การปรับปรุงคุณภาพและการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีส่วนผสมของแร่ลีโอนาร์ไดต์ต่อการเจริญเติบโตและผลิตของข้าวโพดหวาน

วิจิตรา นามจิตร

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
เมษายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การปรับปรุงคุณภาพและการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีส่วนผสมของแร่ลีโอนาร์ไดต์ต่อการเจริญเติบโตและผลิตของข้าวโพดหวาน

วิจิตรา นามจิตร

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
เมษายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

QUALITY IMPROVEMENT OF ORGANIC FERTILIZER PELLETS WITH LEONARDITE AND THE EFFECT OF FERTILIZER ON THE GROWTH AND YIELD OF SWEET CORN (*ZEA MAYS* L. VAR. *SACCHARATA*)

WIJITTRA NAMJITR

A Thesis Submitted to University of Phayao

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Master of Science Degree in Agricultural Science

April 2020

Copyright 2019 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การปรับปรุงคุณภาพและการทดสอบประสิทธิภาพของ
ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีส่วนผสมของแร่ลีโอนาร์ไดต์
ต่อการเจริญเติบโตและผลิตของข้าวโพดหวาน

ของ วิจิตรา นามจิตร

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภธิดา อ่ำทอง)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ดร. บุญร่วม คิดค้า)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.มนัส ทิตย์วรรณ)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ดร. วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไวพจน์ กันจู)

..... คณบดีคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญฤทธิ์ สินค้างาม)

เรื่อง: การปรับปรุงคุณภาพและการทดสอบประสิทธิภาพของ
ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีส่วนผสมของแร่ลีโอนาร์ไดต์
ต่อการเจริญเติบโตและผลิตของข้าวโพดหวาน

ผู้วิจัย: วิจิตรา นามจิตร, วิทยานิพนธ์: วท.ม. (วิทยาศาสตร์การเกษตร), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2562

อาจารย์ที่ปรึกษา: ดร. บุญร่วม คิดค้า อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.มนัส ทิตย์วรรณ ดร.วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก

คำสำคัญ การปรับปรุงคุณภาพ ปุ๋ยอัดเม็ด แร่ลีโอนาร์ไดต์ ข้าวโพดหวาน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ที่มีส่วนผสมของแร่ลีโอนาร์ไดต์ให้เป็นไปตามมาตรฐานการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เพื่อให้ได้ปุ๋ยอัดเม็ดที่มีคุณภาพดี ทำการทดลอง 5 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด โดยนำมูลวัว ปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง แร่ลีโอนาร์ไดต์ แร่ภูเขาไฟชนิดภูไมท์ แร่ดินเหนียวชนิดไดอะตอมไมท์ มูลไก่ และ หินฟอสเฟต มาทำการศึกษา พบว่า แร่ลีโอนาร์ไดต์มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.34 ขณะที่วัตถุดิบชนิดอื่น ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.64-8.83 มูลวัวมีค่าปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณอินทรียคาร์บอน สูงที่สุดเท่ากับ 55.64 และ 32.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มูลไก่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด สูงที่สุดเท่ากับ 1.67, 5.88 และ 3.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แร่ลีโอนาร์ไดต์มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 58.35 การทดลองที่ 2 ทำการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดด้วยการนำวัตถุดิบจากการทดลองข้างต้น มาผสมกันด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วทำการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า กรรมวิธีที่ 11 ที่ใช้แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลไก่ไข่ ผสมกันในอัตราส่วน 1:1:2:6 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับ 1.11, 3.09 และ 2.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งอัตรานี้เหมาะสมต่อการผลิตของโรงงานปุ๋ย การทดลองที่ 3 ศึกษาการผลิตและคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงาน โดยใช้อัตราส่วนที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 2 มาผลิต พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้ มีค่าการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและสมบัติทางกายภาพและเคมีสม่ำเสมอ และมีค่าคุณสมบัติอื่น ๆ ผ่านตามข้อกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นของเหลวตามมาตรฐานตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดของโรงงานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน ในการใส่ปุ๋ยอินทรีย์พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 3,407.16 กิโลกรัมต่อไร่ และการทดลองที่ 5 ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด พบว่า การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตัน จะมีราคาขายอยู่ที่ 8,500 บาท ได้ผลตอบแทน 6,486.87 บาท ได้กำไรสุทธิ 2,013.13 บาท และอัตรากำไรต่อต้นทุน 31.03 เปอร์เซ็นต์

Title: QUALITY IMPROVEMENT OF ORGANIC FERTILIZER PELLETS WITH LEONARDITE AND THE EFFECT OF FERTILIZER ON THE GROWTH AND YIELD OF SWEET CORN (*ZEA MAYS* L. VAR. *SACCHARATA*)

Author: Wijittra Namjitr, Thesis: M.Sc. (Agricultural Science), University of Phayao, 2019

Advisor: Dr. Bunraum Khitka Co-advisor Associate Professor Dr.Manas Titayavan Dr.Wipornpan Nuangmek

Keyword Quality improvment Pettel fertilizer Leonardite Sweet corn

ABSTRACT

Experiment were aimed at the quality improvement of organic fertilizer pellets with leonardite by manufacturing standards of DOA (Thailand) and the effect of fertilizer on the growth and yield of sweet corn. Experiment 1 the analysis of various types of raw materials used in the manufacturing process including; cow manure, corn cob compost obtained from an irreversible compost pile, leonardite, pumice stone powder, diatomite powder, chicken manure, and rock phosphate. The results showed that the pH value of leonardite was 3.34 whereas pH range for other raw materials was between 7.64 and 8.83. The greatest content of organic matter 55.64% and organic carbon 32.27% were found in cow manure. Highest amount of total nitrogen 1.67%, total phosphorus 5.88%, and total potassium 3.48% were obtained from chicken manure. The highest value of carbon to nitrogen ratio 58:35 was found in leonardite. Results of experiment 2 came with recommendations to fertilizer manufacturer on data analysis of raw materials that provide the amount of total nitrogen 1.11%, total phosphorus 3.09%, and total potassium 2.31% obtained from leonardite: pumice stone powder: corn cob compost: chicken manure mixed in the ratio of 1:1:2:6 by weight. Results of experiment 3 indicated that manufactured fertilizer with recommendations from experimental results of experiment 2, containing consistently percentage of nutrients, physical and chemical properties resulting in passing the acceptable DOA standards. Experiment 4 studies on the effect of fertilizer rates on the growth and yield of sweet corn revealed that treatment of organic fertilizer pellets at the rate of 100 kg per rai produced the highest yield 3,407.16 kg per rai. Experiment 5 determining the costs and benefit associated with the fertilizer production process. The results showed that the manufacturer price for sale per one ton of organic fertilizer pellets was ฿ 8,500 with the profit margin ฿ 6,486.87, net benefit ฿ 2,013.13 and benefit-to-cost ratio of 31.03%.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการทุนพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรมระดับปริญญาโท (พวอ.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาทุนเลขที่ MSD60I0100 ที่ให้ทุนการศึกษา และค่าเล่าเรียนแก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ ดร.บุญร่วม คิดค้า อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องดินและปุ๋ยเพื่อการประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพปุ๋ย ทักษะความรู้ในการปฏิบัติงาน ดูแลเอาใจใส่ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มนัส ทิตย์วรรณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวพจน์ กันจู และ ดร.วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก ที่ช่วยตรวจสอบความถูกต้องของวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภธิดา อ่ำทอง จากสาขาปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้เกียรติเป็นประธานวิทยานิพนธ์ และให้คำปรึกษาพร้อมกับคำแนะนำ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการและแปลงปฏิบัติการสาขาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่อนุเคราะห์และให้ความช่วยเหลืองานในการใช้เครื่องมือห้องปฏิบัติการ ดูแลงานแปลงต่าง ๆ และขอขอบคุณรุ่นน้องเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยพะเยา รุ่น 17–18 เช่น คุณขวัญจิรา โยธินธนากร เป็นต้น ที่คอยช่วยเหลืองานในด้านต่าง ๆ จนสำเร็จได้ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณบิดามารดาที่ให้กำลังใจ และให้โอกาสแก่ข้าพเจ้าได้เล่าเรียน สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยพะเยา สถาบันการศึกษาที่ข้าพเจ้าเล่าเรียน ให้สถานที่ และทรัพยากรในการทำวิจัย

วิจิตรา นามจิตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 3

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2551 4

วัตถุดิบที่ใช้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 5

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 16

การศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 16

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 17

การผลิตและคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงาน 18

ผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดของโรงงานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน 19

ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 20

การวิเคราะห์ข้อมูล 20

สถานที่ทำการทดลอง 20
บทที่ 4 ผลการทดลอง 21
ผลการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 21
ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 24
ผลการผลิตและคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงาน 28
ผลการทดลองผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดของโรงงานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน 31
ผลการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 44
บทที่ 5 บทสรุป 47
สรุปผลการทดลอง 47
อภิปรายผลการทดลอง 48
ข้อเสนอแนะ 55
บรรณานุกรม 56
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ 62
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ดิน 70
ประวัติผู้วิจัย 76

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 รายละเอียดกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ 4

ตาราง 2 รายละเอียดกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ (ต่อ) 5

ตาราง 3 ค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ยคอกประเภทต่าง ๆ 7

ตาราง 4 คุณค่าทางอาหารของตอซังพืชชนิดต่าง ๆ 8

ตาราง 5 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 17

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่นำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 23

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 27

ตาราง 8 ผลการผลิตและการวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงาน.....29

ตาราง 9 ผลรายการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพิ่มเติม 30

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูกข้าวโพดหวาน 37

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน.....37

ตาราง 12 ประเภทของโครงสร้างดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน.....38

ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดหวาน 42

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดหวาน (ต่อ) 43

ตาราง 15 ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 45

ตาราง 16 ผลตอบแทนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 46

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปุ๋ยอินทรีย์เป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อดินเป็นอย่างมาก เพราะสามารถช่วยปรับปรุงสภาพดินเสื่อมโทรมให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีคุณสมบัติทำให้ดินมีโครงสร้างที่ดี ทำให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก การระบายน้ำดี มีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น สามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน เพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืช เพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างของดิน อีกทั้งยังช่วยลดความเป็นพิษของธาตุอาหารพืชบางชนิดได้ (บัญชา รัตนีทู, 2555) และในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้เองของเกษตรกรนั้นอาจจะยังมีคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารไม่เพียงพอสำหรับพืช ดังนั้นจึงต้องหาวัตถุดิบที่มีธาตุอาหารมากพอมาเป็นส่วนผสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพดีมากยิ่งขึ้น (Siamchemi, 2018)

จังหวัดลำปางเป็นพื้นที่ที่มีเหมืองถ่านหินอยู่เป็นจำนวนมากโดยจะใช้ประโยชน์จากการขุดถ่านหินลิกไนต์มาใช้เป็นพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งในขั้นตอนการขุดจะมีผลผลิตที่เป็นของเสียเกิดขึ้น โดยเฉพาะชั้นดินที่ถูกจำแนกเป็นดินปนถ่านหิน เรียกว่า ลีโอนาไดต์ โดยเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากการทำเหมืองแร่ และมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกวันจนกลายเป็นปัญหาให้กับเหมืองแร่ ในภายหลังจึงมีผู้คนหันมาสนใจการนำประโยชน์จากลีโอนาไดต์มาใช้และพบว่าลีโอนาไดต์ มีองค์ประกอบบางอย่างที่เป็นประโยชน์ในทางการเกษตร (วิวัฒน โตธิรกุล, พลยุทธ ศุขสมิติ และจินดารัตน โตกมลธรรม, 2552) ดังนั้น ลีโอนาร์ไดต์ คือวัตถุดิบที่เหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืชเป็นองค์ประกอบอยู่หลายธาตุและมีในปริมาณที่สูง จึงสามารถใช้เป็นแหล่งของธาตุอาหารพืชบางชนิดได้ โดยเฉพาะธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน นอกจากนี้ลีโอนาร์ไดต์มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ แต่มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เพื่อเพิ่มค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดิน ซึ่งจะช่วยทำให้ดินสามารถจับยึดธาตุอาหารได้ดีขึ้น ลดการไหลบ่าหรือถูกชะละลายของธาตุอาหารที่เป็นประจุบวกไปกับน้ำไหลบ่าที่สำคัญลีโอนาร์ไดต์มีปริมาณอินทรียวัตถุเป็นองค์ประกอบอยู่สูง จึงเหมาะสำหรับใช้ปรับปรุงสมบัติทาง

กายภาพเคมีและชีวภาพของดิน (สุชาดา โภชาดม และคณะ, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่พบว่า ลีโอนาร์ไดต์มีสารประกอบฮิวมิคเป็นองค์ประกอบอยู่สูง (Ayuso et al., 1996) และมีบทบาทในการเพิ่มค่าอินทรียวัตถุและไนโตรเจนให้กับ(Ece, Eryigit and Uysal, 2007) ด้วยคุณสมบัติต่าง ๆ ของลีโอนาร์ไดต์ นักวิจัยมีแนวคิดที่จะนำลีโอนาร์ไดต์มาผสมกับสารปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ นั่นก็คือ มูลวัว แร่ภูไมท์ ไดอะตอมไมท์ หินฟอสเฟต และปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพด ซึ่งวัตถุดิบทั้งหมดนี้มีคุณสมบัติในการปรับปรุงดินเช่นเดียวกัน โดยวัตถุดิบบางชนิดอย่างเช่น มูลวัว และปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพดก็สามารถหาใช้ได้ง่าย อีกทั้งยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้อีกด้วย โดยจะใช้วัตถุดิบเหล่านี้เป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการปรับปรุงดิน (soil conditioner) ซึ่งสารปรับปรุงดินหมายถึงสารที่มีสมบัติทำให้สารคอลลอยด์ดิน (soil colloid) จับตัวกันเป็นเม็ดดินหรือก้อนดิน (soil aggregate) ที่มีโครงสร้างคล้ายทรงกลมและมีขนาดรูปทรงสม่ำเสมอและโปร่ง (crumb structure) จากสมบัติดังกล่าวสารปรับปรุงดินจะช่วยทำให้ดินที่มีปัญหาทางกายภาพ โดยเฉพาะปัญหาทางด้านโครงสร้างของดินที่ไม่เหมาะสมมีโครงสร้างของดินที่ดีขึ้น (ปิยะ ดวงพัตรา, 2556) ที่สำคัญผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในสารปรับปรุงดินที่ผลิตได้ควรมีคุณสมบัติเป็นปุ๋ยคือให้ธาตุอาหารที่จำเป็นแก่พืชได้อีกทางหนึ่งด้วยโดยเมื่อตรวจสอบคุณสมบัติในด้านการเป็นปุ๋ยแล้วต้องมีคุณภาพตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามที่กฎหมายกำหนด ตามตาราง 1 (ราชกิจจานุเบกษา, 2551) เนื่องจากปัจจุบันมีการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงบำรุงดิน ตลอดจนมีการนำเทคโนโลยีชีวภาพเข้ามาใช้ในการเพิ่มคุณค่าของธาตุอาหารพืชทำให้มีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการควบคุมมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อให้ได้ปุ๋ยที่มีคุณภาพดีและเป็นการรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกรอีกด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ที่มีส่วนผสมของแร่ลีโอนาร์ไดต์ให้เป็นไปตามมาตรฐานการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีส่วนผสมของแร่ลีโอนาร์ไดต์ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดหวาน

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ให้ได้มาตรฐานตามกระทรวงเกษตรและสหกรณ์โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบ อัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับแปลงปลูก เพื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน หลังจากนั้นศึกษาความสม่ำเสมอของคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละรุ่นที่ทำการผลิตในเชิงการค้า พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยโดยการวิเคราะห์ปุ๋ยตามข้อกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นของเหลวตามมาตรฐานตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร และทดสอบผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน พร้อมทั้งศึกษาองค์ประกอบของผลผลิต วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของดิน ทั้งก่อนปลูกและหลังปลูก และศึกษาต้นทุนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยที่มีคุณภาพตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

2. ได้องค์ความรู้ใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมปุ๋ยอินทรีย์และถ่ายทอดองค์ความรู้ดังกล่าวสู่การเรียนการสอนในระดับมหาวิทยาลัย

3. เป็นต้นแบบการผลิตและปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ให้ผู้ประกอบการด้านปุ๋ยอินทรีย์และ/หรือบุคคลทั่วไปได้นำไปปรับใช้ หรือเป็นแหล่งศึกษาหาความรู้ ดูงาน และสร้างเครือข่ายความร่วมมือกันได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2551

กรมวิชาการเกษตรได้กำหนดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง การขอขึ้นทะเบียน การออกใบสำคัญการขึ้นทะเบียน การขอแก้ไขรายการทะเบียน และแก้ไขรายการทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2551 และส่งตัวอย่างปุ๋ยไปตรวจเพื่อขอรับรองมาตรฐานตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร ดังตาราง 1 (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

ตาราง 1 รายละเอียดกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5 x 12.5 มิลลิเมตร
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้	ไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
3	ปริมาณหิน และกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	ไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
6	ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH)	5.5–8.5
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N)	ไม่เกิน 20:1
8	ค่าการนำไฟฟ้า (EC:electrical conductivity)	ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต่อเมตร

ตาราง 2 รายละเอียดกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ (ต่อ)

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก (โดยน้ำหนัก)	–ไนโตรเจน (total N) ไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ –ฟอสฟอรัส (total P_2O_5) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ –โพแทสเซียม (total K_2O) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์
10	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
11	สารหนู (arsenic)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
	แคดเมียม (cadmium)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
	โครเมียม (chromium)	ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
	ทองแดง (copper)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
	ตะกั่ว (lead)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
	ปรอท (mercury)	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ที่มา: (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

วัตถุดิบที่ใช้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์

ลีโอนาร์ไดต์

ลีโอนาร์ไดต์ (leonardite) เป็นชั้นดินที่ปนอยู่กับถ่านหินจะมีลักษณะนุ่มไม่แข็งตัวจะมีสีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงดำ โดยจะพบลีโอนาร์ไดต์ได้ตามแหล่งถ่านหินที่มีความลึกไม่มาก ลีโอนาร์ไดต์เกิดขึ้นจากการสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์ โดยกระบวนการทางเคมีและชีวภาพ ความแตกต่างกันของลีโอนาร์ไดต์ขึ้นอยู่กับแหล่งต้นกำเนิด และลีโอนาร์ไดต์จะมีลักษณะที่คล้ายกับถ่านหินลิกไนต์จะพบบริเวณรอยต่อเนื่องกันกับชั้นถ่านหินลิกไนต์ มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ 30–35 เปอร์เซ็นต์ โดยมีองค์ประกอบของแร่ที่พบในลีโอนาร์ไดต์ ได้แก่ ยิปซัม แคลไซต์ โคลิไนต์ มัสโคไวต์ ซิลิก้า และเหล็ก จากรายงานของนักวิจัยหลายท่าน พบว่า ลีโอนาร์ไดต์ มีสารฮิวมิค (humic substances) เป็นองค์ประกอบปริมาณมาก สารฮิวมิคนี้ประกอบด้วย กรดฮิวมิค (humic acid) กรดฟูลวิค (fulvic acid) และฮิวมิน (humin) สารฮิวมิคมีบทบาทที่สำคัญต่อการปรับปรุงสมบัติของดินทั้งสมบัติทางเคมี กายภาพและชีวภาพของดิน

เช่น เป็นสารเชื่อมอนุภาคดินทำให้ดินจับตัวกันเป็นโครงสร้างเม็ดดิน (soil aggregate) ทำให้ระบายน้ำ อากาศได้ดี และช่วยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำในดิน ช่วยให้ดินดูดยึดธาตุอาหารพืชได้มากขึ้น และช่วยรักษาระดับ pH ของดิน อีกทั้งยังเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชและจุลินทรีย์ในดิน (วิวัฒน โตธิรกุล, พลยุทธ ศุขสมิติ และจินดารัตน โตกมลธรรม, 2552) ลีโอนาร์ไดต์มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ สารฮิวมิค ซึ่งมีคุณสมบัติในการรักษาโครงสร้างของดินให้อุ้มน้ำและระบายอากาศได้ดี และมีประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุอาหาร เพื่อที่จะปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านั้นให้แก่พืช เพื่อจะได้นำสารอาหารเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ในด้านการเจริญเติบโต การออกดอกออกผล อีกทั้งยังเป็นแหล่งของธาตุอาหารและฮอร์โมนพืชบางชนิด เช่น ฮอร์โมนออกซิน (auxin) (ราชกิจจานุเบกษา, 2551)

มูลวัว

มูลวัวส่วนใหญ่เป็นของแข็งประกอบไปด้วยเศษของพืชและสัตว์ ซึ่งเป็นอาหารที่สัตว์กินเข้าไปแล้วไม่สามารถย่อยหรือนำไปใช้ประโยชน์ได้หมดจึงเหลือเป็นกากที่สัตว์ขับถ่ายออกมา โดยเศษอาหารเหล่านี้ได้ผ่านกระบวนการย่อยสลายไปบางส่วนแล้วในทางเดินอาหาร ดังนั้นส่วนที่เป็นมูลสัตว์จึงอุดมไปด้วยธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ รวมทั้งสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้หลายชนิด ซึ่งเมื่อรวมกันเข้าก็จะมีองค์ประกอบที่สามารถใช้เป็นธาตุอาหารที่สมบูรณ์ของพืชได้ ส่วนมูลสัตว์แต่ละชนิดจะมีธาตุอาหารชนิดใดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์ชนิดนั้นกินเข้าไปเป็นปัจจัยสำคัญรวมทั้งปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ระบบการย่อยอาหารของสัตว์ วิธีการให้อาหาร รวมทั้งการจัดการรวบรวมมูล และการเก็บรักษา (กริช สิทธิโชคธรรม และคณะ, 2550) มูลวัวและมูลควาย โดยทั่วไปแล้วมีธาตุอาหารต่ำกว่ามูลสัตว์ชนิดอื่นเพราะเป็นสัตว์กินหญ้าไม่ควรใส่แปลงปลูกผักโดยตรง เพราะจะมีปัญหาเมล็ดวัชพืชปะปนมาควรนำไปหมักเป็นปุ๋ยหมักเสียก่อน หรือนำไปผลิตก๊าซชีวภาพแล้วนำกากที่เหลือไปใช้จะได้ประโยชน์มากกว่า มูลแห้งเหมาะสำหรับใส่แบบหว่านในสวนไม้ผล หรือรองก้นหลุมปลูกพืช และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ จะเห็นว่ามูลสุกรและกากตะกอนมูลสุกรจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพรวมทั้งมูลของไก่ไข่มีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง แมงกานีส และสังกะสี มากกว่ามูลวัวขณะที่มูลวัวมีปริมาณธาตุโพแทสเซียม และโซเดียมมากกว่ามูลสุกร (ตาราง 2) (ออมทรัพย์ นพอมรบดี, 2540)

มูลไก่ไข่

มูลไก่เป็นปุ๋ยที่มีธาตุอาหารจำนวนมากสังเกตได้จากอาหารที่ไก่กินเข้าไป ซึ่งมีทั้งโปรตีนและแร่ธาตุ สิ่งสำคัญต้องเป็นปุ๋ยมูลไก่ที่ย่อยสลายแล้วเท่านั้นจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ไม่เช่นนั้นอาจเป็นแหล่งสะสมเชื้อโรคโดยเฉพาะเชื้อราในดิน ปุ๋ยมูลไก่นั้นสามารถแบ่งออกเป็นมูลไก่ไข่ และมูลไก่เนื้อ ซึ่งมูลไก่ไข่นั้นการที่รากพืชจะได้ประโยชน์ต้องทำการหมักให้เปลี่ยนสภาพเป็นปุ๋ยหมักที่เหมาะสมก่อน ส่วนมูลไก่เนื้อถ้าจะใช้วิธีโรยแล้วไถดินกลบก็ควรต้องทิ้งช่วงไว้ก่อนที่จะปลูก โดยมูลไก่มีประโยชน์อย่างมาก เพราะจะช่วยปรับปรุงดินให้ดีขึ้น ทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุย อุ้มน้ำและธาตุอาหารของดินจะมีมากขึ้น ทำให้ดินระบายน้ำได้ดี อากาศถ่ายเทได้สะดวก ช่วยเพิ่มความคงทนให้แก่เม็ดดินเป็นการลดการชะล้างพังทลายของดิน และช่วยรักษาหน้าดินไว้ อีกทั้งปุ๋ยมูลไก่ไม่มีวัชพืชเหมือนปุ๋ยจากมูลสัตว์ชนิดอื่น ๆ ที่มีวัชพืชติดมาด้วยจึงไม่ต้องเสียแรงในการบำรุงรักษาเพิ่มเติม (ตาราง 2) (รักบ้านเกิด, 2559)

ตาราง 3 ค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ยคอกประเภทต่าง ๆ

ชนิดปุ๋ยคอก	ปริมาณธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
มูลสุกร	2.8	1.3	1.1
มูลไก่ (ไข่)	2.7	1.8	1.7
มูลเป็ด	2.1	1.1	1.1
มูลโค	1.9	0.5	1.4
มูลกระบือ	1.2	0.5	0.6
มูลค้างคาว	1.0	2.8	1.8

ที่มา: ดัดแปลงจากกรมพัฒนาที่ดิน, (2540) และปฏิภาณ, (2555) อ้างอิงโดย (นิภาพร บุญชอบ และสุวัตน์ ธีระพงษ์ธนากร, 2558)

ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง

ความจำเป็นของการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะปลูกของเกษตรกรสิ่งที่มีความจำเป็นและสำคัญที่สุดคือความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งความอุดมสมบูรณ์ของดินจะได้มาจากการที่มีอินทรียวัตถุสะสมอยู่ในดินอยู่มาก จุลินทรีย์ดินจะใช้อินทรียวัตถุเป็นสารอาหารแล้วปลดปล่อยแร่ธาตุที่จำเป็นให้แก่พืชในปริมาณที่พืชต้องการอย่างเพียงพอ ซึ่งได้แก่ ธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน–N ฟอสฟอรัส–P_2O_5 และ โพแทสเซียม–K_2O) ธาตุอาหารรอง (ซัลเฟอร์ แคลเซียม

และแมกนีเซียม) และจุลธาตุ (แมงกานีส ทองแดง โบรอน โมลิบดินัม เหล็ก คลอรีน และสังกะสี) ดังนั้นการเติมความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินวิธีหนึ่งคือการใช้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มแร่ธาตุให้กับพืชแล้วปุ๋ยอินทรีย์ยังช่วยลดความเป็นกรดของดินที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าหญ้าอย่างยาวนานได้อีกด้วย (ตาราง 3) (ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร, 2558) เพื่อให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินกลับคืนมาเกษตรกรจึงควรงดการเผาเศษพืช และนำเศษพืชมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพดีแล้วนำไปปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุ เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินที่จะส่งผลให้การใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีลดลง ซึ่งหมายถึงต้นทุนการผลิตก็จะลดลง ผลผลิตเพิ่มมากขึ้นมีผลกำไรมากขึ้นดินเพาะปลูกจะกลับมาเป็นดินดำที่ฟูนุ่มโครงสร้างเม็ดดินจะร่วนซุยขึ้น มีไส้เดือนกลับคืนมาช่วยในการชอนไชของรากพืช พืชก็จะกลับมาแข็งแรงเกษตรกรและประชาชนจะมีสุขภาพที่ดี จากการลดควันพิษจากการเผาและลดการใช้สารเคมี (ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร, 2558)

ตาราง 4 คุณค่าทางอาหารของตอซังพืชชนิดต่าง ๆ

ชนิดพืช	ปริมาณธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
ฟางข้าว	0.69	0.08	1.56
ต้นข้าวโพด	0.71	0.11	1.38
ซังข้าวโพด	1.41	0.05	0.49
ยอดอ้อย	0.49	0.10	0.25
ใบสับปะรด	1.21	0.22	1.23

ที่มา: (ประเสริฐ สองเมือง และวิทยา ศรีทานนท์, 2531) และ (Pintukanok, 1989)

ภูไมท์

ภูไมท์หรือกลุ่มของหินแร่ภูเขาไฟ จะมีพื้นที่ผิวสัมผัสที่มีความพรุน โปร่ง คล้ายกับโครงสร้างของฟองน้ำ ทำให้มีความสามารถในการกรองดัก และจับตรึงแร่ธาตุ ก๊าซต่าง ๆ ได้ค่อนข้างดี จึงถือได้ว่าเป็นสารปรับปรุงสภาพดินที่มีการปรับปรุงพัฒนาคุณภาพขึ้นมาเพื่อให้เป็นประโยชน์แก่เกษตรกร ดังนั้นเมื่อนำไปใส่ให้แก่ต้นไม้ในปริมาณที่เหมาะสมตามที่กำหนดไว้หรือตามความพอดีกับความต้องการของพืชก็จะทำให้พืชสามารถที่จะสร้างภูมิต้านทาน มีความแข็งแกร่ง กระตุ้นการเจริญเติบโต ช่วยจับตรึงสารอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืชไม่ให้

สูญเสียได้ง่ายโดยเฉพาะในพื้นที่ที่เป็นดินทราย เพราะแร่ธาตุอาหารต่าง ๆ จะถูกชะล้างเสียหายไปได้ง่าย และยังสามารถใช้ได้กับดินทุกพื้นที่ไม่ว่าสภาพดินนั้นจะเป็นกรดหรือด่าง ภูไมท์จะช่วยปรับปรุงสภาพดินให้โปร่ง ร่วน ซุย มีการระบายถ่ายเทน้ำได้ดีขึ้นทำให้น้ำไม่ท่วมขังหรือแฉะ อันเป็นสาเหตุที่ทำให้รากเน่าตายได้ และภูไมท์ยังมีความสามารถในการช่วยปลดปล่อยแร่ธาตุ ซิลิกา และธาตุอาหารเสริมอื่น ๆ ออกมาเป็นประโยชน์ให้แก่พืชอย่างช้า ๆ ทำให้พืชได้รับสารอาหารอย่างครบถ้วน (ชมรมเกษตรปลอดสารพิษ, 2557) ภูไมท์ซัลเฟตมีแร่ธาตุฟอสฟอรัสที่ช่วยทำให้รากพืชมีการเจริญเติบโตที่ดี หาอาหารได้มากขึ้น ช่วยเพิ่มขนาดใบให้ใหญ่ขึ้นปริมาณใบก็จะเพิ่มขึ้นด้วยทำให้พืชสะสมอาหารได้ในปริมาณที่มาก ภูไมท์ซัลเฟตยังมีแคลเซียมที่ช่วยทำให้ผนังเซลล์ของพืชแข็งแรงช่วยส่งเสริมการยืดเซลล์ได้อย่างดีเยี่ยมทำให้ในสภาพวะที่ฝนตกชุกพืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไป และปริมาณของคาร์โบไฮเดรตลดน้อยลงผลหรือผิวของพืชก็จะไม่แตกหักง่าย มีแมกนีเซียมช่วยสังเคราะห์โปรตีนให้แก่พืช ช่วยสร้างแป้งให้แก่หัวมันสำปะหลัง ช่วยสังเคราะห์แสงเพิ่มพลังงานในการเคลื่อนย้ายปัจจัยการสังเคราะห์แสงจากแหล่งจ่ายไปยังแหล่งที่รับ เช่น ราก ผล และหัวของพืชต่าง ๆ ทำให้ได้รับผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น มีซัลเฟอร์ช่วยในการสร้างโปรตีนให้แก่พืช ช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ ช่วยสังเคราะห์ซีสเทอีน และเมไทโอนีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์อินทรีย์สารหลาย ๆ ชนิดให้แก่เนื้อเยื่อพืช (มนตรี บุญจรัส, 2555)

ไดอะตอมไมต์

ไดอะตอมไมต์ (diatomite) หรือ ดินเบา เป็นดินที่เกิดจากซากไดอะตอมในแหล่งไดอะตอมเป็นดินซุย เบา เนื้อพรุน มีลักษณะคล้ายชอล์ก มีปฏิกิริยาทางเคมีเชื่องช้า เป็นตัวนำความร้อนที่เร็ว จึงมีประโยชน์เป็นส่วนผสมในการทำกระดาษสาเพื่อให้เนื้อกระดาษแน่นเนียนเป็นฉนวน และเป็นสารที่ใช้ในการกรองได้ดี เช่น กรองน้ำตาลและสารกรองอื่น ๆ ดินชนิดนี้ใช้ขัดภาชนะโลหะได้ดี เพราะมีซิลิกาขนาดละเอียดอยู่ในเนื้อ นอกจากนี้ยังใช้เป็นตัวดูดซับหรือฉนวนในระเบิดไดนาไมต์ด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2550) ดินเบาเป็นหินตะกอนที่มีสารจำพวกซิลิกาเป็นองค์ประกอบมีลักษณะอ่อนนุ่ม เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เป็นผงขนาดเล็ก ละเอียดสีขาว มีขนาดของผงอยู่ในช่วงน้อยกว่า 1 ไมครอน ไปจนถึงมากกว่า 1 มิลลิเมตร แต่ที่พบโดยปกติจะอยู่ในช่วง 10–200 ไมครอน องค์ประกอบทางเคมีคือ สารจำพวกซิลิกา 80–90 เปอร์เซ็นต์ สารจำพวกอลูมินา (พบในแร่ดินเป็นส่วนใหญ่) 2–4 เปอร์เซ็นต์ และสารจำพวกเหล็กออกไซด์ 0.5–2 เปอร์เซ็นต์ (Subramanyam and Roesli, 2000) เป็นสารเคมีกำจัดแมลงในนาข้าว ไซโลเป็นสารกำจัดศัตรูพืชต่าง ๆ ค่า pH เป็นกลาง ปลอดสารพิษ มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูพืชได้ดี ประสิทธิภาพการดูดซับความชื้นได้ดี มีความหนาแน่นต่ำ อัตราการดูดซึมน้ำ 115

เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนัก ผสมง่าย และมีความสม่ำเสมอดี สามารถใช้งานในดินที่มีความชื้นได้ คุณภาพดินมีความร่วน ซึ่งจะช่วยให้เวลาในการทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชผล และดินเบาจะกลายเป็นปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพในการปลูกพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

หินฟอสเฟต (rock phosphate)

คือสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต เป็นหินแร่ที่เมื่อขุดออกมาบดละเอียดแล้วก็สามารถใช้เป็นวัตถุดิบบำรุงดินได้ดี เปอร์เซ็นต์ของฟอสเฟตอาจมีเพียงไม่กี่เปอร์เซ็นต์จนถึง 30 กว่าเปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์เมื่อนำมาใส่ลงดิน พอดินชุ่มชื้นจะเกิดการละลายออกมาใช้ได้ทันที 1 ใน 10 ของทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ฟอสเฟตส่วนที่เหลือยังจะค่อยๆ ละลายออกมาให้พืชได้ใช้อยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการบำรุงดินด้วยปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยอินทรีย์ต่าง ๆ ยิ่งปัจจุบันมีการแนะนำให้ใช้ปุ๋ยเหล่านี้ 10 ส่วน คลุกกับภูไมท์ 1 ส่วน ก็จะยิ่งทำให้ฟอสเฟตในดินเปลี่ยนรูปละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น ซึ่งหินฟอสเฟตเหล่านี้จะละลายได้ดีในกรดแต่จะละลายได้น้อยมากในน้ำ ดังนั้นปุ๋ยหินฟอสเฟตจึงเหมาะมากสำหรับใช้ในดินที่มีคุณสมบัติเป็นกรดจัดโดยเฉพาะดินเปรี้ยวจัด และยังช่วยลดความเป็นกรดของดิน ช่วยให้ดินร่วนซุย เพิ่มแร่ธาตุในดินที่ละลายได้ให้มากขึ้น ผลพลอยได้ คือ จุลธาตุต่าง ๆ ที่ตกค้างในดินสามารถละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น (ห้องหนังสือเกษตร, 2553)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมวิชาการเกษตร (2548) รายงานว่าค่าวิเคราะห์ธาตุโลหะอันตรายที่พบในสีโอนาร์ไดต์ คือ แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว และปรอท มีผลไปในทิศทางเดียวกันคือ มีปริมาณต่ำมากและต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดยกเว้น ธาตุอาร์ซินิก ซึ่งพบว่าค่าวิเคราะห์สูงกว่าธาตุอื่น ๆ แต่ก็ยังถือว่ามีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดคือ น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชัยมงคล ใจหล้า และบุญร่วม คิดค้า (2558) รายงานว่าผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดตรากว๊านพะเยา ซึ่งเป็นปุ๋ยที่ผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามที่พระราชบัญญัติปุ๋ยกำหนดไว้ ได้ศึกษาถึงกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม การปรับปรุงคุณภาพโดยการศึกษาความคงที่ของคุณภาพปุ๋ยที่ได้ในแต่ขั้นตอนการผลิต รวมถึงการวิเคราะห์หาสาเหตุและแก้ปัญหาด้านความไม่คงที่ของสายพานการผลิตของโรงงาน

ณธรรศ สมจันทร์ และอรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง (2557) ทำการปรับปรุงคุณภาพลีโอนาร์ไดต์เพื่อให้สามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ถึงแม้ว่าลีโอนาร์ไดต์มีสารฮิวมิคสูง แต่มีค่า pH ต่ำ จึงยกระดับ pH ของลีโอนาร์ไดต์จากเหมืองแม่เมาะโดยการใช้ลีโอนาร์ไดต์ทำการผสมกับโดโลไมท์ในอัตรา 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ บ่มให้มีความชื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ของความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุดเป็นเวลา 28 วัน โดยใช้ค่า pH และค่ากรดฮิวมิค เป็นตัวชี้วัดผลการทดลอง พบว่า การใช้ลีโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมท์ในอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมที่สุด โดยมีค่ากรดฮิวมิค (51.69 เปอร์เซ็นต์) สูงที่สุด และมีค่า pH ที่เหมาะสม (pH 6.14) ส่วนอีกการทดลองหนึ่งได้ทำการศึกษาลีโอนาร์ไดต์ที่ผสมโดโลไมท์อัตรา 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ กับหินฟอสเฟตที่อัตรา 0, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ บ่มไว้ที่ 28 วัน ที่ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ ของความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุด โดยมีวัตถุประสงค์ในการยกระดับค่า pH และ %total P_2O_5 ของลีโอนาร์ไดต์โดยใช้โดโลไมท์ร่วมกับหินฟอสเฟต โดยใช้ค่า pH, %total P_2O_5 และค่ากรดฮิวมิค เป็นตัวชี้วัดหาอัตราส่วนที่เหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุปรับปรุงบำรุงดิน ผลการศึกษาพบว่าลีโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมท์ 5 เปอร์เซ็นต์ และหินฟอสเฟต 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่า pH (6.39) %total P_2O_5 (0.97 เปอร์เซ็นต์) สูงที่สุด และให้ค่ากรดฮิวมิค 42.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ลีโอนาร์ไดต์ที่ได้ปรับปรุงแล้วนี้จึงมีสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมที่จะไปใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินทางการเกษตร

ดวงสมร ตุลาพิทักษ์ และคณะ (2552) ในดินนาที่มีการปลูกแบบอินทรีย์ต่อเนื่องกัน 5 ปี จะมีปริมาณกรดฮิวมิคซึ่งเป็นคาร์บอนอินทรีย์ที่เสถียรสูงกว่าการทำการเกษตรแบบเคมี

ดิสสพันธุ์ ธรรมาภิรมย์, สันติ ธีราภรณ์ และสุทัย วุธรา (2541) จากการวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของปุ๋ย N–P–K กับข้าวโพดหวานที่ปลูกบนชุดดินท่าม่วงที่ไร่เกษตรกร จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า การใส่ปุ๋ย N–P_2O_5–K_2O ในอัตราส่วน 20–10–10 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักฝักสดสูงสุด 2,002 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักฝักสด 1,490 กิโลกรัมต่อไร่

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข (2551) ค่าสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) คำนวณจากปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้ สำหรับธาตุอาหารพืช ได้แก่ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และธาตุโลหะอันตราย ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว ปรอท และอาร์ซินิกทั้งหมด ทำการสกัดโดยการย่อยสลายตัวอย่างดินด้วยวิธี wet digestion โดยสกัดตัวอย่างดินด้วยกรดผสม HNO_3:$HClO_4$ ในอัตราส่วน 5:2 แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ (2554) ทำการศึกษาการปลูกข้าวโพด พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินช่วยลดต้นทุนในการใช้ปุ๋ยเคมีมากกว่าการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำได้ 900 บาทต่อไร่

บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาการจัดการปุ๋ยในข้าวโพดหวานพันธุ์ ไฮบริกซ์ 3 ที่ปลูกในดินเหนียว พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน N-P_2O_5-K_2O อัตรา 15-10-7 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตฝักสูงกว่าใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับ 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่ใส่ปุ๋ย

ประชา นาคะประเวศ, เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์ และธัชมนภัสรา เยี่ยงยงค์ (2540) ได้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมีในข้าวโพดหวาน พบว่า การไถกลบปอเทืองร่วมกับใส่ ปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตของข้าวโพดสูงกว่าใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ซึ่งปอเทืองเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีปริมาณ N ค่อนข้างสูง เมื่อปอเทืองย่อยสลายจึงให้ N ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของข้าวโพด

พิทยากร ลิ่มทอง (2542) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินชุดท่ายางและผลผลิตของข้าวโพดหวาน ผลจากการวิจัยพบว่าหลังจากการเก็บผลผลิตข้าวโพดหวานการไถกลบฟางข้าวมีผลต่อการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียแอคติโนมัยซีสและเชื้อราย่อยเซลลูโลสจาก 8.31, 7.53 และ 5.47 เป็น 9.16, 8.45 และ 6.34 log no. ต่อกรัมของดิน ปริมาณธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้น ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันจาก 13.3, 155, 867 และ 186 เป็น 29.6, 403, 1,951, 223 และ 40 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงควบคุมระดับ pH ของดินเพิ่มขึ้นจาก 5.9 เป็น 6.4 เมื่อพิจารณาผลผลิตของข้าวโพดหวานจะพบว่าการไถกลบฟางข้าวจะให้ผลผลิตสูงสุดซึ่งเพิ่มขึ้นจาก 314.0 เป็น 574.8 กิโลกรัมต่อไร่ และมีรายได้สุทธิสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นเป็น 6,467 บาทต่อไร่ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวจะมีรายได้สุทธิ 2,319.50 บาทต่อไร่

พีระวรรณ พัฒนวิภาส, ดิลก อัญชลิสังกาศ และเตือนใจ บุญ-หลง (2541) โรคและแมลงศัตรูพืชเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการผลิตข้าวโพดข้าวโพดฝักสดเป็นอย่างมาก ซึ่งโรคที่สำคัญของข้าวโพดฝักสด ได้แก่ โรคใบไหม้แผลใหญ่ โรคราน้ำค้าง โรคไวรัสใบด่าง และโรคราสนิม

ภัทรา เพ่งธรรมกีรติ และคณะ (2554) ดินนาที่ทำการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ที่มีการใช้ปุ๋ยหมักในการบำรุงดินจะมีการกักเก็บคาร์บอนได้ดีกว่าดินนาที่เพาะปลูกแบบเคมีและการเพาะปลูกแบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP)

มนตรี บุญจรัส (2555) ภูไมท์ซัลเฟตเป็นสารปรับปรุงดินที่มีการแนะนำให้ใช้คลุกกับปุ๋ยเคมีหว่านในนาข้าวเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวช่วยในการต้านทานโรคและแมลงในนาข้าวและปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้ดีขึ้น

วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ และคณะ (2540) ได้ศึกษาการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด พบว่า การไถกลบปุ๋ยพืชสด (อัตราของเมล็ดโสนแอฟริกันที่ใช้หว่าน 5 กิโลกรัมต่อไร่) ให้ความยาวของฝักข้าวโพด 15.8 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

วิวัฒน โตธิรกุล, พลยุทธ ศุขสมิติ และจินดารัตน โตกมลธรรม (2552) ทำการเตรียมโซเดียมฮิวเมตและโพแทสเซียมฮิวเมต โดยการสกัดลิโอนาร์ไดต์ จากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ อัตราส่วนระหว่างดินปนถ่านหินต่อสารละลายด่างคือ 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และตกตะกอนด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมโซเดียมฮิวเมตและโพแทสเซียมฮิวเมตที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ระยะเวลาและอุณหภูมิในการสกัด ความเร็วและระยะเวลาในการปั่นเหวี่ยงแยกเม็ดดิน ผลจากการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมโซเดียมฮิวเมตคือ สกัดที่ความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 12 ใช้ระยะเวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เหวี่ยงแยกเม็ดดินออกจากสารละลายที่ 3,500 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปตกตะกอนด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ในขณะที่โพแทสเซียมฮิวเมตใช้ความเป็นกรด-ด่างในการสกัดที่ 13 และใช้ระยะเวลาในการสกัด 9 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า โซเดียมฮิวเมตและโพแทสเซียมฮิวเมตประกอบด้วยสารอินทรีย์ 91.6 และ 92.9 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ตามลำดับ และมีปริมาณเถ้า 8.4 และ 7.1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ตามลำดับ โลหะที่วิเคราะห์ในโซเดียมฮิวเมต ได้แก่โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี เหล็ก ทองแดง ตะกั่ว และแมงกานีส มีปริมาณ 7,326.3, 409.4, <0.05, 438.9, 29.4, 6,191.0, <0.005, <0.005 และ <0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่โพแทสเซียมฮิวเมตมีปริมาณ 248.4, 6,646.0, 85.9, 133.1, 17.5, 9,824.4, <0.005, <0.005 และ <0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ศิราณี วงศ์กระจ่าง (2557) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2 ตันต่อไร่ ให้การเจริญเติบโตด้านความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินทรายชุดดินบ้านทอนสูงกว่าไม่ใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียว

สมควร คล่องช้าง และคณะ (2551) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเป็นวิธีการที่ช่วยลดต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยเคมีให้แก่เกษตรกรได้ทางหนึ่ง อีกทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน จากการวิจัยผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพมูลวัวหมักและปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูกบนดินเหนียวสีแดงชุดวังไฮที่ไร่เกษตรกร จ.

กาญจนบุรี พบว่า การใส่มูลวัวหมักอัตรา 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 10-5-5 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักฝักสดข้าวโพดหวาน (เฉลี่ย 4 ฤดูปลูก) 2,241 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 20-55 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย ข้าวโพดหวานให้ผลผลิตน้ำหนักฝักสด 2,028 และ 1,366 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

สมฤทัย ตันเจริญ และคณะ (2553) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ให้จำนวนฝักต่อไร่สูงสุด คือ 8,533 ฝักต่อไร่ สูงกว่าไม่ใส่ปุ๋ยแต่ไม่มีความแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์

สันติ ธีราภรณ์ (2545) ความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดโดยเฉพาะธาตุอาหารหลัก พบว่า ธาตุไนโตรเจนมีบทบาทสำคัญต่อข้าวโพดตลอดอายุการเจริญเติบโต ตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโตจนถึงการสร้างเมล็ด ระยะที่ข้าวโพดต้องการธาตุไนโตรเจนมากที่สุด คือ ระยะที่ข้าวโพดออกดอกตัวผู้และตัวเมีย

สุชาดา โภชาดม และคณะ (2556) รายงานด้านคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการวิจัย ได้ศึกษาลักษณะทางเคมีของลีโอนาร์ไดต์จากเหมืองแร่ลิกไนต์ประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า ลีโอนาร์ไดต์มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงถึงร้อยละ 24.4 มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงมากถึง 56.6 เซนติโมลต่อกิโลกรัม มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืชเป็นองค์ประกอบอยู่หลายธาตุและบางธาตุมีในปริมาณสูง โดยเฉพาะธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ลีโอนาร์ไดต์มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ (4.3 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร) มีธาตุโลหะหนักอันตราย คือ แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว และปรอท ในปริมาณต่ำมาก ยกเว้น ธาตุอาร์ซินิก ซึ่งพบว่าค่าวิเคราะห์สูงกว่าธาตุอื่น ๆ และสูงกว่าค่าอาร์ซินิกเฉลี่ยในดินโดยทั่วไปถึง 10 เท่า สำหรับผลการวิเคราะห์ค่า pH ของลีโอนาร์ไดต์ พบว่า มีค่าต่ำกว่า 4 ซึ่งเป็นกรดรุนแรง ดังนั้นจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแม้ลีโอนาร์ไดต์จะมีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ แต่จำเป็นต้องมีวิธีการลดปริมาณอาร์ซินิกและหาทางปรับลดค่าความเป็นกรดก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์ และคณะ (2534) ได้ทำการศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินชุดย่านตาขาว และผลผลิตของข้าวโพดหวาน ผลจากการวิจัยพบว่าหลังจากการเก็บผลผลิตข้าวโพดหวานการใส่ปุ๋ยคอกมีผลต่อการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราย่อยเซลลูโลสจาก 6.19 และ 4.53 เป็น 7.38 และ 5.68 log no. ต่อกรัมของดิน ปริมาณธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้นได้แก่ ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันจาก 6.5, 89, 21 และ 9 เป็น 13.3, 131, 32 และ 14 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงควบคุมระดับ pH ของดินเพิ่มขึ้นจาก 3.7 เป็น 4.7 เมื่อ

พิจารณาผลผลิตของข้าวโพดหวานจะพบว่าการใส่ปุ๋ยคอกจะให้ผลผลิตสูงสุดเป็น 340.4 กิโลกรัมต่อไร่ แต่การใส่ปุ๋ยหมักจะมีรายได้สุทธิสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่น เป็น 1,388 บาทต่อไร่ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวจะไม่มีรายได้สุทธิและจะขาดทุน 737.50 บาทต่อไร่

อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์ (2554) จากการศึกษาผลของถ่านและปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนในดินทรายจัด พบว่าการใช้ถ่านเพียงอย่างเดียวไม่ได้ช่วยให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อนเพิ่มขึ้น และไม่ให้ผลผลิตแต่ถ่านช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีอย่างเด่นชัด ($p<0.01$) การใส่มูลไก่ทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตมากที่สุด ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลไก่ทำให้ได้ผลผลิตข้าวโพดมากที่สุดทั้งจำนวนต้นที่ให้ฝัก และจำนวนฝักต่อต้น รวมทั้งมีน้ำหนักและความยาวฝักมากที่สุด การใส่ถ่านและ/หรือมูลไก่ทำให้ความเป็นกรดเป็นด่าง สภาพนำไฟฟ้า และอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

Minami and Yagi (1998) การใช้ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบของซัลเฟตเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากนาข้าว

Walkley and Black (1934) วิเคราะห์สมบัติทางเคมีที่สำคัญได้แก่ ค่าพีเอชวัดโดยการใช้น้ำ และโพแทสเซียมคลอไรด์ในสัดส่วน 1:5 ค่าการนำไฟฟ้า ใช้น้ำในสัดส่วนตัวอย่างต่อน้ำเท่ากับ 1:5 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบส (%BS) ใช้การละลายด้วย NH_4OAc, pH 7 (Chapman, 1965) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ โดยวิธี Walkley–Black titration

Xu et al. (2014) ศึกษาการจัดการปุ๋ยในข้าวโพดในมณฑลเหอหนานในประเทศจีน พบว่าการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินให้ผลตอบแทน เท่ากับ 18,288 บาทต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำในการผลิตข้าวโพด 16,881 บาทต่อไร่ และใส่ปุ๋ยตามวิธีการของเกษตรกร 16,037 บาทต่อไร่

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

ศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบที่โรงงานใช้ในการผลิตปุ๋ย โดยทำการสุ่มตัวอย่างของวัตถุดิบแต่ละชนิด ๆ ละ 1 กิโลกรัม มาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) โดยแบ่งออกเป็น 7 ชนิด ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ ชนิดที่ 1 มูลวัว ชนิดที่ 2 มูลไก่ ได้มาจากฟาร์มเกษตรกร ตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ชนิดที่ 3 ปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง (วิศวกรรมแม่โจ้ 1) ทำโดยการนำซังข้าวโพด 4 ส่วน วางเป็นชั้นบาง ๆ สูงไม่เกิน 10 เซนติเมตร ฐานกว้าง 2.5 เมตร โดยไม่เหยียบ โปรยทับด้วย มูลวัว 1 ส่วน แล้วรดน้ำ ทำแบบนี้ 15 ชั้น รดน้ำแต่ละชั้นให้มีความชื้น ขึ้นกองเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีความสูง 1.50 เมตร รักษาความชื้นภายในกองปุ๋ยให้มีความเหมาะสมอยู่เสมอโดยมี 2 ขั้นตอน การรดน้ำภายนอกกองปุ๋ยวันละครั้ง โดยไม่ให้มีน้ำไหลนองออกมาจากกองปุ๋ยมากเกินไป และเมื่อครบวันที่ 10 ใช้ไม้แทงกองปุ๋ยให้เป็นรูลึกถึงข้างล่างแล้วกรอกน้ำลงไป โดยให้ระยะห่างของรูประมาณ 40 เซนติเมตร ทำขั้นตอนนี้ 5 ครั้ง ระยะเวลาห่างกัน 10 วัน เมื่อเติมน้ำเสร็จแล้วปิดรูเพื่อไม่ให้สูญเสียความร้อนภายในกองปุ๋ย และเมื่อกองปุ๋ยมีอายุครบ 60 วัน ก็หยุดให้ความชื้นกองปุ๋ย เพื่อให้ปุ๋ยแห้งอาจทำโดยทิ้งไว้ในกองประมาณ 1 เดือน หรืออาจแผ่กระจายให้มีความหนาประมาณ 20–30 เซนติเมตร ซึ่งจะแห้งภายในเวลา 3–4 วัน ชนิดที่ 4 ลิโอนาไดต์ ชนิดที่ 5 แร่ภูเขาไฟชนิดภูไมท์ ชนิดที่ 6 แร่ดินเหนียวชนิดดินเบาไดอะตอมไมท์ และชนิดที่ 7 หินฟอสเฟต ได้มาจากบริษัทมณีจันทร์อินดรัสทรีย์ จำกัด ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง

หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยมาทำการวิเคราะห์ ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) ตามวิธีของ Walkley and Black (1947) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon) ตามวิธีของ Walkley and Black (1934) ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) โดยวิธี kjeldahl method ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5) โดยวิธี spectrophotometric molybdatevanadophosphate method และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O) โดยวิธี flame photometric method

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

ศึกษาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ โดยใช้วัตถุดิบจากการทดลองที่ 1 มาผสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยมีลำดับสัดส่วนของวัตถุดิบ ได้แก่ แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์: หินฟอสเฟต: มูลไก่ไข่ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลองทั้งหมด 12 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ซึ่งแต่ละกรรมวิธีคือส่วนผสมของวัตถุดิบตามตาราง 4 ที่คิดเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนัก หลังจากนั้นนำอัตราส่วนที่ได้มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ย เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

ตาราง 5 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

กรรมวิธี	ชนิดของวัตถุดิบและอัตราส่วนผสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด						
	แร่ลีโอนาร์ไดต์	ภูไมท์	ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง	มูลวัว	ไดอะตอมไมท์	หินฟอสเฟต	มูลไก่ไข่
1	2	1	4	2	1	–	–
2	2	1	3	2	2	–	–
3	3	1	1	2	3	–	–
4	3	1	1	3	2	–	–
5	1	2	2	3	2	–	–
6	1	1	1	1	1	–	–
7	1	1	4	3	1	–	–
8	1	1	3	4	1	–	–
9	1	1	1	6	1	–	–
10	1	1	2	5	1	–	–
11	1	1	2	–	–	–	6
12	1	–	2	3	–	1	3

การผลิตและคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงาน

ทำการเลือกสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากการทดลองที่ 2 ที่มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (กรมวิชาการเกษตร, 2551) อย่างน้อย 1 สูตร มาทำการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีชนิดและอัตราส่วนตามที่ได้คัดเลือกไว้ โดยใช้วัตถุดิบและผลิตในสายพานการผลิตของโรงงานปุ๋ยที่ร่วมทำการวิจัย ทำการผลิตทั้งหมด 500 กิโลกรัม จากนั้น วางแผนการสุ่มแบบ CRD และเก็บตัวอย่างปุ๋ยในสายพานการผลิตของโรงงานทั้งหมด 15 กระสอบ โดยคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างปุ๋ยด้วยสูตรของเครซี่และมอร์แกน (Krejcie and Morgan, 1970) โดยกำหนดให้ยอมรับให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างได้ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยสูตรของเครซี่และมอร์แกน (Krejcie and Morgan, 1970) ดังนี้

$$n = \frac{\chi^2 Np(1-p)}{e^2(N-1) + \chi^2\, p(1-p)}$$

กำหนดให้ n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N = ขนาดของประชากร

e = ระดับความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้

χ^2 = ค่าไคสแควร์ที่ df เท่ากับ 1 และระดับความเชื่อมั่น 95% (χ^2 =3.841)

p = สัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากร (ถ้าไม่ทราบให้กำหนด p = 0.5)

เก็บตัวอย่างปุ๋ยตามแผนการทดลองเพื่อวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยโดยการวิเคราะห์ปุ๋ยตามข้อกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นของเหลวตามมาตรฐานตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ขนาดของปุ๋ย ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ ปริมาณหินและกรวด พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม โลหะอื่น ๆ ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5) และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O) จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างปุ๋ยที่บรรจุกระสอบ แล้วนำมาวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ และปริมาณของสารโลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ สารหนู แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว และปรอท ดังแสดงในตาราง 1 (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

ผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดของโรงงานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

ทำการปลูกข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยว (F_1) ในแปลงขนาด 1.5 x 2.5 เมตร โดยปลูกกรรมวิธีละ 4 แปลง แปลงละ 2 แถว แถวละ 7 หลุม หลุมละ 3 เมล็ด โดยมีระยะปลูก 25 x 75 เซนติเมตร เมื่ออายุได้ 10 วันหลังปลูก ทำการถอนให้เหลือหลุมละ 1 ต้น แล้วใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ ตามแผนการทดลอง 4 ครั้ง โดยครั้งแรกให้ก่อนปลูกข้าวโพดเป็นปุ๋ยรองพื้น ครั้งที่ 2 ให้เมื่อข้าวโพดที่ปลูกอายุครบ 14 วัน เพื่อเป็นปุ๋ยแต่งหน้า ครั้งที่ 3 ให้เมื่อข้าวโพดอายุครบ 25 วัน และเมื่อข้าวโพดอายุครบ 40 วัน จะให้ปุ๋ยครั้งสุดท้าย วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลองทั้งหมด 6 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (ชุดควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (ใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นสูตร 15–15–15 อัตราการใช้ 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวโพดอายุ 14 วัน หลังวันปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15–15–15 อัตราการใช้ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 3 ให้เมื่อข้าวโพดอายุครบ 25 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46–0–0 อัตราการใช้ 30 กิโลกรัมต่อไร่ และครั้งสุดท้ายให้เมื่อข้าวโพดอายุ 40 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยสูตรและอัตราส่วนเช่นเดียวกับครั้งที่ 3) (กรมวิชาการเกษตร, 2548) กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และกรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากนั้นเก็บข้อมูลดินและองค์ประกอบของข้าวโพดหวาน

เก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลองและหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตอย่างละ 1 กิโลกรัม มาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด–ด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ค่าการนำไฟฟ้า โครงสร้างดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available phosphorus : P) โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II (0.03 *N* NH_4F, 0.1 *N* HCL) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (exchangeable potassium : K) โดยใช้ 1 *M* NH_4OAc, pH 7.0 วิเคราะห์ K ด้วยเครื่อง flame spectrophotometer

เมื่อข้าวโพดอายุ 2 สัปดาห์ ทำการวัดความสูงต้นทุกสัปดาห์จนถึงก่อนวันเก็บเกี่ยว โดยวัดแปลงละ 14 ต้น กรรมวิธีละ 4 แปลง บันทึกวันออกดอก และวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ โดยประเมินด้วยสายตา เก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดอายุ 70 วัน บันทึกข้อมูลจำนวนฝักต่อต้น และหักฝักข้าวโพดแต่ละแปลงหลังจากนั้น ชั่งน้ำหนักทั้งเปลือกและน้ำหนักปอกเปลือกของแต่ละแปลง และทำการคัดเลือกฝักที่ดีที่สุดจำนวน 5 ฝัก เพื่อนำมานับจำนวนเมล็ดต่อแถว จำนวนแถวต่อฝัก วัดความยาวฝัก ความกว้างฝัก หลังจากนั้นฝานเอาเนื้อข้าวโพดแล้วชั่งน้ำหนักตัดฝาน และวัดความหวาน (°Brix) โดยใช้เครื่องวัดความหวาน Refractometer แบบดิจิตอล

PAL-1 (Atago®) หลังจากนั้นเก็บต้นข้าวโพดส่วนเหนือดินทั้งหมดโดยไม่รวมผลผลิต 3 ต้น มาชั่งน้ำหนักสด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศา แล้วชั่งน้ำหนักแห้ง เพื่อนำมาคำนวณหามวลชีวภาพ

ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

ทำการศึกษาต้นทุนการผลิตต่อรุ่นของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตด้วยสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ โดยใช้ข้อมูลการจัดหาวัตถุดิบของโรงงาน และการคิดต้นทุนการผลิตปุ๋ยหมักจากซังข้าวโพด รวมถึงการใช้ข้อมูลดังกล่าวมากำหนดราคาขายเพื่อทำการเปรียบเทียบกับราคาของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในท้องตลาด รวมถึงนำมาวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนการผลิตปุ๋ยต่อตัน ผลตอบแทนการผลิตปุ๋ยต่อตัน และอัตรากำไรต่อต้นทุน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลคุณสมบัติของวัตถุดิบและอัตราส่วนที่เหมาะสมของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้จะทำการวิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: S.D.) และสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน (coefficient of variation: C.V.) และข้อมูลคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงาน จะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. และสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน C.V. ส่วนข้อมูลปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดของโรงงานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานจะเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธีการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's new multiple range test : DMRT) ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลของการทดลองทั้งหมดจะหาความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้ตาราง ANOVA และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R stat 3.4.3 (R Core team. [Pseudonym], 2017)

สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดสอบผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดของโรงงานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานในพื้นที่ปฏิบัติการสาขาเกษตรศาสตร์ การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และโครงสร้างดิน ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการทางเคมี สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด โดยวัตถุดิบที่ใช้มีทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ มูลวัว ปุ๋ยหมักซังข้าวโพด แร่ลีโอนาร์ไดต์ ภูไมท์ ไดอะตอมไมท์ มูลไก่ และหินฟอสเฟต ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองมีดังนี้

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ลีโอนาร์ไดต์มีค่าเป็นกรด เท่ากับ 3.34 ในขณะที่มูลวัว ปุ๋ยหมักซังข้าวโพด ภูไมท์ ไดอะตอมไมท์ มูลไก่ หินฟอสเฟต มีค่าค่อนข้างเป็นกลาง เท่ากับ 8.10, 8.73, 8.64, 7.64, 8.17 และ 8.83 ตามลำดับ (ตาราง 5)

ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity)

ค่าการนำไฟฟ้าของวัตถุดิบ พบว่า วัตถุดิบที่มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุดคือ มูลวัวมีค่าเท่ากับ 5.98 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร รองลงมาคือ มูลไก่ และลีโอนาร์ไดต์ มีค่าเท่ากับ 4.22 และ 3.43 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ตามลำดับ ส่วนวัตถุดิบที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุดก็คือ หินฟอสเฟตมีค่าเท่ากับ 0.05 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (ตาราง 5)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของวัตถุดิบ พบว่าวัตถุดิบที่มีค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุดคือ มูลวัวมีค่าเท่ากับ 32.27 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ลีโอนาร์ไดต์ และมูลไก่มีค่าเท่ากับ 25.13 และ 16.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนภูไมท์มีค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุดเท่ากับ 1.41 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 5)

ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter)

ปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่ามูลวัวมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดเท่ากับ 55.64 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ลีโอนาร์ไดต์ และมูลไก่มีค่าเท่ากับ 43.33 และ 29.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนภูไมท์มีอินทรียวัตถุต่ำที่สุดเท่ากับ 2.43 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 5)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N)

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช พบว่าวัตถุดิบที่มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุดคือ มูลไก่มีค่าเท่ากับ 1.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ มูลวัว และปุ๋ยหมักซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 1.36 และ 0.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนวัตถุดิบที่มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดต่ำที่สุดก็คือหินฟอสเฟตซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.06 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 5)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่าวัตถุดิบที่มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุดคือ มูลไก่มีค่าเท่ากับ 5.88 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ มูลวัว และปุ๋ยหมักซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 2.40 และ 1.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ วัตถุดิบที่มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดต่ำที่สุดก็คือ ภูไมท์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.15 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 5)

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O)

การวิเคราะห์ค่าโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่าวัตถุดิบที่มีค่าโพแทสเซียมทั้งหมดสูงที่สุดคือ มูลไก่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.48 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ปุ๋ยหมักซังข้าวโพด และมูลวัว มีค่าเท่ากับ 1.03 และ 0.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ วัตถุดิบที่มีค่าโพแทสเซียมทั้งหมดต่ำที่สุดก็คือภูไมท์มีค่าเท่ากับ 0.06 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 5)

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N)

การวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่าวัตถุดิบที่มีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนมากที่สุด คือ ลีโอนาร์ไดต์ มีค่าเท่ากับ 58.35 รองลงมาคือ หินฟอสเฟต และไดอะตอมไมท์มีค่าเท่ากับ 29.27 และ 27.80 ตามลำดับ วัตถุดิบที่มีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนน้อยที่สุดก็คือ มูลไก่ มีค่าเท่ากับ 10.20 (ตาราง 5)

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่นำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

Treatment	[1*]pH	[1*]EC (ds/m)	OC (%)	OM (%)	% Total N	% Total P_2O_5	% Total K_2O	C:N
มูลวัว	8.10±0.96	5.98±0.13	32.27±0.42	55.64±0.73	1.36±0.04	2.40±0.22	0.69±0.22	23.75±0.32
ปุ๋ยหมักซังข้าวโพด	8.73±0.04	0.49±0.00	11.24±0.85	19.39±1.46	0.57±0.02	1.90±0.28	1.03±0.15	19.60±2.11
แร่ลีโอนาร์ไดต์	3.34±0.04	3.43±0.07	25.13±2.96	43.33±5.09	0.43±0.04	1.46±0.23	0.33±0.06	58.35±1.74
ภูไมท์	8.64±0.37	0.07±0.26	1.41±0.26	2.43±0.44	0.07±0.01	1.15±0.28	0.06±0.00	21.47±5.16
ไดอะตอมไมท์	7.64±0.19	0.12±2.71	1.63±0.26	2.81±0.44	0.06±0.01	1.46±0.27	0.09±0.03	27.80±9.01
มูลไก่	8.17±0.06	4.22±0.21	16.86±4.53	29.08±7.81	1.67±0.17	5.88±0.60	3.48±0.43	10.20±2.98
หินฟอสเฟต	8.83±0.38	0.05±0.00	1.74±0.39	3.01±0.67	0.06±0.02	1.50±0.08	0.13±0.03	29.27±13.07
CV(%)	5.49	4.75	16.17	16.16	11.16	13.98	23.06	23.88

หมายเหตุ: ค่า ± คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1* หมายถึงอัตราส่วนปุ๋ย: น้ำ เท่ากับ 1:10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

จากการศึกษาชนิดและอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) 2551 โดยกำหนดให้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นของเหลวต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5-8.5 ค่าการนำไฟฟ้า ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต่อเมตร อินทรียวัตถุไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนทั้งหมดไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมทั้งหมดไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่เกิน 20:1 เป็นต้น

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ปุ๋ยที่ผลิตได้จากการวิจัยในครั้งนี้ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ของปุ๋ยอินทรีย์ทุกกรรมวิธีมีค่าเป็นกลาง อยู่ระหว่าง 6.59-7.43 โดยกรรมวิธีที่ 12 (แร่ลีโอนาร์ไดต์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: หินฟอสเฟต: มูลไก่ไข่ อัตราส่วน 1:2:3:1:3) มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุด เท่ากับ 7.43 ส่วนกรรมวิธีที่ 3 (แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 3:1:1:2:3) มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด เท่ากับ 6.59 (ตาราง 6)

ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity)

การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า พบว่าปุ๋ยที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 4 (แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 3:1:1:3:2) และกรรมวิธีที่ 11 (แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลไก่ไข่ อัตราส่วน 1:1:2:6) มีค่าเท่ากับ 3.13 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 12 มีค่าเท่ากับ 3.04 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และปุ๋ยที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 7 (แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:4:3:1) มีค่าเท่ากับ 1.92 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (ตาราง 6)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon)

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่าปุ๋ยที่มีค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 10 (แร่สีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:2:5:1) มีค่าเท่ากับ 16.34 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 12 มีค่าเท่ากับ 15.67 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปุ๋ยที่มีค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 6 (แร่สีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:1:1:1) มีค่าเท่ากับ 7.87 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 6)

ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter)

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่าปุ๋ยที่มีค่าปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 10 มีค่าเท่ากับ 28.17 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 12 และกรรมวิธีที่ 11 มีค่าเท่ากับ 27.02 และ 24.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปุ๋ยที่มีค่าปริมาณอินทรียวัตถุต่ำที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 6 มีค่าเท่ากับ 13.57 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 6)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N)

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช พบว่า ปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 11 มีค่าเท่ากับ 1.11 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 12 และกรรมวิธีที่ 10 มีค่าเท่ากับ 0.92 และ 0.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปุ๋ยที่มีค่าไนโตรเจนต่ำที่สุดก็คือ กรรมวิธีที่ 6 มีค่าเท่ากับ 0.36 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 6)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่าปุ๋ยที่มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 9 (แร่สีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:1:6:1) มีค่าเท่ากับ 6.23 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 10 และกรรมวิธีที่ 7 มีค่าเท่ากับ 5.64 และ 5.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปุ๋ยที่มีค่าฟอสฟอรัสต่ำที่สุดก็คือ กรรมวิธีที่ 6 มีค่าเท่ากับ 1.49 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 6)

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O)

การวิเคราะห์ค่าโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่าปุ๋ยที่มีค่าโพแทสเซียมทั้งหมดสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 11 มีค่าเท่ากับ 2.31 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 12 และกรรมวิธีที่ 10 มีค่าเท่ากับ 2.26 และ 2.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปุ๋ยที่มีค่าโพแทสเซียมทั้งหมดต่ำที่สุดก็คือ กรรมวิธีที่ 5 มีค่าเท่ากับ 0.55 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 6)

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N)

การวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่าปุ๋ยที่มีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 3 มีค่าเท่ากับ 26.67 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 4 และกรรมวิธีที่ 2 (แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 2:1:3:2:2) มีค่าเท่ากับ 25.6 และ 22.76 ตามลำดับ และปุ๋ยที่มีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุดก็คือ กรรมวิธีที่ 11 มีค่าเท่ากับ 12.77 (ตาราง 6)

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

Treatment	[1*]pH	[1*]EC (ds/m)	OC (%)	OM (%)	% Total N	% Total P_2O_5	% Total K_2O	C:N
1	6.86±0.12	2.27±0.08	9.62±1.47	16.58±2.53	0.50±0.02	1.65±0.00	1.24±0.17	19.26±3.21
2	6.87±0.00	2.30±0.08	8.99±0.54	15.51±0.93	0.40±0.05	1.70±0.19	1.13±0.01	22.76±1.75
3	6.59±0.05	2.71±0.08	10.74±1.73	18.51±2.98	0.40±0.03	1.74±0.07	0.93±0.09	26.67±3.55
4	6.63±0.04	3.13±0.13	10.96±0.94	18.90±1.62	0.43±0.06	1.78±0.13	0.81±0.07	25.60±1.54
5	7.16±0.05	2.47±0.21	7.93±1.34	13.67±2.31	0.44±0.04	1.74±0.15	0.55±0.07	18.28±3.08
6	7.12±0.04	2.43±0.14	7.87±0.52	13.57±0.89	0.36±0.06	1.49±0.07	0.73±0.22	22.23±3.35
7	7.01±0.10	1.92±0.06	13.17±1.02	22.71±1.76	0.65±0.03	5.34±0.46	1.21±0.10	20.48±2.02
8	7.04±0.12	1.95±0.08	12.38±1.47	21.34±2.53	0.68±0.01	5.25±0.07	1.35±0.18	18.15±1.34
9	7.01±0.00	2.62±0.08	10.37±0.54	17.87±0.93	0.77±0.02	6.23±0.25	1.87±0.16	13.48±2.27
10	7.10±0.05	2.51±0.08	16.34±1.73	28.17±2.98	0.82±0.04	5.64±0.19	2.09±0.42	20.08±2.14
11	7.20±0.04	3.13±0.13	14.09±0.94	24.28±1.62	1.11±0.07	3.09±0.19	2.31±0.30	12.77±1.53
12	7.43±0.05	3.04±0.21	15.67±1.34	27.02±2.31	0.92±0.03	3.65±0.92	2.26±0.33	17.13±0.44
CV (%)	0.95	4.08	11.19	11.19	6.75	10.04	15.53	12.01

หมายเหตุ: ค่า ± คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1* หมายถึงอัตราส่วนปุ๋ย: น้ำ เท่ากับ 1:10 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร Treatment 1 = แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 2:1:4:2:1Treatment 2 = แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 2:1:3:2:2 Treatment 3 = แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 3:1:1:2:3 Treatment 4 = แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 3:1:1:3:2 Treatment 5 = แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:2:2:3:2 Treatment 6 = แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:1:1:1 Treatment 7 = แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:4:3:1 Treatment 8 = แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:3:4:1 Treatment 9 = แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:1:6:1 Treatment 10 = แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:2:5:1 Treatment 11 = แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลไก่ไข่ อัตราส่วน 1:1:2:6 Treatment 12 = แร่ลีโอนาร์ไดต์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: หินฟอสเฟต: มูลไก่ไข่ อัตราส่วน 1:2:3:1:3

ผลการผลิตและคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงาน

จากการวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยโดยการวิเคราะห์ปุ๋ยตามข้อกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นของเหลวตามมาตรฐานตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร เมื่อนำปุ๋ยที่มีคุณภาพผ่านมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรจากการทดลองที่ 2 มาผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงาน ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกกรรมวิธีที่ 11 มาใช้ในการทดลองที่ 3 พบว่าค่าคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยมีความสม่ำเสมอกัน โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า เปอร์เซ็นต์ความชื้น อินทรีย์คาร์บอน อินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.05, 3.79 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร, 10.20, 15.47, 26.68, 1.17, 1.84, 3.06 และ 13.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 7)

จากรายการส่งตรวจวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพิ่มเติมที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณความชื้น ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 7.9, 8.5, 5.3 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร 12.7, 21.8, 1.8, 4.4, 1.7 เปอร์เซ็นต์ และ 7:1 ตามลำดับ (ตาราง 8)

ส่วนรายการส่งตรวจวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพิ่มเติมที่บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่ พบว่าปุ๋ยที่ได้มีขนาดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณหิน เท่ากับ 0 ไม่พบพลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ และปุ๋ยที่ผลิตได้มีค่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์ เท่ากับ 77.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารโลหะหนัก ได้แก่ สารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง และตะกั่ว พบว่ามีค่าเท่ากับ 6.62, 0.45, 11.02, 33.13 และ 4.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และไม่พบสารปรอท (ตาราง 8) จากค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตได้ค่อนข้างมีความสม่ำเสมอ และมีค่าคุณสมบัติไม่เกินมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดไว้

ตาราง 8 ผลการผลิตและการวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงาน

No.	Moisture content (%)	1*pH	1*EC (ds/m)	OC (%)	OM (%)	% Total N	% Total P_2O_5	% Total K_2O	C:N
1	6.67±0.12	7.90±0.02	3.73±0.14	13.52±1.39	23.30±2.40	1.34±0.09	3.01±0.19	1.23±0.46	10.04±0.38
2	7.93±0.46	7.90±0.02	3.70±0.08	16.96±3.03	29.24±5.23	1.32±0.04	2.42±0.25	1.42±0.13	12.83±2.18
3	3.97±0.50	7.89±0.01	3.07±1.77	17.23±3.23	29.70±5.58	1.32±0.06	3.35±0.26	1.32±0.21	13.01±2.15
4	3.97±0.35	7.89±0.01	4.19±0.10	15.17±2.93	26.16±5.05	1.21±0.06	3.01±0.262	1.48±0.35	12.58±2.54
5	5.03±0.32	7.86±0.01	3.70±0.17	13.85±1.32	23.88±2.28	1.19±0.06	3.05±0.13	1.15±0.05	11.69±1.06
6	4.83±0.35	7.77±0.01	4.20±0.10	15.90±3.79	27.42±6.54	1.10±0.04	3.18±0.38	1.32±0.67	14.40±3.12
7	3.47±0.72	7.76±0.04	5.07±0.17	16.37±2.48	28.22±4.29	1.27±0.11	4.11±0.26	1.33±0.47	12.91±1.38
8	5.37±0.15	7.81±0.01	4.16±0.13	15.77±2.86	27.19±4.95	1.10±0.28	3.26±0.19	1.17±0.40	14.88±3.60
9	17.73±0.55	8.51±0.02	3.27±0.05	15.84±4.36	27.30±7.53	1.13±0.09	3.26±0.19	1.21±0.12	14.09±3.76
10	16.60±0.46	8.43±0.01	3.79±0.13	17.76±6.02	30.62±10.38	1.11±0.09	3.65±0.26	2.15±0.68	16.35±6.66
11	13.87±0.25	8.14±0.00	3.81±0.03	16.56±4.78	28.56±8.26	0.98±0.15	3.39±0.39	2.98±0.61	17.40±6.80
12	19.53±0.12	8.82±0.01	2.48±0.13	14.05±1.16	24.22±2.01	0.97±0.01	2.29±0.13	1.91±0.21	14.47±1.28
13	14.13±0.21	7.86±0.06	3.74±0.06	13.32±0.59	22.96±1.03	1.25±0.02	2.71±0.15	2.82±0.43	10.69±0.61
14	17.07±0.40	8.19±0.01	3.81±0.06	14.71±2.38	25.36±4.11	1.11±0.08	2.54±0.25	2.91±1.00	13.32±2.59
15	12.87±0.12	7.97±0.01	4.15±0.16	15.11±2.10	26.05±3.63	1.2±0.06	2.67±0.22	3.17±0.96	12.51±1.15
$\bar{X}$	10.20±0.18	8.05±0.01	3.79±0.43	15.47±1.47	26.68±2.54	1.17±0.06	3.06±0.07	1.84±0.29	13.41±1.95
CV (%)	3.74	0.25	12.39	20.49	20.49	8.77	8.10	28.84	24.08

หมายเหตุ: ค่า ± คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1* หมายถึงอัตราส่วนปุ๋ย: น้ำ เท่ากับ 1:10 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร

ตาราง 9 ผลรายการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพิ่มเติม

รายการตรวจวิเคราะห์	ผลการตรวจ	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	7.9	5.5-8.5
ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	8.5	ไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	1.8	ไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	4.4	ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์
ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	1.7	ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์
ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์ต่อเมตร)	5.3	ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต่อเมตร
อินทรีย์คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	12.7	
อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	21.8	ไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	7:1	ไม่เกิน 20:1
ขนาด (เปอร์เซ็นต์)	100	ไม่เกิน 12.5 x 12.5 มิลลิเมตร
ปริมาณหิน	0	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ	ไม่พบ	ต้องไม่มี
การย่อยสลายที่สมบูรณ์ (เปอร์เซ็นต์)	77.6	ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
สารหนู (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	6.62	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
แคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	0.45	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
โครเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	11.02	ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ทองแดง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	33.13	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	4.24	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ปรอท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ไม่พบ	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

หมายเหตุ: สถานที่ตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ และบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่

ผลการทดลองผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดของโรงงานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

จากการทดลองผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดของโรงงานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน โดยศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีต่าง ๆ ของดินก่อนปลูกและหลังปลูกข้าวโพดหวาน ศึกษาข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน และข้อมูลด้านผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตข้าวโพดหวาน ผลการทดลองมีดังนี้

คุณสมบัติของดินก่อนปลูกข้าวโพดหวาน

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทางเคมีต่าง ๆ ของดินก่อนปลูกข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุด เท่ากับ 8.75 รองลงมาคือ การไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 8.71 และ 8.62 ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด เท่ากับ 8.25 จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 9)

ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity)

ค่าการนำไฟฟ้า พบว่ากรรมวิธีที่มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุดคือ การใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 0.20 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร รองลงมาคือ การไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเท่ากับ 0.13 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.09 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 9)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่ากรรมวิธีที่มีค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุดคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเท่ากับ 13.99 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ การไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเท่ากับ 12.93 และ 12.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุด เท่ากับ 11.23 เปอร์เซ็นต์ จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของดินก่อน

ปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 9)

ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter)

ปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดเท่ากับ 24.12 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ การไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเท่ากับ 22.29 และ 21.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำที่สุดเท่ากับ 19.36 เปอร์เซ็นต์ จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าปริมาณอินทรียวัตถุของดินก่อนปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 9)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N)

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในดินก่อนปลูกข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100, 500 และ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนต่ำที่สุดเท่ากับ 0.04 เปอร์เซ็นต์ จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าปริมาณไนโตรเจนของดินก่อนปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 9)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available phosphorus : P)

การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินก่อนปลูกข้าวโพดหวาน พบว่าการไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดเท่ากับ 9,400 ppm รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 9,300 ppm และ 9,200 ppm ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุดเท่ากับ 8,600 ppm จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินก่อนปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 9)

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (exchangeable potassium : K)

การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินก่อนปลูกข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 400 ppm ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100, 500 และ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำที่สุดเท่ากับ 300 ppm จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 9)

คุณสมบัติของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทางเคมีต่าง ๆ ของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุด เท่ากับ 9.21 รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเท่ากับ 9.19 และ 9.08 ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุดเท่ากับ 8.80 จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของดินหลังปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 10)

ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity)

จากการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดเท่ากับ 0.07 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย มีค่าเท่ากับ 0.06 และ0.05 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.04 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินหลังปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 10)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 20.92 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเท่ากับ 17.99 และ 15.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุดเท่ากับ 9.65 เปอร์เซ็นต์ จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของดินหลังปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 10)

ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter)

ปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดเท่ากับ 36.08 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเท่ากับ 31.02 และ 27.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำที่สุดเท่ากับ 16.64 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณอินทรียวัตถุของดินหลังปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 10)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N)

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในดินหลังปลูกข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 0.06 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย มีค่าเท่ากับ 0.05 และ 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าไนโตรเจนต่ำที่สุด เท่ากับ 0.03 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนของดินหลังปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 10)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available phosphorus : P)

การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด เท่ากับ 5,400 ppm รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเท่ากับ 5,300 ppm และ 4,700 ppm ตามลำดับ ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด เท่ากับ 2,800 ppm จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินหลังปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 10)

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (exchangeable potassium : K)

การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุด เท่ากับ 300 ppm ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 200 ppm จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินหลังปลูกข้าวโพดหวานในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 10)

โครงสร้างดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน

โครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยม

จากการทดลองและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมของดินพบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยม 84.16 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยเคมี มี 57.71 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มี 80.88 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ มี 77.16 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มี 87.38 เปอร์เซ็นต์ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มี 77.61 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 11)

โครงสร้างแบบก้อนกลม

จากการทดลองและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โครงสร้างแบบก้อนกลมของดินพบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยมีโครงสร้างแบบก้อนกลม 10.49 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยเคมี มี 34.64 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มี 15.24 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ มี 18.93 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มี 9.16 เปอร์เซ็นต์ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มี 18.10 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 11)

ไม่มีโครงสร้าง

จากการทดลองและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โครงสร้างแบบไม่มีโครงสร้างของดินพบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยจะไม่มีโครงสร้าง 5.35 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยเคมี มี 7.66 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มี 3.88 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ มี 3.91 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มี 3.46 เปอร์เซ็นต์ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มี 4.29 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 11)

ดังนั้นจากผลการทดลองยังไม่สามารถสรุปได้เนื่องจากผลการทดลองไม่สอดคล้องกับหลักทางวิชาการ เพราะผลการทดลองปรากฏว่า การใส่ปุ๋ยเคมีมีค่าโครงสร้างแบบก้อนกลมมากที่สุดแต่ในความเป็นจริงแล้วการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มากจะยิ่งทำให้มีโครงสร้างดินแบบก้อนกลมมากยิ่งขึ้นซึ่งผลการทดลองที่ไม่เป็นไปตามความเป็นจริงนี้อาจเกิดจากความแตกต่างของดินเดิมที่ปลูกก่อนหน้านี้มากกว่าที่จะเกิดจากกรรมวิธีการทดลอง

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูกข้าวโพดหวาน

Treatment	1*pH	1*EC (ds/m)	OC (%)	OM (%)	% Total N	available P (ppm)	Exchangeable K (ppm)
ไม่ใส่ปุ๋ย	8.71±0.06 a	0.13±0.03 b	12.93±1.06 ab	22.29±22.29 ab	0.04±0.01	9,400±0.03	300±0.01
ปุ๋ยเคมี	8.62±0.09 ab	0.20±0.04 a	12.08±1.29 b	20.82±20.83 b	0.05±0.01	9,200±0.03	300±0.00
ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่	8.75±0.14 a	0.11±0.03 b	12.37±0.61 ab	21.34±21.34 ab	0.05±0.02	9,300±0.03	300±0.00
ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่	8.51±0.14 ab	0.13±0.05 b	11.95±0.64 b	20.60±20.61 b	0.05±0.01	8,600±0.09	300±0.00
ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่	8.37±0.10 bc	0.09±0.03 b	11.23±0.91 b	19.36±19.36 b	0.04±0.01	8,700±0.10	400±0.01
ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่	8.25±0.11 c	0.12±0.05 b	13.99±1.62 a	24.12±24.13 a	0.05±0.02	8,800±0.11	300±0.00
F-test	*	*	*	*	ns	ns	ns
CV (%)	1.91	28.75	8.69	8.70	26.12	8.27	18.44

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน

Treatment	1*pH	1*EC (ds/m)	OC (%)	OM (%)	% Total N	available P (ppm)	Exchangeable K (ppm)
ไม่ใส่ปุ๋ย	9.00±0.06 ab	0.05±0.01 bc	11.48±0.77 b	19.80±1.32 b	0.04±0.01 ab	2,800±0.09 b	200±0.01 c
ปุ๋ยเคมี	9.21±0.06 a	0.04±0.01 c	9.65±1.19 b	16.64±2.05 b	0.03±0.01 b	4,500±0.05 a	200±0.00 bc
ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่	9.19±0.07 a	0.04±0.01 c	10.89±1.11 b	18.77±1.92 b	0.03±0.00 b	4,600±0.03 a	200±0.00 bc
ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่	9.08±0.13 a	0.04±0.01 c	15.90±2.29 ab	27.42±3.95 ab	0.06±0.00 a	4,700±0.08 a	300±0.00 a
ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่	8.80±0.34 b	0.06±0.02 ab	20.92±8.04 a	36.08±13.87 a	0.06±0.01 a	5,400±0.04 a	300±0.01 a
ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่	8.98±0.11 ab	0.07±0.01 a	17.99±4.86 a	31.02±8.38 a	0.05±0.02 ab	5,300±0.03 a	300±0.01 ab
F-test	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	1.77	17.13	27.76	27.74	24.77	12.44	24.25

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT

ค่า ± คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1* หมายถึงอัตราส่วนปุ๋ย: น้ำ เท่ากับ 1:10 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร * = ความแตกต่างที่นัยสำคัญทางสถิติ p=0.05

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตาราง 12 ประเภทของโครงสร้างดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน

กรรมวิธี	โครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยม (เปอร์เซ็นต์)	โครงสร้างแบบก้อนกลม (เปอร์เซ็นต์)	ไม่มีโครงสร้าง (เปอร์เซ็นต์)	รวม (เปอร์เซ็นต์)
ไม่ใส่ปุ๋ย	84.16±3.78	10.49±4.79	5.35±1.02	100
ปุ๋ยเคมี	57.71±12.32	34.64±9.80	7.66±2.52	100
ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่	80.88±14.85	15.24±13.08	3.88±1.77	100
ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่	77.16±12.43	18.93±11.53	3.91±0.91	100
ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่	87.38±4.74	9.16±3.59	3.46±1.15	100
ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่	77.61±8.59	18.10±7.05	4.29±1.54	100

หมายเหตุ: ค่า ± คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดหวาน

จากการทดสอบการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมที่ทดสอบด้วยการไม่ใส่ปุ๋ย(ชุดควบคุม) การใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100, 500, 1,000 และ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการทดลองเป็นดังนี้

ความสูงของต้น (plant height)

ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าวโพดหวานจากการวัดใน 3 ช่วงระยะ คือ อายุ 24, 38 และ 59 วัน ตามลำดับ พบว่าค่าการวิเคราะห์ในทุกช่วงอายุของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยต้นข้าวโพดที่อายุ 24 วัน ในทุกกรรมวิธีมีความสูงอยู่ระหว่าง 34.45–37.35 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นข้าวโพดอายุ 38 วัน ทุกกรรมวิธีมีความสูงอยู่ระหว่าง 93.40–103.90 เซนติเมตร และต้นข้าวโพดในอายุ 59 วัน ของทุกกรรมวิธีมีความสูงอยู่ระหว่าง 187.95–195.65 เซนติเมตร (ตาราง 12)

วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ (day to flowering 50%)

วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวโพดหวาน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยทุกกรรมวิธีมีอายุวันออกดอก อยู่ระหว่าง 50–51 วัน ในขณะที่วันออกไหมของข้าวโพดหวานมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีอายุการออกไหมเร็วที่สุด คือ 51 วัน รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ย

อินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีอายุการออกไหมที่ 50 วัน ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีอายุการออกไหมช้าที่สุดที่ 49 วัน (ตาราง 12)

จำนวนฝักต่อต้น (ear per plant)

ค่าเฉลี่ยของจำนวนฝักต่อต้นของข้าวโพดหวาน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยการไม่ใส่ปุ๋ยจะมีจำนวนฝัก 1.6 ฝักต่อต้น การใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีจำนวนฝัก 1.8 ฝักต่อต้น ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีจำนวนฝัก 1.7 ฝักต่อต้น และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีจำนวนฝัก 1.9 ฝักต่อต้น ซึ่งในความเป็นจริงในต้นข้าวโพด 1 ต้นของทุกกรรมวิธี จะมี 2 ฝัก แต่ฝักที่สองไม่สมบูรณ์ (ตาราง 12)

จำนวนแถวต่อฝัก (row per ear)

ค่าเฉลี่ยของจำนวนแถวต่อฝักของข้าวโพดหวาน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยการไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีจำนวนแถว 16 แถวต่อฝัก ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500, 1,000 และ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีจำนวนแถว 15 แถวต่อฝัก (ตาราง 12)

จำนวนเมล็ดต่อแถว (seed per row)

ค่าเฉลี่ยของจำนวนเมล็ดต่อแถวของข้าวโพดหวาน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยการไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีจำนวนเมล็ด 42 เมล็ดต่อแถว ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมี มีจำนวนเมล็ด 41 เมล็ดต่อแถว การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100, 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวนเมล็ด 40 เมล็ดต่อแถว (ตาราง 12)

ความยาวฝัก (ear length)

ค่าเฉลี่ยความยาวฝักของข้าวโพดหวาน พบว่าการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100, 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีความยาวฝัก เท่ากับ 20.5, 20.3, 20.8, 20.9 และ 20.3 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีความยาวฝักสูงที่สุด เท่ากับ 21.6 เซนติเมตร จากการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 13)

ความกว้างฝัก (ear width)

ค่าเฉลี่ยความกว้างฝักของข้าวโพดหวาน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100, 500, 1,000 และ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีความกว้างฝัก เท่ากับ 4.97, 5.00, 4.77, 5.15, 4.95 และ 4.85 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตาราง 13)

เปอร์เซ็นต์ตัดฝาน (cutting)

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตัดฝานของข้าวโพดหวาน พบว่าการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100, 500, 1,000 และ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ตัดฝาน เท่ากับ 58.41, 57.30, 54.88, 58.23, 58.96 และ 55.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดย (ตาราง 13)

ความหวาน (sweetness)

ค่าเฉลี่ยความหวานของข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี ให้ความหวานสูงที่สุด เท่ากับ 16.60 บริกซ์ ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100, 500, 1,000 และ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ความหวาน เท่ากับ 15.35, 14.95, 15.25, 15.25 และ 14.75 บริกซ์ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 13)

ผลผลิตปอกเปลือกต่อไร่ (white weight)

ค่าเฉลี่ยผลผลิตปอกเปลือกต่อไร่ของข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ได้ผลผลิตปอกเปลือกต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 2,017.34 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000, 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมี และไม่ใส่ปุ๋ย จะได้ผลผลิตปอกเปลือกต่อไร่ เท่ากับ 1,999.55, 1,919.67, 1,904.52 และ 1,858.10 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ได้ผลผลิตปอกเปลือกต่อไร่ต่ำที่สุด เท่ากับ 1,670.43 กิโลกรัมต่อไร่ จากการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 13)

ผลผลิตต่อไร่ (yield)

ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ของข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี ให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 3,726.74 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำที่สุด เท่ากับ 3,148.31 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100, 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ผลผลิตต่อไร่ เท่ากับ 3,433.13, 3,407.16, 3,342.19 และ 3,261.34 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 13)

มวลชีวภาพ (biomass)

ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงที่สุด เท่ากับ 770.16 กรัม ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินต่ำที่สุด เท่ากับ 430.98 กรัม ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100, 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 598.44, 546.83, 645.27 และ 496.35 กรัม ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตาราง 13)

ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดหวาน

กรรมวิธี	ความสูงต้น (เซนติเมตร)			วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ (วัน)		จำนวนฝักต่อต้น	จำนวนแถวต่อฝัก	จำนวนเมล็ดต่อแถว
	24 วัน	38 วัน	59 วัน	วันออกดอก	วันออกไหม			
ไม่ใส่ปุ๋ย	36.65±7.20	103.90±13.78	195.65±7.91	50.25±0.96	49.25±0.96 b	1.65±0.10	16.25±0.19	42.40±2.23
ปุ๋ยเคมี	36.50±3.98	97.82±7.30	193.20±5.95	51.50±1.29	49.75±1.26 ab	1.85±0.19	15.80±0.52	41.85±1.56
ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่	36.62±3.09	93.40±9.81	187.95±8.24	51.50±0.58	50.00±0.00 ab	1.70±0.12	15.90±1.24	39.95±2.13
ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่	36.25±4.57	101.55±5.81	191.30±9.85	51.25±0.96	49.50±1.00 b	1.80±0.16	15.80±0.95	40.30±1.89
ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่	37.35±8.18	102.75±16.36	194.45±11.18	51.25±1.50	49.00±1.15 b	1.85±0.10	15.30±1.74	40.35±4.06
ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่	34.45±7.90	95.35±15.68	195.00±5.14	51.75±1.50	51.25±0.96 a	1.90±0.20	15.50±0.50	42.20±0.67
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	16.97	12.26	4.30	2.30	1.97	8.42	6.88	5.53

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT

ค่า ± คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* = ความแตกต่างที่นัยสำคัญทางสถิติ p=0.05

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดหวาน (ต่อ)

กรรมวิธี	ความยาวฝัก (เซนติเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (เซนติเมตร)	การตัดฝาน (เปอร์เซ็นต์)	ความหวาน (บริกซ์)	น้ำหนักปอกเปลือก (กิโลกรัมต่อไร่)	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัมต่อไร่)	มวลชีวภาพ (กรัม)
ไม่ใส่ปุ๋ย	20.58±0.24	4.97±0.24	58.41±4.37	15.35±1.51	1858.10±261.16	3,433.13±375.98	598.44±126.77 ab
ปุ๋ยเคมี	20.34±0.34	5.00±0.17	57.30±1.14	16.60±0.82	1904.52±156.04	3,726.74±425.26	770.16±216.76 a
ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่	20.85±1.18	4.77±0.24	54.88±4.40	14.95±1.64	1670.43±263.91	3,407.16±486.04	546.83±255.48 ab
ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่	21.00±0.30	5.15±0.32	58.23±2.85	15.25±0.96	2017.34±542.52	3,342.19±580.69	645.27±163.34 ab
ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่	20.33±1.21	4.95±0.49	58.96±4.75	15.25±1.26	1999.55±301.17	3,261.34±405.48	496.35±214.52 ab
ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่	21.63±0.90	4.85±0.29	55.32±4.01	14.75±1.50	1919.67±218.41	3,148.31±278.04	430.98±170.41 b
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	3.89	6.22	6.64	8.56	16.61	12.85	33.68

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT

ค่า ± คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* = ความแตกต่างที่นัยสำคัญทางสถิติ p=0.05

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ผลการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

ต้นทุนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ (จากงบประมาณบริหารจัดการของบริษัทโรงงานปุ๋ยอินทรีย์จังหวัดพะเยาร่วมกับองค์การบริหารจังหวัดพะเยา) จากการคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด แบ่งออกเป็นค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายในการผลิต ซึ่งราคาต้นทุนที่ใช้ในการผลิตต่อตันรวมทั้งสิ้นเท่ากับ 6,486.87 บาท ถ้าคิดเป็น 1 กิโลกรัม จะได้เท่ากับ 6.48 บาท (ตาราง 14)

ค่าวัตถุดิบ

ราคาต้นทุนค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อตันทั้งหมด เท่ากับ 2,686 บาท โดยมีค่าลีโอนาร์ไดต์ 480 บาท ค่าภูไมท์ 850 บาท ค่าการทำปุ๋ยหมักซังข้าวโพด 636 บาท และค่ามูลไก่ 720 บาท (ตาราง 14)

ค่าแรงงาน

ราคาต้นทุนค่าแรงงานที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อตันทั้งหมด เท่ากับ 1,655.94 บาท โดยคำนวณจากจำนวนคนงานที่ทำการผลิตแต่ละแผนกในแต่ละวัน (ตาราง 14)

ค่าใช้จ่ายในการผลิต

ราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อตันทั้งหมด เท่ากับ 2.144.93 บาท โดยแบ่งออกเป็นค่างานจัดซื้อกระสอบบรรจุ ถุง แกลอน ขวด และวัสดุอื่น ๆ 584.70 บาท ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าโทรศัพท์ ค่าอินเตอร์เน็ต น้ำดื่ม ค่าแก๊ส และสาธารณูปโภคอื่น ๆ 672.69 บาท ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่น งานด้านการติดตามประเมินผล ฝึกอบรม ค่าวิจัยคุณภาพสัมมนา ค่าธรรมเนียมใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน กิจกรรมต่าง ๆ 30.40 บาท ค่างานการตลาด ประชาสัมพันธ์ และส่งเสริมการขาย เช่น ค่าสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ค่าล้างและอัด ขยายภาพ ทำแผ่นโปสเตอร์ แผ่นพับ ป้ายประชาสัมพันธ์เผยแพร่ วีดีทัศน์ สปอร์ตโฆษณา สื่อวิทยุ งานออกบูธประชาสัมพันธ์ 64.01 บาท ค่าวัสดุอุปกรณ์สำนักงาน วัสดุคอมพิวเตอร์ วัสดุเกษตร ค่าแปลงสาธิต เครื่องใช้ไฟฟ้า ค่าวารสารสิ่งพิมพ์ 116.87 บาท ค่างานซ่อมบำรุง ปรับปรุง ซ่อมแซม ค่าวัสดุติดตั้งบำรุงรักษาอาคาร เครื่องจักรกล ยานพาหนะ และขนส่ง ระบบงานไฟฟ้า-ประปา 676.22 บาท (ตาราง 14)

ตาราง 15 ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

ค่าวัตถุดิบ	**ราคาต่อตัน (บาท)**
ค่าลีโอนาร์ไดต์	480.00
ค่าภูไมท์	850.00
ค่าปุ๋ยหมักซังข้าวโพด	636.00
ค่ามูลไก่	720.00
รวม	**2,686.00**
ค่าใช้จ่ายในการผลิต	
งานจัดซื้อกระสอบบรรจุ ถุง แกลอน ขวด และวัสดุอื่น ๆ	584.70
ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าโทรศัพท์ ค่าอินเตอร์เน็ต ค่าแก๊ส และสาธารณูปโภคอื่น ๆ	672.69
ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่น งานด้านการติดตามประเมินผล/ฝึกอบรม/ค่าวิจัยคุณภาพ/สัมมนา/ค่าธรรมเนียมใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน/กิจกรรมต่าง ๆ	30.40
งานการตลาด ประชาสัมพันธ์ และส่งเสริมการขาย เช่น ค่าสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ค่าล้างและอัด/ขยายภาพ ทำแผ่นโปสเตอร์ แผ่นพับ ป้ายประชาสัมพันธ์เผยแพร่ วีดีทัศน์ สปอร์ตโฆษณา สื่อวิทยุ งานออกบูธประชาสัมพันธ์	64.01
ค่าวัสดุอุปกรณ์สำนักงาน วัสดุคอมพิวเตอร์ วัสดุเกษตร ค่าแปลงสาธิต	
เครื่องใช้ไฟฟ้า	116.87
งานซ่อมบำรุง ปรับปรุง ซ่อมแซม ค่าวัสดุติดตั้งบำรุงรักษาอาคาร เครื่องจักรกล ยานพาหนะ และขนส่ง ระบบงานไฟฟ้า-ประปา	676.22
รวม	**2,144.93**
ค่าแรงงาน	1,655.94
รวม	**1,655.94**
รวมทั้งสิ้น	**6,486.87**

ผลตอบแทนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

จากการคำนวณพบว่าการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 25 กิโลกรัม จะมีราคาขายอยู่ที่ 212.5 บาท ได้ผลตอบแทน 162.17 บาท และจะได้กำไรสุทธิ 50.33 บาท ถ้าหากผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 50 กิโลกรัม จะมีราคาขายอยู่ที่ 425 บาท ได้ผลตอบแทน 324.34 บาท และจะได้กำไรสุทธิ 100.66 บาท และถ้าผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัม จะมีราคาขายอยู่ที่ 8,500 บาท ได้ผลตอบแทน 6,486.87 บาท ได้กำไรสุทธิ 2,013.13 บาท และจะได้อัตรากำไรต่อต้นทุนเท่ากับ 31.03 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 15)

ตาราง 16 ผลตอบแทนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์	ราคาขาย (บาท)	ผลตอบแทน (บาท)	กำไรสุทธิ (บาท)	อัตรากำไรต่อต้นทุน (เปอร์เซ็นต์)
ปุ๋ยอินทรีย์ 25 กิโลกรัม	212.5.	162.17	50.33	31.03
ปุ๋ยอินทรีย์ 50 กิโลกรัม	425.00	324.34	100.66	31.03
ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัม	8,500.00	6,486.87	2,013.13	31.03

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการทดลอง

คุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ค่าความเป็นกรด–ด่างของลีโอนาร์ไดต์มีค่าเท่ากับ 3.34 แต่วัตถุดิบชนิดอื่น ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.64–8.83 มูลวัวมีค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด เท่ากับ 5.98 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร 32.27 และ 55.64 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก พบว่ามูลไก่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 1.67, 5.88 และ 3.48 เปอร์เซ็นต์ และการวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่าลีโอนาร์ไดต์มีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนมากที่สุด เท่ากับ 58.35

ผลการศึกษาชนิดและอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบแต่ละชนิดในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด คือ กรรมวิธีที่ 11 ที่มีส่วนผสมของแร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลไก่ไข่ อัตราส่วน 1:1:2:6 มีค่าคุณสมบัติปุ๋ยอินทรีย์ผ่านมาตรฐานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และเหมาะที่จะนำไปผลิตปุ๋ยอินทรีย์ต่อไป

ผลการผลิตและคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงาน โดยการวิเคราะห์ปุ๋ยตามข้อกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นของเหลวตามมาตรฐานตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร เมื่อนำปุ๋ยที่มีคุณภาพผ่านมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรจากการทดลองที่ 2 มาผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงาน ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าค่าคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยค่อนข้างมีความสม่ำเสมอกัน ส่วนรายการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพิ่มเติม พบว่า คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตได้มีค่าคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดไว้

จากการวิเคราะห์ผลการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดหวาน พบว่า วันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ และมวลชีวภาพ มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่องค์ประกอบอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 3,726.74 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ค่าทางสถิติปรากฏว่าผลผลิตต่อไร่ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากการคำนวณผลการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด สรุปได้ว่า การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีราคาขายอยู่ที่ 8,500 บาท ได้ผลตอบแทน 6,486.87 บาท ได้กำไรสุทธิ เท่ากับ 2,013.13 บาท ดังนั้นจะได้อัตรากำไรต่อต้นทุน เท่ากับ 31.03 เปอร์เซ็นต์

อภิปรายผลการทดลอง

ผลการศึกษาสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

จากการการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของลีโอนาร์ไดต์มีค่าเท่ากับ 3.34 แต่วัตถุดิบชนิดอื่น ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.64-8.83 ซึ่งสอดคล้องกับศึกษาของ สุชาดา โภชาดม และคณะ (2556) ซึ่งได้ศึกษาลักษณะทางเคมีของลีโอนาร์ไดต์จากเหมืองแร่ลิกไนต์ประเทศไทยและผลการวิเคราะห์ค่า pH ของลีโอนาร์ไดต์มีค่าต่ำกว่า 4 ซึ่งเป็นกรดรุนแรง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้ลีโอนาร์ไดต์จะมีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร แต่จำเป็นต้องมีวิธีการปรับลดความเป็นกรดก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรหรือควรใช้วัสดุชนิดอื่นมาผสมเพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแร่ลีโอนาร์ไดต์ และซังข้าวโพดซึ่งเป็นวัตถุดิบที่พบมากในพื้นที่ของจังหวัดลำปางนั้นยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้โดยตรง เนื่องมีคุณสมบัติบางประการที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งแตกต่างกับมูลไก่ กรณีของปุ๋ยหมักซังข้าวโพดนั้นพบว่ามีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำ ขณะที่แร่ลีโอนาร์ไดต์มีธาตุอาหารสูงแต่มีความเป็นกรดจัดเป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับศึกษาของ ณธรรศ สมจันทร์ และอรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง (2557) ทำการปรับปรุงคุณภาพลีโอนาร์ไดต์เพื่อให้สามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ เนื่องจากลีโอนาร์ไดต์มีสารฮิวมิคสูงแต่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ จึงยกระดับความเป็นกรดด่างของลีโอนาร์ไดต์โดยการใช้โดโลไมท์มาทำการผสมในอัตรา 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ แล้วบ่มให้มีความชื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ของความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุด เป็นเวลา 28 วัน โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่ากรดฮิวมิคเป็นตัวชี้วัดซึ่งพบว่าการใช้ลีโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมท์ในอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมที่สุดโดยมีค่ากรดฮิวมิค (51.69 เปอร์เซ็นต์) สูงที่สุด และมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม (pH 6.14) อีกทั้งได้นำลีโอนาร์ไดต์ไปผสมกับโดโลไมท์อัตรา 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับหินฟอสเฟตที่อัตรา 0, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ แล้วบ่มไว้ที่ 28 วัน ที่ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ ของความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุด พบว่าลีโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมท์ 5 เปอร์เซ็นต์ และ หินฟอสเฟต 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.39 มีฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 0.97 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดฮิวมิค เท่ากับ 42.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่

ในระดับที่ค่อนข้างสูง ลิโอนาร์ไดต์ที่ได้ปรับปรุงแล้วนี้จึงมีสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมที่จะไปใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินทางการเกษตร

ชนิดและอัตราส่วนโดยน้ำหนักที่เหมาะสมของวัตถุดิบแต่ละชนิดในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร พบว่า ปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 11 แร่ลิโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลไก่ไข่ อัตราส่วน 1:1:2:6 มีค่าเท่ากับ 1.11 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยที่มีค่าไนโตรเจนต่ำที่สุดก็คือ กรรมวิธีที่ 6 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:1:1:1 มีค่าเท่ากับ 0.36 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่าปุ๋ยที่มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 9 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:1:6:1 มีค่าเท่ากับ 6.23 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยที่มีค่าฟอสฟอรัสต่ำที่สุดก็คือ กรรมวิธีที่ 6 มีค่าเท่ากับ 1.49 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ค่าโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่าปุ๋ยที่มีค่าโพแทสเซียมทั้งหมดสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 11 มีค่าเท่ากับ 2.31 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยที่มีค่าโพแทสเซียมทั้งหมดต่ำที่สุดก็คือ กรรมวิธีที่ 5 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:2:2:3:2 มีค่าเท่ากับ 0.55 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่าปุ๋ยที่มีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 3 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลวัว: ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 3:1:1:2:3 มีค่าเท่ากับ 26.67 และปุ๋ยที่มีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุดก็คือ กรรมวิธีที่ 11 มีค่าเท่ากับ 12.77 ซึ่งกรรมวิธีที่มีผลการวิเคราะห์ที่ผ่านมาตรฐานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ คือ กรรมวิธีที่ 11 ซึ่งดูจากค่าไนโตรเจน ค่าฟอสฟอรัส และค่าโพแทสเซียมที่ผ่านมาตรฐานกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นหลัก ซึ่งอาจจะเป็นได้ว่าการที่มีอัตราส่วนของมูลไก่ไข่มากจึงมีส่วนช่วยให้ กรรมวิธีที่ 11 มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมากขึ้น

คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงาน

การวิเคราะห์ปุ๋ยตามข้อกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นของเหลวตามมาตรฐานตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร เมื่อนำปุ๋ยที่มีคุณภาพผ่านมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรจากการทดลองที่ 2 มาผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงาน ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกกรรมวิธีที่ 11 แร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง: มูลไก่ไข่ อัตราส่วน 1:1:2:6 มาใช้ในการทดลอง พบว่า ค่าคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยที่มีสม่ำเสมอกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ชัยมงคล ใจหล้า และบุญร่วม คิดค้า (2558) รายงานว่าผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดตรากว๊านพะเยา ซึ่งเป็นปุ๋ยที่ผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามที่พระราชบัญญัติปุ๋ยกำหนดไว้ ได้ศึกษาถึงกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม การปรับปรุงคุณภาพโดยการศึกษาความสม่ำเสมอของคุณภาพปุ๋ยที่ได้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต รวมถึงการวิเคราะห์หาสาเหตุและแก้ปัญหาด้านความไม่คงที่ของสายพานการผลิตของโรงงาน

ส่วนรายการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพิ่มเติม พบว่าปุ๋ยที่ได้มีขนาดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณหิน เท่ากับ 0 ไม่พบพลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ และในปุ๋ยที่ผลิตได้ มีค่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์ เท่ากับ 77.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารโลหะหนัก ได้แก่ สารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง และตะกั่ว พบว่ามีค่าเท่ากับ 6.62, 0.45, 11.02, 33.13 และ 4.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และไม่พบสารปรอท ดังนั้นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตได้มีค่าคุณสมบัติตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกรมวิชาการเกษตร (2548) รายงานว่าค่าวิเคราะห์ธาตุโลหะอันตรายที่พบในลีโอนาร์ไดต์ คือ แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว และปรอท มีผลไปในทิศทางเดียวกันคือ มีปริมาณต่ำมากและต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดยกเว้น ธาตุอาร์ซินิก ซึ่งพบว่าค่าวิเคราะห์สูงกว่าธาตุอื่น ๆ แต่ก็ยังถือว่ามีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดคือ น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ผลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดของโรงงานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนทำการปลูกข้าวโพดหวาน พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุด เท่ากับ 8.75 และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด เท่ากับ 8.25 ค่าการนำไฟฟ้า พบว่า กรรมวิธีที่มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุดคือ การใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 0.20 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.09 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่ากรรมวิธีที่มีค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุดคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเท่ากับ 13.99 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุดเท่ากับ 11.23 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดเท่ากับ 24.12 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำที่สุดเท่ากับ 19.36 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100, 500 และ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนต่ำที่สุดเท่ากับ 0.04 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส พบว่าการไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดเท่ากับ 9,400 ppm ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุดเท่ากับ 8,600 ppm การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 400 ppm ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100, 500 และ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำที่สุดเท่ากับ 300 ppm การวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่าการไม่ใส่ปุ๋ย มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 307.56 ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 207.43

คุณสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุด เท่ากับ 9.21 ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด เท่ากับ 8.80 ค่าการนำไฟฟ้า พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดเท่ากับ 0.07 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุด เท่ากับ 0.04 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 20.92 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ

อินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุดเท่ากับ 9.65 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดเท่ากับ 36.08 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำที่สุดเท่ากับ 16.64 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าไนโตรเจนต่ำที่สุด เท่ากับ 0.03 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด เท่ากับ 5,400 ppm ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด เท่ากับ 2,800 ppm การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุด เท่ากับ 300 ppm ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 200 ppm การวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงที่สุด เท่ากับ 467.46 ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุด เท่ากับ 165.30

โครงสร้างดินหลังการปลูกข้าวโพดหวาน พบว่าทุกกรรมวิธีมีสัดส่วนโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยม โครงสร้างแบบก้อนกลม และไม่มีโครงสร้าง ดังนี้ การไม่ใส่ปุ๋ยมีสัดส่วนโครงสร้างเท่ากับ 84.16, 10.49 และ 5.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยเคมี มีสัดส่วนเท่ากับ 57.71, 34.64 และ 7.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีสัดส่วนเท่ากับ 80.88, 15.24 และ 3.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีสัดส่วนเท่ากับ 77.16, 18.93 และ 3.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีสัดส่วนเท่ากับ 87.38, 9.16 และ 3.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีสัดส่วนเท่ากับ 77.61, 18.10 และ 4.29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทุกกรรมวิธีส่วนมากจะมีโครงสร้างแบบเหลี่ยมในปริมาณมาก แต่จากผลการทดลองยังไม่สามารถสรุปได้เนื่องจากผลการทดลองไม่สอดคล้องกับหลักทางวิชาการ เพราะผลการทดลองปรากฏว่า การใส่ปุ๋ยเคมีมีค่าโครงสร้างแบบก้อนกลมมากที่สุดแต่ในความเป็นจริงแล้วการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มากจะยิ่งทำให้มีโครงสร้างดินแบบก้อนกลมมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ปิยะ ดวงพัตรา (2556) รายงานว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการปรับปรุงดิน (soil conditioner) ด้วยซึ่งสารปรับปรุงดินหมายถึงสารที่มีสมบัติทำให้สารคอลลอยด์ดิน (soil colloid) จับตัวกันเป็นเม็ดดินหรือก้อนดิน (soil aggregate) ที่มีโครงสร้างคล้ายทรงกลมและมีขนาดรูปทรงสม่ำเสมอและโปร่ง (crumb structure) จากสมบัติดังกล่าวสารปรับปรุงดินจะช่วยทำให้ดินที่มี

ปัญหาทางกายภาพ โดยเฉพาะปัญหาทางด้านโครงสร้างของดินที่ไม่เหมาะสมมีโครงสร้างของดินที่ดีขึ้น โดยผลการทดลองที่ไม่เป็นไปตามความเป็นจริงนี้อาจเกิดจากความแตกต่างของดินเดิมที่ปลูกก่อนหน้านี้มากกว่าที่จะเกิดจากกรรมวิธีการทดลอง

ผลการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดหวาน จากค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าวโพดหวานที่วัดใน 3 ช่วงระยะ คือ อายุ 24, 38 และ 59 วัน ตามลำดับ พบว่าต้นข้าวโพดที่อายุ 24 วัน ในทุกกรรมวิธีมีความสูงอยู่ระหว่าง 34.45–37.35 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นข้าวโพดอายุ 38 วัน ทุกกรรมวิธีมีความสูงอยู่ระหว่าง 93.40–103.90 เซนติเมตร และต้นข้าวโพดในอายุ 59 วัน ของทุกกรรมวิธีมีความสูงอยู่ระหว่าง 187.95–195.65 เซนติเมตร โดยในแต่ละกรรมวิธีมีความสูงที่ไม่แตกต่างกัน วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวโพดหวาน พบว่าทุกกรรมวิธีมีอายุวันออกดอก อยู่ระหว่าง 50–51 วัน ในขณะที่วันออกไหมของข้าวโพดหวานมีความแตกต่างกัน โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีอายุการออกไหมเร็วที่สุด คือ 51 วัน รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีอายุการออกไหมที่ 50 วัน ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีอายุการออกไหมช้าที่สุดที่ 49 วัน ค่าเฉลี่ยของจำนวนฝักต่อต้นของข้าวโพดหวาน พบว่าการไม่ใส่ปุ๋ยจะมีจำนวนฝัก 1.6 ฝักต่อต้น การใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีจำนวนฝัก 1.8 ฝักต่อต้น ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีจำนวนฝัก 1.7 ฝักต่อต้น และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีจำนวนฝัก 1.9 ฝักต่อต้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์ (2554) จากการศึกษาผลของถ่านและปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนในดินทรายจัด พบว่าการใช้ถ่านเพียงอย่างเดียวไม่ได้ช่วยให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อนเพิ่มขึ้น และไม่ให้ผลผลิต แต่ถ่านช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีอย่างเด่นชัด ($p<0.01$) การใส่มูลไก่ทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตมากที่สุด ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลไก่ทำให้ได้ผลผลิตข้าวโพดมากที่สุดทั้งจำนวนต้นที่ให้ฝัก และจำนวนฝักต่อต้น รวมทั้งมีน้ำหนักและความยาวฝักมากที่สุด การใส่ถ่านและ/หรือมูลไก่ทำให้ความเป็นกรดเป็นด่าง สภาพนำไฟฟ้า และอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ค่าเฉลี่ยของจำนวนแถวต่อฝักของข้าวโพดหวาน พบว่าทุกกรรมวิธีจะมีจำนวนแถวอยู่ระหว่าง 15–16 แถวต่อฝัก ค่าเฉลี่ยของจำนวนเมล็ดต่อแถวของข้าวโพดหวาน พบว่าทุกกรรมวิธีจะมีจำนวนเมล็ดอยู่ระหว่าง 40–42 เมล็ดต่อแถว ค่าเฉลี่ยความยาวฝักของข้าวโพดหวาน พบว่าทุกกรรมวิธีจะมีความยาวฝักอยู่ระหว่าง 20.3–21.6

เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความกว้างฝักของข้าวโพดหวาน พบว่าทุกกรรมวิธีจะมีความกว้างฝักอยู่ระหว่าง 4.77–5.15 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยผลผลิตปอกเปลือกต่อไร่ของข้าวโพดหวาน พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้ผลผลิตปอกเปลือกต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 2,017.34 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ได้ผลผลิตปอกเปลือกต่อไร่ต่ำที่สุด เท่ากับ 1,670.43 กิโลกรัมต่อไร่ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตัดฝานของข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ตัดฝานสูงที่สุด เท่ากับ 58.96 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ตัดฝานต่ำที่สุด เท่ากับ 54.88 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยความหวานของข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี ให้ความหวานสูงที่สุด เท่ากับ 16.60 บริกซ์ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ความหวานน้อยที่สุด เท่ากับ 14.75 บริกซ์ ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ของข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี ให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 3,726.74 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตต่อไร่ ต่ำที่สุด เท่ากับ 3,148.31 กิโลกรัมต่อไร่ จากค่าการวิเคราะห์ผลผลิตของข้าวโพดหวานทั้งหมดผลปรากฏว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ทุกกรรมวิธีค่าของผลผลิตข้าวโพดหวานมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่จากค่าผลผลิตต่อไร่ทั้งหมด อาจจะสันนิษฐานได้ว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ อาจจะเป็นปริมาณที่มากเกินไปจึงไม่เหมาะต่อการปลูกข้าวโพดหวาน ส่วนค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงที่สุด เท่ากับ 770.16 กรัม ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินต่ำที่สุด เท่ากับ 430.98 กรัม แสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยเคมีมีส่วนในการเพิ่มการเจริญของต้นข้าวโพด จึงทำให้มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมากที่สุด ซึ่งต่างจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ยิ่งใส่มากยิ่งทำให้มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินน้อยลง

ต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

จากการคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด โดยแบ่งออกเป็นค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายในการผลิต ซึ่งราคาต้นทุนค่าวัตถุดิบ ทั้งหมด เท่ากับ 2,686 บาทต่อตัน ราคาต้นทุนค่าแรงงานที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อต้นทั้งหมด เท่ากับ 1,655.94 บาท ราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อต้นทั้งหมด เท่ากับ 2.144.93 บาท ดังนั้นราคาต้นทุนที่ใช้ในการผลิตต่อตันรวมทั้งสิ้น เท่ากับ 6,486.87 บาท สำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในการผลิตของโรงงานปริมาณ 1 ตัน ในราคา 6,486.87 บาท ถือได้ว่าราคาค่อนข้างเหมาะสมที่จะทำการผลิต เพราะการผลิต 1 กิโลกรัม จะคิดเป็นเงินเท่ากับ 6.48 บาท และยังได้อัตรากำไรต่อต้นทุน เท่ากับ 31.03 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

1. วัตถุดิบที่นำมาใช้ควรนำมาจากแหล่งเดิมเพื่อจะได้คุณภาพของวัตถุดิบที่สม่ำเสมอ และควรจะทำการตรวจสอบ วิเคราะห์คุณสมบัติก่อนนำมาผลิตทุดครั้ง เพื่อให้คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์มีความสม่ำเสมอ

2. แปลงที่ใช้ในการทดลอง มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มเป็นแห่งๆ และดินเป็นลักษณะดินเหนียว จึงทำให้เกิดน้ำท่วมขังเวลาฝนตกหนัก และทำให้ต้นข้าวโพดที่อยู่บริเวณนั้นเจริญเติบโตได้ไม่ค่อยดี จึงอาจจะส่งผลให้ไม่ได้ผลผลิตตามความเป็นจริง ดังนั้นควรหาพื้นที่ที่น้ำไม่ท่วมขังและดินมีลักษณะเหมาะสมต่อการปลูกข้าวโพด อาจจะช่วยให้ข้าวโพดหวานได้ผลผลิตที่ดี

3. ในช่วงที่ทำการทดลอง มีการระบาดของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดเป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต ดังนั้นควรศึกษาวิธีการป้องกัน และใช้ประสบการณ์ในการเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับปัญหาที่เหนือความคาดหมาย

บรรณานุกรม

Ayuso, M., Hernfindez, T., Garcia, C. and Pascual, J. A. (1996). Biochemical and chemical structural characterization of different organic material used as manures. **Biores Technol** 57, 201–207.

Ece, A. K., Eryigit, N. and Uysal, F. (2007). The effect of leonardite applications on climbing bean yield and the some soil properties. **Agronomy**, 6, 480–483.

Krejcie, R. V. and Morgan, D. W. (1970). Determining Sample Size for Research Activities. **Educational and Psychological Measurement**, 30(3), 607–610.

Minami, K. and Yagi, K. (1998). Mitigation of methane emissions from rice cultivation. **Global Journal of Environmental Research**, 2(15–19).

Pintukanok, A. (1989). **Production Disposal and Treatment of Organic Materials For Utilization of Organic Waste in Thailand**. Ph.D, University of Tokyo, Japan.

R Core team. [Pseudonym]. (2017). **R 3.4.3 released.** Retrieved 14 March 2018, from www.r–statistics.com.

Siamchemi. (2018). **Organic fertilizer**. Retrieved 2th March 2018 From http://www. siamchemi.com/.

Subramanyam, B. and Roesli, R. (2000). **Alternatives to Pesticides in Stored–Product IPM**. Inert Dusts. In: Subramanyam, Bh., Hagstrum,D.W. (Eds.), Norwell, MA, USA: Kluwer Academic.

Walkley, A. and Black, C. A. (1934). An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chroma acid titration method. **Soil Sci**, 37, 29–35.

Xu, X. He, P. Qiu, S. Pampolino, M. F. Zhao, S. Johnston, A. M. et al. (2014). Fertilizer recommendation for maize in China based on yield response and agronomic efficiency. **Field Crop Res**, 157, 27–34.

กรมวิชาการเกษตร. (2548). **มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์.** ประกาศกรมวิชาการเกษตร(122).

กรมวิชาการเกษตร. (2550). **สาระน่ารู้: การผลิตพืชอินทรีย์** (พิมพ์ครั้งที่ 1). สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2561, จาก http://www.doa.go.th/hort/wp–content/uploads/2019/01/1–การ

ผลิตพืชอินทรีย์.pdf.

กรมวิชาการเกษตร. (2551). **การขอขึ้นทะเบียน การออกใบสำคัญการขึ้นทะเบียน การขอแก้ไขรายการทะเบียน และแก้ไขรายการทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.** 2518 **แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2551** (พิมพ์ครั้งที่ 2): ประกาศกรมวิชาการเกษตร.

กริช สิทธิโชคธรรม, อรุณศิริ กำลัง, จันทร์จรัส วีรสาร และสุริยา สาสนรักกิจ. (2550). **ผลของการใส่มูลสัตว์ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ 4452** (พิมพ์ครั้งที่ 5). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน: นครปฐม.

ชมรมเกษตรปลอดสารพิษ. (2557). **ประโยชน์ของภูไมท์หรือภูไมท์ซัลเฟต.** สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2561, จาก http://kasetban.blogspot.com/2014/05/blog-post_27.html.

ชัยมงคล ใจหล้า และบุญร่วม คิดค้า. (2558). **การปรับปรุงคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดตรากว๊านพะเยา.** ใน รายงานการประชุมวิชาการในงานการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ **4** (หน้า 47-56). คณะทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ณธรรศ สมจันทร์ และอรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. (2557). การปรับปรุงคุณภาพลิโอนาร์ไดต์สำหรับเป็นวัสดุปรับปรุงดิน. **วิจัยและพัฒนา มจธ.** ปีที่ 37 ฉบับที่ 1.

ดวงสมร ตุลาพิทักษ์, สงัด ปัญญาพฤกษ์, จักรกฤษณ์ หอมจันทน์, อนันต์ พลธานี, เทพฤทธิ์ ตุลาพิทักษ์ และเกษสุดา เดชภิมล. (2552). **พลวัตของดินและคุณภาพของผลผลิตข้าวหอมมะลิภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ รายงานฉบับสมบูรณ์ ทุนอุดหนุนทั่วไป ปีงบประมาณ** 2549: คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นเมื่อ 3 เมษายน 2561, จาก http://www.tnrr.in.th/2558/?page=research_result&name=ดวงสมร+ตุลาพิทักษ์.

ดิสสพันธุ์ ธรรมาภิรมย์, สันติ ธีราภรณ์ และสุทัย วุธรา. (2541). **อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทส ต่อผลผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินร่วนเหนียว** รายงานบทคัดย่อผลงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ ปี 2541: กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร. สืบค้นเมื่อ 2 มกราคม 2561.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. (2551). **คู่มือการปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและ**

พืช (พิมพ์ครั้งที่ 3). ภาควิชาปฐพีวิทยา :คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. (2554). **เทคโนโลยีปุ๋ยสั่งตัดเพื่อลดต้นทุน** (พิมพ์ครั้งที่ 2). ภาควิชาปฐพีวิทยา :คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร. (2558). **การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณมากแบบไม่พลิกกลับกองวิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1** (พิมพ์ครั้งที่ 1). เชียงใหม่. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2561.

นิภาพร บุญชอบ และสุวัตน์ ธีระพงษ์ธนากร. (2558). **การใช้ปุ๋ยหมักมูลค้างคาวเพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตของการผลิตพืชแบบอินทรีย์.** วท. ม., มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์, รัฐกร สืบคำ, ชัชธนพร เกื้อหนุน, สมควร คล้องช้าง, ณัฐพร ประคองเก็บ และนันทนา โพธิ์สุข. (2558). **ศึกษาการให้น้ำและปุ๋ยอย่างเหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวโพดหวานในดินเหนียวชุดดินทับกวาง.** พืชศาสตร์สงขลานครินทร์, 3(1), 1–12.

บัญชา รัตนีทู. (2555). **ปุ๋ยอินทรีย์กับการปรับปรุงดินเสื่อมคุณภาพ.** ใน วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนราธิวาส (หน้า 115–127). มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

ประชา นาคะประเวศ, เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์ และธัชมนภัสรา เยี่ยงยงค์. (2540). **ผลการใช้ปุ๋ยพืชสดบางชนิด ๆ ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อข้าวโพดหวานพิเศษในชุดดินวาริน.** สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2561, จาก http://goo.gl/zvRbXM.

ประเสริฐ สองเมือง และวิทยา ศรีทานนท์. (2531). **การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปรับปรุงดินนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ** (พิมพ์ครั้งที่ 1). ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น. สืบค้นเมื่อ 25–27 พฤศจิกายน 2561.

ปิยะ ดวงพัตรา. (2556). **สารปรับปรุงดิน** (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

พิทยากร ลิ่มทอง. (2542). เทคโนโลยีชีวภาพกับปุ๋ยอินทรีย์. **วารสารดินและปุ๋ย**, 21, 132–151.

พีระวรรณ พัฒนวิภาส, ดิลก อัญชลิสังกาศ และเตือนใจ บุญ-หลง. (2541). **โรคของข้าวโพดหวานในประเทศไทย** (พิมพ์ครั้งที่ 8). ข้าวสารโรคพืชและจุลชีววิทยา.

ภัทรา เพ่งธรรมกีรติ, ชยาพร วัฒนศิริ, เครือมาศ สมัครการ, ดุลวิทย์ สถาปนจารุ และประไพพิศ ชัยรัตนมโนกร. (2554). **ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดินตามหลักการของการผลิตทางการเกษตรดีที่เหมาะสม**

การผลิตเกษตรอินทรีย์และการจัดการน้ำในพื้นที่ปลูกข้าว. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ 190.

มนตรี บุญจรัส. (2555). **ลดต้นทุนในนาข้าวด้วยภูไมท์ซัลเฟตที่ อ.ลำลูกกา จ. ปทุมธานี.** สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2561, จาก http://www.thaigreenagor.com.

รักบ้านเกิด. (2559). **ปุ๋ยมูลไก่หมักกากอ้อยเพิ่มธาตุอาหารเป็นมิตรต่อดินเป็นมิตรต่อพืช.** สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2561, จาก https://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=9970&s=tblplant.

ราชกิจจานุเบกษา. (2551). **พระราชบัญญัติปุย (ฉบับที่** 2**).** พระบรมราชโองการ: 125 ตอนที่ 7 ก: 1. สืบค้นเมื่อ 11 มีนาคม 2561, จาก https://library2.parliament.go.th/giventake/content_law/law110151-1.pdf.

วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์, พิทยากร ลิ่มทอง, เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์, ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์, ประชา นาคะประเวศ และชูศรี สุขวิวัฒน์. (2540). **ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ต่อการปรับปรุงบำรุงดินชุดมาบบอนและการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน.** สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2561, จาก http://goo.gl/MPOAbo.

วิวัฒน โตธิรกุล, พลยุทธ ศุขสมิติ และจินดารัตน โตกมลธรรม. (2552). **การเตรียมสารประกอบเกลือฮิวเมตจากดินปนถานหินจากเหมืองลิกไนตแมเมาะ จังหวัดลำปาง**. (พิมพ์ครั้งที่ 1): สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแรเขต 3 (ภาคเหนือ) กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร กระทรวงอุตสาหกรรม.

ศิราณี วงศ์กระจ่าง. (2557). ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดในชุดดินบ้านทอน. **วารสารแก่นเกษตร,** 42(ฉบับพิเศษ) 259-262.

สมควร คล่องช้าง, สันติ ธีราภรณ์, สมปอง หมื่นแจ้ง และปราโมทย์ ไตรเพียร. (2551). **ผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพมูลวัวหมักและปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตข้าวโพดหวาน.** สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร.

สมฤทัย ตันเจริญ สันติ ธีราภรณ์ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ชลวุฒิ ละเอียด สาธิต อารีรักษ์ สมควร คล้องช้าง และคณะ. (2553). **ผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพผลตกค้างของวัสดุอินทรีย์และเคมีต่อผลผลิตข้าวโพด.** กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา, สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร:

สันติ ธีราภรณ์. (2545). **เอกสารวิชาการเรื่องดินและธาตุอาหารพืชกับข้าวโพดฝักสด *2545.*** กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการ

เกษตร.

สุชาดา โภชาดม, แสงดาว เขาแก้ว, พลยทุธ สขุสมิติ, คณพล จฑุามณี และGautier L. (2556). ก**ารศึกษาลักษณะทางเคมีของลีโอนาร์ไดต์จากเหมืองแร่ลิกไนต์เพื่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร** ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ **51** (หน้า 294). สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์, พิทยากร ลิ่มทอง, ปรีดี ดีรักษา, วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์, ปรัชญา ธัญญาดี และShinichi, Y. (2534). **ผลของการใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ ในการทำปุ๋ยหมักต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์.** ใน รายงานผลการวิจัยปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ (หน้า 45–52). กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ห้องหนังสือเกษตร. (2553). **หินฟอสเฟต (Rock Phosphate).** สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2561, จาก http://www.farmkaset.org/contentsnet/default.aspx?content=00325#.

ออมทรัพย์ นพอมรบดี. (2540). **การใช้ธาตุอาหารรองและอาหารเสริม**. เอกสารทางวิชาการทิศทางการใช้ปุ๋ยเพื่อพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืน (หน้า 115–124).

อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. (2554). ผลของถ่านและปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนในดินทรายจัด. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา** (6), 36–49.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์

วิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์

1. **วิธีตรวจสอบพลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ**

นำตัวอย่างปุ๋ยประมาณ 1 กิโลกรัม มาทำการตรวจพินิจ พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ บันทึกผล โดยรายงาน “พบ” หรือ “ไม่พบ”

2. **วิธีวิเคราะห์ความชื้น**

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยที่ยังไม่ได้บดจำนวน 5.XX กรัม ใส่ลงใน Weighing bottle หรือ Beaker ขนาด 50 มิลลิลิตร บันทึกน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ แล้วนำตัวอย่างที่อบแล้วใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์หลังอบ

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักปุ๋ยก่อนอบ–น้ำหนักปุ๋ยหลังอบ}}{\text{น้ำหนักปุ๋ยก่อนอบ}} \times 100$$

3. **วิธีวิเคราะห์ปริมาณหิน และกรวดในปุ๋ยอินทรีย์**

ชั่งน้ำหนักปุ๋ย 200.XX กรัม จากนั้นใส่ลงใน Beaker ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำจนได้ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนแล้วตั้งทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้เนื้อปุ๋ยละลายแยกตัวออกจากกัน หากมีหิน และกรวดก็จะตกลงสู่ก้น Beaker จากนั้นค่อย ๆ เทสารละลายปุ๋ยผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 5 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำชะล้างผ่านตะแกรงหลาย ๆ ครั้ง จนได้สิ่งที่เหลือบนตะแกรง คือ หินและกรวด นำหินและกรวดที่ได้ใส่ Beaker ขนาด 100 มิลลิลิตร ซึ่งผ่านการอบจนมีน้ำหนักคงที่ และทราบน้ำหนักแล้ว นำ Beaker ที่บรรจุหินและกรวด ไปอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ นำออกจากตู้อบ จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นทำการชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณหิน และกรวด (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักหิน และกรวดหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างปุ๋ย}} \times 100$$

4. วิธีวิเคราะห์ขนาดของปุ๋ยอินทรีย์

ชั่งน้ำหนักปุ๋ย 100.XX กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 500 มิลลิลิตร เทปุ๋ยลงในตะแกรงมาตรฐาน ขนาดรูเปิด 12.5 มิลลิลิตร ซึ่งรองรับด้วยจานรองรับตัวอย่างอยู่ด้านล่าง ปิดฝาเขย่าจนตัวอย่างปุ๋ยที่ค้างบนตะแกรงไม่ผ่านไปยังจานรองรับ ชั่งน้ำหนักตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ที่ค้างบนตะแกรง บันทึกผล

วิธีคำนวณ

$$\text{ขนาดของปุ๋ย (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักปุ๋ยทั้งหมด– น้ำหนักปุ๋ยบนตะแกรง}}{\text{น้ำหนักปุ๋ยทั้งหมด}} \times 100$$

5. วิธีวิเคราะห์อินทรียวัตถุ อินทรีย์คาร์บอน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

5.1 วิธีการเตรียม Reagent

เตรียมสารละลาย Potassium dichromate (Oxidizing agent) ความเข้มข้น 1 นอร์มอล โดยชั่ง Potassium dichromate ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 49.027 กรัม ใส่ Beaker ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร คนให้สารละลายจนหมดจากนั้นถ่ายและล้างใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นทำการเขย่าให้เข้ากัน

เตรียมสารละลาย Ferrous sulfate (Reducing agent) ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล โดยชั่ง Ferrous sulfate จำนวน 139.0085 กรัม (หรือใช้ Ferrous Ammonium Sulfate จำนวน 196.07 กรัม) ใส่ใน Beaker ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร คนให้สารละลาย จากนั้นถ่ายและล้างใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติม 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid ปริมาณ 20 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

เตรียมสารละลาย O–Phenanthroline ferrous sulfate indicator โดยชั่ง O–Phenanthroline จำนวน 0.74 กรัม และFerrous sulfate จำนวน 0.35 กรัม ใส่ Beaker ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร คนจนสารละลาย

เตรียมสารละลาย Silver sulfate ใน 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid ชั่ง Silver–sulfate จำนวน 15 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 2,000 มิลลิลิตร เติม 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน

5.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยจำนวน 0.1x กรัม ใส่ใน Erlenmeyer Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ปิเปตต์สารละลาย Potassium dichromate ปริมาณ 10 มิลลิลิตร เติมลงในตัวอย่างปุ๋ย จากนั้นเติม 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid หรือสารละลาย Silver sulfate ใน 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงไปในตัวอย่างปุ๋ยอย่างช้า ๆ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดควันเป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นเติมน้ำกลั่นปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย O-Phenanthroline Ferrous Sulphate ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร

5.3 วิธีวิเคราะห์

นำสารละลายตัวอย่างมาไทเทรตด้วยสารละลาย Ferrous Sulfate จนสารละลายสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนแดงแสดงว่าถึงจุดยุติทำการบันทึกปริมาณสารละลาย Ferrous Sulfate ที่ใช้ หมายเหตุ: การทำ Blank โดยไม่ใส่ตัวอย่างปุ๋ย เตรียม และวิเคราะห์ เช่นเดียวกับตัวอย่างปุ๋ย

วิธีคำนวณ

$$\text{อินทรีย์คาร์บอน(\%)} = \frac{0.3896 \times N \times \text{มิลลิลิตร ของPotassium dichromate (C-D)}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)} \times C}$$

B = ปริมาณของ Potassium dichromate ที่เติมลงไปในตัวอย่าง และ Blank (มิลลิลิตร)

C = ปริมาณของ Ferrous sulfate ที่ไทเทรตพอดีกับ Potassium dichromate ใน Blank

D = ปริมาณของ Ferrous sulfate ที่ไทเทรตพอดีกับ Potassium dichromate ในตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นเป็นนอร์มอลของสารละลายมาตรฐาน

$$\text{เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ} = \text{เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน} \times 1.7241$$

$$\text{อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน} = \frac{\text{เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน}}{\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด}}$$

6. วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยจำนวน 10 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร (อัตราส่วนของดินต่อน้ำ 1:2) แล้วคนด้วยแท่งแก้ว ตั้งตัวอย่างทิ้งครึ่งชั่วโมง ทำการวัดค่า pH ด้วย pH-meter โดยนำ Glass electrode จุ่มลงในสารละลายตัวอย่างเขย่าเบา ๆ เมื่อตัวเลขที่แสดงนิ่ง อ่านค่า pH และบันทึกผล

หมายเหตุ: ในกรณีที่วิเคราะห์โดยใช้อัตราส่วนปุ๋ย:น้ำ = 1:2 หากไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากตัวอย่างดูดน้ำมากให้ใช้อัตราส่วน ปุ๋ย:น้ำ = 1:10 และระบุไว้ในรายงานผลวิเคราะห์

7. วิธีวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยจำนวน 5 กรัม ใส่ในปรับปริมาตรขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่านาน 30 นาที จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ใน Beaker ขนาด 50 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวัดสภาพการนำไฟฟ้าด้วย Conductivity meter ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูลค่าการนำไฟฟ้า

8. วิธีวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ชั่งตัวอย่างปุ๋ย 0.3xx กรัม ใส่ในหลอดย่อยขนาด 800 มิลลิลิตร เติม Salicylic Acid จำนวน 2 กรัม เติม 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid ปริมาณ 40 มิลลิลิตร และ Sodium Thiosulfate Pentahydrate จำนวน 5 กรัม นำไปตั้งบนเตาย่อยตัวอย่าง แล้วทำการย่อยตัวอย่างโดยใช้ไฟปานกลาง จนกระทั่งได้สารละลายสีน้ำตาล ปิดไฟ แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติม Mixed catalyst จำนวน 10 กรัม แล้วทำการย่อยอีกครั้งจนได้สารละลายสีเขียวใส ปิดไฟ ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเติมน้ำกลั่น 350 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย Sodium hydroxide ปริมาณ 100 มิลลิลิตร และ Zinc granular จำนวน 5 กรัม นำไปกรองให้ใสและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 100 มิลลิลิตร นำหลอดย่อยต่อกับเครื่องกลั่น โดยให้ปลายเครื่องกลั่นจุ่มอยู่ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 500 มิลลิลิตร ซึ่งมี $H_3BO^-_3$ indicator ปริมาณ 100 มิลลิลิตร และสารละลาย Mixed indicator ปริมาณ 4-5 หยด ทำการกลั่นจนได้ปริมาตรของสารละลายในขวดปรับปริมาตร ปริมาณ 350 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปไทเทรตกับสารละลาย Hydrochloric acid มาตรฐาน 0.2 นอร์มอล จนถึงที่จุดยุติ ซึ่งจะได้สารละลายสีชมพู บันทึกข้อมูล ทำ Blank โดยไม่ใส่ตัวอย่าง และวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอย่าง

วิธีคำนวณปริมาณไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{N of Hydrochloric acid x \{มิลลิลิตร (Hydrochloric acid)–มิลลิลิตร (Blank)\} x 1.40067}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

9. วิธีวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

9.1 การเตรียม Reagent

โดยจะผสมกรด 69–70 เปอร์เซ็นต์ Nitric acid : 69–70 เปอร์เซ็นต์ Perchloric acid ในอัตราส่วน 1:1

9.2 Molybdovanadate reagent

ชั่ง Ammonium molybdate tetrahydrate 40 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 500 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำร้อน(น้ำกลั่น) ปริมาณ 400 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ให้เย็น ชั่ง Ammonium metavanadate ปริมาณ 2 กรัม ใส่ Beaker ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำร้อน(น้ำกลั่น) ปริมาณ 400 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น เติม 69–70 เปอร์เซ็นต์ Perchloric acid ปริมาณ 450 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นค่อย ๆ รินผสมสารละลาย Ammonium molybdate tetrahydrate ลงในสารละลาย Ammonium metavanadate ในขวดปรับปริมาตรขนาด 2,000 มิลลิลิตร ทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายสีเหลืองอ่อน แล้วทำการเขย่าให้เข้ากัน ถ่ายเก็บไว้ในขวดสีชา

9.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 1,000 ppm โดยชั่ง Potassium dihydrogen phosphate ที่ผ่านการอบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 1.09 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ทำการละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 100 ppm ทำการปิเปตต์สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 1,000 ppm มาปริมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 0,1,2,3,4,5,6 และ 7 ppm จะทำการปิเปตต์สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 100 ppm มาปริมาณ 0, 1, 2, 3, 4,

5, 6 และ 7 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าให้เข้ากัน

9.4 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างปุ๋ย จำนวน 0.3–1.xx กรัม ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 125 มิลลิลิตร หรือใส่ Digestion tube จากนั้นเติมกรดผสม Nitric acid: Perchloric ปริมาณ 20 มิลลิลิตร นำไปย่อยบน Hot plate หรือ Digestion block ที่อุณหภูมิไม่เกิน 220 องศาเซลเซียส ย่อยจนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลาย หรือสารละลายมีลักษณะสีใส จะใช้เวลาประมาณ 30–40 นาที จากนั้นยกลงจาก Hot plate หรือ Digestion block ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ถ่ายสารละลายตัวอย่าง แล้วล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ในกรณีที่สารละลายมีตะกอนขุ่น ให้กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

9.5 วิธีวิเคราะห์

ใช้ปิเปตต์สารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร หรือตามความเหมาะสม ปริมาณความเข้มข้นของตัวอย่าง ใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร เติม Molybdovanadate reagent ปริมาณ 10 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 1:10 ของปริมาตรขวดปรับปริมาตร) ปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำสารละลายมาตรฐาน 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ppm เติม Molybdovanadate reagent ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยให้ได้ 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำสารตัวอย่าง และละลายมาตรฐานไปวัดความเข้มของสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) หรือค่าร้อยละสัดส่วนที่แสงส่องผ่านสารตัวอย่างที่วัด (Transmittance) หาค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของสารละลายตัวอย่างกับกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและค่าการดูดกลืนแสงหรือค่าร้อยละของสัดส่วนที่ส่องผ่านสารตัวอย่างที่วัดของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (กราฟมาตรฐาน)

วิธีคำนวณ

$$\text{ฟอสฟอรัส (ppm)} = \frac{\text{ppm P ของกราฟมาตรฐาน x ปริมาตรสุดท้าย x 100}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม) x } 10^6}$$

$$\text{ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ppm)} = \frac{\text{\% P x [(2 x Atomic wt.of P)+(5 x Atomic wt.of O)]}}{\text{2 x Atomic wt.of P}}$$

10. วิธีวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

10.1 การเตรียม Reagent

ชั่ง Calcium carbonate จำนวน 12.5 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วเติม 36-38 เปอร์เซ็นต์ Hydrochloric acid ปริมาณ 105 มิลลิลิตร ลงไปทีละน้อย จากนั้นนำไปต้มจนเดือดตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเทใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วเขย่าให้เข้ากัน การเตรียมกรดสำหรับย่อยตัวอย่าง โดยทำการผสม 69-70 เปอร์เซ็นต์ Nitric acid และ 69-70 เปอร์เซ็นต์ Perchloric acid ในอัตรา 1:1 โดยปริมาตร

10.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 ppm โดยปิเปตต์สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 1,000 ppm มาปริมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจากนั้นเขย่าให้เข้ากัน

สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 ppm โดยปิเปตต์สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 ppm มาปริมาณ 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจากนั้นเขย่าให้เข้ากัน

10.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยจำนวน 1.xx กรัม ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 125 มิลลิลิตร เติมกรดผสม Nitric acid: Perchloric acid จำนวน 20 มิลลิลิตร นำไปย่อยบน Hot plate หรือ Digestion block ที่อุณหภูมิไม่เกิน 220 องศาเซลเซียส ย่อยจนมีควันขาวเกิดขึ้นหรือสารละลายมีลักษณะสีใส ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 30-40 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ถ่านสารละลายตัวอย่าง แล้วล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย เขย่าให้เข้ากัน ถ้าสารละลายมีตะกอนขุ่น ให้นำไปผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

10.4 วิธีการวิเคราะห์

ปิเปตต์สารละลายตัวอย่าง ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมอยู่ที่ 0–15 ppm ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Suppressor 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 0. 3, 6, 9, 12 และ15 ppm เติมสารละลาย Suppressor 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายไปวัดค่า Intensive of emission ด้วย Flame photometer หาค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของสารละลายตัวอย่างกับกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโพแทสเซียม กับค่า Intensive of emission ของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (กราฟมาตรฐาน)

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (ppm)} = \frac{1.2046 \times \text{ppm K} \times \text{ปริมาตรสุดท้าย} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)} \times 10^{6}}$$

ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ดิน

1. วิธีวิเคราะห์อินทรียวัตถุ อินทรีย์คาร์บอน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

1.1 วิธีการเตรียม Reagent

เตรียมสารละลาย Potassium dichromate (Oxidizing agent) ความเข้มข้น 1 นอร์มอล โดยชั่ง Potassium dichromate ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 49.027 กรัม ใส่ Beaker ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร คนให้สารละลายจนหมดจากนั้นถ่ายและล้างใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นทำการเขย่าให้เข้ากัน

เตรียมสารละลาย Ferrous sulfate (Reducing agent) ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล โดยชั่ง Ferrous sulfate จำนวน 139.0085 กรัม (หรือใช้ Ferrous Ammonium Sulfate จำนวน 196.07 กรัม) ใส่ใน Beaker ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร คนให้สารละลาย จากนั้นถ่ายและล้างใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติม 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid ปริมาณ 20 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

เตรียมสารละลาย O-Phenanthroline ferrous sulfate indicator โดยชั่ง O-Phenanthroline จำนวน 0.74 กรัม และFerrous sulfate จำนวน 0.35 กรัม ใส่ Beaker ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร คนจนสารละลาย

เตรียมสารละลาย Silver sulfate ใน 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid ชั่ง Silver sulfate จำนวน 15 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 2,000 มิลลิลิตร เติม 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน

1.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างดินจำนวน 2 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer Flask ขนาด 125 มิลลิลิตร ปิเปตต์สารละลาย Potassium dichromate ปริมาณ 10 มิลลิลิตร เติมลงในตัวอย่างดิน จากนั้นเติม 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงไปในตัวอย่างดินอย่างช้า ๆ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดควันเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่นปรับปริมาตร 20 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย O-Phenanthroline Ferrous Sulphate ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร

1.3 วิธีวิเคราะห์

นำสารละลายตัวอย่างมาไทเทรตด้วยสารละลาย Ferrous Sulfate จนสารละลายสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนแดงแสดงว่าถึงจุดยุติทำการบันทึกปริมาณสารละลาย Ferrous Sulfate ที่ใช้

หมายเหตุ: การทำ Blank โดยไม่ใส่ตัวอย่างปุ๋ย เตรียม และวิเคราะห์ เช่นเดียวกับตัวอย่างปุ๋ย

วิธีคำนวณ

$$\text{อินทรีย์คาร์บอน(\%)} = \frac{0.3896 \times N \times \text{มิลลิลิตร ของPotassium dichromate (C–D)}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)} \times C}$$

B = ปริมาณของ Potassium dichromate ที่เติมลงไปในตัวอย่าง และ Blank (มิลลิลิตร)

C = ปริมาณของ Ferrous sulfate ที่ไทเทรตพอดีกับ Potassium dichromate ใน Blank

D = ปริมาณของ Ferrous sulfate ที่ไทเทรตพอดีกับ Potassium dichromate ในตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นเป็นนอร์มอลของสารละลายมาตรฐาน

เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ = เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน x 1.7241

$$\text{อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน} = \frac{\text{เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน}}{\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด}}$$

2. วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรด–ด่าง

ชั่งตัวอย่างดินจำนวน 5 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร (อัตราส่วนของดินต่อน้ำ 1:2) แล้วคนด้วยแท่งแก้ว ตั้งตัวอย่างทิ้งครึ่งชั่วโมง ทำการวัดค่า pH ด้วย pH–meter โดยนำ Glass electrode จุ่มลงในสารละลายตัวอย่างเขย่าเบา ๆ เมื่อตัวเลขที่แสดงนิ่ง อ่านค่าpH และบันทึกผล

หมายเหตุ: ในกรณีที่วิเคราะห์โดยใช้อัตราส่วน ดิน:น้ำ = 1:2 หากไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เนื่องจากตัวอย่างดูดน้ำมากให้ใช้อัตราส่วน ดิน:น้ำ = 1:10 และระบุไว้ในรายงานผลวิเคราะห์

3. วิธีวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า

ชั่งตัวอย่างดินจำนวน 5 กรัม ใส่ในปรับปริมาตรขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่านาน 30 นาที จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ใน Beaker ขนาด 50 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวัดสภาพการนำไฟฟ้าด้วย Conductivity meter ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูลค่าการนำไฟฟ้า

4. วิธีวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ชั่งตัวอย่างดิน 2 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติม 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid ปริมาณ 10 มิลลิลิตร นำไปตั้งบนเตาย่อยตัวอย่าง แล้วทำการย่อยตัวอย่าง โดยใช้ไฟปานกลาง จนกระทั่งได้สารละลายสีเขียวใส ปิดไฟ แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร นำไปกรองให้ใสและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 100 มิลลิลิตร

วิธีการกลั่นหาไนโตรเจน

นำ Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร ซึ่งมี $H_3BO^-_3$ indicator 10 มิลลิลิตร มารองรับใต้ Condenser ของเครื่องกลั่น ดูดสารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ Kjeldahl digestion flask แล้วนำไปใส่เครื่องกลั่นทันที กลั่นจนปริมาตรของสารละลายใน Erlenmeyer flask ที่รองรับใต้ Condenser เพิ่มขึ้นถึงระดับ 75 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับ Sulfuric acid 0.005 นอร์มอล จนถึงที่จุดยุติ ซึ่งจะได้สารละลายสีชมพู ทำการจดปริมาตรของ Sulfuric acid 0.005 นอร์มอล ที่ใช้ไทเทรตเพื่อคำนวณหาไทเทรต

วิธีคำนวณปริมาณไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{N of Hydrochloric acid} \times \{\text{มิลลิลิตร (Hydrochloric acid)} - \text{มิลลิลิตร (Blank)}\} \times 1.40067}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

5. วิธีวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

5.1 การเตรียม Reagent

โดยจะผสมกรด 69–70 เปอร์เซ็นต์ Nitric acid : 69–70 เปอร์เซ็นต์ Perchloric acid ในอัตราส่วน 1:1

5.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 1,000 ppm โดยชั่ง Potassium dihydrogen phosphate ซึ่งผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 1.0984 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นทำการละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น และเขย่าให้เข้ากัน

สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 100 ppm จะทำการปิเปตต์สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 1,000 ppm มาปริมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จากนั้นเขย่าให้เข้ากัน

สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ppm จะทำการปิเปตต์สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 100 ppm มาปริมาณ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าให้เข้ากัน

5.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างดินจำนวน 2.50 กรัม ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 125 มิลลิลิตร หรือใส่ Digestion tube จากนั้นเติมสารสกัด Bray II ปริมาณ 25 มิลลิลิตร เขย่า 60 วินาที แล้วกรองทันทีด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ดูดสารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 2% H_3BO_3 5 มิลลิลิตร Murphy's reagent 2 มิลลิลิตร 2.5% Ascorbic acid solution 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ 20 นาที จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานไปวัดความเข้มของสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 820 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) หรือค่าร้อยละสัดส่วนที่แสงส่องผ่านสารตัวอย่างที่วัด (Transmittance) ทำการหาค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของสารละลายตัวอย่างกับกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและค่าการดูดกลืนแสงออหรือ

ค่าร้อยละของสัดส่วนที่ส่องผ่านสารตัวอย่างที่วัดของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (กราฟมาตรฐาน)

วิธีคำนวณ

$$\text{ฟอสฟอรัส (ppm)} = \frac{\text{ppm P ของกราฟมาตรฐาน x ปริมาตรสุดท้าย x 100}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม) x } 10^6}$$

$$\text{ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ppm)} = \frac{\text{\% P x [(2 x Atomic wt.of P)+(5 x Atomic wt.of O)]}}{\text{2 x Atomic wt.of P}}$$

6. วิธีวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

6.1 การเตรียม Reagent

ชั่ง Calcium carbonate จำนวน 12.5 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วเติม 36-38 เปอร์เซ็นต์ Hydrochloric acid ปริมาณ 105 มิลลิลิตร ลงไปทีละน้อย จากนั้นนำไปต้มจนเดือดตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเทใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วเขย่าให้เข้ากัน

การเตรียมกรดสำหรับย่อยตัวอย่าง โดยทำการผสม 69-70 เปอร์เซ็นต์ Nitric acid และ 69-70 เปอร์เซ็นต์ Perchloric acid ในอัตรา 1:1 โดยปริมาตร

6.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 ppm โดยปิเปตต์สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 1,000 ppm มาปริมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจากนั้นเขย่าให้เข้ากัน

สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 ppm โดยปิเปตต์สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 ppm มาปริมาณ 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจากนั้นเขย่าให้เข้ากัน

6.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างดิน จำนวน 1.xx กรัม ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 125 มิลลิลิตร เติมกรดผสม Nitric acid : Perchloric acid จำนวน 20 มิลลิลิตร นำไปย่อยบน Hot plate หรือ Digestion block ที่อุณหภูมิไม่เกิน 220 องศาเซลเซียส ย่อยจนมีควันขาวเกิดขึ้นหรือสารละลายมีลักษณะสีใส ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 30–40 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ถ่านสารละลายตัวอย่าง แล้วล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ในกรณีที่สารละลายมีตะกอนขุ่น ให้นำไปผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

6.4 วิธีการวิเคราะห์

ปิเปตต์สารละลายตัวอย่าง ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมอยู่ที่ 0–15 ppm ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Suppressor 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 0. 3, 6, 9, 12 และ15 ppm เติมสารละลาย Suppressor 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายไปวัดค่า Intensive of emission ด้วย Flame photometer หาค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของสารละลายตัวอย่างกับกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโพแทสเซียม กับค่า Intensive of emission ของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (กราฟมาตรฐาน)

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (ppm)} = \frac{1.2046 \times \text{ppm K} \times \text{ปริมาตรสุดท้าย} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)} \times 10^{6}}$$

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ–สกุล	วิจิตรา นามจิตร
วัน เดือน ปี เกิด	05 กุมภาพันธ์ 2538
สถานที่เกิด	เชียงราย
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2559 วท.บ (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยพะเยา, จังหวัดพะเยา
ที่อยู่ปัจจุบัน	185 หมู่ 11 ตำบลแม่ลอย อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย
ผลงานตีพิมพ์	วิจิตรา นามจิตร, วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก, มนัส ทิตย์วรรณ และบุญร่วม คิดค้า. (2562). คุณสมบัติของวัตถุดิบ และอัตราส่วนที่เหมาะสม ต่อการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดคุณภาพสูง. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ “วลัยลักษณ์วิจัย” ครั้งที่ 11 (หน้า 1–7). นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์