ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า (*Brassica oleracea*) ในระบบเกษตรอินทรีย์

นางสาวชุติมณฑน์ ชูพุดซา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2553

RELATIONSHIP BETWEEN NITROGEN RELEASED FROM ORGANIC FERTILIZER AND CHINESE KALE (*Brassica oleracea*) GROWTH AND YIELD IN ORGANIC FARMING SYSTEM

Chutimon Chuphutsa

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Crop Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2010

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า (*Brassica oleracea*) ในระบบเกษตรอินทรีย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(ผศ. ดร.ฐิติพร มะชิโกวา)
ประธานกรรมการ

_____

(อ. ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(ศ. ดร.นันทกร บุญเกิด)
กรรมการ

_____

(อ. ดร.โสภณ วงศ์แก้ว)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ชุติมณฑน์ ชูพุดซา : ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าในระบบเกษตรอินทรีย์ (RELATIONSHIP BETWEEN NITROGEN RELEASED FROM ORGANIC FERTILIZER AND CHINESE KALE (*Brassica oleracea*) GROWTH AND YIELD IN ORGANIC FARMING SYSTEM) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ, 74 หน้า

การผลิตผักอินทรีย์จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีข้อจำกัดเรื่องการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชให้ทันเวลากับที่พืชต้องการ เนื่องจากมีการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาช้าเพราะธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในรูปของอินทรีย์สาร ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายเพื่อปลดปล่อยธาตุอาหารพืชให้อยู่ในรูปอนินทรีย์สาร เช่น แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเร่งการปลดปล่อยไนโตรเจน (N) จากปุ๋ยอินทรีย์โดยนำปุ๋ยอินทรีย์มาหมักในน้ำในสภาพมีอากาศและไม่มีอากาศ ในอัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำ 1:1 1:2 1:4 1:6 และ 1:8 หมักเป็นเวลา 12 วัน ทำการวิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- ทุก 2 วัน ผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างการหมักในสภาพมีอากาศและไม่มีอากาศ โดยทั้ง 2 สภาพ มี NH_4^+ เพิ่มขึ้นและ NO_3^- ลดลง เมื่อระยะเวลาของการหมักเพิ่มขึ้นเกิดการสูญเสีย NO_3^- จากกระบวนการ Denitrification ทำให้อนินทรีย์ N ลดลงหลังจากหมัก สำหรับอัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำ อัตราส่วน 1:8 มีการปลดปล่อยอนินทรีย์ N สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราอื่นๆ หลังจากนั้นนำปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำอัตราต่างๆ ไปทดสอบกับผักคะน้าในกระถางเปรียบเทียบระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์แห้งและไม่ใส่ปุ๋ย ปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำทุกอัตราให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตของผักคะน้าดีกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้งแต่ไม่ดีเท่าการใช้ปุ๋ยเคมี โดยอัตราที่ดีที่สุดคือ 1:8 นอกจากนี้ยังพบว่า อนินทรีย์ N ที่ปลดปล่อยจากการหมักปุ๋ยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับ N น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งในผักคะน้า จากการทดลองนี้ถึงแม้ว่าการหมักปุ๋ยในน้ำเพื่อเร่งการปลดปล่อยธาตุอาหารจากปุ๋ย ก่อนนำไปใช้จะได้ผลดีกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้งโดยตรงแต่พบว่ามีการสูญเสีย N ระหว่างกระบวนการหมัก ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองต่อเพื่อศึกษาการลดการสูญเสีย NO_3^- ระหว่างการหมักโดยทำการทดลองเปรียบเทียบการหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N ออกมาเก็บไว้ก่อนกับการหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N ผลการทดลองพบว่า การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N มีการปลดปล่อยอนินทรีย์ N ออกมามากกว่าการหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N หลังจากนั้นจึงได้นำปุ๋ยจากทั้งสองตำรับการทดลองมาทดสอบกับการปลูกผักคะน้าในกระถางเปรียบเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ย ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ ผลการทดลองพบว่า ผลผลิตและการเจริญเติบโตของคะน้ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยจากการหมักปุ๋ยโดยมีการสกัด อนินทรีย์ N ทำให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตของคะน้าดีกว่าการใช้ปุ๋ยที่หมักโดยไม่มีการสกัด อนินทรีย์ N หลังจากนั้นทำ

การทดสอบกับผักคะน้าที่ปลูกในแปลงทดลองต่อเนื่อง 2 รุ่น พบว่า ให้ผลเช่นเดียวกันกับการทดลองในกระถาง จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการเร่งการปลดปล่อยธาตุอาหารจากปุ๋ยอินทรีย์ โดยการหมักในน้ำก่อนนำไปใช้ทำให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ผักคะน้ามีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง แต่ในการเร่งการปลดปล่อยธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าวควรมีการสกัดอนินทรีย์ N ออกมาเก็บไว้ก่อนเพื่อลดการสูญเสีย NO_3^- จากกระบวนการ Denitrification

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

CHUTIMON CHUPHUTSA : RELATIONSHIP BETWEEN NITROGEN RELEASED FROM ORGANIC FERTILIZER AND CHINESE KALE (*Brassica oleracea*) GROWTH AND YIELD IN ORGANIC FARMING SYSTEM. THESIS ADVISOR : SODCHOL WONPRASAID, Ph.D., 74 PP.

AMMONIUM/INORGANIC NITROGEN/NITRATE/FERMENTATION

Vegetable production under organic farming system requires plant nutrients from the organic fertilizer. Nutrient release from the organic fertilizer is normally slower than the requirement of vegetables. This is because most of the nutrients in organic fertilizers are still in organic forms. To be available to plants, they must be mineralized into inorganic forms such as ammonium (NH_4^+) and nitrate (NO_3^-). The objective of this research was to investigate methods to enhance the releasing N from the organic fertilizer in order to meet the requirement of vegetable crop production. Organic fertilizer was fermented for 12 days with the fertilizer:water ratio of 1:1 1:2 1:4 1:6 and 1:8 under aerobic and anaerobic conditions. The solutions were analyzed for NH_4^+ and NO_3^- every two days. The results showed that there were no significant differences between aerobic and anaerobic conditions on N release. In both conditions, NH_4^+ increased but NO_3^- decreased during the fermentation because of denitrification. The net inorganic nitrogen (NH_4^+ and NO_3^-) decreased after fermentation. The releasing N in the treatment of organic fertilizer to water ratio of 1:8 was higher than that of other treatments. The solution from 5 treatments was applied to Chinease Kale in a pot experiment and compared with the chemical fertilizer, dry organic fertilizer and control (no fertilizer). Yield and growth of Chinease Kale in

fermented organic fertilizer were better than dry organic fertilizers, but not as good as chemical fertilizers. The fertilizer:water ratio of 1:8 gave the best result among fermented fertilizer treatments. In addition, inorganic N in fertilizer solution was significantly correlated with N in Chinease Kale, fresh weight and dry weight. The result of this experiment demonstrated that the fermentation of fertilizer in the water accelerated the release of nutrients. Organic fertilizer fermentation made it more effective than dry organic fertilizer itself. However, there were some N losses during the fermentation in all treatments and conditions. Therefore, further study was carried out to reduce the loss of NO_3^- during the fermentation of organic fertilizer by comparing fertilizer fermentation with pre-inorganic N extraction (pre-N extraction) and without pre-inorganic N extraction (non pre-N extraction). The results showed that pre-inorganic N extraction before fermentation increased inorganic N in the solution compared to non pre-inorganic N extraction. The solution from both treatments was applied to Chinease Kale and compared with control (no fertilizer), chemical fertilizer and dry organic fertilizer in a pot experiment. Growth and yield of Chinease Kale in treatments of pre-N extraction were better than treatments of non pre-N extraction but still not as good as chemical fertilizer. To confirm the results of the pot experiment, a series of 2 field experiments were carried out and similar results were observed in both experiments. It could be concluded that enhancing the releasing of nutrients from organic fertilizers can be done by fermenting organic fertilizer in water 2 weeks before using, and the effect of nutrients on Chinease Kale has increased. The growth and yield of Chinease Kale treated with fermented fertilizer were better than those with dry organic fertilizer. In addition, the extraction of

inorganic N should be done before fermentation to prevent the loss of NO_3^- from denitrification.

School of Crop Production Technology Student's Signature_____

Academic Year 2010 Advisor's Signature_____

Co-advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลต่างๆ ที่ได้ช่วยเหลือและสนับสนุนให้การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศ. ดร.นันทกร บุญเกิด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้โอกาสและให้คำปรึกษาในด้านวิชาการและการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

เจ้าหน้าที่จากฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยเหลือและสนับสนุนการปฏิบัติงานในแปลงทดลอง

เพื่อนนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชทุกคนที่ช่วยเหลือในด้านต่างๆ ให้การปฏิบัติงานเป็นไปได้ด้วยดี

ทบวงมหาวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้โอกาสในการศึกษาระดับมหาบัณฑิตแก่ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ด้วยทุนสนับสนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวชูพุดซาที่ให้โอกาสในการศึกษาต่อพร้อมทั้งช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษาและการดำเนินชีวิตตลอดมา

ชุติมณฑน์ ชูพุดซา

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 ปริมาณธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์.....12
2 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบพืชโดยทั่วไปและพืชตระกูล Brassica.....17
3 สมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์แห้งที่ใช้ในการทดลอง.....19
4 คุณสมบัติต่างๆ ของดินก่อนปลูกผักคะน้าในกระถาง.....22
5 คุณสมบัติต่างๆ ของดินก่อนปลูกผักคะน้าในกระถาง.....26
6 คุณสมบัติต่างๆ ของดินก่อนปลูกผักคะน้าในแปลงทดลอง.....28
7 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า.....38
8 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อผลผลิตของผักคะน้า.....39
9 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อธาตุอาหารหลักและ
ธาตุอาหารรองของผักคะน้า.....40
10 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อจุลธาตุของผักคะน้า.....41
11 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อคุณสมบัติของดิน ธาตุอาหารหลัก
และธาตุอาหารรองในดินหลังปลูกผักคะน้า.....42
12 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อจุลธาตุในดินหลังปลูกผักคะน้า.....43
13 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า
ในกระถาง.....50
14 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อผลผลิตของผักคะน้า.....51
15 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง
ของผักคะน้าในกระถาง.....52
16 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อจุลธาตุของผักคะน้าในกระถาง.....52
17 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อคุณสมบัติของดิน ธาตุอาหารหลัก
และธาตุอาหารรองในดินหลังปลูกผักคะน้าในกระถาง.....54
18 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อจุลธาตุในดินหลังปลูกผักคะน้า.....55
19 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า
ในแปลงทดลอง.....56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

20 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อผลผลิตของผักคะน้า.....57
21 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อธาตุอาหารหลักและ
ธาตุอาหารรองของผักคะน้า.....58
22 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อจุลธาตุของผักคะน้า.....58
23 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อคุณสมบัติของดิน
ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในดินหลังปลูกผักคะน้า.....60
24 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่างๆ ต่อจุลธาตุในดิน
หลังจากปลูกผักคะน้า.....61

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1 ปริมาณการปลดปล่อย NH_4^+จากปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพการหมักแบบมีอากาศ และไม่มีอากาศ.....31

2 ปริมาณการปลดปล่อย NH_4^+จากปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละตำรับการทดลอง.....31

3 ปริมาณ NO_3^- จากปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศ.....32

4 ปริมาณ NO_3^- จากปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละตำรับการทดลอง.....33

5 ปริมาณอนินทรีย์ N (NH_4^+ และ NO_3^-) จากปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพการหมักแบบ มีอากาศและไม่มีอากาศ.....34

6 ปริมาณอนินทรีย์ N (NH_4^+ และ NO_3^-) จากปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละตำรับการทดลอง.....34

7 pH ของสารละลายจากปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศ.....35

8 pH ของสารละลายจากปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละตำรับการทดลอง.....36

9 EC ของสารละลายจากปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศ.....37

10 EC ของสารละลายจากปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละตำรับการทดลอง.....37

11 ความสัมพันธ์ระหว่างอนินทรีย์ N ในปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำกับ N ในผักคะน้า.....44

12 ความสัมพันธ์ระหว่างอนินทรีย์ Nในปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำกับน้ำหนักสด ของผักคะน้า.....44

13 ความสัมพันธ์ระหว่างอนินทรีย์ Nในปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำกับน้ำหนักแห้ง ของผักคะน้า.....45

14 ปริมาณการปลดปล่อย NH_4^+ จากการหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N กับ การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N.....48

15 ปริมาณการปลดปล่อย NO_3^- จากการหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N กับ การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N.....49

16 ปริมาณอนินทรีย์ N จากการหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N กับ การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N.....49

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้อจำกัดที่สำคัญของเกษตรอินทรีย์ คือ การห้ามใช้สารเคมีสังเคราะห์ซึ่งได้แก่ ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืช เน้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยชีวภาพ ซึ่งโดยทั่วไปปุ๋ยที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดนี้เป็นแหล่งของอินทรียวัตถุที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดินและความสามารถในการให้ผลผลิตของพืช ธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณธาตุอาหารน้อย จึงทำให้ต้องมีการใช้ปุ๋ยในปริมาณมากเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช ในขณะเดียวกันการควบคุมปุ๋ยอินทรีย์ให้ปลดปล่อยธาตุอาหารพืชให้ตรงเวลากับที่พืชต้องการได้ยาก เนื่องจากมีการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาอย่างช้าๆ เพราะธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในรูปของอินทรีย์สาร ซึ่งต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินเพื่อให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปอนินทรีย์สารก่อนที่พืชจะนำไปใช้ได้ ดังนั้น การปลดปล่อยธาตุอาหารจากปุ๋ยอินทรีย์ให้พืชสามารถนำไปใช้ได้จึงช้ากว่าการใช้ปุ๋ยในรูปของปุ๋ยเคมีเป็นอย่างมาก การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จึงเหมาะกับพืชอายุยาว เช่น ข้าว อ้อย สำหรับพืชอายุสั้น เช่น พืชผักต่างๆ นั้นมีการเจริญเติบโตเร็ว ส่วนใหญ่มีอายุเก็บเกี่ยวต่ำกว่า 50 วัน การปลดปล่อยธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์ไม่ทันกับความต้องการของพืช จึงทำให้ได้ผลผลิตต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี ดังนั้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ให้ได้ผลดีในพืชผักอาจจำเป็นต้องมีการเร่งการปลดปล่อยธาตุอาหารให้เร็วขึ้นหรือมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในรูปแบบอื่นที่มีธาตุอาหารในรูปที่พืชสามารถใช้ได้รวดเร็วกว่า เช่น ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในสารละลายที่มีอากาศและไม่มีอากาศ ธาตุอาหารบางส่วนอยู่ในรูปของ อนินทรีย์สาร เช่น แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) ที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ทันที เกษตรกรสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำเองได้โดยนำวัสดุอินทรีย์ต่างๆ เช่น เศษซากพืช ซากสัตว์ มาหมักในน้ำ ซึ่งอาจจะต้องใช้เวลานานและส่วนมากจะได้ธาตุอาหารต่ำและไม่แน่นอน วิธีการที่อาจสามารถทำให้ในการหมักใช้เวลาไม่นานและได้ปริมาณธาตุอาหารที่สูงและคงที่ คือการนำปุ๋ยอินทรีย์ที่มีมาตรฐาน มีปริมาณธาตุอาหารสูง เช่น ปุ๋ยหมักแห้ง นำมาหมักในน้ำเพื่อให้ธาตุอาหารที่ส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในรูปอินทรีย์เปลี่ยนมาอยู่ในรูปอนินทรีย์ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการข้อจำกัดเรื่องการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์ โดยกระบวนการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ให้สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้ทันกับความต้องการของผักคะน้าซึ่งเป็นตัวแทนของพืชอายุสั้นที่มีความต้องการธาตุอาหารสูงและเป็นผักชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกในระบบอินทรีย์

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อหาวิธีการเร่งการปลดปล่อยไนโตรเจน (N) จากปุ๋ยอินทรีย์โดยกระบวนการหมักในน้ำ

2. เพื่อทดสอบการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารพืช การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าในระบบเกษตรอินทรีย์

3. เพื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณธาตุอาหารที่ปลดปล่อยในรูปปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทดสอบการเร่งการปลดปล่อย N จากปุ๋ยอินทรีย์โดยการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในน้ำในห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์การปลดปล่อย N โดยใช้ปริมาณอนินทรีย์ N เป็นตัวชี้วัด

2. นำปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้จากการหมักในห้องปฏิบัติการไปทดสอบกับการปลูกผักคะน้าในกระถางและแปลงทดลอง และหาความสัมพันธ์ระหว่างการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบวิธีการเร่งกระบวนการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ที่สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารพืชได้ทันกับความต้องการของพืชอายุสั้น

2. ได้แนวทางการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักอายุสั้นในระบบเกษตรอินทรีย์

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 เกษตรอินทรีย์ (Organic farming)

เกษตรอินทรีย์ตามความหมายของ IFOAM คือ ระบบเกษตรที่ผลิตอาหารและเส้นใย ด้วยความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม สังคม เศรษฐกิจ โดยเน้นหลักการปรับปรุงบำรุงดิน การเคารพต่อศักยภาพทางธรรมชาติของพืช สัตว์ และนิเวศน์การเกษตร เกษตรอินทรีย์ลดการใช้ปัจจัยการผลิตจากภายนอกระบบการผลิต และหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์ เช่น ปุ๋ยเคมี และสารกำจัดศัตรูพืช ในขณะเดียวกันก็พยายามประยุกต์ใช้ธรรมชาติในการเพิ่มผลผลิต และพัฒนาความต้านทานต่อศัตรูของพืช เป็นหลักการสากลที่สอดคล้องกับเงื่อนไขทางเศรษฐกิจ สังคม ภูมิอากาศ และวัฒนธรรมท้องถิ่นด้วย

ชนวน รัตนวราหะ (2542) ได้สนับสนุนแนวคิดของเกษตรอินทรีย์ไว้ว่าเป็นการเกษตรที่สร้างสรรค์ให้ระบบนิเวศ การเกษตรก่อให้เกิดการผลิตยั่งยืน ปลอดภัยต่อผู้บริโภค อนุรักษ์และปรับปรุงสภาพแวดล้อม โดยใช้หลักการสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในระบบการเกษตรให้เกิดการผสมเกื้อกูลซึ่งกันและกัน หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์เน้นการใช้ทรัพยากรในไร่นาให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น เศษเหลือของพืชใช้เป็นอาหารสัตว์ ใช้เป็นปุ๋ยของพืชและช่วยเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่ช่วยในการปรับปรุงบำรุงดิน

ราชบัณฑิตยสถานและสถาบันนโยบายสังคมและเศรษฐกิจ (2541) กล่าวว่าเศรษฐกิจพอเพียงเป็นการฟื้นฟูเศรษฐกิจชุมชนท้องถิ่น ตั้งแต่ขั้นฟื้นฟูและขยายเครือข่ายเกษตรอินทรีย์และเกษตรกรรมยั่งยืน เป็นการพัฒนาขีดความสามารถในการผลิตและบริโภคอย่างพออยู่พอกินจนไปถึงขั้นแปรรูปอุตสาหกรรมในครัวเรือน สร้างอาชีพและทักษะวิชาการที่หลากหลาย เกิดตลาดซื้อขาย สะสมทุน ฯลฯ และบนพื้นฐานเครือข่ายเศรษฐกิจชุมชนนี้ จึงทำให้เศรษฐกิจชาติจะพัฒนาขึ้นมาอย่างมั่นคงทั้งในด้านกำลังทุนและตลาดภายในประเทศ รวมทั้งเทคโนโลยีซึ่งจะค่อยๆ พัฒนาขึ้นมาจากฐานทรัพยากรและภูมิปัญญาที่มีอยู่ภายในชาติ

2.2 การจัดการและการปรับปรุงบำรุงดินในระบบเกษตรอินทรีย์

การจัดการดินในทุกขั้นตอนต้องมุ่งเน้นการใช้สารอินทรีย์และวัสดุธรรมชาติเป็นหลัก โดยสิ่งเหล่านี้ต้องปราศจากการปนเปื้อนของวัสดุต้องห้าม (กรมวิชาการเกษตร, 2543)

1. เลือกพื้นที่ปลูก ควรเลือกพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เช่น พื้นที่เปิดใหม่ หากจำเป็นต้องใช้พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ต้องมีการจัดการธาตุอาหารพืชและปรับปรุงบำรุงดินมากกว่าพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง

2. ดินที่เป็นกรดจัด ให้ใส่หินปูนบดปรับความเป็นกรดของดินก่อน (ถ้าต้องการเพิ่มธาตุ Mg ด้วยให้ใส่ปูนโดโลไมท์)

3. ควรปลูกพืชตระกูลถั่ว เช่น โสน ถั่วพุ่ม ถั่วมะแฮะ ฯลฯ และไถกลบเพื่อเป็นปุ๋ยพืชสดบำรุงดิน โดยเลือกชนิดของพืชตามความเหมาะสมของพื้นที่ เช่น โสน ใช้ได้ดีในสภาพไร่ เป็นต้น

4. ปลูกพืชหมุนเวียนใช้พืชตระกูลถั่วร่วมเป็นพืชหมุนเวียน

5. ใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก เศษซากพืช เพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารพืช และปรับปรุงโครงสร้างของดิน

6. กรณีที่ดินขาด K ให้ใช้ปุ๋ยมูลค้างคาว เกลือ K ธรรมชาติและขี้เถ้าถ่าน

7. กรณีที่ดินขาด P ให้ใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต

8. ถ้าการใส่ปุ๋ยที่กำหนดไว้ไม่สามารถให้ธาตุอาหารได้เพียงพอกับความต้องการของพืช อาจจะใช้ธาตุอาหารเสริม

2.3 ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึงปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิต เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ซากพืชหรือสัตว์ที่ไถกลบลงดิน รวมถึงพวกอินทรีย์สารที่เป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร เช่น กากตะกอนอ้อย (Filter cake) ทะลายปาล์ม เป็นต้น ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาจากวัสดุอินทรีย์ที่มีการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์แล้ว จนเปลี่ยนเป็นสารอินทรีย์ที่คงตัว เรียกว่า ฮิวมัส และปลดปล่อยอนินทรีย์สารที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ เช่น ปลดปล่อย N ในรูปของ NO_3^- ปลดปล่อย P ในรูปของ PO_4^- เป็นต้น รูปของธาตุอาหารที่ปุ๋ยอินทรีย์ปลดปล่อยดังกล่าว เป็นรูปของ N และ P ที่พืชสามารถดูดผ่านรากไปใช้ได้โดยตรง แม้ในปุ๋ยอินทรีย์จะมีธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดเป็นองค์ประกอบค่อนข้างต่ำ แต่หากสภาพแวดล้อมในดินดี ธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์ก็จะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์บางชนิดในดิน การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จำเป็นต้องใช้ในปริมาณมาก จึงจะให้ธาตุอาหารได้อย่างเพียงพอกับความต้องการของพืช ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงและไม่สามารถควบคุมอัตราส่วนธาตุอาหารได้ จึงควรมีการใช้แบบผสมผสานตามความต้องการของพืชและเนื้อดิน ดินในแหล่งเพาะปลูกที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง ความต้องการธาตุอาหารเพิ่มเติมจากปุ๋ยจะน้อยกว่าดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดังนั้นการใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพจึงควรมีข้อมูลเบื้องต้นของดิน ชนิดพืชที่ปลูก เพื่อจะได้เลือกใช้ปุ๋ยให้ถูกต้องทั้งชนิดและปริมาณเพื่อให้เกิดความสมดุลของธาตุอาหารในการสร้างผลผลิตพืชคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ที่

ใส่ลงไปในดินจะมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกในดินนั้น มีรายงานว่า การทำเกษตรแบบอินทรีย์ โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เปรียบเทียบกับการทำการเกษตรโดยใช้ปุ๋ยเคมี ในปี 2000-2001 พบว่าในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ที่ปลูกถั่วและปลูกแตงโม มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด N ทั้งหมด และ P ที่เป็นประโยชน์มากกว่าการปลูกพืชโดยใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ (Melero *et al*., 2005) และจากผลการศึกษาของสุดชล วุ้นประเสริฐ และคณะ (2551) พบว่า การปลูกข้าวโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ให้ผลผลิตมากกว่าการปลูกข้าวในระบบเกษตรเคมี

2.4 การจำแนกชนิดของปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์สามารถจำแนกตามแหล่งที่มาและการใช้ประโยชน์ได้ 3 ชนิด

1. ปุ๋ยคอก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งขับถ่ายของสัตว์ ซึ่งได้แก่ มูลไก่ มูลสุกร มูลโค มูลกระบือ มูลแพะ มูลแกะ มูลกระต่าย ฯลฯ คุณสมบัติของมูลสัตว์เหล่านี้จะประกอบไปด้วยธาตุอาหารมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์กินเข้าไป มูลสัตว์ที่รวบรวมมาได้ ถ้ามีความชื้นสูงจะมีการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ ทำให้ปริมาณ N ทั้งหมดลดน้อยลง ดังนั้น ควรนำมาทำให้แห้งสนิทแล้วกองรวมกันไว้

2. ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ มาผ่านกระบวนการหมักจนย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ แต่การย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักขึ้นอยู่กับ ระยะเวลา ชนิดของวัสดุที่ใช้ และกรรมวิธีในการหมัก ตลอดจนความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งการผลิตปุ๋ยหมักสามารถทำได้โดย นำวัสดุและมูลสัตว์ผสมกันอัตรา 1:1 ให้ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 60% ทำกองสูงประมาณ 1 เมตร คลุมกองด้วยพลาสติก ทำการกลับกองทุกๆ 7 วัน ระหว่างหมักในช่วง 7-20 วัน อุณหภูมิภายในกองต้องสูงถึง 60-70 องศาเซลเซียส เพื่อฆ่าจุลินทรีย์ที่เป็นโรคสัตว์ โรคคนและเมล็ดวัชพืชต่างๆ กระบวนการหมักจะสิ้นสุดลงภายใน 4-5 สัปดาห์ คือ มีค่าสัดส่วนระหว่าง C/N อยู่ประมาณ 20:1 และอุณหภูมิจะลดลงเหลือประมาณ 35-45 องศาเซลเซียส (นันทกร บุญเกิด และคณะ, 2545) วัสดุที่นำมาทำปุ๋ยอินทรีย์ที่มีการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์แล้วจะมีลักษณะเปื่อยยุ่ย สีน้ำตาล-ดำ มีกลิ่นคล้ายดิน (อภิรักษ์ วิภาวิน, 2549)

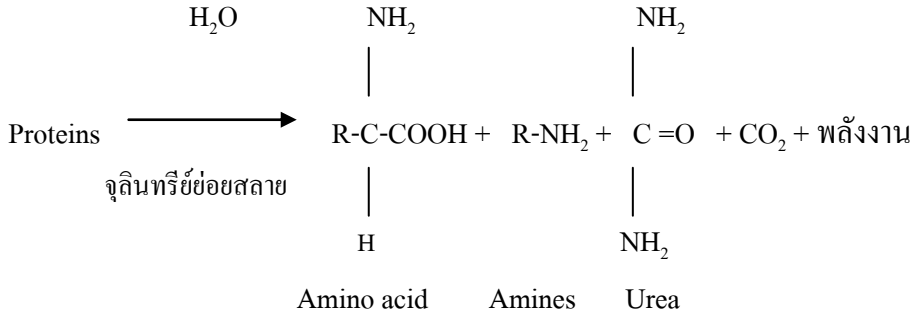
3. ปุ๋ยพืชสด หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการไถกลบพืชสดๆ ที่โตได้ขนาดที่เหมาะสมลงในดิน ธาตุอาหารในพืชสดจะถูกย่อยสลายและปลดปล่อยให้พืชหลังจากผ่านการย่อยสลายในดิน ระยะเวลาที่เหมาะสมในการไถกลบพืชเป็นปุ๋ยพืชสด คือระยะเวลาออกดอกเต็มที่ ส่วนใหญ่แล้วนิยมใช้พืชตระกูลถั่ว หรือพืชอื่น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพืชโตเร็วที่มีลักษณะง่ายต่อการไถกลบ

2.5 การย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์

เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงไปในดิน ได้รับความชื้นและสภาวะอื่นๆ ที่เหมาะสม สารต่างๆ ที่ละลายได้ในปุ๋ยจะถูกปลดปล่อยออกมาและถูกดูดกินโดยจุลินทรีย์หรือรากพืช ในขณะเดียวกันอินทรีย์สารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กและง่ายต่อการเข้าทำลายจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์อย่างรวดเร็ว ส่วนสารที่มีโมเลกุลลักษณะค่อนข้างสลับซับซ้อนก็จะถูกย่อยสลายอย่างช้าๆ และบางส่วนของโมเลกุลที่ถูกย่อยสลายไปแล้วแต่ยังมี aromatic ring ที่ซับซ้อนอยู่อาจรวมตัวกับอนุมูลต่างๆ เกิดเป็นสารฮิวมัส ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรีย์วัตถุในดิน ในขณะที่อินทรีย์สารต่างๆ กำลังถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์นั้น สารประกอบอินทรีย์รูปต่าง ๆ ของ N และ P จะเปลี่ยนแปลงย่อยสลายไปตามลำดับ และในที่สุดจะอยู่ในรูปอนินทรีย์ N และ P ซึ่งจุลินทรีย์และรากพืชดูดไปใช้ได้ ส่วน K ที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืชและสัตว์ในปุ๋ยจะค่อยๆ ถูกปลดปล่อยออกมาในลักษณะที่คล้ายคลึงกันเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมีแล้วจะเป็นอัตราที่ช้าและสม่ำเสมอกว่ามาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) กระบวนการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนรูปสารประกอบอินทรีย์เป็นสารอนินทรีย์ เช่น กระบวนการ Nitrogen Mineralization

กระบวนการ Nitrogen Mineralization ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

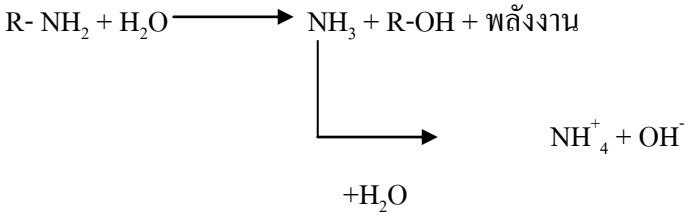
ขั้นตอนที่ 1 Aminization เป็นกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ให้เป็นสารประกอบเอมีน โดยจุลินทรีย์หลายชนิดในกลุ่ม heterotrophs เช่น bacteria, fungi และ actinomycetes โดยขั้นตอนสุดท้ายเป็นการย่อยสลายโปรตีนและปลดปล่อย N ออกมาในรูปของ amines, amino acid และ urea (อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง, 2551) ดังสมการ



ในกระบวนการย่อยสลาย ชนิดของจุลินทรีย์ที่มีมากในสภาพที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง (neutral and alkali conditions) คือ bacteria และ actinomycetes ส่วน fungi จะมีมากกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นและมีประสิทธิภาพดีในสภาพที่เป็นกรด (acid conditions)

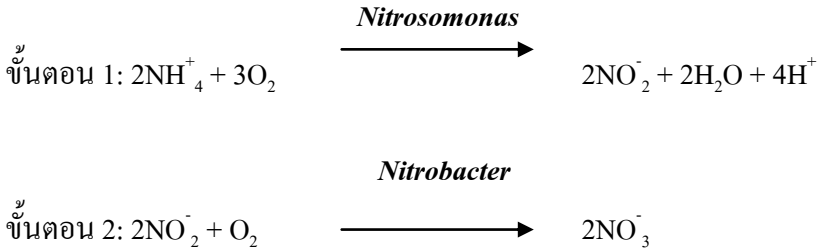
ขั้นตอนที่ 2 Ammonification หรือ กระบวนการเกิด ammonia (NH_3) เป็นกระบวนการทางชีววิทยาที่อนินทรีย์ N เปลี่ยนรูปไปเป็น ammonia (NH_3) หรือ ammonium ions (NH_4^+) โดยที่

หลังจากขั้นตอนที่ 1 amines และ amino acids ที่ปลูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการ Aminization จะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายต่อ ซึ่งปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายของกระบวนการนี้คือการ hydrolysis ของ amino group จะปลดปล่อย N ออกมาในรูปของ inorganic NH_4^+ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในกระบวนการนี้มีทั้งประเภท aerobic และ anaerobic ซึ่งอยู่ในกลุ่มของ bacteria fungi และ actinomycetes



จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ในปฏิกิริยาข้างบนนี้มีทั้ง bacteria fungi และ actinomycetes ซึ่งรวมเรียกกันว่า ammonifying microorganisms ซึ่งมีทั้งพวกต้องการออกซิเจน (aerobic) และไม่ต้องการออกซิเจน (anaerobic)

ขั้นตอนที่ 3 Nitrification หรือ กระบวนการเกิด NH_4^+ เป็นกระบวนการที่ NH_4^+ ที่ได้จากกระบวนการที่ 2 ถูกเปลี่ยนให้เป็น NO_3^- โดยจุลินทรีย์ผ่านปฏิกิริยาที่เรียกว่า biological oxidation ซึ่งกระบวนการเกิด NO_3^- นี้มี 2 ปฏิกิริยาเกิดขึ้นต่อเนื่องกันโดยการกระทำของแบคทีเรีย 2 กลุ่ม ซึ่งเรียกรวมกันว่า nitrifying bacteria หรือ nitrobacteria



ในดินที่มีการระบายอากาศดี N ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ NO_3^- ซึ่งพืชก็จะสามารถเจริญเติบโตได้แม้จะได้รับเฉพาะ NO_3^- เพียงอย่างเดียว เมื่อ NO_3^- เข้าสู่เซลล์พืชจะถูกรีดิวซ์จนได้ NH_4^+ แล้วจึงเข้ารวมกับสารอินทรีย์บางชนิดสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโน (ยงยุทธ โอสถสภา, 2552) อาจเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ NO_3^- และ NH_4^+ ของเซลล์พืชได้ 2 ประเด็น คือ

1. เมื่อพืชดูด NH_4^+ เข้าไปในเซลล์ก็นำไปสังเคราะห์กรดอะมิโนได้ทันที แต่ถ้าพืชดูด NH_4^+ เข้าไปมาก ก็ต้องใช้คาร์โบไฮเดรตมากในเวลาอันรวดเร็วด้วย เนื่องจากการสะสม NH_4^+ ในเซลล์อาจ

เป็นพิษหากการสังเคราะห์แสงขณะนั้นไม่สูงพอพืชอาจขาดแคลนคาร์โบไฮเดรต

2. ในกรณีที่พืชดูด NO_3^- เข้าไปในเซลล์ จะไม่มีความจำเป็นต้องใช้คาร์โบไฮเดรตในทันที เนื่องจาก NO_3^- ต้องผ่านกระบวนการรีดักชันเป็น NH_4^+ จึงจะนำไปสังเคราะห์กรดอะมิโน

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการ Nitrogen Mineralization

1. วัตถุดิบที่นำมาทำปุ๋ย

ส่วนประกอบของวัสดุอินทรีย์มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการ Nitrogen Mineralization เนื่องจากวัสดุทั้งหลายมีส่วนผสมของน้ำตาล โปรตีน ไขมัน ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และ เซลลูโลส ซึ่งมีความเข้มข้นต่างๆ กัน เฮมิเซลลูโลส เป็นโพลี่แซคคาไรด์ที่ประกอบด้วยหน่วยน้ำตาล 50-150 หน่วย ซึ่งค่อนข้างง่ายต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ส่วนเซลลูโลสเป็น โพลีเมอร์ที่ใหญ่กว่ามากและประกอบด้วยน้ำตาล 1,000-10,000 หน่วย ซึ่งยากต่อการย่อยสลาย (Diana *et al*., 2009) เซลลูโลสเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบซึ่งมีมากที่สุดในหมู่พืชในโลก และไม่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ในกระเพาะและลำไส้ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นส่วนใหญ่ สัตว์พวกนี้จึงไม่สามารถใช้เซลลูโลสให้เป็นประโยชน์ได้ แต่สัตว์จำพวกเคี้ยวเอื้อง เช่น วัว ควาย สามารถใช้เซลลูโลสเป็นอาหารได้ เพราะมีแบคทีเรียในกระเพาะซึ่งผลิตเอนไซม์ที่เรียกว่า เซลลูเลส ให้ย่อยสลายเซลลูโลสได้ สำหรับลิกนินนั้นเป็นสารผนังเซลล์ซึ่งยากต่อการถูกย่อยสลาย จากรายงานของ Dick และคณะ (1988) กล่าวว่า ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้มูลสัตว์ปีกเป็นวัตถุดิบ สามารถเกิดกระบวนการ Nitrogen Mineralization ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กากตะกอนน้ำเสีย (sewage sludges) และจากรายงานของ Seligman and Keulen (1981) กล่าวว่าองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่นำมาทำปุ๋ย เช่น hemicellulose, cellulose และ lignin ทำให้ปุ๋ยเกิดกระบวนการ Nitrogen Mineralization ได้แตกต่างกัน วัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของ lignin สูงจะยากต่อการย่อยสลายจึงทำให้กระบวนการ Nitrogen Mineralization เกิดขึ้นต่ำ (Trinsoutrot *et al*., 2000) ซึ่งสามารถแบ่งวัตถุดิบออกเป็นสองพวก คือ

1.1 วัตถุดิบที่สลายตัวง่าย เช่น ผักตบชวา ต้นกล้วย ใบตอง เศษหญ้าสด เศษหญ้าพืชอมน้ำ เศษผัก กากเมล็ดข้าวฝ่าง พืชตระกูลถั่วต่างๆ เช่น ใบกระถิน ใบจามจุรี ต้นถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วฝักยาว โสน ปอเทือง ฯลฯ

1.2 วัตถุดิบที่สลายตัวยาก เช่น ฟางข้าว แกลบ ชานอ้อย ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว ต้นข้าวโพด ซังข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง

2. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N)

ปริมาณ N และอัตราส่วน C:N สำคัญมากสำหรับกระบวนการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ (Douglas *et al*., 2001) Alexander (1977) รายงานว่า ประมาณ 20-40% ของ C ที่มีใน

วัตถุดิบจะถูกใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์ในกระบวนการ Nitrogen Mineralization ส่วนที่เหลือจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซ CO_2 ในกระบวนการสร้างพลังงานอย่างไรก็ดี เซลล์จุลินทรีย์เหล่านี้มี C เป็นองค์ประกอบ 50% มี N 5% ตามน้ำหนักแห้ง ดังนั้น ความต้องการ N ในวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยอินทรีย์เริ่มต้นจะเป็น 2-4% ของ C เริ่มต้น วัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหากมีอัตราส่วน C:N สูงทำให้กระบวนการ Nitrogen Mineralization เกิดขึ้นอย่างช้าๆ หรือ Immobilization (Ahmad *et al*., 2007)

3. อุณหภูมิในดิน

จากรายงานของ Kelderer *et al*. (2008) กล่าวว่า เมื่ออุณหภูมิในดินต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส ทำให้กระบวนการ Nitrogen Mineralization เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เช่นเดียวกับ Cabrera *et al*. (2005) กล่าวว่า กระบวนการ Nitrogen Mineralization จะเกิดขึ้นได้มากเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นในดิน

4. เนื้อดิน (soil texture)

เนื้อดินมีผลต่อกระบวนการ Nitrogen Mineralization โดยในดินเหนียวจะเกิด Nitrogen Mineralization ต่ำ (Chae *et al*., 1986)

5. อัตราการใช้ที่แตกต่างกัน

อัตราการใช้ที่แตกต่างกันมีผลทำให้เกิดกระบวนการ Nitrogen Mineralization ที่แตกต่างกัน (Ma *et al*., 1999) เมื่อใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 20 40 60 Mg ha^{-1} บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 84 วัน พบว่า เกิดกระบวนการ Nitrogen Mineralization 722 513 441 g Kg^{-1} ตามลำดับ (Kara *et al*., 2006)

6. ระยะเวลาในการย่อยสลาย

จากรายงานของ จันทร์จรัส วีรสาร และคณะ (2550) ซึ่งได้ศึกษาปริมาณการปลดปล่อย N (Nitrogen Mineralization) จากมูลโคในช่วง 0 1 2 4 6 และ 8 สัปดาห์ของการหมัก โดยผสมดินกับมูลโคขุนและมูลโคเลี้ยงปล่อยในอัตราที่ให้ N ทั้งหมดเท่ากับ 100 มิลลิกรัม N/กิโลกรัม หมักที่ระดับความชื้นสนาม พบว่า มูลโคขุนมีการปลดปล่อย N ที่เป็นประโยชน์ในปริมาณที่สูงกว่ามูลโคเลี้ยงปล่อย และปริมาณ N ที่เป็นประโยชน์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาของการหมักเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 4 จากนั้นจึงมีค่าลดลง และจากรายงานของ Robert *et al*. (2008) กล่าวว่า ปุ๋ยอินทรีย์มีการย่อยสลายอย่างช้า ๆ มีการปลดปล่อย N ออกมาอย่างช้าๆ ใช้เวลาในการย่อยสลายนานหลายเดือนหรือเป็นปี

2.7 บทบาทของปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงดิน

1. สมบัติดินด้านกายภาพ เนื่องจากอินทรีย์สารในปุ๋ยอินทรีย์มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง และมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคที่พอเหมาะ เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงไปในดินจึงทำให้สามารถ

อุ้มน้ำได้ดีขึ้น ทำให้อนุภาคหยาบๆ เกาะตัวกันดีขึ้น จึงทำให้ดินทรายจับตัวกันดีขึ้น ส่วนดินเหนียวจะร่วนขึ้น โปร่งขึ้น มีการระบายน้ำและอากาศที่ดี ความหนาแน่นลดลง ไม่แข็งจัดเมื่อแห้ง แต่อย่างไรก็ตามผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางกายภาพของดินจะไม่เป็นผลที่ยั่งยืนถาวร จะขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของปุ๋ยที่ใช้ ความถี่ในการใส่และอัตราการสลายตัวขององค์ประกอบของปุ๋ย Gosling *et al*. (2005) กล่าวว่า การเพิ่มอินทรียวัตถุลงในดินในรูปแบบต่าง ๆ (ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ) ส่งผลให้คุณสมบัติทางด้านกายภาพของดินดีขึ้น เนื่องจากอินทรียวัตถุที่มีในปุ๋ยอินทรีย์ช่วยทำให้อนุภาคดินจับตัวกันเป็นก้อน (aggregation) ซึ่งการจับตัวเป็นเม็ดของดินทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น โครงสร้างของดิน (soil structure) ความหนาแน่น (bulk density) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) การระบายน้ำ และความพรุน (porosity) และการซึมผ่านของน้ำลงไปในดิน (permeability) ของดินดีขึ้น และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะมีประโยชน์มากเพราะอาจจะช่วยให้ดินร่วนซุยขึ้นทำให้รากของพืชผักเจริญเติบโตได้เร็ว แตกแขนงแพร่กระจายไปได้มาก มีระบบรากที่สมบูรณ์ทำให้สามารถดูดซับแร่ธาตุอาหารได้รวดเร็ว (กรมวิชาการเกษตร, 2549)

2. สมบัติดินด้านเคมี ปุ๋ยอินทรีย์มีเกลือที่ละลายน้ำได้อยู่ต่ำและสลายตัวให้ฮิวมัสซึ่งมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุสูง จึงมักปรากฏผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินในลักษณะเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของพืชดีขึ้น เนื่องจากในปุ๋ยอินทรีย์มีอินทรีย์สารที่มีตำแหน่งของการแลกเปลี่ยนประจุในปริมาณสูง จึงมักเจือจางความเข้มข้นของไอออนที่อยู่บริเวณรอบ ๆ และควบคุมปฏิกิริยาทางเคมีในดินให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ไม่เปลี่ยนแปลงไปมาอย่างฉับพลัน จึงช่วยให้พืชเจริญเติบโตสม่ำเสมอดีขึ้น แต่ในปุ๋ยอินทรีย์บางชนิดอาจมีปริมาณธาตุอาหารบางธาตุสูงมากและมี C/N แคบจึงสลายง่าย ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในดินอย่างฉับพลันจึงทำให้เกิดอันตรายต่อพืชโดยความร้อนที่เกิดจากการสลายตัวอย่างรวดเร็ว และปุ๋ยอินทรีย์ที่มี C/N กว้าง เมื่อใส่ลงไปในดินจะทำให้เกิดอาการขาดธาตุ N อย่างรุนแรงในระหว่างการสลายตัว อย่างไรก็ตาม โดยทั่ว ๆ ไปจะไม่พบว่าผลตกค้างจากปุ๋ยอินทรีย์ปรากฏผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช

3. สมบัติดินด้านชีวภาพ ปุ๋ยอินทรีย์เมื่อใส่ลงไปในดินจะช่วยเพิ่มชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ดิน เช่น แบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซีท ทำให้เกิดกิจกรรมทางชีวเคมีในดินขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งกิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ล้วนมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดิน จะทำให้มีการหมุนเวียนธาตุอาหารในรูปต่าง ๆ ไว้ไม่ให้สูญหายไปในเวลาอันสั้น

2.8 ข้อจำกัดของปุ๋ยอินทรีย์

ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน ซึ่งมีผลโดยตรงต่อสภาวะและระดับความเป็นประโยชน์ได้ของธาตุอาหาร

ต่อ พืช ปุ๋ยอินทรีย์มีข้อจำกัดที่จะต้องคำนึงถึงดังนี้

1. ปุ๋ยอินทรีย์มีธาตุอาหารพืชอยู่น้อย (ตารางที่ 1) หากต้องการให้พืชได้รับธาตุอาหารที่เท่ากันเพื่อยกระดับผลผลิตให้ได้เท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมี จะต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณที่มากกว่าทำให้ต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นจำนวนมาก เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูง และแรงงานในการใส่ปุ๋ยมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี

2. การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ไม่สามารถปรับแต่งปุ๋ยให้เหมาะสมกับดินและพืชได้ เนื่องจากแหล่งของปุ๋ยอินทรีย์จะได้มาจากซากพืชและสัตว์ มีในปริมาณน้อย และสัดส่วนของธาตุอาหารพืชต่าง ๆ ในปุ๋ยอินทรีย์ผันแปรในช่วงที่แคบมาก ทำให้ไม่สามารถปรับสมดุลของธาตุอาหารพืชในดินได้เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี การที่ไม่สามารถปรับธาตุอาหารพืชในดินให้สมดุลได้นี้ ไม่เพียงแต่จะทำให้ได้ผลผลิตพืชต่ำแล้วยังอาจทำให้พืชมีการสะสมธาตุอาหารบางชนิดมากเกินไป (กรมวิชาการเกษตร , 2549)

3. การควบคุมปุ๋ยอินทรีย์ให้ปลดปล่อยธาตุอาหารให้ตรงเวลากับที่พืชต้องการนั้นได้ยาก เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาอย่างช้าๆ การใส่ล่วงหน้าเวลานาน ๆ และในปริมาณที่มากเพื่อให้พืชได้ใช้ทันเวลา บางครั้งไม่ตรงกับความชื้นที่เหมาะสมในดิน เช่น เกิดสภาวะฝนแล้ง และเมื่อฝนตกลงมาภายหลังซึ่งอาจใกล้ถึงเวลาเก็บเกี่ยวแล้ว ปุ๋ยอินทรีย์จึงมีประโยชน์ต่อพืชน้อยลงและเกิดการสะสมในดินโดยไม่มีพืชดูดไปใช้ เกิด NO_3^- ชะล้างลงดิน ส่งผลกระทบต่อมลภาวะในน้ำ ซึ่งเป็นอันตรายต่อพืชและสัตว์ได้และเนื่องจากผืชผักมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว เช่น ผักคะน้า ต้องการแร่ธาตุอาหารจากดินเป็นปริมาณมากในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาอย่างช้า ๆ จึงไม่ทันกับความต้องการของพืชผักที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ซึ่งต้องการ N ในปริมาณมากในการเจริญเติบโต แต่สำหรับพืชผักนั้นเมื่อมีการปลูกโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังคงให้ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกผักโดยใช้ปุ๋ยเคมีในระบบเกษตรเคมี

4. ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในสภาวะฝนตกมากหรือน้ำขัง การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณมากทำให้ดินเกิดสภาพมี O_2 ไม่เพียงพอ สภาพเช่นนี้ทำให้เกิดก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ได้ง่ายในดิน ซึ่งก๊าซทั้งสองชนิดนี้ เมื่อระเหยสู่บรรยากาศจะเกิดปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก ทำให้โลกร้อน โดยเฉพาะปุ๋ยอินทรีย์ที่มีอัตราส่วนระหว่าง C/N ที่กว้าง และสารอินทรีย์ที่เกิดจากเศษพืชที่ยังไม่สลายตัวจะมีผลดังกล่าวมากกว่าปุ๋ยหมักที่มีอัตราส่วนระหว่าง C/N ที่แคบ

5. ปุ๋ยอินทรีย์บางชนิดมีธาตุโลหะหนักหรือสารพิษปนเปื้อน วัสดุอินทรีย์ที่ใช้ทำปุ๋ยอินทรีย์บางชนิด อาจมีโลหะหนักหรือสารพิษติดมา เช่น วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจมีโลหะหนัก เช่น แคดเมียม (Cd) สังกะสี (Zn) ปรอท (Hg) ตะกั่ว (Pb) ติดมาเกินค่าความปลอดภัยเมื่อพืชดูดไปใช้ คนหรือสัตว์ที่บริโภคพืชจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อาจเกิดอันตรายได้ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์

ที่ไม่ระมัดระวังจะเกิดความเสี่ยงต่อการสะสมโลหะหนักหรือสารพิษในดินได้มากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์

ชนิดของปุ๋ย	ไนโตรเจน (%N)	ฟอสฟอรัส (%P)	โพแทสเซียม (%K)
แหนแดง	3.3	0.57	1.23
กากส่าเหล้า	2.06	0.17	1.03
Filter cake จากโรงงานน้ำตาล	1.01	2.41	0.44
Sludge จากโรงงานสุรา	5.94	0.56	0.50
กากละหุ่งจากโรงงานน้ำมัน	5.26	1.12	0.58
มูลโค	1.10	0.40	1.60
มูลกระบือ	0.97	0.60	1.66
มูลสุกล	1.30	2.40	1.00
มูลไก่	2.42	6.29	2.11
มูลเป็ด	1.02	1.84	0.52
มูลค้างคาว	1.54	14.2	0.60
ปุ๋ยหมักฟางข้าว	1.34	0.53	0.97
กากอ้อย	0.62	0.99	0.46
กากเมล็ดนุ่น	4.69	2.28	1.45
กากเมล็ดฝ้าย	6.92	2.96	1.12
กระดูกป่น	3.4	27.1	0.04
ฟางข้าว	0.59	0.08	1.72
แกลบ	0.46	0.26	0.70
ละอองข้าว	2.71	0.68	0.56
ขี้เถ้าแกลบ	0.00	0.15	0.81

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2549)

2.9 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเกิดจากกระบวนการหมักเศษวัสดุอินทรีย์ภายใต้สภาพมีอากาศและในสภาพไม่มีอากาศเป็นการย่อยสลายอินทรีย์สาร โดยกระบวนการทางชีววิทยาของจุลินทรีย์เป็นตัวการย่อย

สลายให้แปรสภาพเป็นแร่ธาตุที่มีลักษณะค่อนข้างคงรูปและสามารถใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของดิน (Elanine, 2003)

ประเภทของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ 2 ประเภท ตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตได้ 2 ประเภท (อภิรักษ์ ภาวิน, 2549) คือ

1. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตจากพืช

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตจากพืชนี้ผลิตโดยการหมักเศษพืชสดในภาชนะที่มีฝาเปิดกว้าง ใช้เศษพืชผสมกับกากน้ำตาล ในอัตราส่วนน้ำตาลต่อเศษพืช เท่ากับ 1:3 หมักในสภาพที่ไม่มีอากาศ ปิดฝาภาชนะหลังจากบรรจุเศษพืชลงภาชนะแล้วตั้งทิ้งไว้ในที่ร่มเพื่อให้มีการหมักต่อไปประมาณ 3-7 วัน นอกจากการใช้เศษพืชแล้วอาจผลิตโดยใช้ขยะเปียก ได้แก่ เศษอาหาร เศษผัก ผลไม้ จำนวน 1 กิโลกรัม มาใส่ลงในถังหมักแล้วโรยตัวเร่งจุลินทรีย์ลงไป ภายใน 10-14 วัน จะเกิดการย่อยสลายของขยะเปียกบางส่วนกลายเป็นน้ำ น้ำที่ละลายออกมาจากขยะเปียกสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยโดยตรง โดยนำไปเจือจางด้วยอัตราส่วนน้ำปุ๋ย 1 ส่วน ต่อน้ำ 100-1,000 ส่วน ในการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำยังสามารถใช้สมุนไพรที่มีศักยภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เช่น เมล็ดสะเดา ตะไคร้หอม หนอนตายหยาก ว่านน้ำ ข่า สาบเสือ นำมาหมักได้ด้วยเพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำสมุนไพรที่สามารถใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืช

2. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตจากสัตว์

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำประเภทนี้สามารถใช้ปลาหรือหอยเชอรี่ในการหมัก ในกรณีที่ใช้ปลาจะใช้เศษอวัยวะปลา ได้แก่ หัวปลา ก้างปลา หางปลา พุงปลา และเลือด กากน้ำตาล 20 กิโลกรัม สารเร่งผลิตปุ๋ยหมัก 200 กรัม ใส่ลงในถัง 200 ลิตร และผสมน้ำพอท่วมเศษปลาแล้วคนให้เข้ากัน ไม่ปิดฝา คนวันละ 4-5 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการหมัก 20-30 วัน ปลาจะย่อยสลายหมด เติมน้ำให้เต็มถังแล้วคนให้เข้ากันก่อนจะนำไปใช้ ในกรณีใช้หอยเชอรี่ในการผลิตจะนำหอยเชอรี่ทั้งตัวมาทุบหรือบดให้ละเอียด นำมาผสมกับกากน้ำตาลและน้ำหมักหัวเชื้อจุลินทรีย์ในอัตราส่วน 3:3:1 คนให้เข้ากันแล้วปิดฝาทิ้งไว้ สังเกตดูว่ามีกลิ่นเหม็นหรือไม่ ถ้ามีกลิ่นเหม็นให้ใส่กากน้ำตาลเพิ่มขึ้นและคนให้เข้ากันจนกว่าจะหายเหม็น ทำอย่างนี้เรื่อย ๆ จนกว่าจะไม่เกิดก๊าซให้เห็นบนผิวหน้าของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากหอยเชอรี่ดังกล่าว

กระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Decomposition)

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เกิดจากกระบวนการหมักภายใต้สภาพมีอากาศ จุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญที่ก่อให้เกิดการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์เป็นการสร้างสภาวะที่จุลินทรีย์ชนิดที่ดำรงชีพโดยใช้ออกซิเจนย่อยสารอาหารแล้วเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และกลายสภาพเป็นแร่ธาตุเป็นกระบวนการที่ไม่เกิดก๊าซกลิ่นเหม็น ผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการหมักภายใต้สภาพมีอากาศ คือ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แอมโมเนีย (NH_3) น้ำ (H_2O) และความร้อน (กรมวิชาการเกษตร, 2549)

กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Decomposition)

จุลินทรีย์จะย่อยสลายมูลสัตว์จนมีอณูเล็กลงและได้สารที่จุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างก๊าซมีเทนนำไปสร้างก๊าซมีเทนในที่สุด โดยมีการแบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การย่อยสลายสารอินทรีย์

เป็นปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Hydrolytic stage) ที่มีโมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน โดยกลุ่มของแบคทีเรีย ให้เป็นโมเลกุลเล็กละลายน้ำได้ เช่น กลูโคส กรดอะมิโน กลีเซอรอล เป็นต้น ในขณะเดียวกันผลจากปฏิกิริยาย่อยสลายนี้จะเป็นก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแอลกอฮอลล์ จากปฏิกิริยานี้จึงทำให้สภาพในบ่อหมักมีความเป็นกรด และแบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพความเป็นกรดจะทำหน้าที่ต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างกรดอะซิติก (Acetogenic stage)

การสร้างกรดอะซิติกจากกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติก ในขณะเดียวกันผลจากปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างก๊าซมีเทน (Methanogenic stage)

ปฏิกิริยาการสร้างก๊าซมีเทนโดยแบคทีเรียชนิดที่ผลิตก๊าซมีเทน ซึ่งมีอยู่หลายชนิดและเป็นแบคทีเรียที่ต้องอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ก๊าซมีเทนอาจเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดอินทรีย์กับน้ำ และ CO_2 กับ H ก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะลอยตัวขึ้นเหนือผิวน้ำ ก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-80% CO_2 ประมาณ 30-50% ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่น ๆ เช่น NH_3 ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นต้น (Tani *et al*., 2006; Zhang *et al*., 2007)

2.10 องค์ประกอบและสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตจากเศษวัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วยธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) และแมงกานีส (Mn) นอกจากนี้ยังพบสารฮอร์โมนหลายชนิด เช่น ออกซิน จิบเบอร์เรลลิน ไซโตไคนิน เป็นต้น

2.11 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

การย่อยสลายสารอินทรีย์มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิ (Temperature) การย่อยสลายอินทรีย์ในสภาพไม่มีออกซิเจน สามารถเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิ ที่กว้างมากตั้งแต่ 4-60 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์

2. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีความสำคัญต่อการหมักมาก ช่วงความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ในระดับ 6.6-7.5 ถ้าต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างก๊าซมีเทน

3. อัลคาลินิตี้ (Alkalinity) หมายถึง ความสามารถในการรักษาระดับ pH ค่าที่เหมาะสมประมาณ 1,000-5,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต

4. สารอาหาร (Nutrients) สารอินทรีย์ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ มีสารอินทรีย์ในอัตราส่วน C:N ในอัตรา 25:1

5. สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic Materials) เช่น กรดไขมันระเหยได้ H_2 หรือ NH_3 สามารถทำให้กระบวนการย่อยสลายในสภาพไม่มีออกซิเจนหยุดชะงัก

6. สารอินทรีย์และลักษณะของสารอินทรีย์สำหรับกระบวนการย่อยสลาย ซึ่งมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.12 การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ปุ๋ยที่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สมบูรณ์ N ในรูปอินทรีย์สารจะสลายตัวโดยการทำงานของจุลินทรีย์ไปอยู่ในรูป NH_3 และเปลี่ยนเป็น NH_4^+ หลังจากลงดินแล้ว NH_4^+ จะถูกเปลี่ยนโดย nitrifying bacteria เป็น NO_3^- พืชสามารถดูด N ได้ทั้งในรูปของ NH_4^+ และ NO_3^- (พรพิมล เลี้ยงสิทธิสกนธ์ และคณะ, 2528) และนอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้จากมูลสุกรเป็นปุ๋ย N และทดแทนน้ำชลประทานสำหรับหญ้ากินนีที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ทำให้ผลผลิตของหญ้ากินนีเพิ่มขึ้นเทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี N โดยยังคงคุณค่าด้านโภชนาการทางอาหารสัตว์เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี อีกทั้งยังมีแนวโน้มทำให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินบางประการ เช่นสถานะการเกิดเม็ดดินดีขึ้นและไม่มีผลทำให้ปริมาณ NO_3^- ในน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้น (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2538) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำยังอาจมีผลทำให้ปริมาณ P ที่เป็นประโยชน์ในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นได้ (Bonciarelli, 1977) แต่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมักไม่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ไม่ทำให้ความหนาแน่นรวมของดินเปลี่ยนแปลง (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2538) และการใช้ฉีดพ่นทางใบจะต้องทำให้เจือจางก่อนใช้เนื่องจากมีความเข้มข้นสูงอาจทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชได้

2.13 ผักคะน้า

คะน้าฮ่องกง (*Brassica oleracea*) นิยมปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ เป็นพืชผักใบเขียวที่รับประทานทั่วไปโดยบริโภคส่วนของใบและลำต้น มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชียและปลูกกันมากในประเทศจีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซียและประเทศไทย ผักคะน้าเป็นผักอายุ 2 ปี แต่ปลูกเป็นผักฤดู

เดียว อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน สามารถปลูกได้ตลอดปี แต่เวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดในช่วงเดือนตุลาคม-เมษายน ผักคะน้าต้องการธาตุอาหารสูงในการเจริญเติบโต

สภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสม

คะน้า เป็นผักที่สามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมีความเป็น กรดเป็นด่าง (pH) ของดินอยู่ระหว่าง 5.5-6.8 และมีความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอ ต้องการแสงแดดเต็มที่ คะน้าเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียส แต่ก็สามารถทนทานต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้ดี

การเตรียมดินปลูก

เนื่องจากคะน้าเป็นผักรากตื้นจึงควรขุดดินให้ลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร ตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7-10 วัน แล้วนำปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วมาใส่คลุกเคล้าให้เข้ากับดิน พรวนย่อยหน้าดินให้มีขนาดเล็ก เพื่อมิให้เมล็ดตกลึกลงไปในดิน เพราะจะไม่งอกหรืองอกยากมาก ถ้าดินเป็นกรดควรใส่ปูนขาวเพื่อปรับปรุงดินให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

วิธีปลูก

นิยมปลูกแบบหว่านกระจายทั่วแปลง หรือโรยเมล็ดแบบแถวเดียว การหว่านเมล็ดกระจายทั่วแปลงเหมาะสำหรับแปลงปลูกขนาดใหญ่เป็นการค้า ส่วนแบบแถวเดียวเหมาะสำหรับแปลงปลูกขนาดเล็กหรือผักสวนครัว หลังจากหว่านเมล็ดให้ใช้ดินผสมหรือปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้วหว่านกลบเมล็ดให้หนาประมาณ 0.6-1 เซนติเมตร เพื่อเก็บรักษาความชื้นให้เมล็ดและป้องกันเมล็ดถูกน้ำกระแทกกระจาย คลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้งสะอาดบาง ๆ รดน้ำให้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ

การปฏิบัติดูแลรักษา

คะน้าต้องการน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ หากคะน้าขาดน้ำจะทำให้ชะงักการเจริญเติบโตและคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่เมล็ดเริ่มงอกยิ่งขาดน้ำไม่ได้เลย วิธีการให้น้ำคะน้าโดยใช้บัวฝอย หรือใช้เครื่องฉีดฝอยฉีดให้ทั่วและชุ่ม ให้น้ำคะน้าวันละ 2 เวลาคือเช้าและเย็น

ความต้องการธาตุอาหารของผักคะน้า

คะน้าเป็นพืชตระกูล Brassica ซึ่งเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารสูงโดยเฉพาะธาตุ N จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า พืชตระกูล Brassica มีความต้องการธาตุอาหารสูงกว่าพืชโดยทั่วไปเนื่องจากคะน้าเป็นพืชที่กินใบและลำต้น ซึ่งการผลิตคะน้าในระบบเกษตรอินทรีย์ให้ได้ผลดีจำเป็นต้องมีการจัดการธาตุอาหารเพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า คำแนะนำในการใส่ปุ๋ยของผักคะน้าโดยทั่วไป คือ 40 กิโลกรัม N /ไร่ หากใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณ N เท่ากับ 1% เพื่อให้ได้ N ที่เพียงพอกับความต้องการของผักคะน้า จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 4,000 กิโลกรัม/ไร่ แต่การย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ จึงต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์มากกว่า 4,000 กิโลกรัม/ไร่ เพื่อให้

ปุ๋ยอินทรีย์สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้ทันเวลากับที่ผักคะน้าต้องการ เมื่อเกิดการชะล้างจะทำให้เกิดการสะสมของ NO_3^- ในน้ำใต้ดินซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบพืชโดยทั่วไปและพืชตระกูล Brassica

ธาตุอาหาร	ธาตุอาหารในใบพืชโดยทั่วไป	ธาตุอาหารในใบพืชตระกูล Brassica
N	2.5-4.5 %	4.5-4.8 %
P	0.3-0.5 %	0.8-0.9 %
K	1.5-3.5 %	3.5-4.2 %
Ca	0.3-2.5 %	2.9-3.1 %
Mg	0.2-0.6 %	0.4-0.5 %
S	0.2-0.3 %	-
Fe	50-250 mg kg^{-1}	-
Mn	25-150 mg kg^{-1}	25-150 mg kg^{-1}
Cu	5-20 mg kg^{-1}	1-5 mg kg^{-1}
Zn	20-50 mg kg^{-1}	45-95 mg kg^{-1}
B	20-200 mg kg^{-1}	30-200 mg kg^{-1}
Mo	0.5 mg kg^{-1}	-

ที่มา : สมศักดิ์ มณีพงษ์ (2537)

จากการตรวจเอกสารจะเห็นได้ว่า การควบคุมปุ๋ยอินทรีย์ให้ปลดปล่อยธาตุอาหารพืชให้ตรงเวลากับที่พืชต้องการได้ยาก เนื่องจากมีการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาอย่างช้า ๆ เมื่อใส่ลงไปในดินต้องผ่านกระบวนการย่อยสลาย (Mineralization) เพื่อปลดปล่อยธาตุอาหารพืชให้อยู่ในรูปอนินทรีย์ (เช่น NH_4^+ และ NO_3^-) พืชจึงสามารถดูดไปใช้ได้ สำหรับพืชอายุสั้น เช่น ผักคะน้านั้นมีการเจริญเติบโตเร็ว และมีความต้องการ N สูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชโดยทั่วไป ซึ่งการปลดปล่อย N ในปุ๋ยอินทรีย์ไม่ทันกับความต้องการของพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งแก้ไขปัญหาการปลดปล่อย N ของปุ๋ยอินทรีย์ โดยศึกษาวิธีการเร่งการปลดปล่อย N จากปุ๋ยอินทรีย์โดยนำปุ๋ยอินทรีย์หมักในน้ำเพื่อให้มีการย่อยสลายธาตุอาหารให้อยู่ในรูปอนินทรีย์สารละลายอยู่ในน้ำและนำไปใช้ในระบบเกษตรอินทรีย์โดยทดลองกับผักคะน้า ซึ่งเป็นตัวแทนของพืชอายุสั้นที่ต้องการ N ในปริมาณมากในระยะเวลาสั้น ๆ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 อิทธิพลของสภาพการหมักและอัตราส่วนของปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำต่อการปลดปล่อย N จากปุ๋ยอินทรีย์และการเจริญเติบโตของผักคะน้า

3.1.1 การปลดปล่อย N จากการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในน้ำในห้องปฏิบัติการ

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 5 Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยการทดลอง คือ

ปัจจัยที่ 1 คือ สภาพการหมัก 2 สภาพ ได้แก่

สภาพ ที่ 1 แบบมีอากาศ

สภาพ ที่ 2 แบบไม่มีอากาศ

ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราปุ๋ยอินทรีย์:น้ำ ได้แก่

ระดับที่ 1 อัตรา 1:1

ระดับที่ 2 อัตรา 1:2

ระดับที่ 3 อัตรา 1:4

ระดับที่ 4 อัตรา 1:6

ระดับที่ 5 อัตรา 1:8

ได้ตำรับการทดลอง 10 ตำรับการทดลอง คือ

1. แบบมีอากาศ (อัตรา 1:1)
2. แบบมีอากาศ (อัตรา 1:2)
3. แบบมีอากาศ (อัตรา 1:4)
4. แบบมีอากาศ (อัตรา 1:6)
5. แบบมีอากาศ (อัตรา 1:8)
6. แบบไม่มีอากาศ (อัตรา 1:1)
7. แบบไม่มีอากาศ (อัตรา 1:2)
8. แบบไม่มีอากาศ (อัตรา 1:4)
9. แบบไม่มีอากาศ (อัตรา 1:6)
10. แบบไม่มีอากาศ (อัตรา 1:8)

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมปุ๋ยอินทรีย์แห้ง โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้งที่ผลิตโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งผ่านกระบวนการหมักแล้ว นำมาตากแห้งให้มีความชื้นประมาณ 15-20% เก็บตัวอย่างปุ๋ยมาวิเคราะห์ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยอัตราส่วน ปุ๋ย:น้ำ เท่ากับ 1:1 ด้วยเครื่อง pH meter ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อัตราส่วน ปุ๋ย:น้ำ เท่ากับ 1:5 ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter วิเคราะห์อินทรียวัตถุ (OM) ด้วยวิธี Walkley and Black (Black,1965) วิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl วิเคราะห์ NO_3^- และ NH_4^+ ด้วยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1996) วิเคราะห์ P ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัด %P ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Hesse, 1971) วิเคราะห์ K Ca Mg Fe Mn Cu และ Zn ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของปุ๋ยอินทรีย์แห้งแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์แห้งที่ใช้ในการทดลอง

สมบัติทางเคมี	ค่าวิเคราะห์
pH	7.13
EC (mS/cm)	2.06
Organic matter (%)	15.54
Total N (%)	0.88
C:N	10.26
NH_4^+ (mg kg^{-1})	150
NO_3^- (mg kg^{-1})	824
Inorganic N (mg kg^{-1})	974
P (%)	2.11
K (%)	0.86
Ca (%)	0.95
Mg (%)	0.35
Fe (mg kg^{-1})	5,030
Mn (mg kg^{-1})	406
Cu (mg kg^{-1})	37.87
Zn (mg kg^{-1})	27.68

2.2 การหมักปุ๋ยอินทรีย์ การหมักแบบมีอากาศ เติมอากาศลงไปโดยใช้ปั๊มอากาศส่วน ส่วนการหมักแบบไม่มีอากาศจะใช้ แอร์ ล็อค (Air lock) ติดที่ฝาของภาชนะที่ใช้หมักเพื่อระบายก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซชนิดอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักแต่อากาศภายนอกไม่สามารถเข้าได้ (ภาพภาคผนวกที่ 2) การหมักใช้ภาชนะพลาสติกขนาด 2,000 มิลลิลิตร จำนวน 4 ขวด ต่อหนึ่งตำรับการทดลอง วิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- ในสารละลายทุก 2 วัน หลังจากเปิดฝาภาชนะการหมักแบบไม่มีอากาศเพื่อเก็บตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์แล้วจะแทนที่อากาศในภาชนะด้วยก๊าซ N เพื่อไม่ให้มีก๊าซ O_2 อยู่ในภาชนะที่หมักแบบไม่มีอากาศ ทำการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละตำรับการทดลองเป็นเวลา 12 วัน แล้ววิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของสารละลาย ได้แก่ วิเคราะห์ pH ด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ EC ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter วิเคราะห์ OM ด้วยวิธี Walkley and Black (Black, 1965) วิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl วิเคราะห์ NO_3^- และ NH_4^+ ด้วยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1996) วิเคราะห์ P ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัด %P ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Hesse, 1971) วิเคราะห์ K Ca Mg Fe Mn Cu และ Zn ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001)

3. วิเคราะห์ผลการทดลอง

นำข้อมูลมาวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS v.13 for window เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan' New Multiple Range, Test)

3.1.2ผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการหมักในน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าที่ปลูกในกระถาง

หลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมักในห้องปฏิบัติการ นำปุ๋ยที่ได้จากการหมักมาทดสอบกับผักคะน้าในกระถางโดยเลือกการทดลองที่หมักในสภาพไม่มีอากาศเพราะให้ผลเหมือนกับการหมักในสภาพที่มีอากาศและเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง ปุ๋ยเคมีและไม่ใส่ปุ๋ย

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ 8 ตำรับการทดลอง ดัง ต่อไปนี้

1. ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)
2. ปุ๋ยเคมี
3. ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง
4. ปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำ อัตรา 1:1
5. ปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำ อัตรา 1:2
6. ปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำ อัตรา 1:4

7. ปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำ อัตรา 1:6
8. ปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำ อัตรา 1:8

2. วิธีการทดลอง

2.1 ใช้กระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ใส่ดินชุดดินจตุรัส (Fine, mixed, active isohyperthermic Typic Haplustalfs) เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ใส่ดินกระถางละ 5 กิโลกรัม ใส่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่หมักแล้วทั้งส่วนที่เป็นน้ำและกาก แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ เมื่อคะน้าอายุ 7 และ 14 วัน หลังจากย้ายกล้าปลูก ปุ๋ยอินทรีย์แห้งใส่พร้อมปลูกทั้งหมด ส่วนปุ๋ยเคมีใช้สูตร 40-22-22 ใส่พร้อมปลูกทั้งหมด ทุกตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยโดยมีปริมาณ N เริ่มต้นเท่ากันโดยให้มี N เท่ากับ 40 กิโลกรัม N/ไร่

2.2 ปลูกคะน้าฮ่องกง 1 ต้นต่อกระถางตามตำรับการทดลอง ปลูกในโรงเรือนที่ป้องกันแมลงและศัตรูพืช เป็นระยะเวลา 45 วัน

3. การเก็บข้อมูล

3.1 วิเคราะห์ดินทั้งก่อนและหลังการปลูก วิเคราะห์ pH โดยอัตราส่วน ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 วัดด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ EC อัตราส่วน ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5 วัดด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter วิเคราะห์ OM ด้วยวิธี Walkley and Black (Black, 1965) วิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl วิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- ด้วยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1996) วิเคราะห์ P ด้วยวิธี Bray II (Bray *et al*., 1945) วิเคราะห์ exchangeable K Ca และ Mg โดยสกัดดินด้วย NH_4OAc 1.0 M วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001) วิเคราะห์ Fe Mn Cu และ Zn สกัดดินด้วย DTPA วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Lindsay *et al*., 1978) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของดินก่อนปลูกแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณสมบัติต่างๆ ของดินก่อนปลูกผักคะน้าในกระถาง

สมบัติทางเคมี	ค่าวิเคราะห์
pH	8.41
EC (µS/cm)	216
Organic matter (%)	0.87
Total N (%)	0.13
NH_4^+ (mg kg^{-1})	7.01
NO_3^- (mg kg^{-1})	6.53
P (mg kg^{-1})	5.45
K (mg kg^{-1})	79.0
Ca (mg kg^{-1})	760
Mg (mg kg^{-1})	7.34
Fe (mg kg^{-1})	1.81
Mn (mg kg^{-1})	0.63
Cu (mg kg^{-1})	0.46
Zn (mg kg^{-1})	0.34

3.2 วัดความสูง จำนวนใบ สีใบของผักคะน้าทุก 7 วัน ส่วนน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง วัดที่ระยะเก็บเกี่ยว

3.3 วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในผักคะน้าหลังจากเก็บเกี่ยว โดยวิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl (Bremner, 1996) วิเคราะห์ P ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัด %P ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Hesse, 1971) วิเคราะห์ K Ca Mg Fe Mn Cu และ Zn ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001)

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

นำข้อมูลมาวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS v.13 for window เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan' New Multiple Range, Test) ของปริมาณธาตุอาหารในดิน ความสูงต้น น้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น ปริมาณธาตุอาหารในผักคะน้า และหาความสัมพันธ์ (Regression) ระหว่างปริมาณธาตุอาหารที่ปลดปล่อยต่อการดูดใช้และผลผลิตของผักคะน้า

3.2 การทดลองที่ 2 ผลของการสกัดอินทรีย์ N ก่อนการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพไม่มีอากาศต่อการปลดปล่อย N และการเจริญเติบโตของผักคะน้า

3.2.1 การปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในน้ำในห้องปฏิบัติการ

จากการทดลองที่ 1 พบว่าจากการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละตำรับการทดลองทั้งในสภาพมีอากาศและไม่มีอากาศ ปริมาณ NH_4^+ เพิ่มขึ้นแต่ NO_3^- ลดลงระหว่างการหมักทำให้อินทรีย์ N ลดลง จึงได้ทดลองสกัดอินทรีย์ N ด้วยน้ำออกมาเก็บไว้ก่อนโดยใช้อัตราปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำ 1:4 หลังจากนั้นนำกากที่เหลือไปหมักต่อในอัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำเท่าเดิม (1:4) เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำอินทรีย์ N ที่ได้จากการสกัดและจากการหมักกากปุ๋ยอินทรีย์ที่เหลือมารวมกันและเปรียบเทียบกับการหมักโดยไม่สกัดอินทรีย์ N และปุ๋ยอินทรีย์แห้ง

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ 3 ตำรับการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง
2. การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอินทรีย์ N
3. การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอินทรีย์ N

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมปุ๋ยอินทรีย์แห้ง ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีผลิตขึ้น ที่ผ่านกระบวนการหมักแล้ว นำมาตากแห้งให้มีความชื้นประมาณ 15-20% หลังจากนั้นวิเคราะห์ได้แก่ pH โดยอัตราส่วน ปุ๋ย:น้ำ เท่ากับ 1:1 ด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ EC อัตราส่วน ปุ๋ย:น้ำ เท่ากับ 1:5 ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter วิเคราะห์ OM ด้วยวิธี Walkley and Black (Black, 1965) วิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl วิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- ด้วยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1996) วิเคราะห์ P ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัด %P ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Hesse, 1971) วิเคราะห์ K Ca Mg Fe Mn Cu และ Zn ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001)

2.2 การหมักปุ๋ย

2.2.1 การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอินทรีย์ N ทำการหมักปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำในอัตรา 1:8 ในสภาพไม่มีอากาศ วัด NH_4^+ และ NO_3^- ในสารละลายทุก 2 วัน หมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำเป็นเวลา 12 วัน แล้ววิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ของสารละลาย ได้แก่ pH ด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ EC ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter วิเคราะห์ OM ด้วยวิธี Walkley and Black (Black, 1965) วิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl วิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- ด้วยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1996) วิเคราะห์ P ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัด %P ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Hesse,

1971) วิเคราะห์ K Ca Mg Fe Mn Cu และ Zn ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001)

2.2.2 การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N ทำการสกัดอนินทรีย์ N โดยใช้น้ำในอัตราส่วนปุ๋ยต่อน้ำ 1:4 ใส่น้ำในปุ๋ยแล้วเขย่าด้วยมือเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นกรองปุ๋ยด้วยผ้าขาวบาง ส่วนกากที่เหลือนำไปหมักต่อในอัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำเท่าเดิม (1:4) ในสภาพไม่มีอากาศ เป็นเวลา 12 วัน ทำการวัด NH_4^+ และ NO_3^- ในสารละลายทุก 2 วัน หมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำเป็นเวลา 12 วัน แล้ววิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ของสารละลาย ได้แก่ pH ด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ EC ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter วิเคราะห์ OM ด้วยวิธี Walkley and Black (Black, 1965) วิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl วิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- ด้วยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1996) วิเคราะห์ P ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัด %P ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Hesse, 1971) วิเคราะห์ K Ca Mg Fe Mn Cu และ Zn ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001)

3. วิเคราะห์ผลการทดลอง

นำข้อมูลมาวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS v.13 for window เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan' New Multiple Range, Test) ของการปลดปล่อย NH_4^+ และ NO_3^-

3.2.2 ผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการหมักในน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าที่ปลูกในกระถาง

นำปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการมาทำการทดสอบกับผักคะน้าในกระถางโดยเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้งและปุ๋ยเคมี

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ 5 ตำรับการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)
2. ปุ๋ยเคมี
3. ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง
4. ปุ๋ยจากการหมักโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N
5. ปุ๋ยจากการหมักโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N

2. วิธีการทดลอง

2.1 ใช้ในกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ใส่ดิน ชุดดินจตุรัส (Fine, mixed, active isohyperthermic Typic Haplustalfs) เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายมีความอุดมสมบูรณ์

ต่ำ ใส่ดินกระถางละ 5 กิโลกรัม ทดสอบกับปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการหมักโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่หมักแล้วทั้งส่วนที่เป็นน้ำและกาก ปุ๋ยอินทรีย์น้ำแบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ เมื่อคะน้าอายุ 7 และ 14 วัน หลังจากย้ายกล้าปลูก ส่วนปุ๋ยอินทรีย์แห้งใส่พร้อมปลูกทั้งหมด ส่วนปุ๋ยเคมีใช้สูตร 40-22-22 ใส่พร้อมปลูกทั้งหมดทุกตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยโดยมีปริมาณ N เริ่มต้นเท่ากัน (40 กิโลกรัม N/ไร่)

2.2 ปลูกคะน้าฮ่องกง 1 ต้นต่อกระถางตามตำรับการทดลอง ปลูกในโรงเรือนที่ป้องกันแมลงและศัตรูพืช เป็นระยะเวลา 45 วัน

3. การเก็บข้อมูล

3.1 วิเคราะห์ดินทั้งก่อนและหลังการปลูก วิเคราะห์ pH โดยอัตราส่วน ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 ด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ EC อัตราส่วน ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5 ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter วิเคราะห์ OM ด้วยวิธี Walkley and Black (Black, 1965) วิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl วิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- ด้วยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1996) วิเคราะห์ P ด้วยวิธี Bray II (Bray *et al*., 1945) วิเคราะห์ exchangeable K, Ca และ Mg โดยสกัดดินด้วย NH_4OAc 1.0 M วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001) วิเคราะห์ Fe Mn Cu และ Zn สกัดดินด้วย DTPA วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Lindsay *et al*., 1978) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของดินก่อนปลูกแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณสมบัติต่างๆ ของดินก่อนปลูกผักคะน้าในกระถาง

สมบัติทางเคมี	ค่าวิเคราะห์
pH	8.25
EC (µS/cm)	385
Organic matter (%)	0.97
Total N (%)	0.13
NH_4^+ (mg kg^{-1})	7.01
NO_3^- (mg kg^{-1})	12.2
P (mg kg^{-1})	9.44
K (mg kg^{-1})	54.0
Ca (mg kg^{-1})	616
Mg (mg kg^{-1})	11.2
Fe (mg kg^{-1})	1.81
Mn (mg kg^{-1})	0.61
Cu (mg kg^{-1})	0.34
Zn (mg kg^{-1})	0.29

3.2 วัดความสูง สีใบ จำนวนใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักคะน้าที่ระยะเก็บเกี่ยว

3.3 วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในผักคะน้าหลังจากเก็บเกี่ยว โดยวิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl (Bremner, 1996) วิเคราะห์ P ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัด %P ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Hesse, 1971) วิเคราะห์ K Ca Mg Fe Mn Cu และ Zn ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5 : 3 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001)

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

นำข้อมูลมาวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS v.13 for window เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan' New Multiple Range, Test) ของปริมาณธาตุอาหารในดิน ความสูงต้น น้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น ปริมาณธาตุอาหารในผักคะน้า

3.2.3 ผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการหมักในน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าที่ปลูกในแปลงทดลอง

นำปุ๋ยที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการมาทดสอบในแปลงทดลองกับผักคะน้า โดยเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้งและปุ๋ยเคมี ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จัดอยู่ในดินจตุรัส (Fine, mixed, active isohyperthermic Typic Haplustalfs)

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 5 ตำรับการทดลอง ปลูกพืชต่อเนื่อง 2 รุ่น ดังต่อไปนี้

1. ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)
2. ปุ๋ยเคมี
3. ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง
4. ปุ๋ยจากการหมักโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N
5. ปุ๋ยจากการหมักโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N

2. วิธีการทดลอง

ปลูกคะน้าฮ่องกงในระยะปลูก 20x20 เซนติเมตร ยกแปลงทดลองขนาด 1x5 เมตร ย่อยดินให้ละเอียดลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร แล้วตากดินทิ้งไว้ 7 วัน หลังการเตรียมดิน ใส่ปุ๋ยที่เตรียมไว้แต่ละตำรับการทดลอง คลุกเคล้ากับดินให้เข้ากัน ปลูกคะน้าฮ่องกง 1 ต้นต่อหลุม หลังจากนั้นให้น้ำวันละ 2 ครั้ง ปลูกในสภาพแวดล้อมปกติ ระยะเวลา 45 วัน ปลูกคะน้าฮ่องกงต่อเนื่อง 2 รุ่น โดยใส่ปุ๋ยใหม่ในแต่ละรุ่น ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในแต่ละตำรับการทดลองมีปริมาณ N เริ่มต้นเท่ากับ 40 กิโลกรัม N/ไร่

3. การเก็บข้อมูล

3.1 วิเคราะห์ดินทั้งก่อนและหลังการปลูก วิเคราะห์ pH โดยอัตราส่วน ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 ด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ EC อัตราส่วน ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5 ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter วิเคราะห์ OM ด้วยวิธี Walkley and Black (Black, 1965) วิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl วิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- ด้วยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1996) วิเคราะห์ P ด้วยวิธี Bray II (Bray *et al*., 1945) วิเคราะห์ exchangeable K Ca และ Mg โดยสกัดดินด้วย NH_4OAc 1.0 M วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001) วิเคราะห์ Fe Mn Cu และ Zn สกัดดินด้วย DTPA วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Lindsay *et al*., 1978) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของดินก่อนปลูกแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณสมบัติต่างๆ ของดินก่อนปลูกผักคะน้าในแปลงทดลอง

สมบัติทางเคมี	ค่าวิเคราะห์
pH	8.01
EC (µS/cm)	185
Organic matter (%)	1.48
Ds ($g\ cm^{-3}$)	1.18
Total N (%)	0.11
NH_4^+ ($mg\ kg^{-1}$)	7.44
NO_3^- ($mg\ kg^{-1}$)	8.80
P ($mg\ kg^{-1}$)	53.6
K ($mg\ kg^{-1}$)	27.6
Ca ($mg\ kg^{-1}$)	891
Mg ($mg\ kg^{-1}$)	8.24
Fe ($mg\ kg^{-1}$)	1.36
Mn ($mg\ kg^{-1}$)	0.68
Cu ($mg\ kg^{-1}$)	0.21
Zn ($mg\ kg^{-1}$)	0.20

3.2 วัดความสูง สีใบ จำนวนใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักคะน้า ที่ระยะเก็บเกี่ยว

3.3 วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในผักคะน้าหลังจากเก็บเกี่ยว โดยวิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl (Bremner, 1996) วิเคราะห์ P ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัด %P ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Hesse, 1971) วิเคราะห์ K Ca Mg Fe Mn Cu และ Zn ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001) วิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (Ds) วิธี Core method (Blake, 1965)

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

นำข้อมูลมาวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS v.13 for window เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan' New Multiple Range, Test) ของปริมาณธาตุอาหารในดิน ความสูงต้น น้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น ปริมาณธาตุอาหารในผักคะน้าและวิเคราะห์การ

ทดลองซ้ำหลายครั้งแนวเดียว เพื่อดูความดีเด่นของตำรับการทดลองและปฏิกิริยาระหว่างตำรับการทดลองและสภาพแวดล้อม

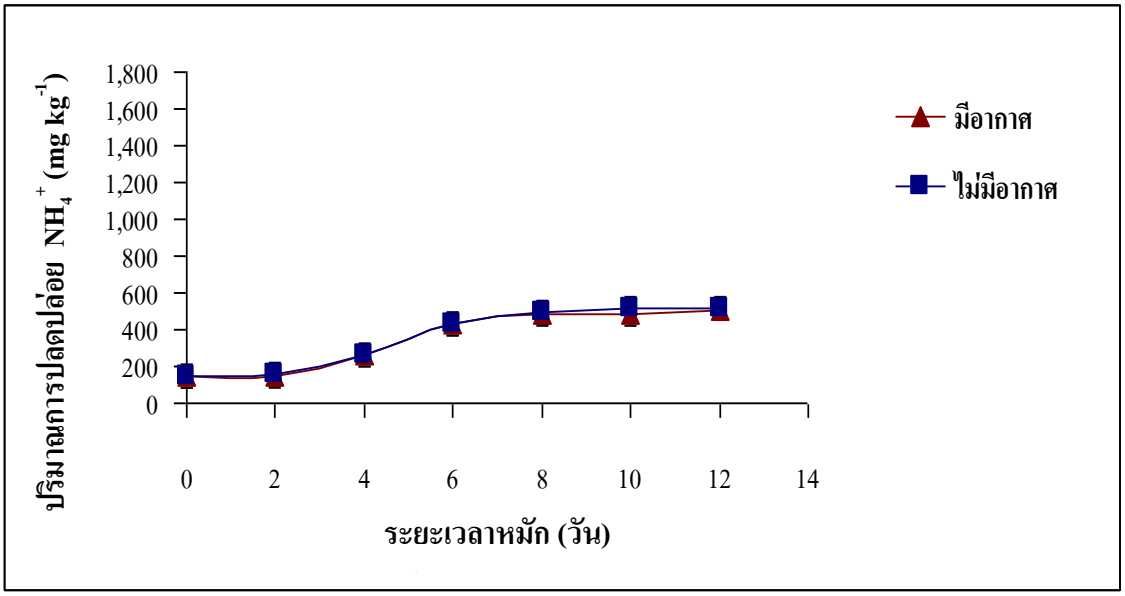
บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การทดลองที่ 1 อิทธิพลของสภาพการหมักและอัตราส่วนของปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำต่อการปลดปล่อย N และการเจริญเติบโตของผักคะน้า

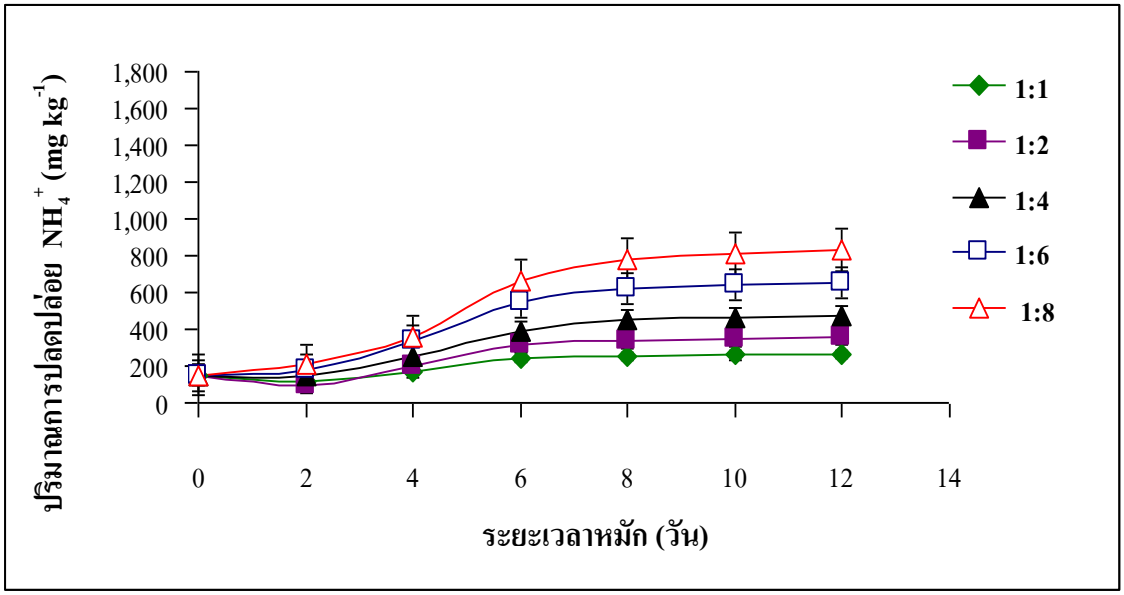
4.1.1 การปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ

1. การปลดปล่อยแอมโมเนียม (NH_4^+)

การปลดปล่อย NH_4^+ ให้อยู่ในสารละลายในสภาพการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย NH_4^+ ทั้งสองวิธีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในช่วงแรก (วันที่ 1 ถึง 6) ของการหมัก ส่วนช่วงหลัง (วันที่ 7 ถึง 12) เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (รูปที่ 1) แสดงให้เห็นว่าช่วงแรกเป็นการแปรสภาพอินทรีย์ N เป็น NH_4^+ จากสารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายแต่หลังจากนั้นเป็นการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ที่ยากต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และเมื่อพิจารณาถึงอัตราปุ๋ยอินทรีย์ :น้ำ ค่าเฉลี่ยของปริมาณ NH_4^+ ในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยอัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำ 1:8 มีการปลดปล่อย NH_4^+ ออกมามากที่สุด และอัตรา 1:1 มีการปลดปล่อยน้อยที่สุด (รูปที่ 2)



รูปที่ 1 ปริมาณการปลดปล่อย NH_4^+ จากปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศ

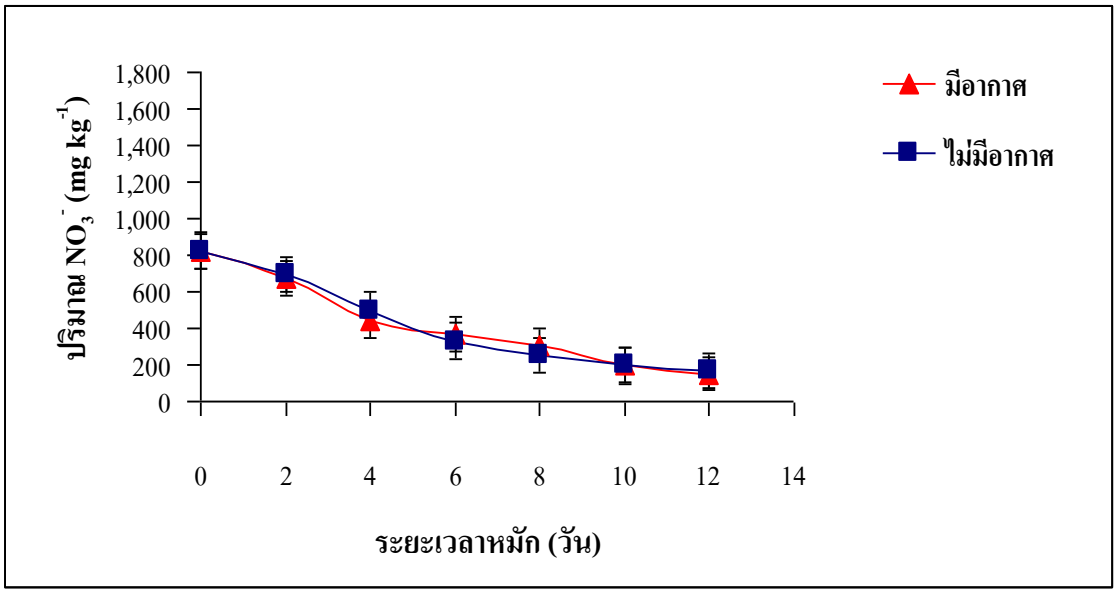


รูปที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อย NH_4^+ จากปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละตำรับการทดลอง

หมายเหตุ : I = Standard deviation

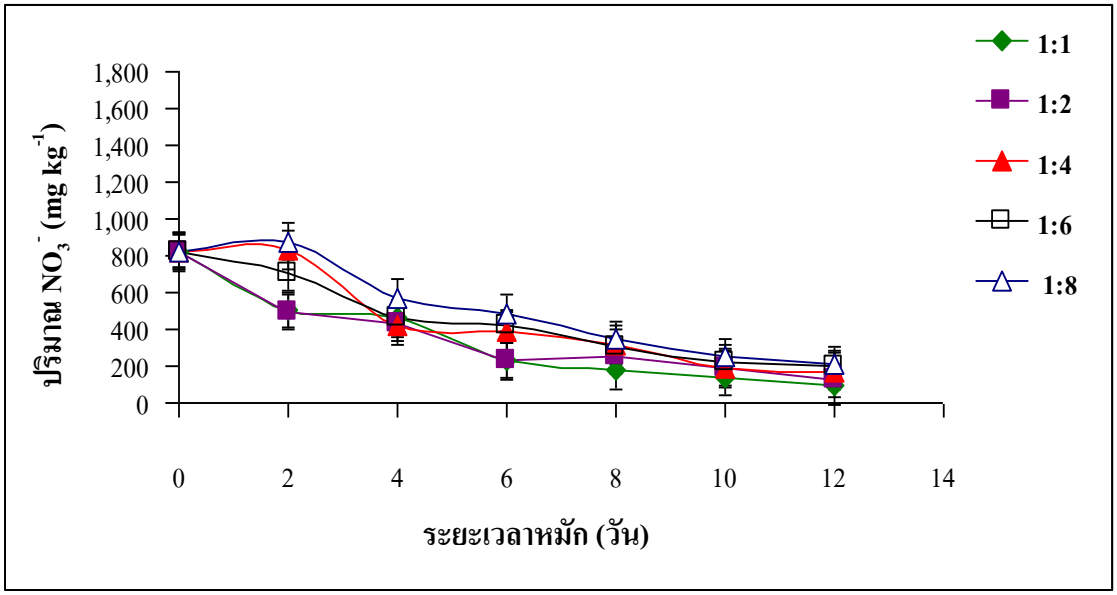
2. การปลดปล่อยไนเตรท (NO_3^-)

การปลดปล่อย NO_3^- ในสภาพการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศไม่แตกต่างกัน คือ การปลดปล่อย NO_3^- ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก (วันที่ 1 ถึง 4) ของการหมัก ส่วนช่วงหลังลดลงเพียงเล็กน้อย (วันที่ 5 ถึง 12) (รูปที่ 3) จากการที่ NO_3^- ลดลงอาจเป็นเพราะไม่มีการแปรสภาพ NH_4^+ มาเป็น NO_3^- หรือเกิดการสูญเสีย NO_3^- ในรูปของก๊าซไนโตรเจน (N_2) จากกระบวนการ Denitrification มากกว่าการแปรสภาพ NH_4^+ มาเป็น NO_3^- และเมื่อพิจารณาถึงอัตราปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำ พบว่า อัตรา1:8 มีการลดลงของ NO_3^- น้อยที่สุด แต่เมื่อสิ้นสุดการหมักจะมีปริมาณ NO_3^- ใกล้เคียงกันในทุกตำรับการทดลองและมีปริมาณ NO_3^- เหลืออยู่น้อยมาก (รูปที่ 4)



รูปที่ 3 ปริมาณ NO_3^- จากปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศ

หมายเหตุ : I = Standard deviation

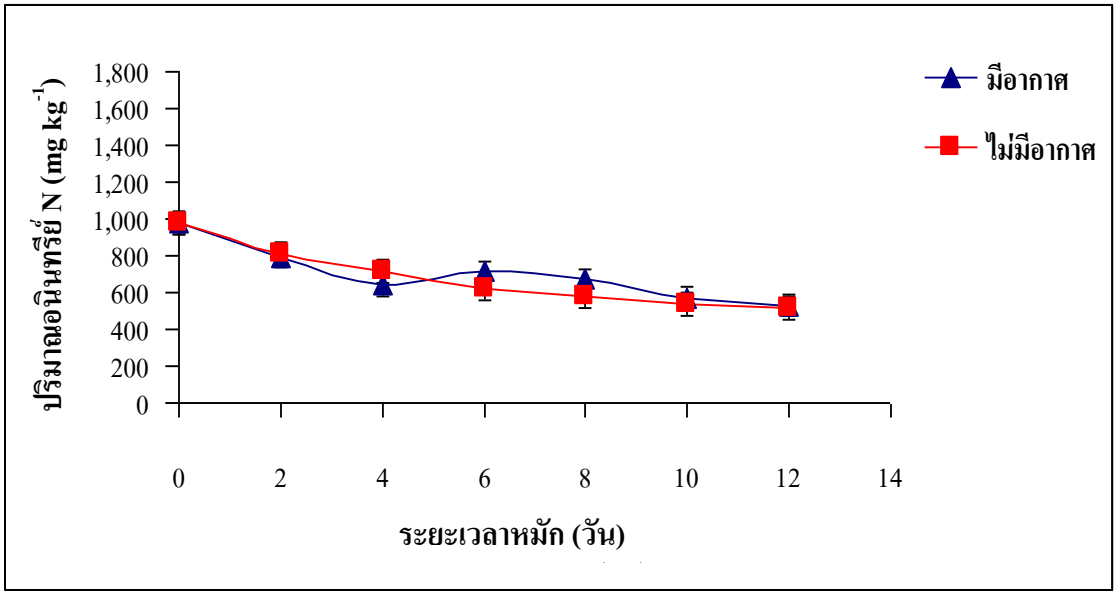


รูปที่ 4 ปริมาณ NO_3^- จากปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละตำรับการทดลอง

หมายเหตุ : I = Standard deviation

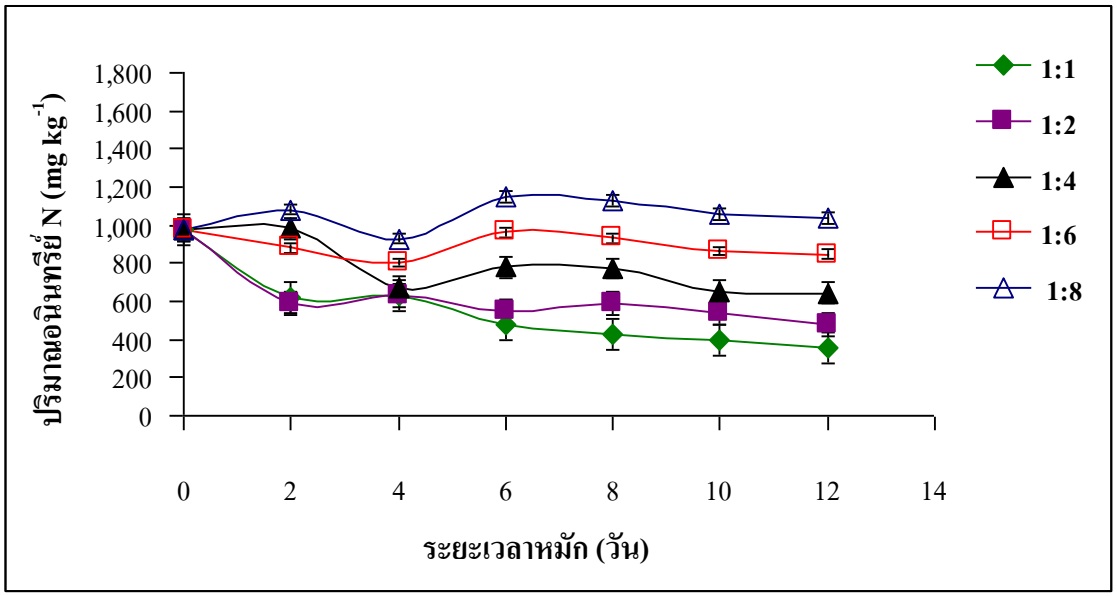
3. การปลดปล่อยอนินทรีย์ N (NH_4^+ และ NO_3^-)

เมื่อนำปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ในสารละลายมารวมกันจะเห็นว่า สภาพการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศไม่แตกต่างกัน คือ มีการลดลงของอนินทรีย์ N ทั้งสองสภาพใกล้เคียงกัน (รูปที่ 5) และเมื่อพิจารณาถึงอัตราปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำ ค่าเฉลี่ยของปริมาณอนินทรีย์ N ในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยอัตรา 1:8 มีปริมาณอนินทรีย์ N สูงที่สุด ในขณะที่อัตรา 1:1 มีปริมาณอนินทรีย์ N น้อยที่สุด (รูปที่ 6) การลดลงของอนินทรีย์ N แสดงให้เห็นว่าการปลดปล่อย NH_4^+ จากการย่อยสลายมีปริมาณน้อยกว่าการสูญเสีย NO_3^- ในรูปของก๊าซ N_2 ตามที่กล่าวมาแล้ว จึงทำให้เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักมีปริมาณอนินทรีย์ N ลดลงในทุกตำรับการทดลองยกเว้นที่อัตรา 1:8



รูปที่ 5 ปริมาณอนินทรีย์ N (NH_4^+ และ NO_3^-) จากปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศ

หมายเหตุ : I = Standard deviation

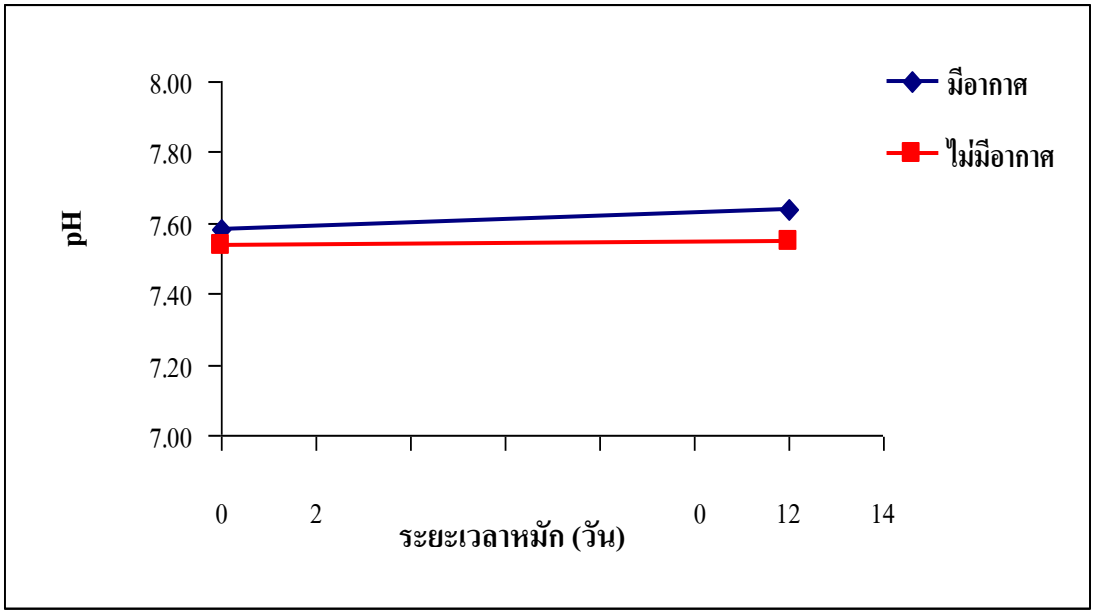


รูปที่ 6 ปริมาณอนินทรีย์ N (NH_4^+ และ NO_3^-) จากปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละตำรับการทดลอง

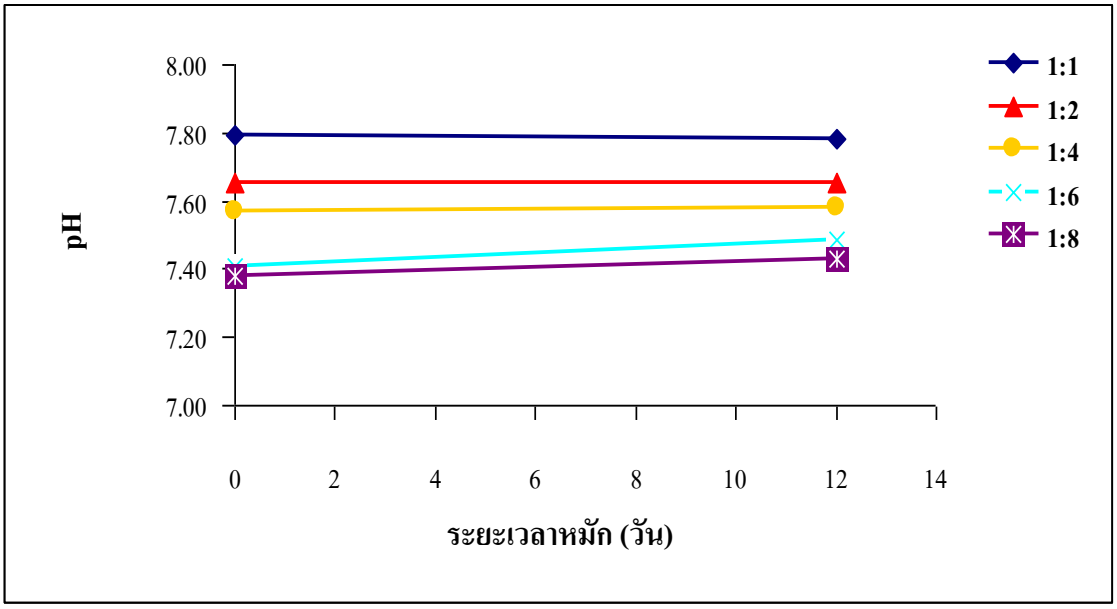
หมายเหตุ : I = Standard deviation

4. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายจากปุ๋ยอินทรีย์

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายจากปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศไม่แตกต่างกัน คือ pH เพิ่มขึ้นทั้งสองสภาพใกล้เคียงกัน (รูปที่ 7) และเมื่อพิจารณาถึงอัตราปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำ ค่าเฉลี่ย pH ในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยอัตรา 1:1 มี pH สูงที่สุด (7.78) ในขณะที่อัตรา 1:8 มี pH ต่ำที่สุด (7.43) (รูปที่ 8) เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก



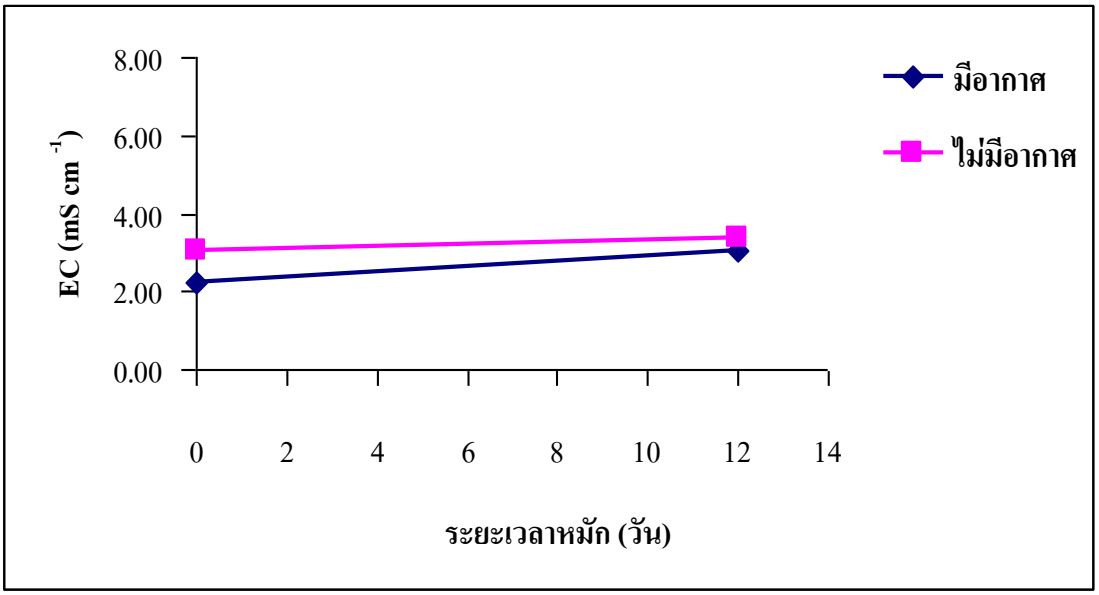
รูปที่ 7 pH ของสารละลายจากปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศ



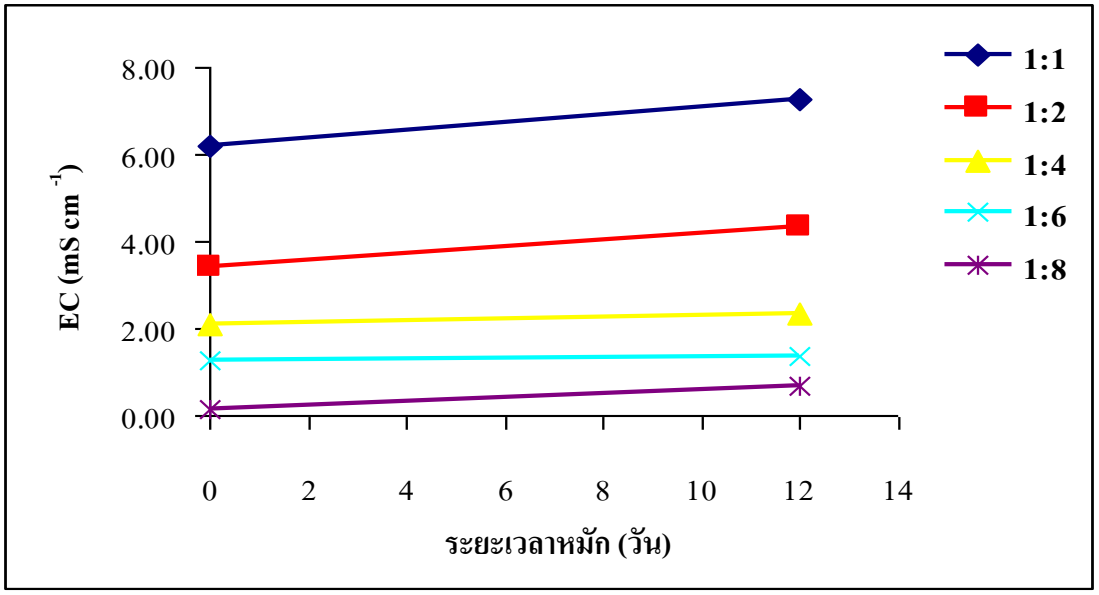
รูปที่ 8 pH ของสารละลายจากปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละตำรับการทดลอง

5. ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายจากปุ๋ยอินทรีย์

ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายจากปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศไม่แตกต่างกัน คือ EC เพิ่มขึ้นทั้งสองสภาพใกล้เคียงกัน (รูปที่ 9) และเมื่อพิจารณาถึงอัตราปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำ ค่าเฉลี่ย EC ในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยอัตรา 1:1 มี EC สูงที่สุด (7.28 mS cm^{-1}) ในขณะที่อัตรา 1:8 มี pH ต่ำที่สุด (0.67 mS cm^{-1}) (รูปที่ 10) เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก



รูปที่ 9 EC ของสารละลายจากปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศ



รูปที่ 10 EC ของสารละลายจากปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละตำรับการทดลอง

4.1.2 ผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการหมักในน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าที่ปลูกในกระถาง

1. การเจริญเติบโตของผักคะน้า

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของจำนวนใบ สีใบและความสูงต่อต้นของผักคะน้า พบว่า แต่ละตำรับการทดลองแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีจำนวนใบมากที่สุด (6.42 ใบ) ส่วนไม่ใส่ปุ๋ยมีจำนวนใบน้อยที่สุด (4.50 ใบ) (ตารางที่ 7) ทุกตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำก่อนนำมาใช้ทำให้ผักคะน้ามีจำนวนใบอยู่ระหว่าง 5.58-6.08 ใบ มากกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง (5.15 ใบ) แต่อัตรา 1:8 ทำให้มีจำนวนใบมากกว่าอัตราอื่น ๆ (6.08 ใบ) และมีแนวโน้มใกล้เคียงกับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี ส่วนสีของใบคะน้า พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำก่อนนำมาใช้ทำให้สีของใบคะน้ามีสีเข้มกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์แห้งและไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนความสูงต่อต้นของผักคะน้า พบว่า แต่ละตำรับการทดลองแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีความสูงที่สุด (24.83 ซม.) ส่วนไม่ใส่ปุ๋ยมีความสูงน้อยที่สุด (12.96 ซม.)

ตารางที่ 7 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า

ตำรับทดลอง	จำนวนใบ	สีใบ	ความสูง (เซนติเมตร/ต้น)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	4.50a [1]	138C[2]	12.96a
ปุ๋ยเคมี	6.42c	138B	24.83d
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	5.15ab	138C	16.33b
1:1	5.58bc	138B	19.25c
1:2	5.62bc	138B	20.08c
1:4	5.83bc	138B	18.54c
1:6	5.98bc	138B	19.29c
1:8	6.08c	138B	20.29c
CV (%)	**10.13**	**-**	**5.77**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

[2] สีใบ 138 = สีเขียว, A = เข้มมาก, B = เข้ม และ C = ซีด

2. ผลผลิตของผักคะน้า

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง พบว่า แต่ละตำรับการทดลองแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง สูงที่สุด ส่วนไม่ใส่ปุ๋ยมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งน้อยที่สุด (ตารางที่ 8) ทุกตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำก่อนนำมาใช้ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 16.92-22.09 กรัม/ต้น ซึ่งสูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง (11.18 กรัม/ต้น) และอัตรา 1:8 ทำให้ผลผลิตสูงกว่าอัตราอื่น ๆ (22.09 กรัม/ต้น) แต่ยังให้ผลผลิตต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี (33.93 กรัม/ต้น)

ตารางที่ 8 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อผลผลิตของผักคะน้า

ตำรับทดลอง	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	5.33a[1]	0.72a
ปุ๋ยเคมี	33.93e	3.40e
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	11.18b	1.34b
1:1	16.92c	1.83c
1:2	18.60c	1.97c
1:4	18.80c	2.01c
1: 6	18.99c	2.09c
1:8	22.09d	2.25d
CV (%)	**11.17**	**15.42**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

3. ปริมาณธาตุอาหารในผักคะน้า

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุของผักคะน้า พบว่าธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุของผักคะน้า แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยทั่วไปตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุของผักคะน้า สูงที่สุด ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยมีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุของผักคะน้าน้อยที่สุด (ตารางที่ 9 และ 10) ทุกตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำก่อนนำมาใช้มีแนวโน้มทำให้ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุของผักคะน้าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง

แต่อัตรา 1:8 มีปริมาณธาตุอาหารหลักและจุลธาตุของผักคะน้าสูงกว่าอัตราอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการธาตุอาหารของพืชตระกูล Brassica (ตารางที่ 2) อัตรา 1:8 และปุ๋ยเคมีเท่านั้นที่มีปริมาณธาตุ N ในใบผักคะน้าใกล้เคียงกับค่าวิกฤตของธาตุ N ในพืชตระกูล Brassica (4.5-4.8 %)

ตารางที่ 9 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองของผักคะน้า

ตำรับทดลอง	**N (%)**	**P (%)**	**K (%)**	**Ca (%)**	**Mg (%)**
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	1.96a[1]	0.18a	1.73a	0.31a	0.006a
ปุ๋ยเคมี	5.18d	0.42d	3.67c	1.29d	0.198d
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	2.18a	0.24ab	1.86a	0.36a	0.153b
1:1	2.72b	0.28bc	2.62b	0.38a	0.169c
1:2	3.02b	0.31c	2.74b	0.39a	0.172c
1:4	3.04b	0.32c	2.83b	0.41ab	0.172c
1:6	3.17b	0.34c	2.95b	0.53b	0.173c
1:8	4.28c	0.40cd	3.06b	0.82c	0.177c
CV (%)	**9.71**	**14.42**	**10.48**	**16.94**	**15.10**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 10 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อจุลธาตุของผักคะน้า

ตำรับทดลอง	Fe ($mg\ kg^{-1}$)	Mn ($mg\ kg^{-1}$)	Cu ($mg\ kg^{-1}$)	Zn ($mg\ kg^{-1}$)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	43.7a[1]	2.38a	2.05a	7.60a
ปุ๋ยเคมี	176.0f	18.26f	16.06e	28.59e
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	65.1b	4.37b	3.68a	14.56b
1:1	94.7c	7.67c	7.42b	17.74bc
1:2	117.0d	8.40c	8.96b	18.23c
1:4	124.0d	10.82d	10.84c	18.40c
1:6	140.0e	13.43e	11.35c	19.68c
1:8	146.0e	16.66f	13.27d	24.49d
CV (%)	**9.47**	**12.22**	**12.87**	**12.03**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4. คุณสมบัติของดิน ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุในดินหลังปลูกผักคะน้า

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคุณสมบัติของดิน ธาตุอาหารหลักและจุลธาตุในดินหลังจากปลูกผักคะน้าในแต่ละตำรับการทดลองพบว่า คุณสมบัติของดิน ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุของผักคะน้าแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 11 และ 12) เมื่อเปรียบเทียบ NH_4^+ และ NO_3^- ในดินหลังการทดลองจะเห็นว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์แห้งมี NH_4^+ และ NO_3^- (ตารางที่ 11) เหลืออยู่ในดินสูงที่สุดและมากกว่าในดินก่อนการทดลอง (ตารางที่ 4) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์แห้งที่ใส่ลงไปในดินมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาอย่างช้า ๆ ไม่ทันกับการใช้ของผักคะน้าจึงเหลืออยู่ในดินมากที่สุด อีกทั้งยังมีปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) มากที่สุด

ตารางที่ 11 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อคุณสมบัติของดิน ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในดินหลังปลูกผักคะน้า

ตำรับทดลอง	pH	EC (µS/cm)	OM (%)	N (%)	NH_4^+ (mg kg^{-1})	NO_3^- (mg kg^{-1})	P (mg kg^{-1})	K (mg kg^{-1})	Ca (mg kg^{-1})	Mg (mg kg^{-1})
ไม่ใส่ปุ๋ย	8.40d[1]	216a	0.85a	0.11a	6.37a	6.19a	5.03a	78.1a	751a	7.32a
ปุ๋ยเคมี	8.15c	507g	0.71a	0.20cd	140.00b	160.00b	15.79g	154.0d	1,701d	45.92f
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	8.39d	284d	1.34b	0.22d	173.00c	256.00c	13.93f	150.0d	1,442c	50.92g
1:1	8.38d	299e	1.30b	0.19cd	7.94a	9.16a	10.01e	146.0d	1,194b	19.17b
1:2	7.84a	236b	1.30b	0.18bc	8.22a	10.28a	8.19d	135.0cd	1,065b	30.31c
1:4	8.03b	248c	1.29b	0.17bc	8.52a	10.12a	7.36c	118.0bc	1,128b	33.13cd
1:6	8.04b	313f	0.92a	0.16b	8.88a	11.01a	6.92c	112.0bc	1,124b	34.89d
1:8	8.06b	295e	0.87a	0.16b	9.32a	13.76a	6.28b	98.7ab	1,104b	40.48e
CV (%)	**0.54**	**1.86**	**17.32**	**4.11**	**9.83**	**12.30**	**14.30**	**13.10**	**17.56**	**7.69**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

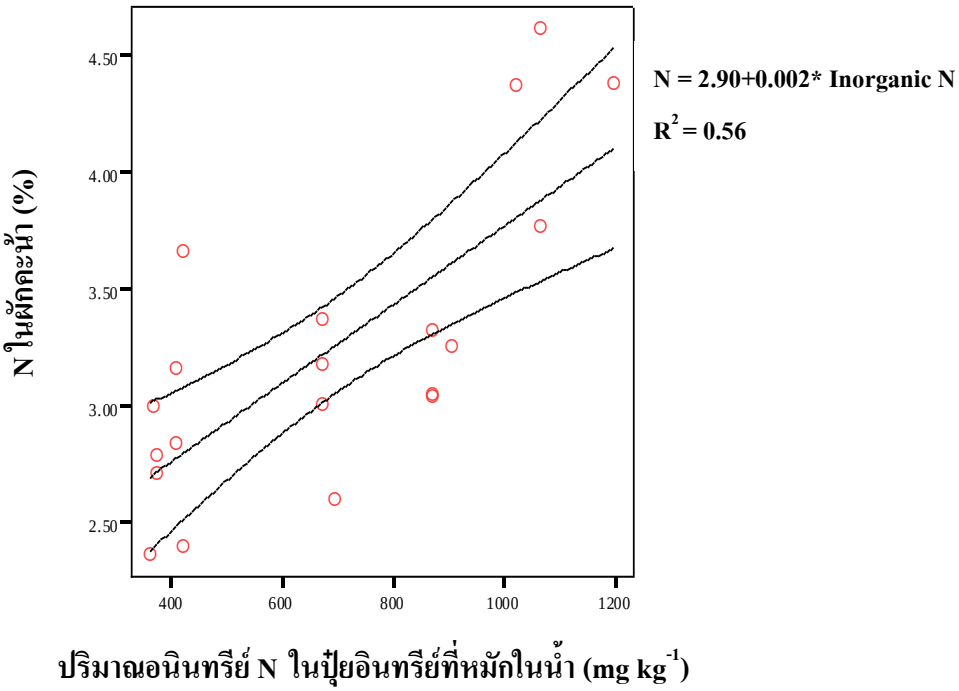
ตารางที่ 12 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อจุลธาตุในดินหลังปลูกผักคะน้า

ตำรับทดลอง	Fe ($mg\ kg^{-1}$)	Mn ($mg\ kg^{-1}$)	Cu ($mg\ kg^{-1}$)	Zn ($mg\ kg^{-1}$)
ไม่ใส่ปุ๋ย	1.75a[1]	0.56a	0.30a	0.31a
ปุ๋ยเคมี	6.30e	0.90abc	0.71b	0.62b
ปุ๋ยอินทรีย์	6.48e	3.33e	1.50f	1.36f
1:1	3.24b	0.83ab	0.73b	0.60b
1:2	4.58c	0.92abc	0.80bc	0.67bc
1:4	5.51d	1.14bc	0.95cd	0.78cd
1:6	5.94de	1.26c	1.08de	0.88de
1:8	6.05de	1.90d	1.20e	0.98e
CV (%)	**9.80**	**18.97**	**12.57**	**10.00**

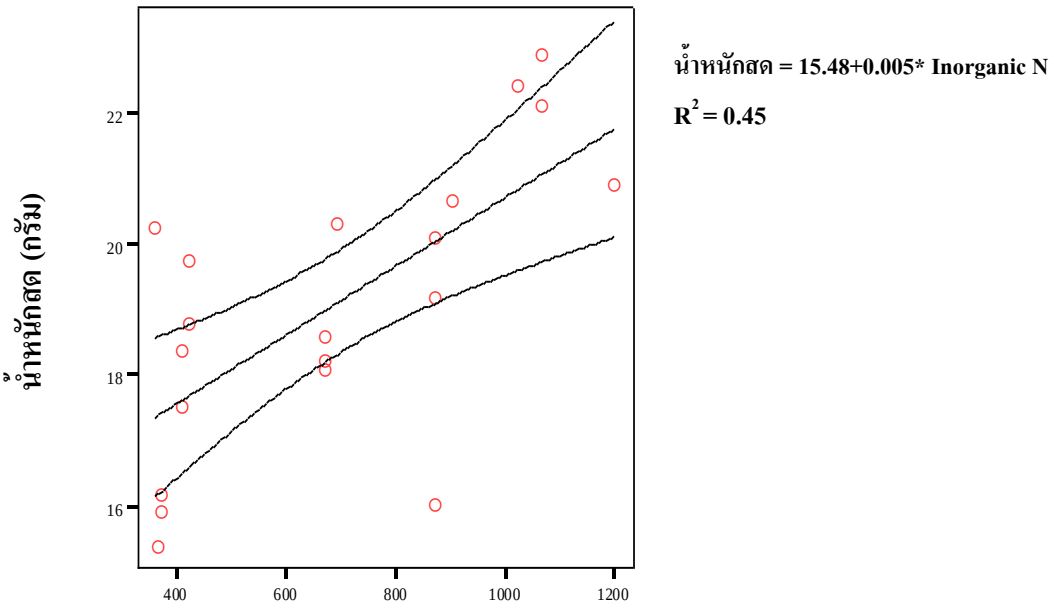
[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

5. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโต

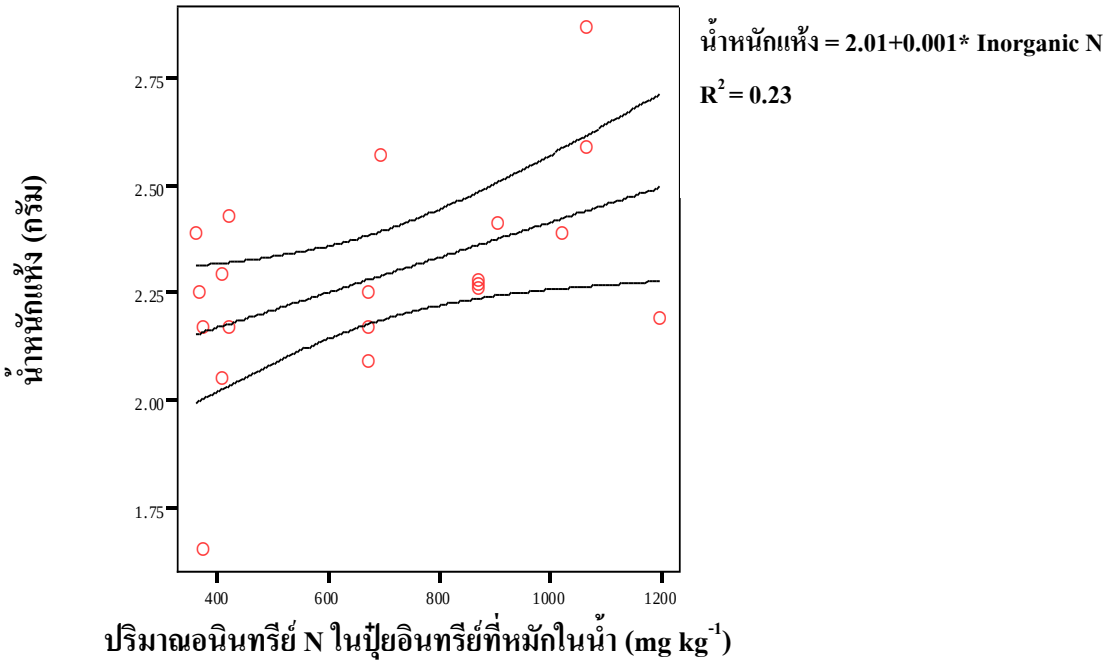
จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (Regression) ระหว่างปริมาณของอนินทรีย์ N ในสารละลายที่ได้จากการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในน้ำกับปริมาณของ N ในผักคะน้า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักคะน้า พบว่า ปริมาณ N ในผักคะน้า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของอนินทรีย์ N ในสารละลายที่นำมาใช้ (รูปที่ 11-13) จากความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการที่มี N ในรูปที่เป็นประโยชน์อยู่ในสารละลายมากหรือการปลดปล่อย N ออกมาจากปุ๋ยอินทรีย์มากขึ้นเท่าใด พืชก็จะสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้มากขึ้นและมีผลส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้น



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างอนินทรีย์ N ในปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำกับ N ในผักคะน้า



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างอนินทรีย์ Nในปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำกับน้ำหนักสดของผักคะน้า



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างอนินทรีย์ Nในปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำกับน้ำหนักแห้งของผักคะน้า

วิจารณ์ผลการทดลอง

การนำปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารบางส่วนอยู่ในรูปของอนินทรีย์สารโดยเฉพาะ NO_3^- มาหมักในน้ำทั้งในสภาพการหมักแบบมีอากาศหรือไม่มีอากาศ ถึงแม้จะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้อยู่ในรูปอนินทรีย์ ซึ่งเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของ NH_4^+ ในสารละลาย แต่ในขณะเดียวกัน NO_3^- ที่มีอยู่ในปุ๋ยก็เกิดการสูญเสียโดยถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซ N_2 หรือ N_2O จากกระบวนการ Denitrification ซึ่งเกิดขึ้นในขณะหมักทั้ง 2 สภาพ แสดงให้เห็นว่าทั้ง 2 สภาพมีปริมาณ O_2 ต่ำ ทำให้จุลินทรีย์ใช้ NO_3^- เป็นตัวรับอิเลคตรอนในกระบวนการหายใจแทน O_2 และถูกรีดิวซ์ไปเป็นก๊าซ N_2 หรือ N_2O ในที่สุด สอดคล้องกับการทดลองของ Sasha และคณะ (2006) ซึ่งรายงานว่า กระบวนการ Denitrification เป็นกระบวนการที่เกิดการสูญเสีย NO_3^- ถึง 42% โดยเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของก๊าซ N_2 ในสภาพที่ไม่มีอากาศ และนอกจากนี้ Erika และคณะ (2005) รายงานว่า ในสภาพที่ไม่มีอากาศหรือในสภาพที่มีน้ำท่วมขังมีการปลดปล่อยก๊าซ N_2O ถึง 50 ppm จากกระบวนการ Denitrification ในการทดลองนี้การปั้มอากาศลงในการหมักแบบมีอากาศไม่เพียงพอที่จะยับยั้งกระบวนการ Denitrification ได้ อาจเป็นเพราะ O_2 แพร่กระจายไม่ทั่วถึงสารละลายทั้งหมดจึงเกิดการสูญเสียอนินทรีย์ N ทำให้การหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศไม่แตกต่างกัน

จากผลการทดลองการหมักปุ๋ยในน้ำโดยใช้อัตราส่วนของน้ำมากจะทำให้อัตราการปลดปล่อยธาตุอาหาร (N) สูงขึ้นทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในอัตราส่วนที่มีน้ำน้อย (เช่น 1:1) pH และ EC

สูง จึงไปยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ ทั้งนี้เพราะpH ที่เหมาะสมกับการทำงานของจุลินทรีย์พวก nitrifying bacteria อยู่ระหว่าง 5.6-7.5 หากสูงกว่า 7.5 ทำให้กระบวนการ Nitrification เกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลงหรือหยุดชะงัก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) และการปลดปล่อย NH_4^+ ออกมาอาจถูกจำกัดโดยความสมดุลของ NH_4^+ ที่ถูกดูดยึดโดยอินทรีย์สารและ NH_4^+ ในสารละลาย ในอัตราส่วนที่มีน้ำมาก การละลายของ NH_4^+ จะไม่ถูกจำกัด ทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายมีได้อย่างต่อเนื่อง แต่ถึงอย่างไรก็ตามการหมักโดยใช้น้ำมากเกินไป ในทางปฏิบัติจะทำได้ไม่สะดวกในเรื่องของการขนย้ายและถ้าใช้น้ำมากเกินไปอาจทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างได้ง่ายเมื่อนำไปใช้

จากการนำปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่หมักได้ไปทดสอบกับการปลูกผักคะน้าในกระถาง สามารถทำให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และความสูงของผักคะน้าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง แต่ไม่ดีเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมี อย่างไรก็ตามในระบบเกษตรอินทรีย์ซึ่งห้ามใช้ปุ๋ยเคมี การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำอัตราต่างๆ ช่วยทำให้ผลผลิตของผักคะน้าดีกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้งอีกทั้งการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำอัตรา 1:8 ทำให้ผักคะน้ามีจำนวนใบสูงกว่าการใส่ปุ๋อินทรีย์แห้งและไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมี ส่วนสีของใบคะน้านั้นตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำก่อนนำมาใช้ทำให้สีของใบคะน้ามีสีเข้มกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์แห้งและไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งสีของใบเป็นตัวชี้วัดถึงปริมาณคลอโรฟิลด์ในใบพืช หากพืชได้รับธาตุอาหารที่เพียงพอโดยเฉพาะ N การสังเคราะห์คลอโรฟิลด์จะมีมาก ในการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำมีผลทำให้การสังเคราะห์คลอโรฟิลด์ในใบพืชสูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ N ในผักคะน้า เนื่องจากคลอโรฟิลด์มี N เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนั้นหากมีการขาดธาตุอาหารโดยเฉพาะ N จะทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง

ธาตุอาหารพืชในผักคะน้าจากตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณ N สูงที่สุด ส่วนไม่ใส่ปุ๋ยมี N ต่ำสุด ส่วนธาตุอื่นๆ ให้ผลคล้ายคลึงกันแต่ปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำที่อัตราต่างๆ ทำให้ธาตุอาหารพืชในผักคะน้าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง โดยตำรับการทดลอง 1:8 มีปริมาณธาตุอาหารพืชใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมี ซึ่งในพืชผัก เช่น ผักคะน้า ต้องการ N สูงในการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น ค่าที่เหมาะสม N ในใบพืชโดยทั่วไปคือ 2.5-4.5 % (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาในแต่ละตำรับการทดลอง ปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำอัตรา 1:8 มี N ในใบพืช (4.28 %) เป็นค่าที่เหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง (2.18 %) ซึ่ง N ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า

ธาตุอาหารในดินหลังจากเก็บเกี่ยวผักคะน้า พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์แห้งมีธาตุอาหารเหลืออยู่ในดินสูงที่สุด สอดคล้องกับ จันทร์จรัส และคณะ (2550) รายงานว่า ปุ๋ยอินทรีย์มี

การปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาอย่างช้าๆ เมื่อใส่ลงไปในดินต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายเพื่อให้ธาตุอาหารออกมาอยู่ในรูปอนินทรีย์ พืชจึงจะสามารถดูดไปใช้ได้ ซึ่งกระบวนการปลดปล่อยจะเกิดขึ้นได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาทำปุ๋ย สมบัติดินและสภาวะของดิน ในการทดลองนี้ผักคะน้าในตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณธาตุอาหารพืชและการเจริญเติบโตต่ำ แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์แห้งมีการสลายตัวไม่ทันกับความต้องการและพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้จึงทำให้มีปริมาณธาตุอาหารและอินทรียวัตถุสะสมอยู่ในดินสูงที่สุดและการทดลองนี้ยังชี้ให้เห็นว่า ถึงแม้ปริมาณ N ทั้งหมดจะมีเท่ากันแต่ถ้ามีสัดส่วนของอนินทรีย์ N อยู่สูงการนำไปใช้ของพืชจะเร็วกว่า ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของพืชอายุสั้น

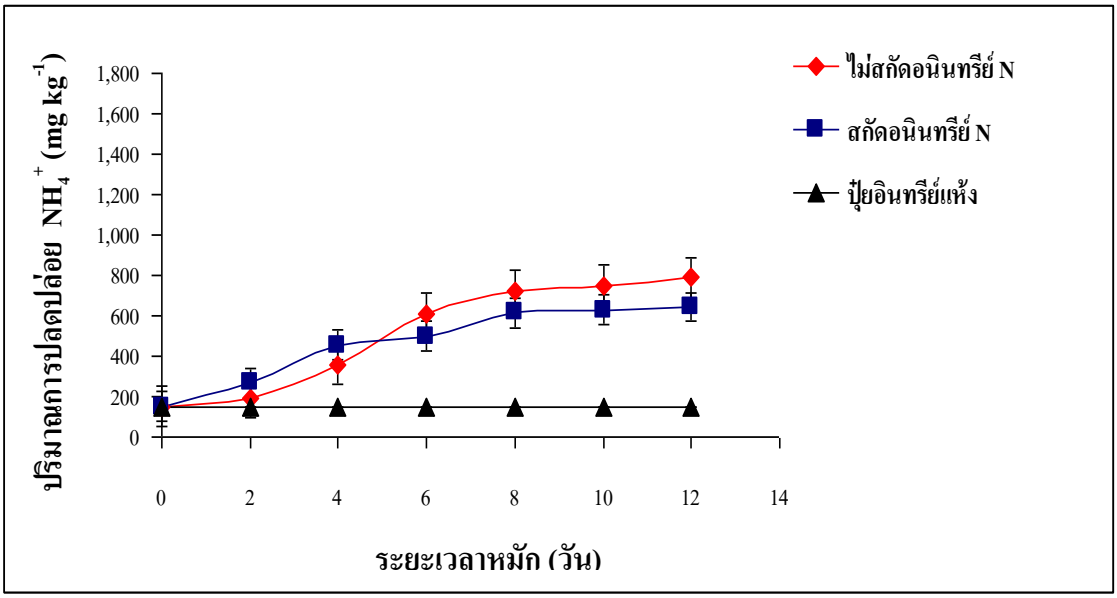
จากการหาความสัมพันธ์ (Regression) ระหว่างปริมาณอนินทรีย์ N ในสารละลายที่ได้จากการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในน้ำกับปริมาณของ N ในผักคะน้า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักคะน้า พบว่า เมื่อปริมาณอนินทรีย์ N ในสารละลายเพิ่มขึ้น ทำให้ N ในผักคะน้า น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานทดลองของ Wang และคณะ (2004) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตรา NH_4^+ และ NO_3^- กับผลผลิตของกระหล่ำปลี เมื่ออัตรา NH_4^+ และ NO_3^- เพิ่มขึ้นทำให้ผลผลิตของกระหล่ำปลีเพิ่มขึ้น

จากการทดลองนี้อาจกล่าวได้ว่าการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำอัตราต่างๆ ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าดีกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้งโดยตรง การทำให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปอนินทรีย์ N ถึงแม้ว่าจะมีการสูญเสียในรูปของก๊าซ N_2 ก็ตามแต่การนำปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการนำไปหมักในน้ำไปใช้ก็ยังเป็นผลดีต่อพืชอายุสั้น เช่น ผักคะน้าในระบบเกษตรอินทรีย์

4.2 การทดลองที่ 2 ผลของการสกัดอนินทรีย์ N ก่อนการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพไม่มีอากาศต่อการปลดปล่อย N และการเจริญเติบโตของผักคะน้า

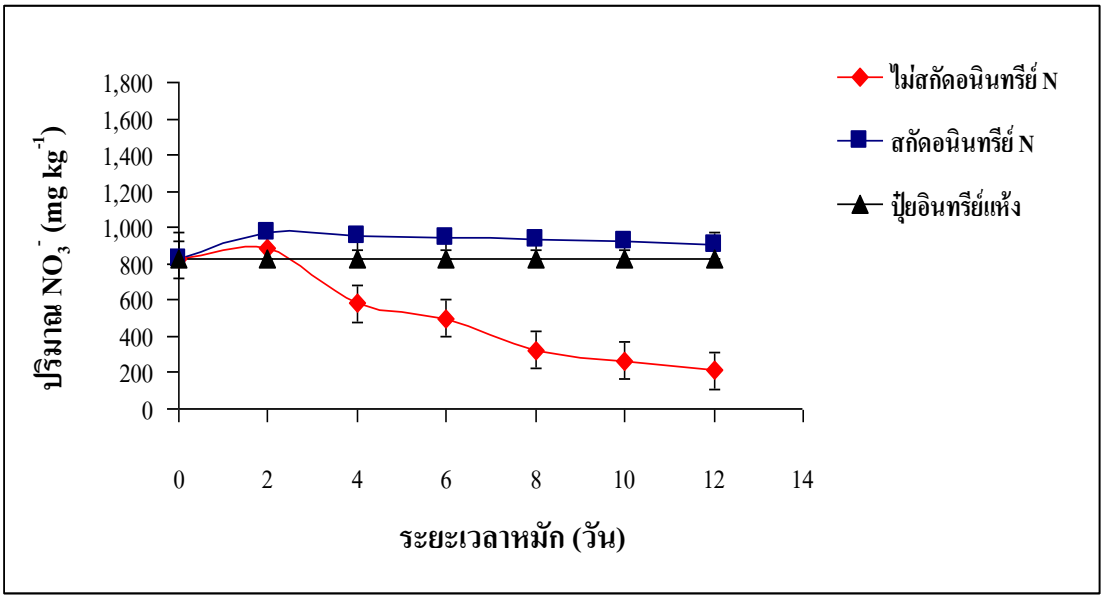
4.2.1 การปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในน้ำในห้องปฏิบัติการ

การทดลองนี้ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการหมักปุ๋ยโดยการสกัดอนินทรีย์ N เปรียบเทียบกับการหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N พบว่า การหมักโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N มีการปลดปล่อย NH_4^+ มากกว่าการหมักโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N เล็กน้อย (รูปที่ 14) ส่วน NO_3^- พบว่า การหมักโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N มีปริมาณ NO_3^- เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการหมัก ส่วนในวิธีการหมักที่ไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N มีปริมาณ NO_3^- ลดลงเป็นอย่างมาก (รูปที่ 15) และเมื่อรวมปริมาณอนินทรีย์ N ทั้งหมด พบว่า การหมักโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N เก็บไว้ก่อนมีปริมาณอนินทรีย์ N เพิ่มขึ้นหลังสิ้นสุดการหมัก ในขณะที่การหมักโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N มีปริมาณอนินทรีย์ N ลดลง (รูปที่ 16)



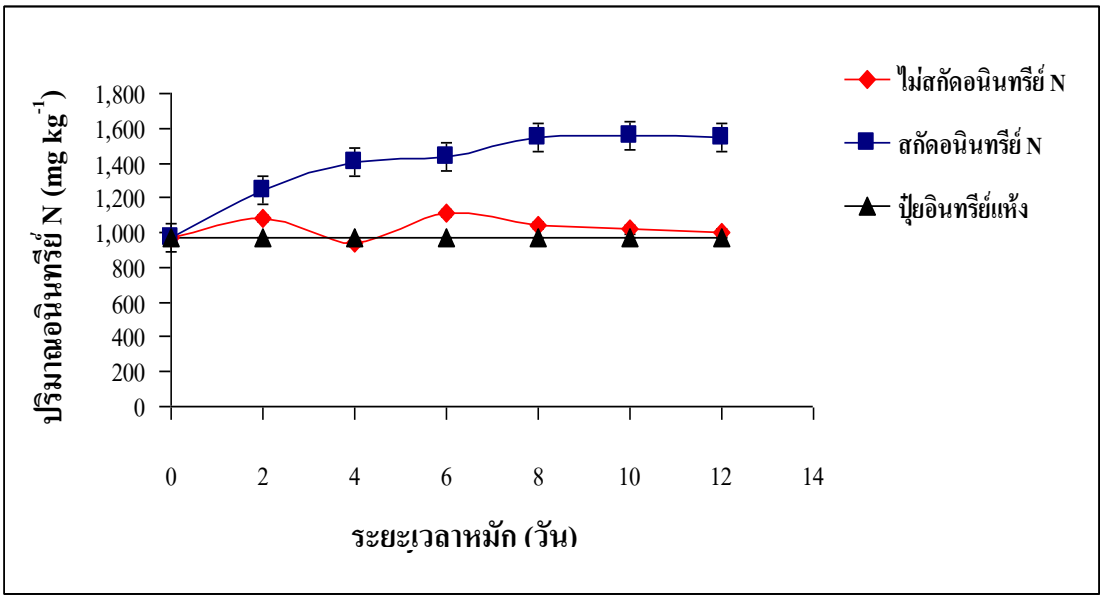
รูปที่ 14 ปริมาณการปลดปล่อย NH_4^+ จากการหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอินทรีย์ N กับการหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอินทรีย์ N

หมายเหตุ : I = Standard deviation



รูปที่ 15 ปริมาณการปลดปล่อย NO_3^- จากการหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N กับการหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N

หมายเหตุ : I = Standard deviation



รูปที่ 16 ปริมาณอนินทรีย์ N จากการหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N กับการหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N

หมายเหตุ : I = Standard deviation

4.2.2 ของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการหมักในน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าที่ปลูกในกระถาง

1. การเจริญเติบโตของผักคะน้า

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของจำนวนใบ สีใบและความสูงของผักคะน้าเมื่อทดสอบในกระถาง (ตารางที่ 13) พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีจำนวนใบมากที่สุด (5.64 ใบ) ส่วนไม่ใส่ปุ๋ยมีจำนวนใบน้อยที่สุด (4.73 ใบ) ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำก่อนนำมาใช้ทำให้ผักคะน้ามีจำนวนใบอยู่ระหว่าง 5.17 – 5.38 ใบ มากกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง (5.10 ใบ) แต่การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอินทรีย์ N (5.38 ใบ) ทำให้มีจำนวนใบมากกว่าการหมักโดยไม่มีการสกัดอินทรีย์ N ส่วนสีของใบคะน้า พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำก่อนนำมาใช้ทำให้สีของใบคะน้ามีสีเข้มกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์แห้งและไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนความสูงของผักคะน้าในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีความสูงสูงที่สุด(31.2 ซม.) ส่วนไม่ใส่ปุ๋ยมีความสูงน้อยที่สุด (16.8 ซม.) ทุกตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำก่อนนำมาใช้ ทำให้ความสูงเพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอินทรีย์ N (25.1 ซม.) ทำให้ความสูง สูงกว่าการใช้ปุ๋ยหมักโดยไม่สกัดอินทรีย์ N (22.8 ซม.)

ตารางที่ 13 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าในกระถาง

ตำรับทดลอง	จำนวนใบ	สีใบ	ความสูง (เซนติเมตร)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	4.73a[1]	138C[2]	16.8a
ปุ๋ยเคมี	5.64d	138A	31.2e
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	5.10b	138C	17.8b
การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอินทรีย์ N	5.17b	138A	22.8c
การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอินทรีย์ N	5.38c	138A	25.1d
CV (%)	**1.21**	**-**	**6.35**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

[2] สีใบ 138 = สีเขียว, A = เข้มมาก, B = เข้มปานกลาง และ C = ซีด

2. ผลผลิตของผักคะน้า

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักคะน้า พบว่า แต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงที่สุด ส่วนไม่ใส่ปุ๋ยมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด (ตารางที่ 14) ทุกตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำก่อนนำมาใช้ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 53.2-69.4 กรัม/ต้น สูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง (28.9 กรัม/ต้น) และการหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N (69.4 กรัม/ต้น) ทำให้ผลผลิตสูงกว่าการหมักโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N (53.2 กรัม/ต้น)

ตารางที่ 14 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อผลผลิตของผักคะน้า

ตำรับทดลอง	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	20.9a[1]	3.72a
ปุ๋ยเคมี	119.0e	16.26e
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	28.9b	5.49b
การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N	53.2c	9.05c
การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N	69.4d	10.93d
CV (%)	**14.54**	**13.01**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

3. ปริมาณธาตุอาหารในผักคะน้า

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุ (ตาราง 15-16) ของผักคะน้า พบว่า ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุของผักคะน้ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีให้ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุของผักคะน้า สูงที่สุด รองลงมาคือ การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N ปุ๋ยอินทรีย์แห้งและไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองของผักคะน้าในกระถาง

ตำรับทดลอง	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	0.20a[1]	0.22a	1.19a	1.04a	0.017a
ปุ๋ยเคมี	3.00d	0.36b	1.88c	1.67d	0.175e
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	1.58b	0.23a	1.21a	1.20b	0.161b
การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N	2.31c	0.28a	1.81b	1.41c	0.169c
การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N	2.98d	0.35b	1.84c	1.66d	0.172d
CV (%)	**15.34**	**11.29**	**4.08**	**6.10**	**9.74**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 16 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อจุลธาตุของผักคะน้าในกระถาง

ตำรับทดลอง	Fe ($mg\ kg^{-1}$)	Mn ($mg\ kg^{-1}$)	Cu ($mg\ kg^{-1}$)	Zn ($mg\ kg^{-1}$)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	51.8a[1]	2.81a	2.44a	6.06a
ปุ๋ยเคมี	165.0e	22.97d	16.13d	25.31d
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	78.3b	5.19b	4.31b	11.00b
การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N	118.0c	14.13c	10.31c	21.19c
การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N	146.0d	22.38d	15.69d	22.19c
CV (%)	**10.66**	**10.55**	**10.72**	**7.90**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4. คุณสมบัติของดิน ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุในดินหลังการเก็บเกี่ยว

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุในดินหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 17-18) และเมื่อเปรียบเทียบ NH_4^+ และ NO_3^- ในดินหลังการทดลองจะเห็นว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มี NH_4^+ ($169\ mg\ kg^{-1}$) และ NO_3^- ($221\ mg\ kg^{-1}$) (ตารางที่ 17) เหลืออยู่ในดินสูงที่สุดและมากกว่าในดิน

ก่อนการทดลอง (ตารางที่ 5) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์แห้งที่ใส่ลงไปในดินมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาอย่างช้าๆ ไม่ทันกับความต้องการของผักคะน้าจึงไม่ถูกดูดใช้และเหลืออยู่ในดินมากที่สุด

ตารางที่ 17 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อคุณสมบัติของดิน ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในดินหลังปลูกผักคะน้าในกระถาง

ตำรับทดลอง	pH	EC (µS/cm)	OM (%)	N (%)	NH_4^+ ($mg.kg^{-1}$)	NO_3^- ($mg.kg^{-1}$)	P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	Ca ($mg.kg^{-1}$)	Mg ($mg.kg^{-1}$)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	8.25a[1]	384a	0.92a	0.09a	7.51a	11.06a	8.39a	49.0a	555a	10.7a
ปุ๋ยเคมี	8.65c	654c	0.88a	0.22b	9.85a	10.15a	10.07b	65.2b	990c	49.2c
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	8.29a	492b	1.57c	0.25b	169.00b	221.00b	10.94c	67.7b	890bc	55.0d
การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N	8.57b	627c	1.27b	0.17ab	7.92a	9.54a	9.26ab	61.2b	832b	37.0b
การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N	8.59bc	636c	1.30bc	0.20b	9.24a	9.64a	9.65abc	64.0b	894bc	46.1c
CV (%)	**1.44**	**11.25**	**18.08**	**35.13**	**11.54**	**12.52**	**9.35**	**10.84**	**11.34**	**5.68**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 18 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อจุลธาตุในดินหลังปลูกผักคะน้า

ตำรับทดลอง	Fe ($mg\ kg^{-1}$)	Mn ($mg\ kg^{-1}$)	Cu ($mg\ kg^{-1}$)	Zn ($mg\ kg^{-1}$)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	1.28a[1]	0.52a	0.24a	0.25a
ปุ๋ยเคมี	4.88c	0.86ab	0.69b	0.56b
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	7.88d	2.89d	1.44e	1.15e
การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N	4.01b	1.10b	0.89c	0.72c
การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N	4.74c	1.86c	1.12d	0.88d
CV (%)	**10.73**	**19.88**	**15.23**	**11.39**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4.2.3 ผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการหมักในน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าที่ปลูกในแปลงทดลอง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการหมักในน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าที่ปลูกในแปลงทดลอง ผลิตพืชต่อเนื่อง 2 รุ่น พบว่า การผลิตผักคะน้าทั้ง 2 รุ่นไม่มีสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างรุ่นการผลิตกับตำรับการทดลอง ดังนั้นจึงนำทั้งสองรุ่นมาหาค่าเฉลี่ยและได้ผลดังต่อไปนี้

1. การเจริญเติบโตของผักคะน้า

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติของจำนวนใบ สีใบและความสูงของผักคะน้า (ตารางที่ 19) พบว่าแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีจำนวนใบมากที่สุด (5.67 ใบ) ส่วนไม่ใส่ปุ๋ยมีจำนวนใบน้อยที่สุด (4.22 ใบ) ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำก่อนนำมาใช้ทำให้ผักคะน้ามีจำนวนใบอยู่ระหว่าง 5.32-5.53 ใบ มากกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง (5.04 ใบ) แต่การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N ทำให้มีจำนวนใบ (5.53 ใบ) มากกว่าการหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N (5.32ใบ) สีของใบคะน้า พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำก่อนนำมาใช้ทำให้สีของใบคะน้ามีสีเข้มกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์แห้งและไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนความสูงของผักคะน้า ตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีความสูง (36.3 ซม.) สูงที่สุด ส่วนไม่ใส่ปุ๋ยมีความสูงน้อยที่สุด (16.1 ซม.) การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N ทำให้ความสูงอยู่ระหว่าง 28.3-32.6 ซม. สูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง (20.6 ซม.) แต่ยังต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 19 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าในแปลงทดลอง

ตำรับทดลอง	จำนวนใบ	สีใบ	ความสูง (เซนติเมตร)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	4.22a[1]	138C[2]	16.1a
ปุ๋ยเคมี	5.67e	138A	36.3e
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	5.04b	138C	20.6b
การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N	5.32c	138A	28.3c
การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N	5.53d	138A	32.6d
CV (%)	**17.31**	**-**	**2.42**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

[2] สีใบ 138 = สีเขียว, A = เข้มมาก, B = เข้มปานกลาง และ C = ซีด

2. ผลผลิตของผักคะน้า

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักคะน้า (ตารางที่ 20) พบว่าแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีน้ำหนักสด (1,570 กรัม/ตร.ม) และน้ำหนักแห้ง (135.5กรัม/ตร.ม) สูงที่สุด ส่วนไม่ใส่ปุ๋ยมีน้ำหนักสด (216 กรัม/ตร.ม) และน้ำหนักแห้ง (19.5 กรัม/ตร.ม) น้อยที่สุด ทุกตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำก่อนนำมาใช้ให้น้ำหนักสด (775-987 กรัม/ตร.ม) และน้ำหนักแห้ง (73.7-95.4 กรัม/ตร.ม) สูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง และการหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N ทำให้ผลผลิตสูงกว่าการหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N

ตารางที่ 20 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อผลผลิตของผักคะน้า

ตำรับทดลอง	น้ำหนักสด (กรัม/ตร.ม.)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ตร.ม.)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	216a[1]	19.5a
ปุ๋ยเคมี	1,570e	135.5e
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	527b	50.0b
การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N	775c	73.7c
การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N	987d	95.4d
CV (%)	**11.41**	**5.4**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

3. ปริมาณธาตุอาหารในผักคะน้า

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุในผักคะน้า (ตารางที่ 21-22) พบว่าธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุในผักคะน้า มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุในผักคะน้าสูงที่สุด ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยมีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุในผักคะน้าน้อยที่สุด ทุกตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่นำไปหมักในน้ำก่อนนำมาใช้ทำให้ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุของผักคะน้าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้งแต่การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N ทำให้ธาตุอาหารหลักและจุลธาตุในผักคะน้ามีแนวโน้มสูงกว่าการหมักโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N เมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการธาตุอาหารของพืชตระกูล Brassica (ตารางที่ 2) มีเพียงธาตุ Cu เพียงธาตุเดียวของทุกตำรับการทดลองที่เพียงพอกับความต้องการธาตุอาหารของพืชตระกูล Brassica (1-5 mg kg^{-1})

ตารางที่ 21 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองของผักคะน้า

ตำรับทดลอง	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	0.88a[1]	0.16a	0.94a	0.85a	0.012a
ปุ๋ยเคมี	3.25c	0.34d	1.38e	1.30d	0.177d
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	1.86a	0.25b	1.17b	1.09b	0.161b
การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอินทรีย์ N	2.58b	0.27c	1.27c	1.17c	0.171c
การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอินทรีย์ N	3.05c	0.32d	1.33d	1.27d	0.172d
CV (%)	**10.08**	**9.97**	**3.12**	**4.39**	**10.68**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 22 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อจุลธาตุของผักคะน้า

ตำรับทดลอง	Fe ($mg\ kg^{-1}$)	Mn ($mg\ kg^{-1}$)	Cu ($mg\ kg^{-1}$)	Zn ($mg\ kg^{-1}$)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	22.4a[1]	2.86a	2.00a	5.50a
ปุ๋ยเคมี	146.5d	23.36e	15.83e	23.92d
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	69.5b	7.95b	6.17b	15.34c
การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอินทรีย์ N	93.4c	14.03c	10.25c	20.75c
การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอินทรีย์ N	129.0d	21.86d	15.42d	21.50d
CV (%)	**13.10**	**9.74**	**8.48**	**8.71**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4. คุณสมบัติของดิน ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุในดินหลังปลูกผักคะน้า

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคุณสมบัติของดิน ธาตุอาหารหลักและจุลธาตุในดินหลังจากปลูกผักคะน้า พบว่า ส่วนใหญ่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 23-24) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ OM NH_4^+ และ NO_3^- ในดินหลังการทดลองจะเห็นว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณ OM NH_4^+ และ NO_3^- (ตารางที่ 23) เหลืออยู่ในดิน

สูงที่สุดและมากกว่าในดินก่อนการทดลอง (ตารางที่ 6) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์แห้งที่ใส่ลงไปในดินมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาอย่างช้า ๆ ไม่ทันกับความต้องการของผักคะน้าจึงเหลือทั้งปริมาณ OM NH_4^+ และ NO_3^- อยู่ในดินมากที่สุด ส่วนคุณสมบัติต่างๆ ของดิน เช่น pH EC และความหนาแน่นรวมของดิน (Ds) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 23 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อคุณสมบัติของดิน ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในดินหลังปลูกผักคะน้า

ตำรับทดลอง	pH	EC (µS/cm)	Ds (g/cm^3)	OM (%)	N (%)	NH_4^+ ($mg.kg^{-1}$)	NO_3^- ($mg.kg^{-1}$)	P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	Ca ($mg.kg^{-1}$)	Mg ($mg.kg^{-1}$)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	7.85a[1]	185a	1.18a	1.41a	0.10a	7.24a	8.53a	54.3a	27.5a	810a	7.53a
ปุ๋ยเคมี	7.33a	267a	1.28a	1.46a	0.14b	9.33b	9.60a	78.6b	55.9b	1006b	45.60c
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	7.33a	216a	1.16a	2.30c	0.26c	20.97d	21.11c	81.8b	73.3d	1005b	53.20d
การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N	7.50a	233a	1.26a	1.82b	0.17b	12.52c	14.41b	78.7b	71.1c	976b	33.93b
การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N	7.54a	254a	1.27a	1.89b	0.18b	13.17c	14.68b	81.0b	78.6c	987b	43.50c
CV (%)	1.79	1.28	2.56	7.17	8.78	5.47	3.65	6.57	7.045	1.775	3.12

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 24 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อจุลธาตุในดินหลังจากปลูกผักคะน้า

ตำรับทดลอง	Fe ($mg\ kg^{-1}$)	Mn ($mg\ kg^{-1}$)	Cu ($mg\ kg^{-1}$)	Zn ($mg\ kg^{-1}$)
ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	1.16[1]	0.51	0.17	0.18
ปุ๋ยเคมี	4.99	0.89	0.64	0.52
ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง	7.24	2.94	1.30	1.07
การหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N	3.97	1.15	0.83	0.67
การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N	4.64	2.00	1.07	0.82
CV (%)	**11.66**	**12.66**	**11.79**	**10.22**

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง การนำปุ๋ยมาหมักในน้ำโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N เก็บไว้ก่อนและทำการหมักกากที่เหลือเพื่อให้มีการปลดปล่อยอนินทรีย์ N ออกมาใหม่ พบว่า การหมักปุ๋ยโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N มีการปลดปล่อยอนินทรีย์ N ออกมามากกว่าการหมักโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ทั้งนี้เนื่องจากการหมักโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N จะไม่มี N ในสารละลายโดยเฉพาะในรูปของ NO_3^- และในกระบวนการหมักในสภาพนี้ (ไม่มีอากาศ) จะไม่มีการผลิต NO_3^- ขึ้นมาอีก ดังนั้นจึงไม่มีกระบวนการ Denitrification เกิดขึ้น ทำให้ไม่เกิดการสูญเสีย N ในรูปของก๊าซ

เมื่อนำปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการหมักในน้ำไปทดสอบกับการปลูกผักคะน้าในกระถาง โดยทั่วไปปุ๋ยเคมียังคงให้ผลดีที่สุด ส่วนการหมักในน้ำก่อนนำมาใช้ทำให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตของผักคะน้าดีกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่ 1 แต่การหมักโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N ดีกว่าการหมักโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N ทั้งนี้เพราะมีปริมาณ N ที่เป็นประโยชน์สูงกว่าจึงให้ผลดีกว่า

นอกจากนี้สัดส่วนระหว่าง NH_4^+/ NO_3^- ในสารละลายยังมีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารและการเจริญเติบโตของพืช ในการหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัดอนินทรีย์ N มีสัดส่วนระหว่าง NH_4^+/ NO_3^- 80/20 ส่วนการหมักโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N มีสัดส่วน 40/60 ซึ่งการหมักโดยมีการสกัดอนินทรีย์ N มีสัดส่วน NH_4^+/ NO_3^- มากกว่า อาจเป็นสาเหตุอีกประการที่ทำให้ผักคะน้ามีการเจริญเติบโตดีกว่าการใส่ปุ๋ยที่ได้จากการหมักปุ๋ยโดยไม่มีการสกัด อนินทรีย์ N สอดคล้องกับงานทดลองของ Fageria (2009) ศึกษาสัดส่วนระหว่าง NH_4^+/ NO_3^- ในสารละลายที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวสาลี ซึ่งมี

สัดส่วนระหว่าง NH_4^+/ NO_3^- ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันทำให้ข้าวสาลีมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าให้รูปใดรูปหนึ่งเพียงอย่างเดียว

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าในแปลงทดลอง ผลิตต่อเนื่อง 2 รุ่น พบว่า ให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบในกระถางทั้ง 2 รุ่นของการปลูกผัก โดยทั่วไปการทดสอบการปลูกพืชในแปลงทดลองแตกต่างจากการทดสอบในกระถาง คือ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ยังไม่ถูกย่อยสลายระหว่างปลูกพืช ก็จะหลงเหลืออยู่ในดิน หากมีการย่อยสลายออกมาภายหลังถ้าอยู่ในกระถางจะไม่มีการสูญเสียแต่ภายในสภาพการปลูกในแปลงทดลองอาจมีการสูญเสียได้โดยเฉพาะ N จากการทดลองทั้ง 2 รุ่น ถึงแม้ว่าการทดลองในรุ่นที่ 1 มีปริมาณการสะสมของธาตุอาหารหลังเก็บเกี่ยวในตำรับการทดลองที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้งมากกว่าการใช้ปุ๋ยชนิดอื่นๆ แต่ไม่มีอิทธิพลต่อการปลูกผักคะน้าในรุ่นที่ 2 มากกว่าปุ๋ยชนิดอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าการสะสมธาตุอาหารที่เหลือจากรุ่นที่ 1 ไปยังรุ่นที่ 2 มีไม่มาก เพราะอาจเกิดการสูญเสียก่อนที่จะปลูกในรุ่นถัดไป การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระยะแรก ๆ ในพืชอายุสั้น เช่น ผักคะน้าโดยทั่วไปจะให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตต่ำ เมื่อมีการปลูกต่อเนื่องในพื้นที่เดิมจะทำให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตดีขึ้นแต่ถ้าหากทิ้งช่วงระยะเวลาการปลูกระหว่างรุ่นที่นานเกินไปอาจจะทำให้อนินทรีย์ N ที่ปลดปล่อยออกมาจากปุ๋ยอินทรีย์แห้งสูญหายหรือถูกชะล้างไป ดังนั้นการใช้ปุ๋ยที่ได้จากการหมักปุ๋ยในน้ำก่อนนำมาใช้จะสามารถควบคุมให้มีปริมาณธาตุอาหารปลดปล่อยออกมาได้สอดคล้องกับความต้องการของพืชได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง แต่ทั้งนี้การหมักต้องมีการสกัดอนินทรีย์ N เก็บไว้ก่อนเพื่อลดการสูญเสียอนินทรีย์ N ระหว่างหมัก

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าในระบบเกษตรอินทรีย์ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การเร่งการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยอินทรีย์ สามารถทำได้โดยการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในน้ำ โดยที่อัตรา 1:8 ดีที่สุดเพราะสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้ดีที่สุด

2. ระบบการหมักแบบมีอากาศและไม่มีอากาศไม่แตกต่างกันโดยมี NH_4^+ เพิ่มขึ้นแต่ NO_3^- ลดลงระหว่างการหมักเกิดการสูญเสีย NO_3^- ในรูปของก๊าซ N_2 จากกระบวนการ Denitrification

3. แม้ว่าการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในน้ำจะสูญเสีย NO_3^- แต่ยังคงทำให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตของผักคะน้าดีกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยที่ได้จากการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในน้ำไม่สามารถทำให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมี

4. ความสัมพันธ์ของปริมาณธาตุอาหารที่ปลดปล่อยในรูปปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า เมื่อ $NH_4^+NO_3^-$ และอนินทรีย์ N ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำปลดปล่อยออกมาเพิ่มขึ้นทำให้ธาตุอาหารในผักคะน้า น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง เพิ่มขึ้น

5. การลดการสูญเสีย NO_3^- ระหว่างการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในน้ำ สามารถทำได้โดยการสกัดอนินทรีย์ N ออกมาก่อนหลังจากนั้นนำกากที่เหลือไปหมักต่อและสามารถเพิ่มผลผลิตและการเจริญเติบโตของผักคะน้าให้ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีมากที่สุด เมื่อนำไปใช้ในการปลูกผักในระบบเกษตรอินทรีย์ ดังนั้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการนำปุ๋ยไปหมักในน้ำจึงเป็นอีกทางหนึ่งที่เกษตรกรสามารถทำได้เองและใช้ระยะเวลาในการหมักสั้นกว่าการหมักเศษซากพืชอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2549). **คู่มือปุ๋ยอินทรีย์**. สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 162 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. (2543). มาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ของประเทศไทย. [ออนไลน์]. ได้จาก http:// www.it.doa.go.th

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2544). **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 730 หน้า.

จันทร์จรัส วีรสาร, อรุณศิริ กำลัง และ วรรณา ปลื้มพวก. (2550). ผลของการปลดปล่อยไนโตรเจนจากมูลโคขุนและมูลโคเลี้ยงปล่อยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดเขียวกวางตุ้ง. **วิทยาสารกำแพงแสน**, 5(3): 19-26.

ชนวน รัตนวราหะ. (2542). เกษตรอินทรีย์. **ข่าวสารป่ากับชุมชน**. 6(2): 32-50.

นันทกร บุญเกิด, อำพรรณ พรหมศิริ, สงัด ปัญญาพฤกษ์, อารักษ์ ธีรอำพน, สมพร ชุนห์ลือชานนท์ และ จักรกฤษณ์ หอมจันทร์.(2545). ศักยภาพในการนำวัสดุพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมและวัสดุธรรมชาติมาใช้เป็นวัสดุบำรุงดิน. **รายงานการวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย**.

พรพิมล เลี้ยงสิทธิสกนธ์, จิราภรณ์ ล้วนปรีดา, และนัฐวุฒิ ดายยาวรรณ. (2528). การศึกษาคุณภาพของกากมูลล้นจากบ่อแก๊ซชีวภาพในระบบฟาร์มผสมผสาน. **รายงานประจำปี กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร**. กรุงเทพฯ. 327 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2552). **ธาตุอาหารพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 529 หน้า.

ราชบัณฑิตยสถานและสถาบันนโยบายสังคมและเศรษฐกิจ. (2541). ปรัชญาการพัฒนาทฤษฎีใหม่ตามแนวพระราชดำริ. **เอกสารประกอบการสัมนาโครงการปราชญ์เพื่อแผ่นดิน**. 201 หน้า.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. (2538). การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับหญ้ากินนีที่ปลูกบนดินกำแพงแสน. **ว.เกษตรศาสตร์**, 29: 182-192.

สุดชล วุ้นประเสริฐ, หนึ่ง เตียอำรุง, โสภณ วงศ์แก้ว, สุรศักดิ์ ราตรี และตะวัน ธรรมานิชานนท์. (2551). การพัฒนาต้นแบบเกษตรอินทรีย์ภายใต้กรอบเกษตรทฤษฎีใหม่. **รายงานการวิจัยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ**. 38 หน้า.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. (2537). **การวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 200 หน้า.

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. (2551). **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 349 หน้า.

อภิรักษ์ วิภาวิน. (2549). อิทธิพลของปุ๋ยหมักและปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อผลผลิตของคะน้า. **วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยแม่โจ้**. 75 หน้า.

Ahmad, R., Arshad, M., Naveed, M., Zahir, Z.A., Sultan, T., and Khalid, M. (2007). Carbon mineralization rate of composted and raw organic wastes and its implications on environment. **Soil and Environ**. 26(1): 92-96.

Alexander, M. (1977). Microbiology of cellulose. In: **Introduction to soil microbiology 2nd edition, John Wiley and Sons, Inc, New York**. 135-142.

Black, C.A. (1965). Method of soil analysis In: the series **Agronomy American Society of Agronomy Inc**, Medison, Wisconsin, USA.

Black, G.R. (1965). Bulk density. In C.A. Black. *et al*. (eds.). Method of soil analysis, part I. **American Society of Agronomy Monograph. No. 9.** Medison, Wisconsin, USA. 372-390.

Bray, R.H. and Kurtz, L.T. (1945). Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Sci**. 59: 39-45.

Bonciarelli, F. (1977). Heavy application of liquid manure on soil: effect on soil salinity. *In* J.H. Voorburg. Utilization of Manure by Land Spreading. **The Committies, Luxemberg. ECSC, EEC, EAEC, Luxemberg**. 279-288.

Bremner, J.B. (1996). Nitrogen-total In: Methods of soil analysis. Part 3. **Chemical methods-SSSA book series on 5**. Chapter 37: 1085-1121.

Cabrera, M.L., Kissel, D.E., and Vigil, M.F. (2005). Nitrogen mineralization from organic residues. **J. Environ. Qual**. 34: 75-79.

Chae, Y. M. and Tabatabai, M. A. (1986). Mineralization of Nitrogen in Soils Amended with Organic Wastes. **J. Environ. Qual**. 15: 193-198.

Diana, L.D., Sergio, M.S., Heinrich, W.S., Rudolf, J.S., Armando, C.D., Eduarda, B.H., and Valdemar, I.E. (2009). Effect of organic and inorganic amendments on soil organic matter properties. **Geoderma**. 150: 38-45.

Dick, R. P., Rasmussen, P. E., and Kerle, E. R. (1988). Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to chemical properties of wheat fallow system. Biol. **Fert. Soils**, 8: 159-164.

Douglas, M. R., Cindy, E.P., and Caroline, M.P. (2001). Decomposition and nitrogen minerlization from biosolids and other organic materials: relationship with initial chemistry. **J. Environ. Qual**. 30: 1401-1410.

Elaine, I. (2003). Compost tea. **A Voice for Eco-Agriculture**. 33(12): 1-5.

Erika, A. F., William, J.M. and Warren, A. D. (2005). The role of soil organic matter on denitrification potential in newly created wetlands. **Annual reports Olentangy River Wetland Research Park**: 119-124.

Fageria, N. K. (2009). The use of nutrients in crop plants. CRC Press, Taylor and Francis Group, New York.

Gosling, P. and Shepherd, M. (2005). Long-term changes in soil fertility in organic arable farming system in England, with particular reference to phosphorus and potassium. **Agric. Ecosystems and Environment.** 105: 425-432.

Hesse, P.R. (1971). Total elemental analysis and some trace elements. **A test book of soil chemical analysis**: 371-475 pp.

Jones, J. B. (2001). Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.

Kara, E. E., Uygur, V. and Erel, A. (2006). The Effects of Composted Poultry Wastes on Nitrogen Mineralization and Biological Activity in a Silt Loam Soil. **J. Applied Seiences** 6(11): 2476-2480.

Kelderer, M., Thalheimer, M., Andreaus, O., Topp, R., Burger, R. and Schiatti , P. (2008). The mineralization of commercial organic fertilizers at 8°C temperature. Paper presented at Ecofruit-13th international Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing: **Proceedings to the Conference from 18th February to 20th February 2008 at Weinsberg/ Germany**. 160-166.

Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, manganese and copper. **Soil Sci Soc. Amer.J**. 42: 421-428.

Ma, B.L., Lianne, M.D., and Edward, G. (1999). Soil nitrogen amendment effects on seasonal nitrogen mineralization and nitrogen cycling in maize production. **J.Agron**. 91: 1003-1009.

Melero. S., Herencia, J. F., and Medejon, E. (2005). Chemical and biochemical properties in a silty loam soil under conventional and organic management. **Soil and Tillage Research**. 81: 145-152.

Robert, M., and Hartz, T.K. (2008). Nitrogen sources for organic crop production. **J. Better crops**. 92: 16-19.

Sasha, B.K., John, P.R., Jerry, D.G., Brendan, J.M. and Harolod, A. M. (2006). Reduced nitrate leaching and enhanced denitrifier activity and efficiency in organically fertilized soils. **The National Academy of Sciences of the USA**. 103(12): 4522-4527.

Seligman, N.G., and Keulen, H. V. (1981). A stimulation model of annual pasture production limited by rainfall and nitrogen. In Frissel, M.J., and Veen, J.A. (ed). Stimulation of nitrogen behaviour of soil-plants systems. **PUDOC, Wageningen, the Netherlands**.192-221.

Tani, M., Sakamoto, N., Kishimoto, T., and Umetsu, K. (2006). Utilization of anaerobically digested slurry combined with other waste following application to agricultural land. Int. **Congr. Ser**. 1293: 331-334.

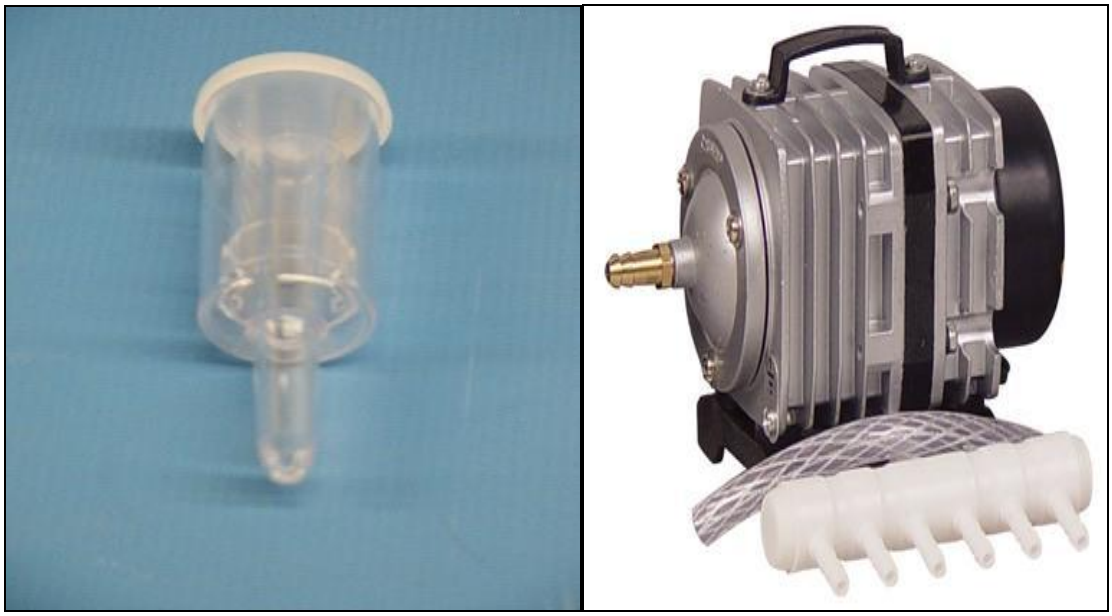
Trinsoutrot, I., Recous, S., Bentz, B., Lineres, M., Cheneby, D., and Nicolardot, B. (2000). Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. **Soil Sci**. 64: 918-926.

Wang, Z. and Li, S. (2004). Effect of nitrogen and phosphorus fertilization on plant growth and nitrate accumulation in vegetables. **J. Plant Nutrition**. 27(3): 539-556.

Zhang, R., El-Mashad, H.M., Hartman, K., Wang, F., Liu, G., Choate, C., and Gamble, P. (2007). Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. **Bioresour. Technol**. 98: 929-935.

ภาคผนวก

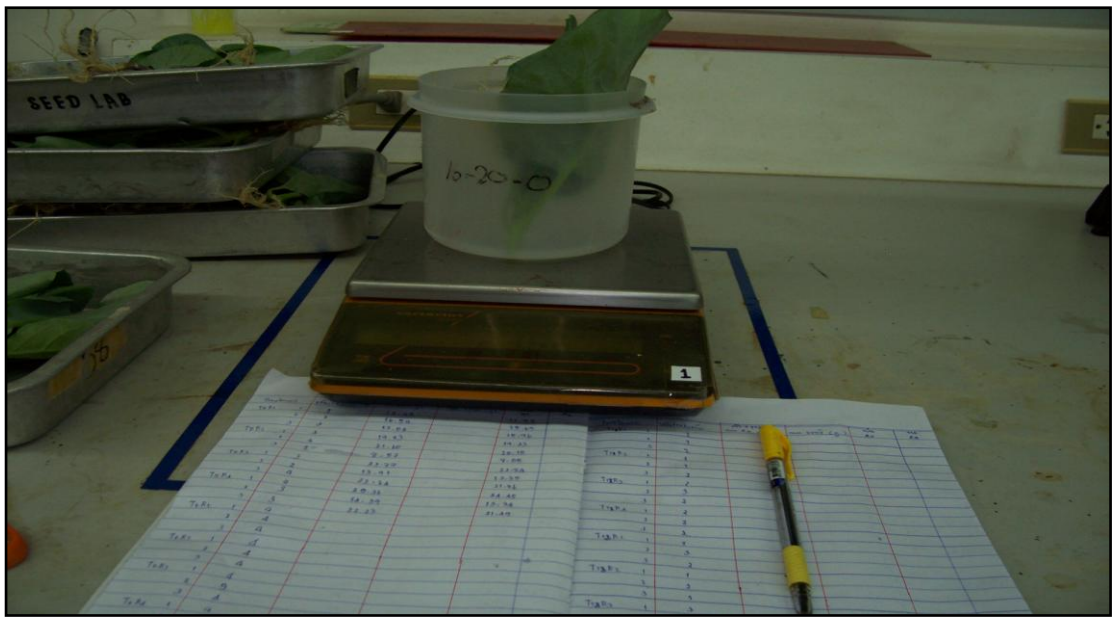
ภาพภาคผนวกที่ 1 การหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำแบบมีอากาศ (ซ้าย) และไม่มีอากาศ (ขวา)



ภาพภาคผนวกที่ 2 แอร์ ล็อค (ซ้าย) และปั๊มอากาศ (ขวา) ที่ใช้ในการหมักแบบมีอากาศ และไม่มีอากาศ

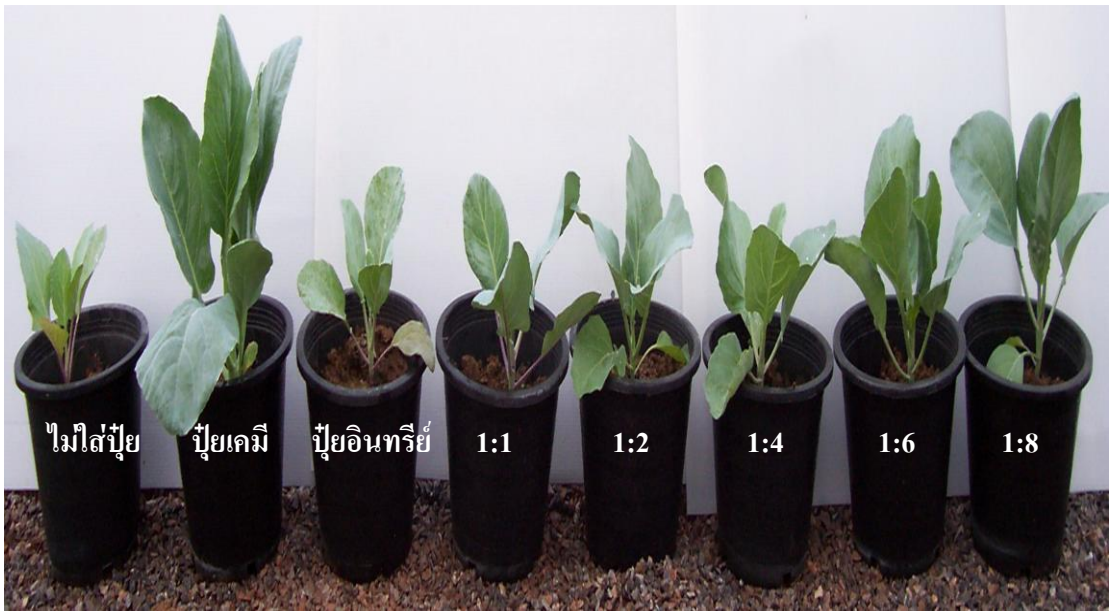
ภาพภาคผนวกที่ 3 การปลูกผักคะน้าในโรงเรือนป้องกันแมลงและศัตรูพืช

ภาพภาคผนวกที่ 4 การวัดความสูงผักคะน้าในกระถาง



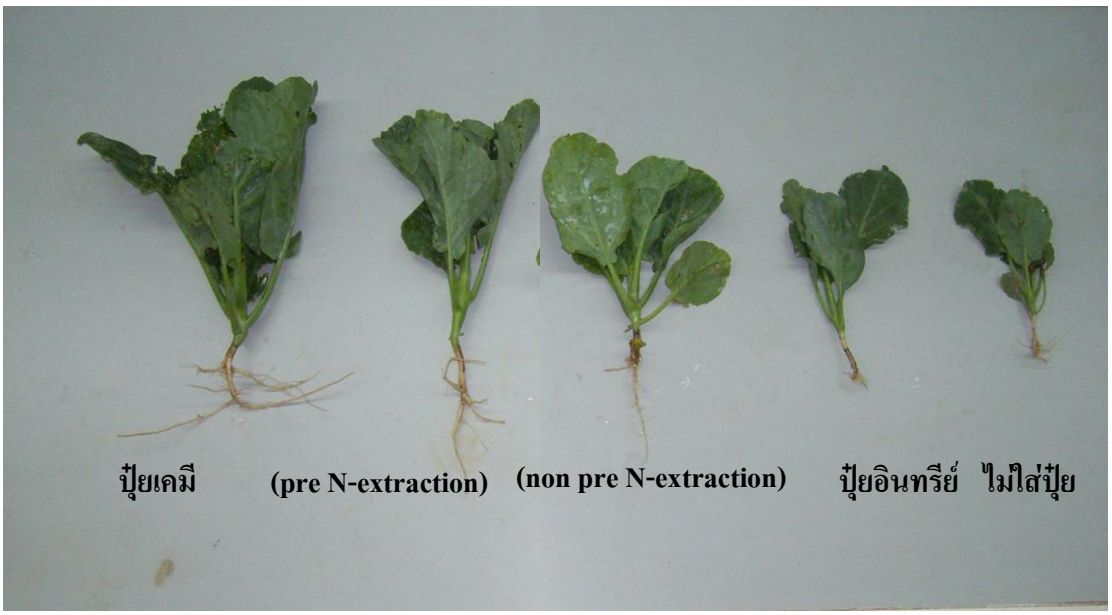
ภาพภาคผนวกที่ 5 การชั่งน้ำหนักสดผักคะน้า

ภาพภาคผนวกที่ 6 การปลูกผักคะน้าในแปลงทดลอง

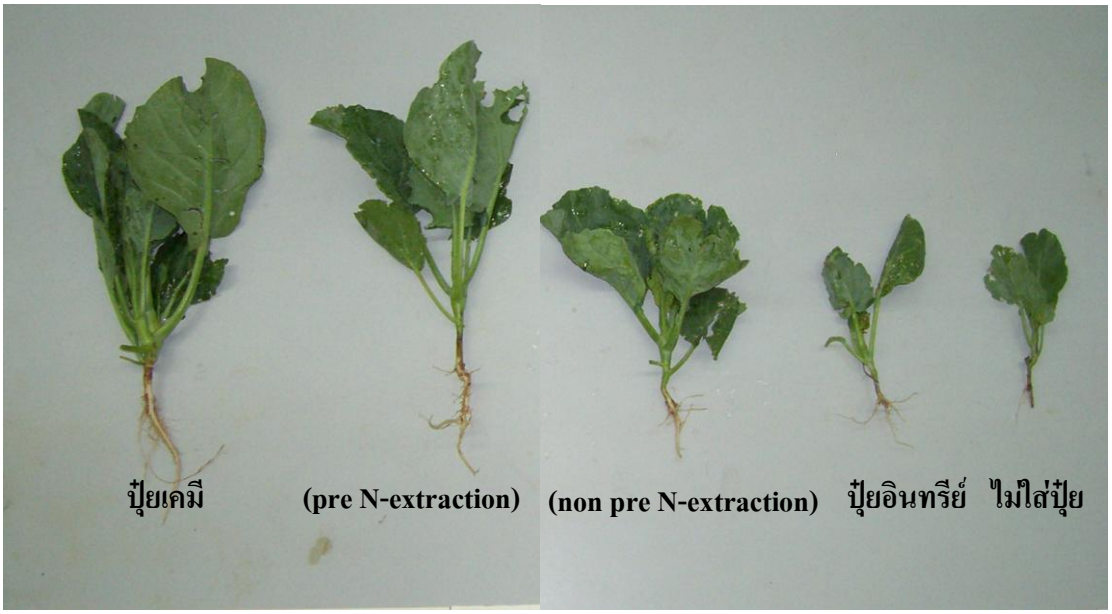


ภาพภาคผนวกที่ 7 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อการการเจริญเติบโตของผักคะน้า

ภาพภาคผนวกที่ 8 อิทธิพลของการสกัดและไม่สกัดอนินทรีย์ไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อการการเจริญเติบโตของผักคะน้าในกระถาง



ภาพภาคผนวกที่ 9 อิทธิพลของการสกัดและไม่สกัดอนินทรีย์ในโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อการการเจริญเติบโตของผักคะน้าในแปลงทดลอง รุ่นที่ 1



ภาพภาคผนวกที่ 10 อิทธิพลของการสกัดและไม่สกัดอนินทรีย์ในโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อการการเจริญเติบโตของผักคะน้าในแปลงทดลอง รุ่นที่ 2

ประวัติผู้เขียน

นางสาวชุติมณฑน์ ชูพุดซา เกิดเมื่อวันที่ 2 กันยายน 2527 ที่บ้านหนองยารักษ์ ตำบลพุดซา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2549 ภายหลังสำเร็จการศึกษาได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2550 สถานที่ติดต่อ บ้านเลขที่ 206 หมู่ 12 ตำบลพุดซา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทร. 086-6527120