and bioactive content of Centella. **The 9th International conference on food science and technology**. March 18-19, 2019. Frankfurt, Germany.