KHON KAEN AGR. J. 48 (3): 639-650 (2020)./doi:10.14456/kaj.2020.59.

# อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และน้ำหมักชีวภาพต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินและผลผลิตของพืชผัก

# Influence of organic fertilizers and bio-extracts on the change of some soil properties and vegetable yields

**วีณา นิลวงศ์[1*]**

**Weena Nilawonk[1*]**

**บทคัดย่อ**: การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลจากใช้ปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินบางประการและผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว ผักกาดหัว และคะน้า ที่ปลูกต่อเนื่องในชุดดินสันทราย วางแผนการทดลองแบบ 3x4 factorial in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ มี 2 ปัจจัย ปัจจัยแรก น้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ 1) ไม่ใส่น้ำหมักชีวภาพ (ควบคุม), 2) น้ำหมักมูลไส้เดือน, และ 3) น้ำหมักปลา ปัจจัยที่สอง ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ควบคุม), 2) ปุ๋ยมูลค้างคาว, 3) ปุ๋ยหมัก และ 4) ปุ๋ยมูลไก่ จากการศึกษาพบว่าปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และน้ำหมักชีวภาพมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินหลังปลูกและช่วยเพิ่มผลผลิตของพืชทั้ง 3 ชนิด โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่าง เพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และยังช่วยเพิ่มผลผลิตพืชผักที่ปลูกแตกต่างกันออกไป โดยปุ๋ยมูลไก่ทำให้กระเจี๊ยบเขียวมีผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 2,099.6 กก./ไร่ ปุ๋ยหมักทำให้ผักกาดหัวและคะน้ามีผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 1,191.0 และ 684.4 กก./ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่การใช้ปุ๋ยมูลค้างคาวร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินทำให้ผลผลิตผักกาดหัวเพิ่มสูงที่สุด 62.5% และการใช้น้ำหมักปลาร่วมกับปุ๋ยหมักทำให้คะน้ามีผลผลิตเพิ่มสูงที่สุด 47.4% การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินและผลผลิตของพืชผักผันแปรตามชนิดของปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพที่ใช้

**คำสำคัญ**: ปุ๋ยอินทรีย์ น้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยหมัก สมบัติดิน

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the influence of organic fertilizers and bio-extracts on the change of some soil properties and vegetable yields (Okra, Chinese radish, and Kale) under continuous growing in Sansai soil. An experiment was carried out in the farmer field as 3x4 factorial in randomized complete block design (RCBD) with 3 replications. The first factor was the bio-extracts ; 1) control, 2) earthworm compost tea, and 3) fish compost tea. The second factor was organic fertilizers at the 2 tons/rai rate ; 1) control, 2) guano, 3) compost, and 4) chicken manure. The results showed that organic fertilizers and bio-extracts significantly affected soil properties and vegetable yields ($P<0.05$). The application of organic fertilizers and bio-extracts caused soil pH changes, increased content of organic matter, available phosphorus, exchangeable potassium, and vegetable yields. The application of chicken manure showed highest yield of Okra (2,099.6 kg/rai), and compost showed the highest yields of Chinese radish and Kale (1,191.0 and 684.4 kg/rai, respectively). While, the combination of guano and earthworm compost tea resulted

Received June 24, 2019

Accepted December 11, 2019

[1] คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290

Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiangmai 50290

* Corresponding author: w_nilawonk@hotmail.com

in the highest percentage increases in Chinese radish yield (62.5%). The combination of compost and fish compost tea resulted in the highest percentage increases in Kale yield (47.4%). The results indicate that the vegetable yield and variation of selected soil properties, specifically soil pH, OM, total N, P, K, depended on the kind of organic fertilizer and bio-extract.
**Keywords**: organic fertilizers, bio-extracts, compost, soil properties

## บทนำ

"ปุ๋ยอินทรีย์ (Organic fertilizer)" เป็นปุ๋ยจากธรรมชาติชนิดแรกๆที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้ทางด้านการเกษตรเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์และปรับปรุงสมบัติดิน "ปุ๋ยอินทรีย์" ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับแก้ไข) พ.ศ. 2550 คือ ปุ๋ยที่ได้หรือทำมาจากวัสดุอินทรีย์ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ หมัก บด ร่อน สกัด หรือด้วยวิธีการอื่นๆ และวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์ แบ่งเป็นกลุ่มหลักๆ ได้แก่ ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยหมัก ปริมาณธาตุอาหารพืชที่พบในปุ๋ยอินทรีย์โดยทั่วไปมีทั้งส่วนที่เป็นธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันออกไปตามวัตถุดิบและกระบวนการผลิต แต่ยังมีปริมาณน้อยถ้าเทียบกับปุ๋ยเคมีและอัตราการปลดปล่อยที่ค่อนข้างช้า จากการศึกษาของศุภกาญจน์ และคณะ (2553) ชี้ให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น มูลสุกร มูลโค มูลไก่ ปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลโค และปุ๋ยหมักกากตะกอน มีการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนได้ประมาณ 5-30% ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบซึ่งแตกต่างจากปุ๋ยเคมีที่สามารถละลายน้ำและเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้ทันทีทำให้ต้องมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณมากเพื่อให้มีผลผลิตเทียบ เท่าปุ๋ยเคมี ข้อดีของการปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ ของปุ๋ยอินทรีย์ คือ การช่วยรักษาธาตุอาหารพืชให้คงอยู่ในดินได้นาน มีการศึกษาในพื้นที่ที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์อย่างต่อเนื่องพบว่ามีการสะสมของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินปริมาณปานกลางถึงสูงมาก เช่น ในพื้นที่โครงการหลวง 27 ศูนย์ (ได้แก่ แม่แพะ แม่แฮ แม่โถ แม่ทาเหนือ แม่ปูนหลวง ฯลฯ) (พงษ์สันติ์, 2553; ชูจิตต์, 2553; ชูจิตต์ และคณะ, 2547; บัญชา และศิราณี 2561) นอกจากนี้ปุ๋ยอินทรีย์ยังช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ (อริสสรา และคณะ, 2557) ความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดิน (Soil pH buffering capacity) ลดความหนาแน่น เพิ่มปริมาณและขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินที่เสถียร (ปานชีวัน และคณะ, 2557; นภาพร และกาญจนี, 2560)

"น้ำหมักชีวภาพ (Bio-extract)" เป็นของเหลวที่เกิดจากกระบวนการหมักซากพืชซากสัตว์โดยมีจุลินทรีย์เป็นตัวช่วยการย่อยสลายส่งผลให้น้ำหมักชีวภาพโดยทั่วไปประกอบไปด้วยจุลินทรีย์หลากหลายชนิด (สมเกียรติ, 2547) ได้มีการศึกษาและใช้ประโยชน์จากน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบต่างๆ เช่น มูลวัว มูลไก่ มูลไส้เดือนดิน เศษปลา และตอซังข้าว พบว่ามีส่วนช่วยเพิ่มการย่อยสลายอินทรียสารและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน ส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพและเพิ่มปริมาณผลผลิตของพืชหลากหลายชนิด เช่น ผักกาดหอม กระเจี๊ยบเขียว ถั่วเหลือง ข้าวโพดหวาน (Kim et. al, 2015) จุลินทรีย์ที่มักพบในน้ำหมักชีวภาพมีทั้งแบคทีเรียและเชื้อรา ซึ่งสามารถสร้างกรดแลกติกที่มีบทบาทช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุ แปรสภาพอินทรียสารไปเป็นอนินทรีย์สาร ได้แก่ *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp., *Streptococcus* sp., *Penicillium* sp. และ *Aspergillus* sp. (เสียงแจ๋ว, 2544; Alfa et. al, 2014; Sanchez et. al, 2017) และจากการศึกษาของ Kamla et. al (2007) พบว่ากรดอินทรีย์ที่ละลายได้และกรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพเป็นปัจจัยสำคัญในการกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์และส่งเสริมการเจริญ เติบโตของพืช

พืชผักจัดเป็นอาหารที่มีความสำคัญต่อร่างกาย เนื่องจากอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่มีประโยชน์ มีคุณค่าทางสมุนไพรรักษาโรค แต่ในปัจจุบันพบว่ามีการตกค้างของสารพิษก่อให้เกิดการสะสมในร่างกายส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้นการผลิตพืชผักอินทรีย์จึงเป็นการทำการเกษตรทางเลือกอย่างหนึ่งเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวโดยอาศัยแหล่งธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยอินทรีย์เป็นหลัก สำหรับกระเจี๊ยบเขียว ผักกาดหัว และคะน้าเป็นกลุ่มพืชผักที่สามารถปลูกได้ตลอดปีและนิยมบริโภคแพร่หลาย มีความต้องการปริมาณธาตุอาหารพืชในการพัฒนาการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน (Naveen et. al., 2017) ซึ่งการปลูกพืชทั้ง 3 ชนิดแบบหมุนเวียนต่อเนื่องจะส่งผลให้เกิดการหมุนเวียนใช้ธาตุอาหารในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา

ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆและน้ำหมักชีวภาพต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินบางประการและการเพิ่มผลผลิตของพืชผัก 3 ชนิด (กระเจี๊ยบเขียว ผักกาดหัว และคะน้า) ที่ถูกปลูกหมุนเวียนในชุดดินสันทราย ซึ่งความรู้ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะถูกนำไปใช้เป็นแนวทางวางแผนการจัดการปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการปลูกพืชผัก

## วิธีการศึกษา

**1. การวางแผนการทดลอง**

ทำการปลูกพืชผักหมุนเวียน 3 ชนิด ได้แก่ กระเจี๊ยบเขียว ผักกาดหัว และคะน้า ในพื้นที่ที่ใช้ปลูกพืชผัก

อินทรีย์ ต.หนองหาร อ.สันทราย จ. เชียงใหม่ ในชุดดินสันทราย วางแผนการทดลองแบบ 3x4 factorial in RCBD (randomized complete block design) จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยแรก ได้แก่ 1) ไม่ใส่น้ำหมักชีวภาพ (ควบคุม), 2) น้ำหมักมูลไส้เดือน, และ 3) น้ำหมักปลา ปัจจัยที่สอง ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ควบคุม), 2) ปุ๋ยมูลค้างคาว, 3) ปุ๋ยหมัก และ 4) ปุ๋ยมูลไก่ ปุ๋ยอินทรีย์ใส่ในอัตรา 6 กิโลกรัม/แปลงย่อย ซึ่งเทียบเท่าอัตรา 2 ตัน/ไร่ ปริมาณธาตุอาหารแสดงใน Table 1 ในขณะที่น้ำหมักชีวภาพใส่ในอัตรา 0.5 ลิตร/แปลงย่อย (เตรียมจากน้ำหมักปลาเข้มข้นอัตราส่วนต่อน้ำ เท่ากับ 1:25) เจือจางกับน้ำอัตรา 1:5 แล้วฉีดพ่นบนแปลง

**2. การปลูกกระเจี๊ยบเขียว ผักกาดหัวและคะน้า**

ทำการยกร่องเตรียมแปลงย่อยขนาด 1x3 เมตร เริ่มปลูกกระเจี๊ยบเขียวโดยเว้นระยะระหว่างต้นและแถว 50x50 ซม. เก็บผลผลิตเมื่ออายุได้ 45 วัน ขนาดฝักยาว 4-9 ซม. เก็บผลผลิตทุกวันจนกระทั่ง 60 วัน หลังจากนั้นดำเนินการเตรียมพื้นที่แปลงสำหรับปลูกผักกาดหัวโดยเว้นระยะ 2 อาทิตย์ ใช้ระยะปลูก 20x30 ซม. เก็บผลผลิตเมื่อผักกาดหัวมีอายุ 45 วัน หลังจากนั้นเตรียมพื้นที่ปลูกคะน้าใบโดยเว้นระยะเวลา 2 อาทิตย์ ปลูกคะน้าโดยวิธีย้ายกล้า ระยะห่างระหว่างต้นและแถวเท่ากับ 10x20 ซม. เก็บเกี่ยวผลผลิตคะน้าที่อายุ 45 วัน การให้ปุ๋ยพืชทั้ง 3 ชนิด จะใส่ปุ๋ยอินทรีย์รองพื้นครั้งแรก 1 กิโลกรัมพร้อมฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพ หลังจากนั้นแบ่งใส่ทุก 2 สัปดาห์ สำหรับกระเจี๊ยบเขียว และทุก 1 สัปดาห์สำหรับผักกาดหัวและคะน้าโดยมีการฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพหลังใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทุกครั้ง การให้น้ำพืชทั้ง 3 ชนิดทำโดยเครื่องฉีดฝอยให้ทั่วและชุ่มพื้นที่แปลง วันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น ดูแลกำจัดวัชพืชและแมลงด้วยแรงงานคน

**3. การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพ**

เก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังการปลูกพืชแต่ละครั้งที่ระดับความลึก 0-15 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อินทรียวัตถุ (Organic matter) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ก) ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนปลูกแสดงใน Table 1

สุ่มตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. และน้ำหมักชีวภาพแต่ละชนิดเพื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อินทรียวัตถุ (Organic matter) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ฟอสฟอรัส ($P_2O_5$) โพแทสเซียม ($K_2O$) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียมทั้งหมด (Mg) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ข) ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพแสดงใน Table 2 และปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 2 ตัน/ไร่แสดงใน Table 3

**4.การวิเคราะห์สถิติ**

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95%

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

**1. การเปลี่ยนแปลงสมบัติดินหลังการปลูกพืชผักต่อเนื่องทั้ง 3 ชนิด**

1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง (Soil pH)

ปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ($P<0.05$) โดยปุ๋ยค้างคาวทำให้ค่า pH ของดินลดลงมากที่สุดเท่ากับ 7.35 รองลงมาคือ ปุ๋ยหมักและปุ๋ยมูลไก่ และการไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลให้ค่า pH สูงที่สุดเท่ากับ 7.74 สาเหตุที่ปุ๋ยค้างคาวทำให้ดินมีค่า pH ลดลงมากที่สุดนั้นเนื่องจากกว่าปุ๋ยค้างคาวมีสมบัติเป็นกรดปานกลาง (pH 5.51) ในขณะที่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยมูลไก่มีสมบัติเป็นด่างอ่อน-ปานกลาง (7.63-8.02) ในส่วนของน้ำหมักชีวภาพพบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดิน (Table 4)

**Table 1** Some soil properties before the study.

| Properties | Analysis value | Interpretation[1/] |
|---|---|---|
| pH (soil: $H_2O$; 1:1) [2/] | 6.89 | Neutral |
| Organic matter (g/kg) [3/] | 14.5 | Slightly low |
| Total nitrogen (g/kg) [4/] | 0.72 | - |
| Available P (mg/kg) [5/] | 130 | Excessive |
| Exchangeable K (mg/kg) [6/] | 75 | Adequate |
| Exchangeable Ca (mg/kg) [6/] | 1,192 | High |
| Exchangeable Mg (mg/kg) [6/] | 100 | Adequate |
| Clay content (%) [7/] | 17.9 | - |
| Texture | Loam | - |

[1/]กรมพัฒนาที่ดิน (2553ข); [2/] 1:1 ratio of soil: water; [3/] Walkley and Black method; [4/] Kjeldahl method; 5/ Bray II extraction; [6/] 1 *N* Ammonium acetate pH 7 extraction; [7/] Hydrometer

1.2 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Soil organic matter)

ปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรียวัตถุ ($P<0.05$) โดยการใส่ปุ๋ย

อินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดทำให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น 45-52% เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ในขณะที่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินส่งผลให้มีอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นประมาณ 20% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหมักปลาและการไม่ใส่น้ำหมักชีวภาพ (**Table 4**) ผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาของปานชีวัน และคณะ (2557) ที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของมูลไก่ มีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นตามอัตราของปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ คือ การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,200 กก./ไร่ทำให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น 32.8% และการศึกษาของ Chalhoub et al. (2013) ที่ชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยคอกจะทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังปลูกเพิ่มขึ้น

1.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)

ปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ N ทั้งหมดในดิน ($P<0.05$) โดยปริมาณ N ในดินเพิ่มสูงขึ้น 37.0 – 40.7% ในขณะที่น้ำหมักชีวภาพไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยพบว่าปริมาณ N ในดินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อไม่มีการใส่น้ำหมักชีวภาพ (**Table 5**) การที่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดทำให้ดินหลังการปลูกพืชหมนุเวียนมีปริมาณ N ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นชี้ให้เห็นว่าปริมาณ N จากปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่มีปริมาณสูงเกินความต้องการของพืชที่ใช้สำหรับการเจริญเติบโต ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่ในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ให้อัตราไนโตรเจนทั้งหมดเทียบเท่า 32.3-67.5 กก. N/ไร่ (**Table 3**) สอดคล้องกับการศึกษาของพรทิพย์ และคณะ (2557) ที่พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเพิ่มสูงขึ้น 34.9% เมื่อมีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2 ตัน/ไร่ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการไม่ใส่ และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Toselli et al. (2019), Gao et al. (2016) และ Hose et al. (2014) ที่แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกในการปลูกไม้ผล และการปลูกข้าวโพดข้าวฟ่างหมุนเวียน ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดินเพิ่มขึ้น

การใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและน้ำหมักปลามีแนวโน้มทำให้ N ทั้งหมดในดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ อาจเป็นเพราะว่าการใส่น้ำหมักชีวภาพเป็นการเพิ่มจุลินทรีย์ที่ไปเร่งให้เกิดกระบวนการ Mineralization ในดิน มีการศึกษาที่พบว่าการบ่มดินกับปุ๋ยน้ำหมักปลาทำให้เกิดกระบวนการ Nitrification เกิดขึ้นเร็วกว่าดินที่ไม่ใส่ (Hartz et. al, 2010) และจากการศึกษาของ Chang et al. (2019) พบว่าในขั้นตอนการย่อยสลายของมูลวัวและซังข้าวโพดในพื้นที่

เพาะปลูกมีการเกิด Mineralization เพิ่มขึ้นในดินทำให้ดินมีการสูญเสีย $NH_3$ -N จาก 5.01-22.22% เพิ่มเป็น 48.64-58.16%

1.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P)

ปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ P ในดิน (P<0.05) โดยปุ๋ยมูลไก่ทำให้ดินมีปริมาณ P สูงที่สุดเท่ากับ 472 มก./กก. รองลงมาคือ ปุ๋ยหมักเท่ากับ 139 มก./กก. และปุ๋ยค้างคาวซึ่งมีปริมาณ P ในดินใกล้เคียงกับการไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณ P ที่มีปริมาณสูงในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณของ P ในปุ๋ยมูลไก่ซึ่งพบมากที่สุดเทียบเท่าอัตรา 147 กก $P_2O_5$/ไร่ สอดคล้องกับการศึกษาของปานชีวัน และคณะ (2557) ที่พบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,200 กก./ไร่ ทำให้ดินในช่วงหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดมีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยมีส่วนสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่พบมากในปุ๋ยมูลไก่

**Table 2** Chemical properties of organic fertilizer and bio-extracts.

| | Earthworm vermicompost | Fish compost tea | Guano | Compost | Chicken manure |
|---|---|---|---|---|---|
| pH[1/] | 8.8 | 5.44 | 5.51 | 7.63 | 8.02 |
| Organic Matter (g/kg) [2/] | _ | 103.0 | 201.2 | 422.3 | 393.2 |
| Total N (g/kg) [3/] | 0.1 | 5.2 | 10.1 | 21.1 | 19.7 |
| Total $P_2O_5$ (g/kg) [4/] | _ | 3.1 | 5.0 | 8.3 | 46.2 |
| Total $K_2O$ (g/kg) [5/] | 0.7 | 4.7 | 16.1 | 6.0 | 30.7 |
| Total Ca (g/kg) [5/] | _ | 2.0 | 16.5 | 29.3 | 86.7 |
| Total Mg (g/kg) [6/] | _ | 0.5 | 7.2 | 6.0 | 15.3 |

[1/]1:2 ratio of organic fertilizer: water; [2/] Walkley and Black method; [3/] Kjeldahl method; [4/]Vanadomolybdate method; [5/] digested by conc. $HNO_3$: $HClO_4$

การใส่น้ำหมักปลาทำให้มีปริมาณ P ในดินสูงที่สุดเท่ากับ 278 มก./กก. รองลงมาคือการไม่ใส่น้ำหมักชีวภาพและน้ำหมักมูลไส้เดือนดินเท่ากับ 261 และ 243 มก./กก. ตามลำดับ (**Table 5**) อาจเป็นเพราะว่าในน้ำหมักปลาประกอบไปด้วยจุลินทรีย์กลุ่มที่สามารถแปรสภาพอินทรีย์ฟอสฟอรัสไปเป็นอนินทรีย์ฟอสฟอรัสอยู่ในปริมาณมาก ได้แก่ แบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* sp. (เสียงแจ๋ว, 2544) สอดคล้องกับการศึกษาของ Kim et. al (2010) และ Aranganathan and Radhika (2016) ที่พบว่าในปุ๋ยน้ำหมักปลามีแบคทีเรียชนิด *Bacillus cereus, Bacillus licheniformis* และ *Bacillus subtillis* ปริมาณมากในขั้นตอนการย่อยสลายเศษซากปลาไปเป็นปุ๋ยน้ำหมักปลา

**Table 3** The nutrient content of organic fertilizers applied at the 2 ton/rai rate.

| Organic fertilizers | Guano | Compost | Chicken manure |
|---|---|---|---|
| Total N (kg/rai) | 32.3 | 67.5 | 63.0 |
| Total $P_2O_5$ (kg/rai) | 15.9 | 26.6 | 147.8 |
| Total $K_2O$ (kg/rai) | 51.5 | 19.5 | 98.2 |
| Total Ca (kg/rai) | 52.8 | 93.8 | 277.4 |
| Total Mg (kg/rai) | 23.0 | 19.2 | 48.9 |

1.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K)

ปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ K ในดิน ($P<0.05$) โดยปุ๋ยมูลไก่ทำให้มีปริมาณ K ในดินมากที่สุดเท่ากับ 523 มก./กก. รองลงมาคือ ปุ๋ยหมักและปุ๋ยค้างคาว เท่ากับ 120 และ 103 มก./กก. ตามลำดับ ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับปริมาณของ K ที่พบในปุ๋ยมูลไก่ซึ่งมีปริมาณมากกว่าปุ๋ยค้างคาวและปุ๋ยหมัก 2-5 เท่า ในขณะที่การใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินส่งผลให้มีปริมาณ K ในดินสูงที่สุด เท่ากับ 225 มก./กก. แต่การใส่น้ำหมักปลาให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกับการไม่ใส่น้ำหมัก (**Table 5**) อาจเป็นผลจากกลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถละลาย K ในดินได้ดีซึ่งพบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีรายงานการศึกษาที่พบว่าปริมาณแบคทีเรียที่สามารถละลาย K (*Bacillus mucilaginous)* เพิ่มขึ้นในดินที่บ่มกับมูลไส้เดือนดิน (Wu et. al, 2012)

จะเห็นได้ว่าปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินค่อนข้างมากในการศึกษาครั้งนี้ โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และอินทรียวัตถุ ในดินหลังปลูก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พงษ์สันติ์ (2553), ชูจิตต์ และคณะ (2547) และ บัญชา และศิราณี (2561) จะเห็นได้ว่าปริมาณของธาตุอาหารพืชที่เพิ่มขึ้นในดินหลังปลูกเป็นผลโดยตรงจากปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ ดังนั้นการเลือกชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ และระยะเวลาการใส่ให้มีความสอดคล้องกับความต้องการธาตุอาหารของพืชหลักในแต่ละช่วงพัฒนา การน่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการหมุนเวียนดูดใช้ธาตุอาหารพืชได้ดียิ่งขึ้นในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง

**2. ผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว ผักกาดหัวและคะน้า**

ผลการทดลองพบว่าปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของพืชผักทั้ง 3 ชนิด และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยอินทรีย์กับน้ำหมักชีวภาพ ($P<0.05$)

กระเจี๊ยบเขียวมีผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มสูงที่สุดเท่ากับ 2,099.6 กก./ไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยมูลไก่ และการใส่น้ำหมักปลาทำให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 1,791 กก./ไร่ (**Table 6**) ผักกาดหัวมีผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มสูงที่สุดเท่ากับ 1,191 กก./ไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยหมัก และการใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินทำให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 1,133 กก./ไร่ (**Table 7**) คะน้ามีผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 684 กก./ไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยหมัก และการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินทำให้ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มสูงที่สุดเท่ากับ 591.9 กก./ไร่ (**Table 8**) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าผลผลิตของผักกาดหัว และคะน้าตอบสนองต่อ N ที่มีปริมาณสูงที่สุดในปุ๋ยหมักซึ่งใส่ในอัตราเทียบเท่า 67.5 กก.N/ไร่ แต่ผลผลิตกระเจี๊ยบเขียวตอบสนองต่อปุ๋ยมูลไก่ซึ่งมีปริมาณ N รองลงมาและมีปริมาณ K สูงที่สุดโดยใส่ในอัตราเทียบเท่า 63.0 กก.N/ไร่ และ 98.2 กก. K O/ไร่ สอดคล้องกับการศึกษาของ Zhu et al. (2018) ที่ชี้ให้เห็นว่าคะน้าเป็นพืชที่ต้องการ N ปริมาณมากสำหรับการเจริญเติบโต เพิ่มปริมาณวิตามินซี น้ำตาลและโปรตีน ในขณะที่กระเจี๊ยบเขียวมีความต้องการ N และ K ปริมาณสูงสำหรับการเจริญเติบโตและพัฒนาคุณภาพของฝัก (Naveen-Kumar et al., 2017; Meena and Bhati, 2016) ในส่วนของผลผลิตผักกาดหัวที่แสดงการตอบสนองต่อปริมาณ N ที่เพิ่มสูงขึ้นในครั้งนี้ แตกต่างจากการศึกษาของ Ahmed-Baloch et al.(2014) และ Al-Hamadany and Abdel (2008) ที่พบว่าผลผลิตผักกาดหัวมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่ม N ให้แก่ดินในรูปของปุ๋ยยูเรีย ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าปริมาณ N ที่

ใส่ในรูปของปุ๋ยอินทรีย์มีการละลายออกมาอยู่ในรูปของอนินทรีย์ N ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในอัตราที่ช้าและมีปริมาณน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย

การใช้น้ำหมักชีวภาพร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์สามารถเพิ่มผลผลิตของพืชผักทั้ง 3 ชนิด โดยการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ทำให้ผลผลิตกระเจี๊ยบเขียวเพิ่มมากที่สุดเท่ากับ 16.7% เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยมูลค้างคาวทำให้ผลผลิตผักกาดหัวเพิ่มมากที่สุด 62.5% และเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยหมักทำให้ผลผลิตคะน้าเพิ่มสูงที่สุด 57.9 % ในขณะที่การใช้น้ำหมักปลาร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ทำให้ผลผลิตกระเจี๊ยบเขียวเพิ่มสูงที่สุดเท่ากับ 15.0% เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยมูลค้างคาวทำให้ผลผลิตผักกาดหัวเพิ่มสูงที่สุด 18.8% และเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยหมักทำให้ผลผลิตคะน้าเพิ่มสูงที่สุด 47.4% การเพิ่มขึ้นของผลผลิตเนื่องจากการใช้น้ำหมักชีวภาพร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์สอดคล้องกับการศึกษาของ Kamla et. al (2007) ที่พบว่าการใช้น้ำหมักปลาร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งและผลผลิตของถั่วพุ่ม วีณารัตน์ และคณะ (2560) พบว่าน้ำหมักชีวภาพเศษปลามีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตกวางตุ้งฮ่องเต้ในด้านความสูง ความยาวราก น้ำหนักสดและแห้งของใบ ในขณะที่น้ำหมักมูลไส้เดือนสามารถเพิ่มผลผลิตของไม้ดอก เช่น กุหลาบ มะลิ และดาวเรือง(Nilawonk, 2014; Nilawonk, 2015) และเร่งการเจริญเติบโตของรากและการแตกตาข้างของมันสำปะหลัง (จิระพร และคณะ, 2556)

**Table 4** Effect of organic fertilizers and bio-extracts on soil pH and organic matter after 3rd crop rotation.

| Organic fertilizers | Soil pH | | | | OM (g/kg) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Bio-extracts | | | Mean | Bio-extracts | | | Mean |
| | Control | Earthworm compost tea | Fish compost tea | | Control | Earthworm compost tea | Fish compost tea | |
| Control | 7.71 | 7.80 | 7.72 | 7.74a | 7.71 | 6.80 | 13.85 | 9.45b |
| Guano | 7.24 | 7.31 | 7.50 | 7.35b | 13.82 | 18.01 | 11.34 | 14.39a |
| Compost | 7.73 | 7.52 | 7.50 | 7.58ab | 14.27 | 16.52 | 11.70 | 14.16a |
| Chicken manure | 7.50 | 7.84 | 7.51 | 7.62ab | 12.67 | 17.03 | 11.31 | 13.67a |
| Mean | 7.55 | 7.62 | 7.56 | | 12.12b | 14.59a | 12.05b | |
| CV (%) | 14.8 | | | | 11.53 | | | |
| Bio-extracts (B) | ns | | | | * | | | |
| Organic fertilizers (O) | * | | | | * | | | |
| B x O | ns | | | | ns | | | |

ns = non-significant difference

* = significant difference at $p < 0.05$

Mean within the same column followed by same lower case letters indicate non-significant difference at $p < 0.05$ by least significant difference (LSD)

**Table 5** Effect of organic fertilizers and bio-extracts on total N, available P, and exchangeable K after 3rd crop rotation.

| Organic fertilizers | Total N (g/kg) | | | | Available P (mg/kg) | | | | Exchangeable K (mg/kg) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Bio-extracts | | | Mean | Bio-extracts | | | Mean | Bio-extracts | | | Mean |
| | Control | Earth-worm compost tea | Fish com-post tea | | Control | Earthworm compost tea | Fish com-post tea | | Control | Earthworm compost tea | Fish com-post tea | |
| Control | 0.78 | 0.71 | 0.95 | 0.81b | 133 | 86 | 119 | 113c | 19 | 55 | 54 | 43c |
| Guano | 1.25 | 1.25 | 0.89 | 1.13a | 111 | 88 | 125 | 108c | 95 | 107 | 106 | 103b |
| Compost | 1.19 | 1.02 | 1.22 | 1.14a | 170 | 117 | 131 | 139b | 117 | 134 | 110 | 120b |
| Chicken manure | 1.07 | 1.25 | 1.02 | 1.11a | 710 | 681 | 736 | 472a | 513 | 605 | 452 | 523a |
| Mean | 1.07 | 1.05 | 1.02 | | 261ab | 243b | 278a | | 186b | 225a | 181b | |
| CV (%) | 20.7 | | | | 21.1 | | | | 25.2 | | | |
| Bio-extracts (B) | ns | | | | * | | | | * | | | |
| Organic fertilizers (O) | * | | | | * | | | | * | | | |
| B x O | ns | | | | ns | | | | ns | | | |

ns = non-significant difference

* = significant difference at $p < 0.05$

Mean within the same column followed by same lower case letters indicate non-significant difference at $p < 0.05$ by least significant difference (LSD)

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 3: 639-650 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.59.

**Table 6** Effect of organic fertilizers and bio-extracts on yield of Okra (kg/rai).

| Organic fertilizers | Bio-extracts | | | Mean |
|---|---|---|---|---|
| | Control | Earthworm compost tea | Fish compost tea | |
| Control | 1,274.6 | 1,082.6 | 1,573.3 | 1,310.2c |
| Guano | 1,562.7 | 1,823.9 | 1,797,3 | 1,128.9c |
| Compost | 1,781.3 | 1,498.7 | 1,663.4 | 1,647.8b |
| Chicken manure | 1,962.7 | 2,202.7 | 2,133.3 | 2,099.6a |
| Mean | 1,645.3b | 1,651.9b | 1,791.8a | |
| CV (%) | 20.3 | | | |
| Bio-extracts (B) | * | | | |
| Organic fertilizers (O) | * | | | |
| B x O | * | | | |

ns = non-significant difference, * = significant difference at $p < 0.05$

Mean within the same column followed by same lower case letters indicate non-significant difference at $p<0.05$ by least significant difference (LSD)

**Table 7** Effect of organic fertilizers and bio-extracts on yield of Chinese radish (kg/rai).

| Organic fertilizers | Bio-extracts | | | Mean |
|---|---|---|---|---|
| | Control | Earthworm compost tea | Fish compost tea | |
| Control | 1,173.3 | 1,013.3 | 746.7 | 977.8b |
| Guano | 853.3 | 1,386.6 | 1,013.3 | 1,084.4ab |
| Compost | 1,279.9 | 959.9 | 1,333.3 | 1,191.0a |
| Chicken manure | 959.9 | 1,173.3 | 799.9 | 977.7b |
| Mean | 1,066.6ab | 1,133.3a | 973.3b | |
| CV (%) | 18.6 | | | |
| Bio-extracts (B) | * | | | |
| Organic fertilizers (O) | * | | | |
| B x O | ns | | | |

ns = non-significant difference , * = significant difference at $p < 0.05$

Mean within the same column followed by same lower case letters indicate non-significant difference at $p<0.05$ by least significant difference (LSD)

**Table 8** Effect of organic fertilizers and bio-extracts on yield of Kale (kg/rai).

| Organic fertilizers | Bio-extracts | | | Mean |
|---|---|---|---|---|
| | Control | Earthworm compost tea | Fish compost tea | |
| Control | 346.7 | 501.3 | 506.7 | 451.6bc |
| Guano | 559.9 | 586.7 | 527.9 | 558.2b |
| Compost | 506.7 | 799.9 | 746.7 | 684.4a |
| Chicken manure | 453.3 | 479.9 | 293.3 | 408.8c |
| Mean | 466.7c | 591.9a | 518.7b | |
| CV (%) | 17.6 | | | |
| Bio-extracts (B) | * | | | |
| Organic fertilizers (O) | * | | | |
| B x O | * | | | |

NS = non-significant difference, * = significant difference at $p < 0.05$

Mean within the same column followed by same lower case letters indicate non-significant difference at $p<0.05$ by least significant difference (LSD)

## สรุป

1. การใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของดิน เพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณ

ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

2. การใส่น้ำหมักชีวภาพไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของดิน ปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดใน

ดิน แต่มีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น

3. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ทำให้ผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว ผักกาดหัวและคะน้าเพิ่มขึ้นแตกต่างกันออกไป โดย

ปุ๋ยมูลไก่ทำให้กระเจี๊ยบเขียวมีผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด ปุ๋ยหมักทำให้ผักกาดหัวและคะน้ามีผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด ในขณะที่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตได้ โดยการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยมูลค้างคาวทำให้ผลผลิตผักกาดหัวเพิ่มสูงที่สุด 62.5% และการใช้น้ำหมักปลาร่วมกับปุ๋ยหมักทำให้คะน้ามีผลผลิตเพิ่มสูงที่สุด 47.4%

## เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน (ก). 2553. กระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน (ข). 2553. กระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

จิระพร เชยชิต, ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย, และมงคล ตั๊ะอุ่น. 2556. อิทธิพลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเร่งการเจริญเติบโตของรากและการแตกตาข้างของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์. แก่นเกษตร. ฉบับพิเศษ 42: 297-301.

ชูจิตต์ สงวนทรัพยากร. 2553. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการและธาตุอาหารพืชในดินของพื้นที่โครงการหลวง.

การวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูงภาคเหนือของ

ประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชูจิตต์ สงวนทรัพยากร, ละเอียด สินธุเสน, นฤมล จันทวัชรากร, และสุพัตรา บุตรพลวง, 2547, การเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกผักอินทรีย์ของโครงการหลวง .ผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

นภาพร พันธุกมลศิลป์ และกาญจนี วิริยะพานิชย์. 2560. ผลของการจัดการปุ๋ยต่อสมบัติดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังในชุดดินยโสธร. แก่นเกษตร. 45: 505-514.

บัญชา รัตนีทู และศิราณี วงศ์กระจ่าง. 2561. ผลของการใช้วัสดุอินทรีย์เหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อการปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวหอมกระดังงา (สายพันธุ์พื้นเมือง). แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ. 46: 463-467.

ปานชีวัน ปอนพังงา, ปริญญาพร เผ่ามงคล และสวิมล ทุมวารี. 2557. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงดินลูกรังและเพิ่มผลผลิตข้าวโพดหวาน. แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ. 42: 700-707.

พงสันติ์ สีจันทร์, ปุญญิศา ตระกูลยิ่งเจริญ, นภาพร วงษ์โพธิ์ขอม, ศุภชัย อำคา, พิบูลย์ กังแฮ, สุชาดา กรุณา, และเธียร วิทยาวรากุล. 2553. สภาวะธาตุอาหารพืชและปัจจัยทางดินเพื่อการฟื้นฟูทรัพยากรดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่เกษตรกรรมโครงการหลวง, การวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูงภาคเหนือของประเทศไทย.

พรทิพย์ ศรีมงคล, ภาคภูมิ ตันเตชสาธิต, และระวิวรรณ บุญเผย. 2557. ผลของอัตราปุ๋ยคอกและวันปลูกต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งมีชีวิตหน้าดินและในดิน และคุณสมบัติดินในระบบการปลูกข้าวโพดแซมด้วยถั่วเขียวภายใต้สภาพดินลูกรัง. แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ. 42: 407-413.

สมเกียรติ สุวรรณคีรี. 2547. ปุ๋ยน้ำชีวภาพหรือน้ำสกัดชีวภาพและการประยุกต์ใช้ในกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (อีเอ็ม) ด้านการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์. 2544. กระบวนการผลิตและประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ. เอกสารวิชาการกองอนุรักษ์ดินและน้ำ,กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, สมฤทัย ตันเจริญ, ภาวนา ลิกขนานนท์, และสุปราณี มั่นหมาย. 2553. ศึกษาการสลายตัวและพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยผสมอินทรีย์เคมี ภายใต้สภาพความชื้นสนาม:การทดลองย่อย ศึกษาการสลายตัวและพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยหมัก.กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา, สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร.

อริสสรา แก้วพิลารมย์, วิมลนันทน์ กันเกตุ, ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช, และพรทิพย์ ศรีมงคล. 2557. ผลของการใช้วัสดุอินทรีย์และระบบการไม่ไถพรวนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินบางประการในดินนาเค็มน้อย. แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ. 42: 198-203.

Al-Hamadany, S.Y.H. and C.G. Abdel. 2008. Improving radish yields by the application of nitrogen fertilizer. Journal of Tikrit University for Agricultural science. 8: 360-370.

Aranganathan, L. and R.S.R. Radhika. 2016. Bioconversion of marine trash fish (MTF) to organic liquid fertilizer for effective solid waste management and its efficacy on Tomato growth. Management of Environmental Quality. 27: 93-103.

Alfa, M.I. 2014. Assesment of biofertilizer quality and health implications of anaerobic digestion effluent of cow dung and chicken droppins. Renewable Energy. 63: 681-686

Almed-Baloch, P., R. Uddin, F.K. Nizamani, A.H. Solangi, and A.A. Siddiqui. 2014. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on growth and yield characteristics of Radish (*Raphinus sativus* L.). American-Eurasian Journal Agriculture & Environment Science. 14(6): 565-569.

Chalhoub, M., P. Garnier, Y. Coquet, B. Mary, and F. Lafolie. 2013. Increased nitrogen availability in soil after repeated compost applications: Use of the PASTIS model to separate short and long-term effects. Soil Biology& Biochemistry. 65: 144-157.

Chang, R., Y. Yao, W. Cao, J. Wang, X. Wang, and Q. Chen. 2019. Effects of composting and carbon based materials on

carbon and nitrogen loss in the arable land utilization of cow manure and corn stalks. Journal of Environment Management. 233: 283-290.

Guo, L., F. Wu, Y. Li, C. Li, W. Li, J. Meng, H. Liu, X. Yu, and G. Jiang. 2016. Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density, and earthworm activity in a wheat-maize rotation in Eastern China. Soil& Tillage Research. 156: 140-147.

Hartz, T.K., R. Smith, and M. Gaskell. 2010. Nitrogen availability from liquid organic fertilizers. Hortechnology. 20: 169-172

Hose, T.D., M. Cougnon, A.D. Vliegher, B. Vandecasteele, N. Viaene, W. Crnelis, E.V. Bockstaele, and D. Reheul. 2014. The positive relationship between soil quality and crop production: A case study on the effect of farm compost application. Applied Soil Ecology. 75: 189-198.

Kamla, N., V. Limpinuntana, S. Ruaysoongnern, and R.W. Bell. 2007. Role of microorganisms, soluble N and C compound in fermented bio-extract on microbial biomass C, N and cowpea growth. Khon Kaen Agriculture Journal. 35: 477-486.

Kim, J.K., V.T. Dao, I.S. Kong, and H.H. Lee. 2010.Identification and characterization of microorganism from earthworm viscera for the conversion of fish wastes into liquid fertilizer. Bioresource Technology. 101: 5131-5136.

Kim, M.J. 2015. Effect of aerated compost tea on the growth promotion of lettuce, soybean, and sweet corn in organic cultivation. Plant Pathol Journal. 31: 259-268.

Meena, NK. and A. Bhati. 2016. Response of nitrogen, phosphorus and potassium levels on growth and yield of Okra (*Abemoschus esculentus* (L.) Moench). Journal of Agriculture and Ecology. 2: 17-24.

Naveen Kumar, B., G. Padmaja, and P. Chandrasekhar-Rao. 2017. Response of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) to various levels of nitrogen and potassium at different growth stages. International Journal of Pure and Applied Bioscience. 5: 530-539.

Nilawonk, W. 2014. Application of vermicompost for marigold production in Chiangmai, Thailand.p. 1-3. In: Proceedings of International conference on agricultural, environment and biological science. June 4-5,2014, Antalya, Turkey

Nilawonk, W. 2015. Influence of vermicompost and compost application to the growth and yield of jasmine and rose in Chiangmai, Thailand. p. 6-10. In: Proceedings of 2nd International conference on agricultural,

environment and biological science (ICAEBS'15). August 16-17, 2015, Bali, Indonesia.

Sanchez, O.J., D.A. Ospina, and S. Montoya. 2017. Compost supplementation with nutrients and microorganism in composting process. Waste Management. 69: 136-153.

Toselli, M., E. Baldi, L. Cavani, M. Mazzon, M. Quartieri, F. Sorrenti, and C. Marzadori. 2019. Soil-plant nitrogen pools in nectarine orchard in response to long-term compost application. Science of The Total Environment. 671: 10-18.

Wu, F., J.H. Chi-Wan, S. Wu, and M. Wong. 2012. Effects of earthworm and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on availability of nitrogen, phosphorus, and potassium in soil. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 175: 423-433.

Zhu, Y., G. Li, H. Liu, G. Sun, R. Chen, and S. Song. 2018. Effects of partial replacement of nitrate with differentnitrogen forms on the yield, quality, and nitrate content of Chinese kale. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 49: 1384-1393.