การแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวด้วยสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ จากเปลือกหอยแมลงภู่เพื่อใช้ในการเพาะปลูก

ACID SOIL REMEDIATION BY SOIL AMENDMENT FROM MUSSEL SHELLS FOR CULTIVATION

จุฑาพร ภูษาจารย์
ธิติญา สิงห์เหาะ
ศิวัชญา ศรีศิลป์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวด้วยสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ จากเปลือกหอยแมลงภู่เพื่อใช้ในการเพาะปลูก

ACID SOIL REMEDIATION BY SOIL AMENDMENT FROM MUSSEL SHELLS FOR CULTIVATION

จุฑาพร ภูษาจารย์

ธิติญา สิงห์เหาะ

ศิวัชญา ศรีศิลป์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACID SOIL REMEDIATION BY SOIL AMENDMENT FROM MUSSEL SHELLS FOR CULTIVATION

CHUTAPORN PHUSAJARN
THITIYA SINGHOA
SIWATCHAYA SRISIN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
(ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวด้วยสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ จากเปลือกหอยแมลงภู่เพื่อใช้ในการเพาะปลูก Acid Soil Remediation By Soil Amendment From Mussel Shells For Cultivation
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจุฑาพร ภูษาจารย์ รหัสนักศึกษา 57050576 นางสาวธิติญา สิงห์เหาะ รหัสนักศึกษา 57050606 นางสาวศิวัชญา ศรีศิลป์ รหัสนักศึกษา 57050645
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.บรรจง บุญชม กรรมการ	
ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวด้วยสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ จากเปลือกหอยแมลงภู่เพื่อใช้ในการเพาะปลูก

ชื่อนักศึกษา นางสาวจุฑาพร ภูษาจารย์ รหัสนักศึกษา 57050576
นางสาวธิติญา สิงห์เหาะ รหัสนักศึกษา 57050606
นางสาวศิวัชญา ศรีศิลป์ รหัสนักศึกษา 57050645

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา เคมี
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา 2560
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการแก้ปัญหาดินเปรี้ยวโดยใช้เปลือกหอยแมลงภู่เป็นวัสดุในการปรับปรุงดิน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 เปลือกหอย, สูตรที่ 2 ยิปซัมจากเปลือกหอย และสูตรที่ 3 ยิปซัม-แคลเซียมฟอสเฟตไนเตรตจากเปลือกหอย ได้ดำเนินการศึกษา คือ 1.) ทำการบ่มดินเปรี้ยวด้วยสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยสูตรต่าง ๆ 3 สูตร จำนวน 5 ซ้ำ จากการคำนวณความต้องการปูนบ่มไว้เป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีเพื่อยืนยันผลองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อหาสารปรับปรุงดินสูตรที่ดีที่สุดที่สามารถแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวควบคู่กับการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช สรุปได้ว่า สารปรับปรุงดินสูตรที่ 1 สารมารถแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวได้ดีที่สุดโดยดูจากค่า pH แต่ยังขาดปริมาณธาตุอาหาร สารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 สามารถแก้ไขปัญหาค่า pH ของดินได้รองลงมาและให้ปริมาณธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้น และสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 แก้ไขปัญหาค่า pH ของดินได้น้อยที่สุด แต่สามารถให้ปริมาณธาตุอาหารในดินได้เหมาะสมมากที่สุด โดยภาพรวมเราจึงเลือกสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 เป็นสูตรที่ดีที่สุด สามารถแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวควบคู่กับการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช รวมทั้งมีต้นทุนในการผลิตสารปรับปรุงดินที่ต่ำ เป็นต้น 2.) ทำการหาอัตราส่วนในการเติมสารปรับปรุงดินที่ดีที่สุดที่ทำให้พืชเจริญเติบโต โดยจะทำการบ่มดินกับสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 ในอัตราส่วนต่าง ๆ เทียบกับการคำนวณปริมาณความต้องการปูนของดิน ได้แก่ 0LR, 1/4LR, 1/2LR, 1LR และ 2LR เป็นระยะเวลา 14 วัน แล้วนำมาทดสอบปลูกผักบุ้งจีน จัดกลุ่มการทดลองเป็นแบบ CRD ทั้งสิ้น 20 สิ่งทดลอง แบ่งเป็น 5 treatment 4 ซ้ำ โดยศึกษาการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนจากความสูง, จำนวนใบ และน้ำหนักสด เมื่อครบ 28 วัน เราจึงทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต สรุปได้ว่า ดินที่เติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 ในอัตราส่วนความต้องการปูน 1LR ทำให้ผักบุ้งจีนมีการเจริญเติบโตมากที่สุด ซึ่งมีค่าความสูง จำนวนใบ และน้ำหนักสด คือ 35.22 cm, 10 ใบ และ 3.5415 g ตามลำดับ โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทุกอัตราส่วน

คำสำคัญ : ดินเปรี้ยว, เปลือกหอย, สารปรับปรุงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title Acid Soil Remediation By Soil Amendments FromMussel Shells For Cultivation

Students	Miss Chutaoporn	Phusajarn	Student ID 57050576
	Miss Thitiya	Singhoa	Student ID57050606
	Miss Siwatchaya	Srisin	Student ID57050645
Degree	Bachelor of Science (Environmental Chemistry)		
Department	Chemistry		
Faculty	Science		
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
Academic Year	2017		
Advisor	Dr.Glinsukol Suwannarat		

Abstract

The purpose of this study was acid soil remediation using mussel shells as soil improvement material. It was divided into 3 formulas, namely the 1st formula (calcium carbonate from shell), the 2nd formula (gypsum from the shell) and the 3rd formula (gypsum - calcium phosphate nitrate from shell). The first experiment, the soil amendment from mussel shell 3 formula was applied on lime requirement (LR) of soil with 5 replications and incubated for 7 days. The soil was sampling and analyzed to find the best soil amendment from mussel shell that can solved the problem of acid soil together with the increase of nutrient content in the soil to suitable the needs of plants. The result indicated that soil amendment the first formula was the best solution for soil acidification but lack of nutrients for plants. The 2nd and 3rd formula was to solve the problem of soil pH and to increase the amount of nutrients needed by the plants. Thus, we choose the 2nd formula was the best formula because It can solve the problem of acid soil together with the increase of nutrient demand of plants and the cost of producing soil improvers is low etc.The second experiment studied the effects of soil amendment the 2nd formula on grown of water convolvulus in acid soil, was laid out in Completely Randomize Design (CRD) including of 5 treatments : soil amendment from mussel shell (the 2nd formula) 5 levels (0, 1/4, 1/2, 1 and 2LR) with 4 replications. The result indicated that growth of water convolvulus in 1LR was highest.The height, leaf number and fresh weight were 35.22 cm, 10 leaf and 3.5415 g, respectively, significantly different from each other.

Keywords: Acid soil, Shell, Soil Amendment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือ คำปรึกษา และคำแนะนำจากหลาย ๆ ฝ่าย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่ได้มอบความรู้ ให้ความช่วยเหลือแนะนำในเรื่องต่าง ๆ ตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องของโครงงานพิเศษ ตรวจทานความถูกต้องของภาษา ให้ข้อเสนอแนะ และติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการโครงงานพิเศษนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย และ ผศ.ดร.บรรจง บุญชม ประธานกรรมการและกรรมการผู้คุมสอบที่ได้สละเวลาเข้าร่วมรับฟังการนำเสนอโครงงานพิเศษ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และแนวคิดต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขโครงงานพิเศษให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณจิรัชญา ละอองพันธ์ เพื่อนร่วมสาขาวิชา ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บดินตัวอย่างเพื่อนำมาศึกษาโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเคมี คุณชัชชัย ลัทธิลักขณา, คุณสาคร สอนพงษ์, คุณณัฐพล ไกรธรรม และเจ้าหน้าที่ธุรการภาคเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดหาอุปกรณ์และช่วยจัดทำเอกสารเกี่ยวกับการดำเนินงานในการทำโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว และเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจ ความช่วยเหลือ และให้การสนับสนุนเกี่ยวกับการทำโครงงานพิเศษนี้ให้ผ่านไปด้วยดี

จุฑาพร ภูษาจารย์
ธิติญา สิงห์เหาะ
ศิวัชญา ศรีศิลป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ
คำย่อ/สัญลักษณ์ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ดินกรด 4
2.1.1 ความหมายของดินกรด 4
2.1.2 สาเหตุของการเกิดดินกรด 4
2.1.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหาดินกรด 5
2.2 วัสดุที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาดินกรด 6
2.2.1 แคลเซียมจากธรรมชาติ 6
2.2.2 ปูน 7
2.2.3 อำนาจทำให้เป็นกลางของปูน 8
2.2.4 ปฏิกิริยาของปูนในดิน 11
2.2.5 ความต้องการปูนของดิน 12
2.2.6 ประโยชน์ของการใส่ปูนในดิน 13
2.2.7 ข้อควรระวังในการใส่ปูน 13
2.3 เปลือกหอย 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

2.4 สารปรับปรุงดิน 15
2.4.1 ความหมายของสารปรับปรุงดิน 15
2.4.2 ประเภทของสารปรับปรุงดิน 15
2.4.3 ประโยชน์ของสารปรับปรุงดิน 16
2.5 ธาตุอาหารพืช 16
2.6 ผักบุ้งจีน 19
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 27
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ 27
3.2 สารเคมี 28
3.3 วิธีการศึกษาค้นคว้า 31

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 38
4.1 คุณสมบัติของวัสดุปลูก 38
4.1.1 สมบัติทางกายภาพของดินตัวอย่าง 38
4.1.2 สมบัติทางเคมีของสารปรับปรุงดิน 39
4.1.3 สมบัติทางเคมีของดินตัวอย่างและดินตัวอย่างหลังทำการปรับปรุง 40
ด้วยสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่สูตรต่าง ๆ
4.2 คุณสมบัติของดินหลังทำการบ่มด้วยสารปรับปรุงคุณภาพดิน 42
4.2.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้น 42
4.2.2 ค่าพีเอช (1:1) 43
4.2.3 ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m) 44
4.2.4 ปริมาณอินทรียวัตถุ (%) 45
4.2.5 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (meq/100g) 46
4.2.6 ความเป็นกรดและปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (meq/100g) 47
4.2.7 ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (mg/kg) 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

4.2.8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (mg/kg) 49
4.2.9 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg) 50
4.2.10 ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg) 51
4.2.11 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg) 52
4.2.12 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg) 53
4.2.13 ปริมาณกำมะถันที่สกัดได้ (mg/kg) 54
4.2.14 ปริมาณเหล็ก (mg/kg) 55
4.2.15 ปริมาณสังกะสี (mg/kg) 56
4.2.16 ปริมาณแมงกานีส (mg/kg) 57
4.2.17 การวิเคราะห์ X-ray fluorescence spectrometry (XRF) 58
4.2.18 การวิเคราะห์ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) 60
4.2.19 การวิเคราะห์ Thermo Gravimetric Analysis (TGA) 61
4.2.20 การวิเคราะห์ X-ray Diffactometer (XRD) 62
4.3 ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน 63
4.3.1 ความสูงของผักบุ้งจีน 63
4.3.2 จำนวนใบของผักบุ้งจีน 64
4.3.3 น้ำหนักสดของผักบุ้งจีน 65

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 66
5.1 สรุปผลการทดลอง 66
5.2 ข้อเสนอแนะ 66
เอกสารอ้างอิง 67
ภาคผนวก 70
ภาคผนวก ก 71
ภาคผนวก ข 86
ภาคผนวก ค 90
ภาคผนวก ง 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ค่า CCE ของวัสดุปูนเพื่อการเกษตรชนิดต่างๆ..... 8
1.2 สมบัติกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของวัสดุจำพวกปูนเพื่อการเกษตร..... 9
3.1 พารามิเตอร์วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินและสารปรับปรุงดิน..... 34
4.1 สมบัติทางกายภาพของดินตัวอย่าง..... 39
4.2 สมบัติทางเคมีของสารปรับปรุงดิน..... 39
4.3 สมบัติทางเคมีของดินตัวอย่างและดินตัวอย่างหลังทำการปรับปรุงด้วยสารปรับปรุงดิน..... 41
จากเปลือกหอยแมลงภู่สูตรต่าง ๆ
4.4 ผลวิเคราะห์ X-ray fluorescence spectrometry (XRF)..... 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 ลักษณะการเก็บตัวอย่างดิน	31
3.2 คลุกเคล้าตัวอย่างดิน	31
3.3 ร่อนตัวอย่างดินผ่านตะแกรงเพื่อนำไปวิเคราะห์	31
3.4 เปลือกหอยบดและสารตั้งต้น	33
3.5 เทสารตั้งต้นและผสมให้เข้ากัน	33
3.6 แผนภาพการบ่มปรับปรุงคุณภาพดินด้วยสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	33
4.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	42
4.2 ค่าพีเอชของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	43
4.3 ค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	44
4.4 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	45
4.5 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	46
4.6 ความเป็นกรดและปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	47
4.7 ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	48
4.8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	49
4.9 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	50
4.10 ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	51
4.11 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	52
4.12 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	53
4.13 ปริมาณกำมะถันที่สกัดได้ของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

4.14 ปริมาณเหล็กของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ 55

4.15 ปริมาณสังกะสีของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ 56

4.16 ปริมาณแมงกานีสของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ 57

4.17 ความสูงของผักบุ้งจีนเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลอง..... 63

4.18 จำนวนใบของผักบุ้งจีนเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลอง..... 64

4.19 น้ำหนักสดของผักบุ้งจีนเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลอง..... 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%	ร้อยละ
Avail P	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช
$CaCO_3$	แคลเซียมคาร์บอเนต
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	ยิปซัมหรือแคลเซียมซัลเฟตไฮเดรต
$CaHPO_4$	แคลเซียมฟอสเฟต
$Ca(NO_3)_2$	แคลเซียมไนเตรต
CCE	ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต
CEC	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ
dS/m	เดซิซีเมนต์ต่อเมตร
EC	ค่าการนำไฟฟ้า
Exch. Acidity	ความเป็นกรด
Exch. Al	ปริมาณอะลูมิเนียม
Exch. Ca	ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้
Exch. K	ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้
Exch. Mg	ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้
Exch. Na	ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้
Extr. S	ปริมาณกำมะถันที่สกัดได้
Fe	เหล็ก
Kg	กิโลกรัม
LR	ความต้องการปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
meq/100g	มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อหนึ่งร้อยกรัม
mg/kg	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
mL	มิลลิลิตร
Mn	แมงกานีส
N	ความเข้มข้นหน่วยนอร์มอล
NH_4^+/NO_3^-	ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช
OM	อินทรียวัตถุ
pH	ความเป็นกรดเบส
ppm	หนึ่งส่วนในล้านส่วน
Zn	สังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญที่มาของโครงงานพิเศษ

ดินมีความสำคัญเป็นอย่างมาก มีการใช้ประโยชน์จากดินมากมายหลายด้าน เช่น การก่อสร้างที่อยู่อาศัย อาคารบ้านเรือนของมนุษย์ เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตภาชนะใส่อาหารของมนุษย์เป็นแหล่งหมุนเวียนแร่ธาตุ และที่สำคัญใช้เป็นพื้นที่ในการทำการเกษตร ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรดังนั้นดินจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งหลายพื้นที่ในประเทศประสบปัญหาเกี่ยวกับดินซึ่งอาจเกิดได้จากดินเสียโดยธรรมชาติ ดินเสียเพราะการกระทำของมนุษย์ การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ทำให้ดินเป็นแหล่งสะสมสารเคมีที่มีผลตกค้างนาน เช่น ปัญหาดินเค็ม ดินเปรี้ยวจัด ดินทรายจัด ดินอินทรีย์ ดินปนกรวด และดินตื้น นอกจากนี้ยังรวมถึงพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ซึ่งถ้ามีการใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรแล้ว จะทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศและสภาพแวดล้อม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) ดินเปรี้ยวนับว่าเป็นดินที่ก่อให้เกิดปัญหาอย่างมากต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากพื้นที่ดินเปรี้ยวส่วนใหญ่แพร่กระจายอยู่ทั่วไปในทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะที่ราบลุ่มภาคกลางตอนใต้ บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้และชายฝั่งทะเลตะวันออกของภาคใต้ (ลายน้ำ, 2553) จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศสำหรับพื้นที่ที่มีความรุนแรงในการเกิดดินกรดอยู่ในระดับรุนแรงหรือเป็นดินที่มีค่าปฏิกิริยาดินน้อยกว่า 4.5 พบว่ามีพื้นที่ทั้งหมด 21.41 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.66 ของพื้นที่ดินทั้งประเทศ โดยเรียงขนาดพื้นที่จากมากไปน้อย ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 13.33 ล้านไร่ ภาคใต้ 4 ล้านไร่ ภาคตะวันออก 2.92 ล้านไร่ ภาคเหนือ 1.1 ล้านไร่ ภาคกลาง 0.0024 ล้านไร่ และภาคตะวันตก 0.017 ล้านไร่ พื้นที่ดินเปรี้ยวจัดจะพบในเฉพาะภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ รวมทั้งสิ้น 31 จังหวัด พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดทั้งหมด 4,758,779 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.48 ของพื้นที่ทั้งประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

ดินเปรี้ยว คือ ดินที่มีปัญหาเกี่ยวกับความเป็นกรดจัดของดิน ปัญหาดินเปรี้ยวเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตของพืชตกต่ำ เพราะทำให้ธาตุอาหารหลักของพืชลดลงหรือมีไม่พอเพียงต่อความต้องการของพืช และอาจมีธาตุอาหารบางชนิดที่เกินความจำต่อความต้องการของพืชจะก่อให้เกิดอันตรายต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกลดลง (จอมยุทธ, 2543) นอกจากนี้สภาพที่เป็นกรดสูงยังทำให้ธาตุเหล็กและอะลูมินัมละลายออกมาอยู่ในดินมากจนถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืชที่ปลูก ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการแก้ปัญหาปัญหาดินเปรี้ยวที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตให้สูงขึ้น การปรับปรุงดินเปรี้ยวมีหลายวิธี สำหรับดินที่มีปฏิกิริยาของดินที่เป็นกรดไม่รุนแรง อาจใช้น้ำในการชะล้างความเป็นกรดในดินเพื่อทำให้กรดเจือจางลง ในกรณีที่ดินที่มีความเป็นกรดรุนแรงมากจะใช้วิธีการใส่วัสดุปูนในอัตราที่เหมาะสมตามความต้องการปูนของดินเพื่อช่วยลดความเป็นกรดในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยงานวิจัยนี้จะศึกษาการแก้ปัญหาโดยใช้เปลือกหอยแมลงภู่เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตคิดเป็นร้อยละ 95.75 รองจากหอยลายซึ่งมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตคิดเป็นร้อยละ 97.32 (ศศิพันธุ์, 2541) จากการสำรวจสถิติการเลี้ยงหอยทะเล ผลการสำรวจในปี 2548-2557 เมื่อพิจารณาตามชนิดหอยทะเล จะเห็นว่าฟาร์มเลี้ยงหอยแมลงภู่มีจำนวนเพิ่มขึ้นสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 87.07 ของจำนวนฟาร์มที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดและปีที่มีอัตราการเพิ่มของจำนวนฟาร์มที่มีผลผลิตสูงที่สุดในรอบ 10 ปี คือ ปี 2555 คิดเป็นร้อยละ 31.07 จากปี 2554 ปริมาณการเพาะเลี้ยง และปีกโป๊ะหอยแมลงภู่ ในปี 2557 คือ 74,340.68 ตัน และ 42,672.79 ตัน คิดเป็น 117,013.47 ตัน/ปี (กรมประมง, 2557) โดยปริมาณของเนื้อหอยที่แกะได้จำนวน 1 กิโลกรัม จะใช้หอยสดทั้งเปลือกประมาณ 3.37 กิโลกรัม (สำนักบริการคอมพิวเตอร์ ม.ธรรมศาสตร์, 2547) แสดงว่าจะเหลือปริมาณเปลือกหอยที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งคิดเป็น 82,291.37ตัน/ปี หรือ 225.46 ตัน/วัน ดังนั้นการใช้เปลือกหอยแมลงภู่ในการแก้ปัญหาดินเปรี้ยวจึงเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ นอกจากนี้ทางผู้วิจัยได้เพิ่มประสิทธิภาพให้เปลือกหอยแมลงภู่โดยการเติมธาตุอาหารลงไปในเปลือกหอยเพื่อให้มีศักยภาพในการแก้ปัญหาดินเปรี้ยวควบคู่ไปพร้อมกับการปรับปรุงดินให้มีธาตุอาหารเพิ่มขึ้นตามความต้องการของพืชโดยไม่ต้องเติมปุ๋ยเคมี เป็นการลดต้นทุนในการซื้อปุ๋ย รวมทั้งเป็นการแก้ปัญหาการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า มีประสิทธิภาพ และยั่งยืนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.) ผลิตสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ จากเปลือกหอยแมลงภู่ เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวควบคู่กับการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินให้เหมาะสมตามความต้องการของพืช

2.) ศึกษาประสิทธิภาพการใช้สารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ จากเปลือกหอยแมลงภู่ ในการแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวควบคู่กับการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินให้เหมาะสมตามความต้องการของพืช โดยวัดจากพารามิเตอร์ต่าง ๆ

3.) ศึกษาอัตราส่วนของสารปรับปรุงดินสูตรที่ดีที่สุดโดยเทียบจากการคำนวณปริมาณความต้องการปูนที่ทำให้ดินมีคุณสมบัติเหมาะสม ทำให้พืชสามารถดึงดูดนำธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.) ดินที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ดินเปรี้ยว ในเขตหนองจอก จังหวัดกรุงเทพฯ

2.) วัสดุปรับปรุงดิน ได้แก่ เปลือกหอยแมลงภู่โดยอ้างอิงสูตรตามคู่มือการผลิตปุ๋ยและสารปรับปรุงดินจากแหล่งผลิตแคลธรรมชาติ โดย ผศ.ดร. บรรจง บุญชม และคณะ ซึ่งจะปรับปรุงอัตราส่วนต่าง ๆ ให้เหมาะแก่การแก้ปัญหาดินเปรี้ยว

3.) พืชที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผักบุ้งจีน

4.) ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่

4.1) สารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่สูตรต่าง ๆ

สูตรที่ 1 เปลือกหอย

สูตรที่ 2 ยิปซัมจากเปลือกหอย

สูตรที่ 3 ยิปซัม แคลเซียมฟอสเฟต ไนเตรตจากเปลือกหอย

4.2) พารามิเตอร์ต่าง ๆ (pH, EC, LR, Soil Texture, OM, CEC, Al, NH_4^+, NO_3^-, Available P, K, Na, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, CCE)

4.3) อัตราส่วนของสารปรับปรุงดินสูตรที่ดีที่สุด (1/4LR, 1/2LR, 1LR และ 2LR)

1.4 ประโยชน์ที่คาดที่จะได้รับ

1.) เพิ่มผลทางการเกษตรจากการใช้สารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ จากเปลือกหอยแมลงภู่

2.) ลดต้นทุนในการทำเกษตรกรรมจากการใช้ปุ๋ยอื่น ๆ

3.) เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดินเปรี้ยวสำหรับเกษตรกร

4.) ช่วยกำจัดวัสดุเหลือทิ้ง โดยการนำเปลือกหอยแมลงภู่มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดินกรด

2.1.1 ความหมายของดินกรด

ดินกรด คือ ดินที่มีพีเอชต่ำกว่า 7 เนื่องจากดินมีแคตไอออนส่วนใหญ่เป็นไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของไอออนต่าง ๆ โดยไฮโดรเจนไอออนที่เกิดขึ้นมีความสามารถสูงในการแทนที่แคตไอออนตัวอื่น ๆ ทำให้แคตไอออนที่เป็นด่างถูกชะล้างออกไปจากดินได้ง่าย ดินจึงดูดซับไฮโดรเจนไอออนเพิ่มมากขึ้น จนทำให้พีเอชของดินลดต่ำลง

2.1.2 สาเหตุของการเกิดดินกรด

ดินกรดเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีผลทำให้แร่ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ของพืชลดลง เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม อีกทั้งยังส่งผลให้ดินมีความเป็นพิษเนื่องมาจากอะลูมินัม เหล็ก และแมงกานีส สาเหตุที่ทำให้เกิดดินกรดมี 5 ประการ ดังนี้ (สถาพร, 2548)

1.) การผุพังสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินที่มีแร่ธาตุสูง ทำให้มีกรดอินทรีย์ กรดไนตริก และกรดซัลฟิวริกเกิดขึ้น

2.) การแตกตัวของกรดอ่อน ได้แก่ พวกกลุ่มคาร์บอกซิล (carboxyl group) หรือฟีโนลิก (phenolic group) ของฮิวมัสในดิน ทำให้มีการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน (H^+) ออกมา ส่งผลต่อค่าพีเอชในดิน

3.) กระบวนการไนตริฟิเคชั่น (nitrification) ซึ่งเกิดจากแอมโมเนียม (NH_4^+) ถูกเปลี่ยนสภาพเป็นไนเตรต (NO_3^-) โดยเปลี่ยนรูปให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ขั้นตอนที่ 1

$$4NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow{\text{oxidize}} 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+ + \text{energy}$$

ขั้นตอนที่ 2

$$4NO_2^- + O \xrightarrow{\text{oxidize}} 2NO_3^-$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) อะลูมินัมไอออนและเฟอริกไอออน ดินที่เป็นกรดอะลูมินัมส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปอะลูมินัมไอออน (Al^{3+}) เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ (hydrolysis) ทำให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) หลุดออกมาในสารละลายดิน ซึ่งมีผลทำให้ค่าพีเอชของดินลดต่ำลง

$Al^{3+} + H_2O \rightarrow Al(OH)^{2+} + H^+$ pH < 4.7 เป็นพิษต่อพืช

$Al(OH)^{2+} + H_2O \rightarrow Al(OH)_2^{+} + H^+$ pH < 4.7 – 6.5

$Al(OH)_2^{+} + H_2O \rightarrow Al(OH)_3^{0} + H^+$ pH < 6.5 – 8.0

$Al(OH)_3^{0} + H_2O \rightarrow Al(OH)_4^{-} + H^+$ pH > 8.0

แต่เมื่อดินมีพีเอชสูงขึ้นหรือมีไฮดรอกไซด์เพิ่มมากขึ้น ทำให้อะลูมินัมตกตะกอนกับไฮดรอกไซด์ จึงเป็นพิษน้อยลง การทำปฏิกิริยาของเฟอริกไอออนกับน้ำก็มีลักษณะเช่นเดียวกับอะลูมินัมไอออน

$Fe^{3+} + H_2O \rightarrow Fe(OH)^{2+} + H^+$

5.) คาร์บอนไดออกไซด์ในดิน ซึ่งเกิดจากการหายใจของรากพืช จุลินทรีย์ในดิน และการสลายตัวของอินทรียวัตถุ จะทำปฏิกิริยากับน้ำได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดคาร์บอนิก และจะเกิดการแตกตัวให้ไฮโดนเจนไอออน (H^+)

$H_2O + CO_2 \leftrightarrow H_2CO_3$

$H_2CO_3 \leftrightarrow HCO_3^{-} + H^+$

2.1.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหาดินกรด

ลดความเป็นกรดในดินได้โดยการใส่ปูน เพื่อปรับสภาพทางเคมีให้เหมาะสมทำให้พีเอชของดินสูงขึ้น ส่งผลให้ความเป็นพิษของอะลูมินัมลดลง เนื่องจากเกิดการตกตะกอน นอกจากนี้ยังทำให้แร่ธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้น เช่น ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม รวมทั้งจุลินทรีย์ที่สามารถดำเนินกิจกรรมได้ดี เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วัสดุที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาดินกรด

2.2.1 แคลเซียมจากธรรมชาติ

ธาตุแคลเซียมเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อพืชธาตุหนึ่ง โดยถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของธาตุรอง ซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชรองมาจากธาตุอาหารหลัก เนื่องจากธาตุแคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ที่อยู่ในรูปของแคลเซียมเพคเตต (calcium pectate) ช่วยในการแบ่งเซลล์ ช่วยในการสร้างโปรตีนและช่วยในการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น ฟอสฟอไลเปส (phospholipase) รูปของแคลเซียมในดิน แคลเซียมที่อยู่ในดินแบ่งออกเป็น 2 รูปใหญ่ ๆ คือ อินทรีย์แคลเซียม พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไพตินและแคลเซียมเพคเตต ถ้าพืชสามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้จะต้องถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายเปลี่ยนจากอินทรีย์แคลเซียมไปเป็นอนินทรีย์แคลเซียมซึ่งอยู่ในรูปของแคลเซียมไอออน และอนินทรีย์แคลเซียมประกอบด้วย

1.) แคลเซียมที่ละลายยากได้แก่แคลเซียมที่มาจากหินและแร่ เช่น แร่เฟลด์สปาร์ ($Na - Ca\ AlSi_3O_8$),อะพาไทต์ [$Ca_5(PO_4)_3$ (F Cl ,OH)], แคลไซต์ ($CaCO_3$), โดโลไมต์ [$CaMg(CO_3)_2$] และยิปซัม ($CaSO_4$) เป็นต้น เมื่อแร่ผุพังสลายตัวจะให้แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ลงไปในดิน พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2.) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จะถูกยึดติดบริเวณผิวของคอลลอยด์ เมื่อแคลเซียมไอออนในสารละลายดินสูญหายไป โดยพืชหรือจุลินทรีย์แคลเซียมจะถูกปลดปล่อยออกมาเพื่อรักษาภาวะสมดุล

3.) สารละลายแคลเซียมไอออนในดิน พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ดินที่มีธาตุแคลเซียมสะสมอยู่มาก ได้แก่ ดินเหนียวประเภทดินด่างจัด (calcareous soil) ส่วนใหญ่พบในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ซึ่งละลายน้ำได้ยาก พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้น้อย แต่ถ้าดินมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่มาก และมีความชื้น แคลเซียมคาร์บอเนตก็จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ง่ายขึ้น คาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนไปทำปฏิกิริยากับน้ำ ได้แก่ กรดคาร์บอนิก ไฮโดรเจนไอออนที่ได้จะไปไล่ที่แคลเซียมไอออน ที่ดูดซับบริเวณผิวของคอลลอยด์ดินให้หลุดออกมาอยู่ในสารละลาย ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืช ในดินทรายที่ เป็นกรดจัดหรือดินพีต (peat) ที่เป็นกรดจัดจะมีแคลเซียมไอออนอยู่น้อยมาก ในบทความเรื่อง “ความรู้เรื่องธาตุอาหารพืช แคลเซียม” (2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ปูน

วัสดุปูนที่ใช้สำหรับปรับปรุงดินกรดเพื่อยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้น ได้แก่ ออกไซด์ ไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนตของแคลเซียม และแมกนีเซียม การใช้ปูนเป็นวิธีการที่นิยม และปฏิบัติได้ง่าย ในการปรับระดับ pH ของดินที่เป็นกรดจัด (เจริญ และคณะ, 2540)

ชนิดของปูนที่ใช้ในการเกษตร

1.) ออกไซด์ (Oxide) สารประกอบของปูนประเภทนี้คือ CaO และ MgO มีชื่อเรียกว่า burned lime หรือ quick lime เป็นปูนที่ไวต่อการทำปฏิกิริยาในดิน ได้มาจากการนำหินปูน และเปลือกหอยมาเผา

2.) ไฮดรอกไซด์ (Hydroxide) สารประกอบของปูนประเภทนี้ ได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ $Ca(OH)_2$ และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ $(Mg(OH)_2)$ มีชื่อเรียกว่า hydrated lime หรือ Slaked lime ได้จากการทำปฏิกิริยาของน้ำกับ burned lime

3.) คาร์บอเนต (Carbonate) สารประกอบของปูนประเภทนี้ ได้แก่ หินปูน ($CaCO_3$) และหินโดโลไมท์ ($CaMg(CO_3)_2$) ได้มาจากภูเขาหินปูน โดยนำมาบดให้มีขนาดเล็กผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh

3.1 หินปูน (Limestone) หมายถึง หินชั้นหรือหินตะกอนที่ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นส่วนใหญ่ และพบว่า CCE ของหินปูนในประเทศไทยประมาณ 75-99 %

3.2 คัลไซต์ (Calcite) เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ คัลไซต์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของหินปูน หินอ่อนและชอล์ค มีค่า CCE อยู่ระหว่าง 60-100% หรือมากกว่าเล็กน้อย

3.3 โดโลไมต์ (Dolomite) เป็นแร่เกิดจากตะกอนของแคลเซียมและแมกนีเซียมทับถมกัน มีค่า CCE อยู่ระหว่าง 60-100% หรือมากกว่าเล็กน้อย มีแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) 54% และมีแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) ช่วงประมาณ 35-45% หรือแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 17-22%

3.4 ปูนมาร์ล (Marl) องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และดินเหนียว (clay) แคลเซียมคาร์บอเนต 35% ต่อดินเหนียว 65% จะมีค่า CCE 91.52% - 92.86%

3.5 หินอ่อน (Marble) ประกอบด้วย เม็ดผลึกของแร่คัลไซต์ และโดโลไมท์ หินอ่อนคัลไซต์ มีแคลเซียมคาร์บอเนต 95-100% และหินอ่อนโดโลไมท์ มีแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) 54% และมีแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) 46%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) ปูนในรูปซิลิเกต (Silicate) เป็นผลพลอยได้จากโรงงานถลุงเหล็ก ได้แก่ พวกสแลคต่างๆ เช่น เบสิคสแลค (basic slag-$CaSiO_3$) ปัจจุบันมีปูนที่นิยมใช้กันมากในการเกษตร ได้แก่ ปูนขาว ซึ่งปูนขาวเกิดจากการนำหินปูน (Calcium carbonate) มาเผาที่ความร้อนสูงถึง 600 - 900 องศาเซลเซียสขึ้นไป เพื่อไล่คาร์บอนไดออกไซด์ออกไปกลายเป็นแคลเซียมออกไซด์ เพื่อให้ผู้ใช้นำไปผสมเองหรืออาจผสมสำเร็จโดยเมื่อได้ที่แล้วจะมีการพรมน้ำลงไปตามส่วนเพื่อให้เกิดเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ขึ้นมานำไปใช้ได้ อาทิเช่น Quicklimes, Blended Quicklimes, Lime putty, Burnt lime และ plaster lime

2.2.3 อำนาจทำให้เป็นกลางของปูน

ค่าการทำให้เป็นกลางของปูน (total neutralizing power หรือ TNP) วัสดุปูนเพื่อการเกษตรมีอยู่หลายชนิด ดังนั้นจึงต้องมีการเปรียบเทียบค่าการทำให้เป็นกลางของปูนให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยกำหนดให้ปูนในสภาพของแคลเซียมคาร์บอเนต หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate equivalent – CCE) หรือ ซีซีอี

ตารางที่ 1.1 ค่า CCE ของวัสดุปูนเพื่อการเกษตรชนิดต่าง ๆ

ชนิดวัสดุ	CCE (%)	pH
ปูนเผา (CaO)	129	12.4
ปูนขาว [$Ca(OH)_2$]	125	12.4
หินปูนบด ($CaCO_3$)	98	9.5
ตะกรันหรือเบสิคแสลค($CaSiO_3$)	67-71	-
โดโลไมต์ [$CaMg(Co_3)_2$]	95-108	-
คัลไซต์ ($CaCO_3$)	100	-
ปูนมาร์ล	80-90	8.3
หินปูนฝุ่น	70-104	-
เปลือกหอยเผา	104	-

ที่มา : (เจริญ, 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 สมบัติกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของวัสดุจำพวกปูนเพื่อการเกษตร

เนื้อปูน	มาตรฐานผลิตภัณฑ์			
	ความสามารถในการทำให้เป็นกลาง [CCE (%)]	ขนาดอนุภาค	% ความชื้น	pH
โดโลไมท์	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 และมีค่า CaO ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 และ MgO ไม่น้อยกว่าร้อยละ 15	ผ่านตะแกรงร่อน 80 เมช ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก	ไม่เกินกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.0
ปูนมาร์ล	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และ CaO ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40	ผ่านตะแกรงร่อน 8 เมช ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 และในจำนวนนั้นต้องผ่านตะแกรงร่อน 80 เมช ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก	ไม่เกินกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.0
หินปูนบด/หินปูนฝุ่น	ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 85 และ CaO ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40	ผ่านตะแกรงร่อน 8 เมช ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 และในจำนวนนั้นต้องผ่านตะแกรงร่อน 80 เมช ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก	ไม่เกินกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อปูน	มาตรฐานผลิตภัณฑ์			
	ความสามารถในการทำให้เป็นกลาง [CCE (%)]	ขนาดอนุภาค	% ความชื้น	pH
ปูนขาว	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 100และ CaO ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50	ผ่านตะแกรงร่อน 80 เมช ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก	ไม่เกินกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10.0
ยิปซัม	เป็นยิปซัมจากธรรมชาติและมีปริมาณ $CaSO_4.2H_2O$ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 โดยน้ำหนัก	ผ่านตะแกรงร่อน 8 เมช ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90และในจำนวนนั้นต้องผ่านตะแกรงร่อน 60 เมช ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70โดยน้ำหนัก	ไม่เกินกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 7.0

ที่มา : (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ปฏิกิริยาของปูนในดิน

1.) การนำหินปูนแคลเซียมคาร์บอเนตหรือหินโดโลไมต์มาเผาทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็นปูนสุก และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการ

$$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2$$

(หินปูนแคลเซียมคาร์บอเนต)

$$CaMg(CO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} CaO + MgO + 2CO_2$$

(หินโดโลไมต์)

2.) เกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่าง CaO หรือ CaO และ MgO กับน้ำ จะได้สารประกอบในรูป $Ca(OH)_2$ หรือ $Ca(OH)_2$ และ $Mg(OH)_2$ ดังสมการ

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

ปูนสุก ปูนขาว

$$CaO + MgO \rightarrow Ca(OH)_2 + Mg(OH)_2$$

ปูนสุก ปูนขาว

3.) การเกิดการสะเทินความเป็นกรดของดินโดยใช้ปูน เช่น หินปูนบด

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2 \quad (1)$$

$$Ca(HCO_3)_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2HCO^-_3 \quad (2)$$

H Ca

$$H + Ca^{2+} + 2HCO^-_3 \rightleftharpoons + 2H_2O + 2CO_2$$

K K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการเคมีข้างต้นอธิบายได้ว่า เมื่อใส่หินปูนบดลงไปในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ของหินปูนจะทำปฏิกิริยากับกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ในสารละลายของดินกรดเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมไบคาร์บอเนต [$Ca(HCO_3)_2$] ตามสมการที่ 1

เมื่อเกิดการแตกตัวจะได้แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และอนุมูลไบคาร์บอเนต (HCO^-_3) ตามสมการที่ 2

หลังจากนั้นแคลเซียมไอออนจะเข้าไปแทนที่ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่ผิวเม็ดดิน ถูกแทนที่หรือปลดปล่อยออกมาทำปฏิกิริยากับอนุมูลไบคาร์บอเนตที่มีอยู่ในสารละลายดิน กลายเป็นน้ำ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ตามสมการที่ 3 และมีผลทำให้ความเป็นกรดแผ่งของดินลดลง และ pH ของดินสูงขึ้น (ปิยะ, 2553)

2.2.5 ความต้องการปูนของดิน

ปริมาณปูนที่ใส่เพื่อปรับ pH ให้ได้ตามที่ต้องการเรียกว่า ความต้องการปูน (lime requirement) ซึ่งจะแตกต่างกันตามปริมาณความเป็นกรดทั้งหมดที่อยู่ในดิน แม้ว่าดินจะมี pH เท่ากัน หากต้องการการปรับ pH ให้สูงเท่ากัน แต่ปริมาณปูนที่ใช้อาจแตกต่างกัน ดังนั้นการวัด pH ทำให้ทราบว่าดินมี pH เหมาะสมต่อการปลูกพืชหรือไม่ แต่ไม่สามารถจะบอกถึงปริมาณปูนที่ต้องการใส่เพื่อปรับ pH ให้เหมาะสมได้ โดยทั่วไปแล้วดินเนื้อละเอียด และมีอินทรียวัตถุสูง มีความสามารถในการทนทานการเปลี่ยนแปลง pH ได้ดี จึงต้องใช้ปูนจำนวนมากเพื่อปรับ pH ให้ได้ตามที่ต้องการ ในขณะที่ดินเนื้อหยาบ pH จะเปลี่ยนแปลงได้ง่าย จึงต้องระมัดระวังเรื่องการใส่ปูน เพราะหากใส่ปูนมากเกินไปจะส่งผลเสียต่อพืช คือ ทำให้ปริมาณเหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ที่เป็นประโยชน์กับพืชในดินลดต่ำลง ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง เพราะจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแคลเซียมฟอสเฟตซึ่งจะละลายน้ำได้ยาก และแคลเซียมที่มีอยู่สูงเกินไปจะขัดขวางการดูดซึมโบรอนของพืช โดยทั่วไปการใส่ปูนเพื่อปรับ pH ของดินเป็น 6.5 แต่ถ้าเป็นดินกรดเขตร้อนควรปรับ pH ประมาณ 5.5 เพราะ pH ระดับนี้ก็สามารถลดความเป็นพิษของอะลูมินัมซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นข้อจำกัดต่อการปลูกพืชได้ ถึงแม้ว่าการใส่ปูนปริมาณมากกว่านี้ก็ไม่ได้ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ประโยชน์ของการใส่ปูนในดิน

1.) ปูนช่วยยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้น ลดความรุนแรงของกรด และลดผลเสียโดยทางอ้อมอันเนื่องมาจากความเป็นกรดนั้น ปูนช่วยทำให้เกิดความสมดุลธรรมชาติอาหารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดิน

2.) เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม ซิลิกา โมลิบดินัม เป็นต้น

3.) ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินบางชนิดให้ดีขึ้นทำให้ดินเหนียวร่วนขึ้น ทำให้การถ่ายเทน้ำออกไปจากช่องอากาศ และการอุ้มน้ำในช่องว่างขนาดเล็กมีมากขึ้นเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช และกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

4.) เพิ่ม และส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุสามารถดำเนินกิจกรรมได้ตามปกติที่ระดับ pH เป็นกรดอ่อนหรือเป็นกลาง

5.) การใส่ปูนจะช่วยลดการเกิดอาการโรคเน่าโคนเน่าของพืช

6.) ควบคุมปริมาณกรดอินทรีย์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความเข้มข้นของเหล็ก อะลูมินัม ตลอดจนสารพิษต่าง ๆ เช่น ไพไรท์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสารละลายดินไม่ให้มีการสะสมมากเกินไปจนเป็นพิษต่อข้าว

2.2.7 ข้อควรระวังในการใส่ปูน

1.) ควรใส่ปูนลงในดินให้เกิดปฏิกิริยาก่อนปลูกพืช ซึ่งถ้าปูนละเอียดมาก ๆ จะใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาประมาณ 1-2 สัปดาห์ แต่ถ้าเป็นปูนที่ใส่บนร่องจะใช้เวลาทำปฏิกิริยาประมาณ 6-8 สัปดาห์

2.) ไม่ควรใส่ปูนพร้อมกับการใช้ปุ๋ยฟอสเฟต เนื่องจากจะทำให้ปุ๋ยฟอสเฟตไม่มีประสิทธิภาพ

3.) ควรระมัดระวังไม่ให้ใส่ปูนสูงเกินไป เพราะถ้าดินมี pH มากกว่า 5.5 จะทำให้ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาดินเปรี้ยวลดลง หรืออาจการขาดแคลนธาตุอาหารบางชนิดได้ (Mg, Zn, B) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เปลือกหอย

เปลือกหอย คือ สสารที่เป็นของแข็งห่อหุ้มลำตัวภายนอกของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในไฟลัมมอลลัสคา จะมีลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งหอยใช้เป็นเครื่องอำพรางอันตรายจากศัตรูสามารถใช้สื่อสารระหว่างกัน และยังช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำ

เปลือกหอยจะติดตัวมากับหอยตั้งแต่ยังเป็นตัวอ่อน และฟักออกมาจากไข่ โดยจะไม่ลอกคราบเหมือนสัตว์ในไฟลัมอาร์โธพอดหรือครัสเตเชียน โดยขนาดจะใหญ่ขึ้นตามขนาดของตัวหอย ซึ่งประกอบด้วยสารจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนใหญ่มีค่าผลคูณของความสามารถในการละลาย (Ksp) ในน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เท่ากับ 8.7×10^{-9} ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมาก ทำให้มีสมบัติไม่ละลายน้ำ การเกิดแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเป็นปฏิกิริยาทางเคมี ที่เรียกว่ากระบวนการตกตะกอน (precipitation) เกิดจากการรวมตัวของประจุแคลเซียม (Ca^{2+}) ที่ออกมาจากหอย และประจุคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ที่อยู่ในน้ำทะเล แล้วตกตะกอนเป็นของแข็งสีขาวของแคลเซียมคาร์บอเนตก่อตัวเป็นเปลือกห่อหุ้มภายนอก ส่วนที่เหลือเป็นสารอื่น ๆ เช่น แคลเซียมฟอสเฟต, แมกนีเซียมคาร์บอเนต, แมกนีเซียมฟอสเฟต, แมกนีเซียมซิลิเกต, โปรตีนประเภทคอนไคโอลินเปลือกหอย แบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ

1.) ชั้นนอกสุด เรียกว่า ชั้นผิวนอก (Periostracum layer) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยโปรตีนประเภทคอนไคโอลิน เป็นชั้นที่บาง และหลุดง่าย จะสังเกตได้จากหอยที่ตายแล้ว และเปลือกที่ถูกทิ้งอยู่ตามชายหาด
2.) ชั้นกลาง เรียกว่า ชั้นผนึกแคลเซียม (Prismatic layer) ประกอบด้วยผลึกรูปต่าง ๆ กันของสารประกอบแคลเซียมซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแคลไซต์ เป็นชั้นที่หนาและแข็งแรงที่สุด
3.) ชั้นในสุด เรียกว่า ชั้นมุก (Nacreous layer) ประกอบด้วยผนึกรูปต่าง ๆ กันของสารประกอบแคลเซียมซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอะราโกไนต์ เป็นชั้นที่เรียบมีความหนาบางแตกต่างกันตามแต่ชนิดของหอย ทำให้เปลือกมีสีขาวขุ่นและเป็นมันแววววาวแตกต่างกัน

เปลือกหอยมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปตามแต่ละชั้น, อันดับ, วงศ์, สกุล และชนิด เช่น หอยแปดเกล็ดหรือลิ่นทะเล มีเปลือกขนาดเล็กจำนวน 8 แผ่น เรียงซ้อนเหลื่อมกันคล้ายกระเบื้องมุงหลังคาจากหัวถึงท้ายลำตัว ส่วนหอยฝาชีโบราณมีเปลือกรูปคล้ายฝาชีเป็นยอดแหลมเยื้องไปทางด้านหน้า (วันทนา, 2539)

สีของเปลือกหอยได้รับอิทธิพลมาจากสิ่งแวดล้อมและอาหารที่หอยกินเข้าไป ซึ่งเกิดจากสารปนเปื้อน และของเสียที่ร่างกายขับออกมาแล้วถูกจับยึดแทรกตัวอยู่ในโครงสร้างของเปลือกหอย การสร้างสีของเปลือกหอย มี 2 ปัจจัย คือ โภชนาการ และน้ำ ในบริเวณที่อยู่อาศัย ตัวอย่างเช่น หอยในตระกูลคาวรี (cowry หรือ cowries) มักจะอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีปะการังอ่อนนุ่ม (soft coral) สีของเปลือกหอยก็จะแตกต่างกันไปตามสีของปะการัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เม็ดสีที่พบได้ในเปลือกหอย ได้แก่ เมลานิน (melanin) ซึ่งจะให้สีน้ำตาล และสีดำ แคโรธินอย (carotenoids) จะให้สีเหลือง และสีส้ม และธิโรดิน (pterodines) จะให้สีแดง ลายบนเปลือกจะถูกสร้างขึ้นในช่วงเวลาเดียวกับการสร้างเปลือก โดยที่เม็ดสีจะเคลื่อนตัวไปตามเนื้อเยื่อสร้างเปลือกตลอดเวลา ถ้าเม็ดสีแสดงผลจะทำให้เปลือกมีสีสันและลวดลายต่าง ๆ (สรินทร, 2543)

2.4 สารปรับปรุงดิน

2.4.1 ความหมายของสารปรับปรุงดิน

สารปรับปรุงดินเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ขึ้น ทั้งที่มีการปรุงแต่งหรือไม่มีการปรุงแต่ง เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ และทางเคมี เพื่อให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ด้วยแร่ธาตุอาหารมากขึ้นสามารถเพาะปลูกพืชได้ทุกชนิด (ปิยะ, 2553)

2.4.2 ประเภทของสารปรับปรุงดิน

จำแนกประเภทของสารตามลักษณะองค์ประกอบของตัวสาร จำแนกได้ 3 ประเภท คือ

1.) สารอนินทรีย์ คือ สารที่ได้จากธรรมชาติทั้งในรูปหินหรือแร่ที่มี และไม่มีการปรุงแต่งด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เช่น แร่โดโลไมต์ ยิปซัม แร่ซีโอไลต์ สารประกอบแคลเซียม ฟอสโฟยิปซัม เป็นต้น

2.) สารอินทรีย์ คือ สารที่ได้จากธรรมชาติทั้งที่มี และไม่มีการปรุงแต่ง เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก แกลบ ขุยมะพร้าว กากอ้อย กากน้ำตาล เป็นต้น

3.) สารอนินทรีย์ผสมสารอินทรีย์ คือ การนำเอาสารปรับปรุงดินในรูปสารอนินทรีย์ผสมลงในสารอินทรีย์ เช่น การผลิตปุ๋ยหมักโดยการผสมปุ๋ยเคมี (ปุ๋ยอินทรีย์เคมี)

จำแนกประเภทของสารตามแหล่งที่มาหรือแหล่งกำเนิดได้เป็น 3 ประเภทคือ

1.) สารปรับปรุงดินที่ได้จากแหล่งธรรมชาติเช่นเศษพืชต่าง ๆ แร่พูไมซ์

2.) สารปรับปรุงดินในรูปผลพลอยได้ต่าง ๆ เช่น ขุยมะพร้าว เปลือกมันค้างปี ฟอสโฟยิบซัม ฯลฯ

3.) สารปรับปรุงดินที่ได้จากการสกัดหรือจากการสังเคราะห์ทางเคมี เช่น สารเคมีในรูปสารประกอบแคลเซียมโพลีซัลไฟด์ สารดูดน้ำโพลิเมอร์ สารโพลีอครีลามีดหรือ PAM ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำแนกประเภทตามลักษณะการใช้ประโยชน์เพื่อการปรับปรุงดินคือ

1.) สารปรับปรุงดินทางด้านกายภาพเป็นหลัก ได้แก่ สารปรับปรุงดินที่ในรูปสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น เปลือกมันค้างปี กากอ้อย ขุยมะพร้าว แกลบดิน ฟอสโฟยิบซัม PAM สารดูดน้ำโพลิเมอร์ ฯลฯ

2.) สารปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดินเป็นหลักส่วนใหญ่ ได้แก่ สารปรับปรุงดินในรูปสารประกอบอนินทรีย์หรือสารเคมีเช่นสารปูนไลม์ (ปูนสุก ปูนขาว หินปูน ปูนมาร์ล) กำมะถันผง (ปิยะ, 2553)

2.4.3 ประโยชน์ของสารปรับปรุงดิน

ช่วยปรับสภาพดินให้มีโครงสร้างที่ดีขึ้น เพิ่มปริมาณแร่ธาตุอาหารพืช ลดสารพิษของธาตุในดิน และยังสามารถช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชอีกด้วย

2.5 ธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารของพืช เป็นสิ่งจำเป็นช่วยในการเจริญเติบโตของพืช หากพืชได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสมพืชจะเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูง

ธาตุอาหารของพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ ธาตุอาหารที่สำคัญมีอยู่ด้วยกัน 16 ชนิด ดังนี้

ธาตุอาหารหลัก

ธาตุไนโตรเจน (N) ธาตุไนโตรเจนที่พืชสามรถนำไปใช้ประโยชน์ได้นั้นจะอยู่ในรูปของอนุมูลสารประกอบ ซึ่งมาจากการสลายตัวของสารอินทรียวัตถุในดินโดยจุลินทรีย์ในดินรวมไปถึงการใส่ปุ๋ยเคมีลงไปในดินด้วย ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญมากช่วยในการเจริญเติบโตของพืช พืชที่ได้รับธาตุไนโตรเจนเพียงพอจะมีใบสีเขียวสด มีลำต้นแข็งแรง และเจริญเติบโตเร็ว หากได้รับธาตุไนโตรเจนในปริมาณที่มาเกินความจำเป็นก็ส่งผลเสียได้เหมือนกัน เช่น ทำให้พืชอวบน้ำมาก ต้นอ่อน โรค และแมลงรบกวนดังนั้นควรให้ธาตุไนโตรเจนแก่พืชในปริมาณที่เหมาะสม

ธาตุฟอสฟอรัส (P) เป็นธาตุที่มีความสำคัญพอ ๆ กับไนโตรเจน ฟอสฟอรัสนั้นมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมหลายขบวนการในพืช ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืช ช่วยในการดึงดูธาตุอาหารและเคลื่อนย้ายธาตุอาหารภายในพืช การสังเคราะห์โมเลกุลของสารประกอบหลายอย่าง และยังเป็นองค์ประกอบสำคัญในกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (DNA) มีบทบาทในการถ่ายทอดพันธุกรรมของพืช เป็นองค์ประกอบในการสร้างโปรตีน ธาตุฟอสฟอรัสในดินนั้นได้จากการสลายตัวของแร่บางชนิดดิน ซึ่งการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินจะสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งได้มีการศึกษาพบว่าฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดินพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เพียง 10-25 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น จากขบวนการตรึงฟอสฟอรัสในดินจากรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ไปอยู่รูปที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้

ธาตุโพแทสเซียม (K) โพแทสเซียมเพียงธาตุเดียวที่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของเซลล์พืช แต่อยู่ในสารละลายเซลล์ และทำหน้าที่สำคัญในขบวนการเมตาโบลิซึมของพืชหลายอย่าง ธาตุโพแทสเซียมได้ชื่อว่าเป็นตัวช่วยในการเร่งปฏิกิริยาในพืชโดยจะเร่งการทำงานในกระบวนการต่าง ๆ เช่น สร้างแป้ง น้ำตาล สำหรับปริมาณของโพแทสเซียมในดินของประเทศไทยมีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบเป็นจำนวนมาก ดังนั้นเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมจึงไม่ทำให้ผลผลิตสูงขึ้น โพแทสเซียมในดินมีทางสูญเสียได้หลายทาง คือ ถูกพืชดึงดูดไปใช้ ถูกชะล้างโดยน้ำ และโพแทสเซียมที่ใส่ลงไปในดินบางส่วนจะถูกตรึงออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชช้าลง

ธาตุอาหารรอง

ธาตุกำมะถัน (S) ในดินธาตุนี้จะอยู่รูปซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ ในสารละลายดินซัลเฟตเกิดจากการการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดินและอินทรียวัตถุ ดังนั้นปริมาณซัลเฟตที่รากพืชดูดมาจากดินจึงขึ้นอยู่กับปริมาณของกำมะถันในวัตถุต้นกำเนิด และปริมาณอินทรียวัตถุในดินนั้นด้วย กำมะถันเป็นองค์ประกอบของอินทรีย์สารที่สำคัญของพืช เช่น โปรตีน พืชที่ขาดกำมะถันจะสังเคราะห์โปรตีนได้ในปริมาณที่น้อย สำหรับใบพืชสีเขียวโดยทั่วไปโปรตีนส่วนมากอยู่ในเซลล์คลอโรฟิลล์ภายในเซลล์นี้เกาะอยู่กับโปรตีน พืชที่ขาดกำมะถันจึงมีคลอโรฟิลล์น้อยลง

ธาตุแมกนีเซียม (Mg) แมกนีเซียมในดินส่วนมากจะอยู่รูปของหินและแร่ แร่ที่มีแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ออไจต์ไบโอไทต์ เซอร์เพนทีน แมกนีไซต์ และโดโลไมต์ เมื่อแร่ละลายจะปลดปล่อยแมกนีเซียมออกมา แมกนีเซียมมีอยู่ในดิน 3 รูปคือ 1) แมกนีเซียมไอออนในสารละลายดิน2) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้พืชสามารถดูดมาใช้ประโยชน์ได้ และ 3) เป็นองค์ประกอบของเกลืออนินทรีย์และแร่ต่าง ๆ ในดิน แมกนีเซียมมีบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้แมกนีเซียมทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายภายในเซลล์ ทำหน้าที่เชื่อมโยงและทำปฏิกิริยาได้สารประกอบเชิงซ้อนหลายชนิด อีกทั้งยังมีบทบาทในการควบคุมเอมไซม์ และยังช่วยควบคุมสภาพกรดด่างภายในเซลล์ให้เหมาะสม ดังนั้นแมกนีเซียมจึงเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อพืชอย่างมาก

ธาตุแคลเซียม (Ca) เกิดจากการสลายตัวของหินและแร่ ได้แก่ เฟลด์สปาร์ อะพาไทต์ แคลไซต์ และยิปซัม ดินด่างจะมีแคลเซียมอยู่ในปริมาณที่มากกว่าดินกรด ดินที่ขาดแคลเซียม ได้แก่ ดินที่มีความเป็นกรด ดินที่ผ่านการชะล้างมาช้านาน การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในปริมาณที่มากเกินก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้รากพืชดูดแคลเซียมได้น้อยลง และทำให้ขาดธาตุแคลเซียม หน้าที่ของแคลเซียมในพืชมีอยู่หลายด้าน แคลเซียมเป็นธาตุที่ไม่ค่อยเป็นพิษต่อพืช ธาตุนี้มักมีอยู่มากในผนังเซลล์ เนื่องจากในผนังเซลล์เหมาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก่การเกาะยึดของแคลเซียมทำให้ผนังเซลล์ เนื้อเยื่อ และต้นพืชแข็งแรง แคลเซียมยังทำหน้าที่ในการยึดตัวของราก ทำให้เกิดสมดุลและป้องกันมิให้ธาตุอื่น ๆ ที่มีความเข้มข้นสูงมาก่อความเสียให้เยื่อหุ้มเซลล์ นอกจากนี้ยังมีผลต่อกระบวนการเปิดปิดของปากใบ การสังเคราะห์ซูโครส และมีอิทธิผลต่อการงอกของเมล็ดอีกด้วย

ธาตุอาหารปริมาณน้อย

มีความสำคัญพอ ๆ กับธาตุอาหารหลัก และรอง แต่พืชต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ธาตุเหล็ก (Fe) มีหน้าที่สำคัญในการเสริมสร้างคลอโรฟิลล์ ช่วยในขบวนการหายใจเป็นองค์ประกอบของสารเฟอร์รอกซินที่ใช้ในการลด และเติมออกซิเจนในปฏิกิริยาชีวเคมี เป็นสารประกอบของฮีโมโกลบิน ซึ่งมีความสำคัญในการตรึงไนโตรเจนในอากาศ ดังนั้นเหล็กจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อพืชตระกูลถั่ว

ธาตุแมงกานีส (Mn) เป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อระบบการหายใจของพืช ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และรีดักชันของเหล็ก และไนโตรเจนในขบวนการเมตาโบลิซึม ช่วยในการสร้างคลอโรฟิลล์ และช่วยให้พืชเปลี่ยนแป้งเป็นพลังงาน

ธาตุสังกะสี (Zn) เป็นธาตุทีมีความสำคัญต่อการสร้างฮอร์โมน และเอนไซม์ต่าง ๆ ในพืช ช่วยในการดูดใช้ธาตุอาหารอื่น ๆ เช่น ธาตุฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์กับธาตุสังกะสีในการดูดซึมธาตุอาหารในพืช เป็นต้น

ธาตุทองแดง (Cu) เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ในพืช เช่น ไทโรซิลเลส แลคเตส ฯลฯ ช่วยในขบวนการสังเคราะห์แสงในพืช ทองแดงมีความสำคัญในการสะสมธาตุเหล็ก และมีส่วนเกี่ยวข้องกับขบวนการเมตาโบลิซึมของพวกไขมันในขบวนการ และปฏิกิริยาหายใจ

ธาตุโบรอน (B) เป็นธาตุที่มีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ ช่วยในการดูด และการใช้แคลเซียม ควบคุมการดูดธาตุฟอสฟอรัส ควบคุมอัตราระหว่างธาตุโพแทสเซียมต่อแคลเซียม ควบคุมการแบ่งเซลล์ และการสร้างโปรตีน แป้ง น้ำตาล พืชใบเลี้ยงคู่จะมีความต้องการธาตุโบรอนมากกว่าพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

ธาตุโมลิบดินัม (Mo) เป็นธาตุที่มีความสำคัญในระบบเมตาโบลิซึมของพืช เช่น ช่วยในการสร้างสารที่ใช้การสร้างสารประกอบพวกกรดอะมิโน ช่วยจุลินทรีย์ในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์บางชนิดในพืชจุลินทรีย์ในดินที่อาศัยในปมรากพืชตระกูลถั่วจะมีความต้องการธาตุโมลิบดินัมนี้ในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศเพื่อให้พืชได้ใช้ประโยชน์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุคลอรีน (Cl) มีความสำคัญในขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช พบเล็กน้อยในโมเลกุลอินทรีย์ของพืช ช่วยรักษาความเต่งของเซลล์พืช พืชสามารถใช้ธาตุคลอรีนนี้ได้ทั้งจากในดิน น้ำฝน รวมถึงในอากาศด้วย ธาตุคลอรีนนี้พบมากในดินที่น้ำทะเลท่วมถึง และในดินที่มีการใช้น้ำชลประทานที่มีธาตุคลอรีนนี้ผสมอยู่มาก

2.6 ผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีน (water convolvulus หรือ kang-kong) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea aquatic* Forsk. Var. Reptan มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ทวีปเอเชีย แถบเขตร้อน เป็นพืชในตระกูลวงศ์ผักบุ้ง (Convolvulaceae) เป็นพืชล้มลุก ลำต้นตั้งตรง ระยะต่อไปจะเลื้อยทอดยอดไปตามพื้นดินหรือน้ำ ลำต้นมีสีเขียว มีข้อปล้องยาวข้างในกลวง รากจะเกิดที่ข้อทุกข้อที่สัมผัสกับพื้นดินหรือน้ำที่ข้อมักมีตาแตกออกมา ทั้งตาใบ และตาดอก โดยตาดอกจะอยู่ด้านใน ส่วนตาใบจะอยู่ด้านนอก ไม่ทอดยอดตามพื้นดิน ใบเดี่ยวรูปหัวใจมีขอบใบเรียบ รูปใบคล้ายหอกโคนใบกว้างค่อย ๆ เรียวเล็กไปตอนปลาย ปลายใบแหลม ที่โคนใบเป็นรูปหัวใจ ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่น ใบมีความยาวประมาณ 7-15 เซนติเมตร ก้านใบยาว 3-8 เซนติเมตร ดอกเป็นดอกสมบูรณ์ มีลักษณะเป็นช่อ มีดอกตรงกลาง 1 ดอก และดอกด้านข้างอีก 2 ดอก โดยดอกกลางจะเจริญก่อน แต่ละดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยงสีเขียว 5 อัน กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นรูปกรวย ด้านนอกมีสีขาว ด้านในมีสีม่วง ในฤดูวันสั้น (วันละ 10-12 ชั่วโมง) จะออกดอกมีฝัก และเมล็ด ในฤดูวันยาวจะเจริญเติบโตทางลำต้น และใบมีการผสมเกสรเป็นแบบผสมตัวเอง และมีการผสมข้ามดอกบ้างเนื่องจากลม และแมลง ดอกผักบุ้งจีนจะเริ่มบานในเวลาเช้าละอองเกสรตัวผู้ และยอดเกสรตัวเมียพร้อมที่จะผสมเวลา 10.00-15.00 น. ระยะเวลาหลังผสมจนผสมติดประมาณ 3-4 วัน และจากผสมติดจนเมล็ดแก่ประมาณ 40-50 วัน ผลเป็นผลเดี่ยวรูปร่างค่อนข้างกลมรี มีขนาดใหญ่ที่สุดอายุประมาณ 30 วัน ผลอ่อนสีเขียว หลังดอกบาน มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.42 เซนติเมตร หลังจากนั้นจะมีขนาดเล็กลง ลักษณะผิวภายนอกเหี่ยวย่น ขรุขระ ไม่แตก เมื่อแห้งสีของผลเมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้ม ใน 1 ผลมีเมล็ด 4-5 เมล็ด เป็นเมล็ดสีดำ

ผักบุ้งจีนมีระบบรากตื้น ในการเตรียมดินควรตากดินไว้ประมาณ 15-30 วัน เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนจะขึ้นไม่สม่ำเสมอทั้งแปลง ถ้าดินปลูกเป็นกรดควรใส่ปูนขาวเพื่อปรับระดับพีเอชของดินให้สูงขึ้นจนถึงระดับพีเอชที่เหมาะสม และช่วยลดความเป็นพิษของเหล็ก และอะลูมินัม ช่วยในการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ก่อนปลูกนำเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนไปแช่น้ำ 6-12 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดพันธุ์ดูดซับน้ำเข้าไปในเมล็ด ทำให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น และสม่ำเสมอกัน เมล็ดผักบุ้งจีนที่ลอยน้ำจะเป็นเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ไม่ควรนำมาเพาะปลูก ผักบุ้งจีนสามารถปลูกได้ทั้งบนบกและในน้ำ สามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด ดินที่เหมาะสมในการปลูกเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ค่าพีเอชของดิน (soil pH) อยู่ในช่วง 5.0-7.0 และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (soil EC) อยู่ในช่วง 1.4-2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

mS/cm ผักบุ้งจีนชอบดินที่ชุ่มชื้นแต่ไม่แฉะจนมีน้ำขัง ต้องการความชื้นในดินสูงมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 25 องศาเซลเซียสขึ้นไป ต้องการแสงแดดเต็มที่ ใช้เวลาในการงอก 48 ชั่วโมง ระยะแรกของการเจริญเติบโตจะให้ลำต้นตั้งตรง หลังจากงอกได้ 5-7 วัน จะมีใบเลี้ยงโผล่ออกมา 2 ใบ มีลักษณะปลายใบเป็นแฉก ไม่เหมือนกับใบจริงเมื่อต้นโตในระยะสองสัปดาห์แรกจะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งอายุประมาณ 30-45 วัน การเจริญเติบโตจะเปลี่ยนไปในทางทอดยอด และแตกกอ การเก็บเกี่ยวผักบุ้งจีน สามารถเก็บได้หลังจากปลูกไปแล้ว 25-30 วัน (ทวีทอง และคณะ, 2548)

ผักบุ้งจีนมีแคลเซียม และฟอสฟอรัสช่วยบำรุงกระดูก และฟัน นอกจากนี้ยังมีเส้นใยอาหารช่วยในเรื่องระบบขับถ่าย มีเบต้า-แคโรทีนสูงช่วยบำรุงสายตา มีธาตุเหล็กสูงช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง และยังมีสารชนิดหนึ่งที่มีโครงสร้างคล้ายอินซูลิน สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ที่เป็นโรคเบาหวานได้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บรรจง (2558) ได้ผลิตสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ จำนวน 8 สูตร เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาดินและช่วยเหลือกลุ่มเกษตรกรให้ลดต้นทุนในการใช้ปุ๋ยเคมีด้วยการผลิตสารปรับปรุงดินเองรวมทั้งช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร โดยวัตถุดิบที่ใช้ผลิต คือ เปลือกหอย เปลือกไข่นานาชนิด และแร่หินปูนต่าง ๆ ซึ่งมีต้นทุนต่ำ สามารถผลิตแม่ปุ๋ยเองได้ง่ายและรวดเร็ว โดยจะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับพืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อม

สูตรที่ 1 ยิปซัมจากเปลือกหอย : ยิปซัมหรือแคลเซียมซัลเฟตไฮเดรต เป็นสารปรับปรุงดินและเป็นวัตถุดิบผสมในปุ๋ย ช่วยปรับปรุงสภาพดินที่เป็นกรด สภาพดินเค็ม ดินแน่นทึบหรืออัดตัวซึ่งเป็นแหล่งของธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) และกำมะถัน (S) ลดความเป็นพิษของธาตุโซเดียม (Na) เหล็ก (Fe) และอะลูมิเนียม (Al) ป้องกันการพังทลายของหน้าดิน แต่ “ยิปซัมจากเปลือกหอย” จะประกอบด้วยยิปซัม + หินปูนโดยยังคงเหลือหินปูนอยู่ ซึ่งก็ถูกใช้เป็นสารปรับปรุงดินที่เป็นกรดทั่วไป จึงนับว่าสารปรับปรุงดินสูตรนี้มีประโยชน์มากกว่าที่จะใช้ยิปซัมทั่วไป

สูตรที่ 2 ยิปซัม-ดีเกลือจากโดโลไมต์ : ผลิตจากโดโลไมต์ (แคลเซียมแมกนีเซียมคาร์บอเนต) ผสมกับแคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟต ซึ่งสารปรับปรุงดินสูตรนี้จะสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารรองที่พืชต้องการได้ครบ คือ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรที่ 3 ยิปซัม-แคลเซียมฟอสเฟต จากเปลือกหอย : ผลิตจากเปลือกหอยจะได้ยิปซัมและแคลเซียมฟอสเฟตในรูปไดแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งสารปรับปรุงดินสูตรนี้จะสามารถปลดปล่อยได้ทั้ง ยิปซัม และธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ฟอสฟอรัส จากแคลเซียมฟอสเฟตด้วย

สูตรที่ 4 ยิปซัม-ดีเกลือ-แคลเซียมแมกนีเซียมฟอสเฟต จากโดโลไมต์ : สารปรับปรุงดินสูตรนี้จะปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ ออกมา คือ ยิปซัม ดีเกลือ แคลเซียมฟอสเฟต แมกนีเซียมฟอสเฟต แคลเซียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนต

สูตรที่ 5 ยิปซัม-แคลเซียมฟอสเฟต ไนเตรตจากเปลือกหอย : สารปรับปรุงดินสูตรนี้จะปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ ออกมา คือ ยิปซัม แคลเซียมฟอสเฟต แคลเซียมไนเตรต และแคลเซียมคาร์บอเนต

สูตรที่ 6 ยิปซัม-ดีเกลือ-แคลเซียมแมกนีเซียมฟอสเฟต ไนเตรตจากโดโลไมต์ : สารปรับปรุงดินสูตรนี้จะปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ ออกมา คือ ยิปซัม ดีเกลือ แคลเซียมฟอสเฟต แมกนีเซียมฟอสเฟต แคลเซียมไนเตรต แมกนีเซียมไนเตรต แคลเซียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนต

สูตรที่ 7 ยิปซัม-แคลเซียมฟอสเฟต ไนเตรตอะซิเตทจากเปลือกหอย : สารปรับปรุงดินสูตรนี้จะปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ ออกมา คือ ยิปซัม แคลเซียมฟอสเฟต แคลเซียมไนเตรต แคลเซียมอะซิเตท และแคลเซียมคาร์บอเนต

สูตรที่ 8 ยิปซัม-ดีเกลือ-แคลเซียมแมกนีเซียมฟอสเฟต ไนเตรตอะซิเตทจากโดโลไมต์ : สารปรับปรุงดินสูตรนี้จะปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ ออกมา คือ ยิปซัม ดีเกลือ แคลเซียมฟอสเฟต แมกนีเซียมฟอสเฟต แคลเซียมไนเตรต แมกนีเซียมไนเตรต แคลเซียมอะซิเตท แมกนีเซียมอะซิเตท แคลเซียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของเปลือกหอยชนิดต่าง ๆที่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินกรด

Chang HoonLee และคณะ (2551) ศึกษาการแก้ปัญหาดินกรดโดยใช้เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยนางรมเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการทำฟาร์มหอยในเกาหลี และมีองค์ประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนตจำนวนมาก มีศักยภาพในการใช้เป็นวัสดุปูนในการเกษตรได้ อย่างไรก็ตามการใช้เปลือกหอยนางรมยังมีข้อจำกัดเนื่องจากมีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์สูง เปลือกหอยนางรมมีศักยภาพคล้ายปูนขาวซึ่งมีองค์ประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณเปลือกหอยนางรม 3.4 และ 3.8 Mg/ha สามารถทำให้ค่าพีเอชของดินตะกอน (SiL, pH 6.2) และดินร่วนปนทราย (SL, pH 5.8) เพิ่มขึ้นเป็น 6.5 ตามลำดับ

ทำการศึกษาอิทธิพลของเปลือกหอยนางรมที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และชีวภาพของดิน และผลผลิตของพืช ทำการทดลองโดยใช้เปลือกหอยนางรมอัตราส่วน 0, 4 , 8 , 12 และ 16 Mg/ha ในดินตะกอน และดินร่วนปนทราย ศึกษาผลการเจริญเติบโตของกะหล่ำปีจีนในดินทั้งสองชนิด จากการทดลองใช้เปลือกหอยบด 16 Mg/ha ทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเป็น 6.9 และ 7.4 (สูงกว่าทฤษฎี) สูงว่าถึง 4 เท่าใน SiL และ SL ตามลำดับในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลของการใส่ปูนพบว่ามีความแตกต่างกันใน SL (สูงกว่า) เมื่อเทียบกับดิน SiL ซึ่งอาจเกิดจากความสามารถในการเก็บบัฟเฟอร์ที่แตกต่างกันของทั้งสองดิน ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ และค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อใช้เปลือกหอย แต่ไม่พบความเสียหายจากเกลือ เปลือกหอยนางรมสามารถเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน, ฟอสฟอรัส, ความเข้มข้นของแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้, ค่าพีเอช และธาตุอาหารในดินอย่างมีนัยสำคัญ ช่วยเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอน และไนโตรเจนกระตุ้นกิจกรรมของเอมไซม์ในดินยกเว้นกิจกรรมของกรด phosphomonoesterase (PMEase) ซึ่งลดลงเมื่อเพิ่ม pH ของดินใน SL แต่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยใน SiL กิจกรรมของยูรีเอสและอัลคาไลด์ PMEase เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเพิ่ม pH ของดินด้วยการใช้เปลือกหอย เมื่อคุณสมบัติทางเคมีและทางชีวภาพของดินที่ดีขึ้นส่งผลให้ผลผลิตพืชเพิ่มขึ้น ผลผลิตของกะหล่ำปีจีนจากการใช้เปลือกหอยเพิ่มขึ้นสูงสุด 8 Mg/ha สรุปผลการทดลองจากการทดลองใช้เปลือกหอยนางรมเป็นวัสดุปรับปรุงดินสามารถเพิ่มคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของดินกรดและยังช่วยให้ผลผลิตของพืชสูงขึ้นอีกด้วย

E.Álvareza และคณะ (2555) หอยแมลงภู่จำนวนมาก (66 000-94 000 t year-1) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความเป็นด่างซึ่งสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขดินได้เป็นของเสียในแคว้นกาลิเซียทางตะวันตกเฉียงเหนือของสเปนทำการทดลองโดยการเพาะปลูกในทุ่งหญ้าที่แตกต่างกันในพื้นที่ Haplic Umbrisol โดยใช้การทดลองแบบ randomized block design มี 4 บล็อก และ 6 ทรีตเมนต์ เพื่อเปรียบเทียบผลของปูนขาวและหอยแมลงภู่ต่อดินที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกต่ำ และมีความอิ่มตัวสูง ทำการทดลองเมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2550 และเก็บตัวอย่างพืชและดินในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวในปี 2551 วิเคราะห์ค่า pH ของดิน, คาร์บอน และ ไนโตรเจนทั้งหมด, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก และแร่ธาตุอาหารที่มีอยู่ การใช้เปลือกหอยแมลงภู่และปูนขาวทำให้ดินมีค่า pH และ Ca สูงขึ้น และทำให้ปริมาณอลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ และอลูมิเนียมในดินลดต่ำลง

E.Álvareza และคณะ (2555) ศึกษาดินกรดโดยดินที่มีความเป็นกรดจะมีปริมาณอลูมิเนียมสูง และมักเติมปูนขาวเพื่อลดความเป็นพิษของอลูมิเนียม (Al^{3+}) ในเมืองกาลิเซีย ประเทศสเปน มีปริมาณเปลือกหอยแมลงภู่ที่สูงมากซึ่งอาจใช้ทดแทนปูนขาวได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของผลิตภัณฑ์แปรรูปต่าง ๆ ที่ได้จากหอยแมลงภู่ต่ออะลูมิเนียมในดิน และกลุ่มดิน rhizosphere และในการผลิตอาหารสัตว์ ทำการทดลองในแปลงดินที่เป็นกรดที่ใช้เพาะเลี้ยงด้วยหญ้า (*Dactylisglomerata L.*, *Trifoliumrepens L.* และ *Loliumperenne L.*) แต่ละแปลงประกอบด้วย 1) ปูนขาว 2) เปลือกหอยแมลงภู่บดจากพื้นดินจนถึง 0-2 มิลลิเมตร (MDF) 3) เปลือกหอยแมลงภู่แห้งบดจากพื้นดินจนถึง 2-4 มิลลิเมตร (MDC) 4) เปลือกหอยแมลงภู่บดและอบ (550 องศา) จากพื้นดินจนถึง <63 ไมโครเมตร(MHF) และ 5) เปลือกหอยแมลงภู่บดและอบ (550 องศา) จากพื้นดินจนถึง 0-2 มิลลิเมตร (MHC)

อิทธิพลของสารปรับปรุงดินในรูปสารประกอบอนินทรีย์หรือสารเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและคุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินกรด

ดนัย (2537) ศึกษาการลดความเป็นพิษของอะลูมินัมในดินชุดรังสิต ชุดดินองค์รักษ์ และชุดดินเสนา โดยใช้วัตถุปรับปรุงดิน คือ ปูนขาว ยิบซัม และอินทรียวัตถุ และใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดสอบโดยทำการทดลองในกระถาง วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ พบว่า ชุดดินที่มีปริมาณอะลูมินัมในดินสูง (ชุดดินรังสิต) การใส่วัสดุปรับปรุงดินลงไปโดยเฉพาะอย่างอย่างปูนขาวผสมปุ๋ยหมัก ทำให้ความเป็นพิษของอะลูมินัมลดลงอย่างเห็นได้ชัด มีผลทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดเพิ่มขึ้นไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักแห้งของต้น น้ำหนักราก และปริมาตรของราก ส่วนดินที่มีปริมาณอะลูมินัมในดินต่ำ (ชุดดินองครักษ์ และชุดดินเสนา) การตอบสนองของข้าวโพดที่มีต่อวัสดุปรับปรุงดินไม่เด่นชัด

นิรันดร์ และวันชัย (2543) ศึกษาการปรับปรุงดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ และมีค่า pH ต่ำ โดยใช้วัสดุอินทรีย์และปูน ได้ดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบผลการใช้วัสดุอินทรีย์ และปูนบนดินชุดเพญที่มีค่า pH = 4.3 OM = 0.43, P_2O_5 = 20.6 ppm, K_2O = 28.7 ppm และความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) = 1.55 กรัม/ลบ.ซม ที่สถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลก ปี 2540-2543 วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ 10 กรรมวิธี พบว่า ผลผลิตข้าวโพดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณวัสดุอินทรีย์ แต่การใส่ปูนมาร์ลที่ระดับ lime requirement (LR) และ 1/2LR ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันในทุกอัตราของการใช้วัสดุอินทรีย์ แต่เมื่อมีการใส่วัสดุอินทรีย์ที่อัตรา 2 ตัน/ไร่ การใช้ปูนที่ระดับ LR และ 1/2LR ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 12.5-13.5% แต่เมื่อมีการใช้วัสดุอินทรีย์ 4 และ 6 ตัน/ไร่ การใช้ปูนที่ระดับ LR และ 1/2LR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใช้วัสดุอินทรีย์ยังมีผลทำให้ความสูงต้น และน้ำหนักเพิ่มขึ้น การใส่ปูนที่ระดับ LR และ 1/2LR สารมารถยกระดับ pH ของดินมาอยู่ที่ระดับใกล้เคียงกันคือ 6.9-7.0 ขณะที่การใส่วัสดุอินทรีย์เพียงอย่างเดียว มีการเปลี่ยนแปลงค่า pH ได้เพียงเล็กน้อย และยังพบอีกว่า การใช้วัสดุอินทรีย์ 2 ตัน/ไร่ ในดินชุดดังกล่าว การใส่ปูนยังมีผลตกค้างต่อผลผลิตในปีที่2ได้อีก และไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตในปีที่ 3 และปีที่ 4 จากการตรวจสอบผลการใช้วัสดุอินทรีย์ (Organic matter, OM) และการใช้ปูนต่อการเจริญเติบโต, ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินชุดเพ็ญ ในปี 2540-2543 พบว่าวัสดุอินทรีย์และการใช้ปูนตามการวิเคราะห์ดิน มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงความสูงต้น ความสูงฝัก น้ำหนักแห้ง ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตในทุกการทดลอง

นงคราญ และคณะ (2541)ทดลองปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตกรดจัด (pH = 3.5-4.0) โดยการใช้ปูนมาร์ลร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราต่าง ๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตหน่อไม้ฝรั่ง วางแผนการทดลองแบบ 5x4 Factorial in RCB ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปูนมาร์ลอัตรา 0, 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50, 75, 100 และ 125 กก./ไร่ ทั้งหมด 20 ตำรับ ทดลอง 3 ซ้ำ ผลการทดลอง 2 ปี พบว่า ปูนมาร์ลมีอิทธิผลต่อการเจริญเติบโต และการแตกหน่อของหน่อไม้ฝรั่ง คือ การไม่ใช้ปูนมาร์ล ให้ผลผลิตหน่อไม้ฝรั่งต่ำกว่าการใช้ปูนมาร์ลทุกอัตราอย่างเด่นชัด ถึงแม้จะมีการใส่ปุ๋ยเคมีก็ตาม และพบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปูนมาร์ล และปุ๋ยเคมีอัตราต่าง ๆ คือ การใช้ปุ๋ยเคมีอัตราต่ำ 50 กก./ไร่ ร่วมกับปูนมาร์ลอัตราสูง 1.5 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด 711 กก./ไร่ ในปีแรก และถ้าใช้ปุ๋ยเคมีอัตราสูงขึ้นเป็น 75-100 กก./ไร่ จะได้ผลผลิตสูงสุดเมื่อใช้ร่วมกับปูนมาร์ลอัตรา 1.0 และ 0.5 ตัน/ไร่ ตามลำดับ การใช้ปุ๋ยอัตราสูงสุดให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อใช้ร่วมกับปูน 1.5 ตัน/ไร่ คือ 808 กก./ไร่ในปีแรก และผลผลิตในปีที่ 2 ได้ 1,177 กก./ไร่ และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดิน พบว่าหลังจากมีการใส่ปูนมาร์ลในการปรับปรุงดินแล้ว ดินมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีไปในทางที่ดีขึ้น คือ pH สูงขึ้น ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงขึ้นเหล็กและอะลูมินัมที่สกัดได้น้อยลงตามอัตราปูน และอัตราปุ๋ยที่สูงขึ้น

จำเป็น และสุรชาติ (2550) การใช้ปูน และยิปซัมเพื่อแก้ปัญหาความเป็นพิษของอะลูมินัมในดินกรด ตลอดจนการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอาจมีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของลองกอง เพื่อศึกษาปัญหาดังกล่าว ได้ทำการศึกษา 3 การทดลอง คือ 1) ผลของการใช้ปูนและยิปซัมต่อการเจริญเติบโต และการดูดใช้ธาตุอาหารของต้นกล้าลองกอง 2) ผลของปูนขาว และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อการดูดโพแทสเซียมและแมกนีเซียมของลองกอง 3) ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบลองกอง ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินลดลงตามปริมาณปูนขาวที่ใส่ และการใส่ปูนขาวสามารถลดปริมาณอะลูมินัมในดินได้ดีกว่าการใส่ยิปซัม การใส่ปูนขาว และยิปซัมมีแนวโน้มทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในลองกอง (ราก ลำต้น และใบ) เพิ่มขึ้น แต่ไม่ได้ทำให้ต้นกล้าลองกองเจริญเติบโตได้ดีขึ้น การศึกษาผลการใส่ปูนขาว และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อการดูดใช้ธาตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารของต้นกล้าลองกอง พบว่าการใส่ปูนขาวทำให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของต้นกล้าลองกองลดลง ทรีตเมนต์ที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมมีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมลดลงจาก 863 เป็น 720 มก./ต้น และทรีตเมนต์ที่ไม่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์มีค่าลดลงด้วย จาก 579 เป็น 356 มก./ต้น เมื่อไม่ใส่และใส่ปูนขาวตามลำดับ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมยังทำให้ปริมารการดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียมของต้นกล้าลดลง จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ (P) ระหว่างธาตุอาหารในใบลองกอง พบว่า ในใบมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงจะทำให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำ โดยค่า r ระหว่างแคลเซียมและโพแทสเซียม และระหว่างแมกนีเซียมและโพแทสเซียมเท่ากับ -0.532 และ -0.663 ตามลำดับ

สุวพันธ์ (2526) ศึกษาการลดความเป็นกรดของดินหรือการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน เพื่อเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลือง ผลจากากรศึกษาการใช้ปูนขาวร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงดินกรดจัด โดยการหว่านปูนขาว หรือปุ๋ยอินทรีย์เพียงครั้งเดียวปีแรก และวัดผลตกค้างในปีถัด ๆ ไป ระหว่าง พ.ศ. 2520-2526 ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่า 4 เท่าตัวในปีแรก และยังมีผลตกค้างทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเด่นชัดในปีถัด ๆ ไป 6 ปี ผลวิเคราะห์ดิน และต้นถั่วเหลืองทุกปีชี้ให้เห็นว่า การใช้ปูนขาวหรือปุ๋ยอินทรีย์สามารถลดความเป็นพิษของอะลูมินัม แมงกานีส และเหล็กในดินได้เป็นอย่างดี และยังทำให้ความเป็นประโยชน์ได้ของธาตุอาหารแคลเซียม แมกนีเซียม และโมลิบดินัม เพิ่มขึ้น

นริศ (2551) ศึกษาอิทธิพลของการใส่ปูน และฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินกรดโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการใส่ปูนอัตราต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินกรด และศึกษาอิทธิพลของการใส่ปูน และฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินกรด ได้ดำเนินการศึกษาใน 2 ชุดการทดลอง การทดลองที่ 1 ทำการบ่มดินด้วยปูน แคลเซียมคาร์บอเนต จำนวน 6 อัตรา : 0, 1/6, 1/4, 1/2, 1 และ 2 เท่าของ Lime Requirement, LR (ค่า pH ที่กำหนดจากการวิเคราะห์ LR = 6.5) บ่มไว้ 22 วัน วิเคราะห์คุณสมบัติดิน ส่วนการทดลองที่ 2 ดำเนินการปลูกข้าวโพดในกระถางซึ่งบรรจุดินกรดหนัก 12 กิโลกรัม โดยจัดกลุ่มการทดลองแบบ Factorial in randomized complete block design ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปูน 6 อัตรา : 0, 1/6, 1/4, 1/2, 1 และ 2 เท่าของ LR และฟอสฟอรัส 2 อัตรา คือ 0 และ 35 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นอัตราที่คำนวณได้จากความต้องการฟอสฟอรัสของดิน ผลการทดลองทั้งสองชุดเป็นดังนี้ การใส่ปูนในอัตราที่สูงตั้งแต่ 1/4LR จนถึง 2LR มีผลทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นเป็นลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเพิ่มจาก 4.5 ถึง 7.3 การใส่ปูนในอัตรา 1/2LR จนถึง 2LR ทำให้ Bray-II extractable P เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปูน การใส่ปูน 1/2LR จนถึง 2LR ทำให้ปริมาณการดูดซับฟอสฟอรัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การใส่ปูนในอัตราสูงขึ้นทำให้อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญนงสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของการใส่ปูน และฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักลำต้นใบ และรากของข้าวโพดหวานมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันในสภาพที่ไม่ใส่ฟอสฟอรัส การใส่ปูนให้ผลไม่ต่างจากการไม่ใส่ปูน แต่ในสภาพที่มีการใส่ฟอสฟอรัส การใส่ปูน 1/6LR จนถึง 1/2LR ให้ผลไม่แตกต่างกัน และไม่ต่างจากการไม่ใส่ปูน การใส่ปูน 1LR และ 2LR ทำให้น้ำหนักลำต้น ใบ และรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปูน การใส่ฟอสฟอรัสร่วมกับปูนอัตราตั้งแต่ 0LR ถึง 1/6LR ทำให้น้ำหนักลำต้นใบเพิ่มขึ้น 32 เท่า และทำให้น้ำหนักรากเพิ่มขึ้น 16 เท่า เมื่อใส่ฟอสฟอรัสร่วมกับปูนอัตราตั้งแต่ 1/6LR ถึง 1/2LR แต่การใส่ฟอสฟอรัสร่วมกับปูนในอัตรา 1LR และ 2LR ทำให้น้ำหนักลำต้นลดลง 27 และ 91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการใส่ฟอสฟอรัสร่วมกับปูนขาวในอัตรา 2LR ทำให้น้ำหนักรากลดลงถึง 85 เปอร์เซ็นต์

การใส่ปูนโดยไม่ใส่ฟอสฟอรัสทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารเพิ่มขึ้นอย่างนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในลำต้นใบของข้าวโพด แต่เมื่อมีการใส่ฟอสฟอรัสการใส่ปูนในอัตรา 1/6, 1/4, 1/2, 1 และ 2 ทำให้การดูดใช้ธาตุอาหาร N, P, K, Ca และ S เพิ่มสูงขึ้นสูงสุด โดยเพิ่ม 1.3, 1.4, 1.3, 1.5 และ 1.5 เท่าตามลำดับเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปูน ส่วนการดูด Mg การใส่ปูนในอัตราตั้งแต่ 1/6LR จนถึง 1/2LR ไม่ทำให้การดุดใช้ Mg แตกต่างจากการไม่ใส่ปูน แต่เมื่อเพิ่มอัตราปูนเป็น 1LR และ 2LR กลับทำให้การดูดใช้ Mg ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปูน

อิทธิพลของการใส่ปูน และฟอสฟอรัสต่อค่า pH ของดินในบริเวณระบบรากพืชมีปฏิสัมพันธ์กันทางสถิติ การใส่ปูนตั้งแต่ 1LR หรือ 1/2LR ทำให้ pH ของดินในบริเวณระบบรากพืชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อไม่มีการใส่ฟอสฟอรัสหรือใส่ฟอสฟอรัสตามลำดับ

อิทธิพลของการใส่ปูน และฟอสฟอรัสต่อค่า pH ของดินนอกบริเวณระบบรากพืชไม่มีปฏิสัมพันธ์กันทางสถิติ การใส่ปูนตั้งแต่อัตรา 1/2LR ทำให้ pH ของดินมีค่าเพิ่มขึ้น การใส่หรือไม่ใส่ฟอสฟอรัสทำให้ pH ของดินนอกบริเวณระบบรากพืชไม่มีความแตกต่างกัน

อิทธิพลของการใส่ปูน และฟอสฟอรัสต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดด้วยน้ำยา Bray-II ทั้งในและนอกบริเวณระบบรากพืช และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินนอกบริเวณระบบรากพืชไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่การใส่ฟอสฟอรัสทำให้ค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสดังกล่าวเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ฟอสฟอรัส การใส่ฟอสฟอรัสร่วมกับการใส่ปูนอัตราตั้งแต่ 1/6LR ทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินในบริเวณระบบรากพืชลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) รุ่น pH/Ion meter S220, บริษัท Mettler-Toledo AG ประเทศ สวิสเซอร์แลนด์
2. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter) รุ่น Consort C860 บริษัท ChatchareeHolding
3. เครื่องชั่ง (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) รุ่น TC-254, บริษัท Danver Instrument Company, ประเทศเยอรมนี
4. ชุดเครื่องย่อย (Digestion apparatus) รุ่น Gerhardt, บริษัท Scientific Promotion Co., Ltd, ประเทศไทย
5. เครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ Sherwood บริษัท P. Intertrade Equipment Co., Ltd.
6. เครื่อง UV-Visible spectrometer รุ่นUH5300, บริษัท HITACHI, ประเทศไทย
7. เครื่องให้ความร้อน และปั่นกวน รุ่น CB162, บริษัท Braloworld Scientific Ltd., ประเทศอังกฤษ
8. เครื่องเขย่าแนวนอน (Horizontal Shalker) บริษัท GALLENKAMP
9. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer) รุ่น AAnalyst 200, บริษัท PerkinElmer precisely
10. ชุดเครื่องกลั่นแอมโมเนีย (Ammonia) รุ่น Gerhardt, บริษัท Scientific Promotion Co., Ltd, ประเทศไทย
11. ชุดเครื่องกรองแบบลดความดัน
12. เทอร์โมมิเตอร์
13. ไฮโดรมิเตอร์ Standard hydrometerมาตรฐาน ASTM No.152 H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. เดซิเคเตอร์

15. บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร

16. กระดาษกรองใยแก้ว เบอร์ 42

17. กระดาษฟอยล์

18. เครื่องแก้วต่าง ๆ

3.2 สารเคมี

1. โพแทสเซียมคลอไรด์ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Thermo Fisher Scientific ประเทศออสเตรีย
2. แคลเซียมอะซิเตท เกรดวิเคราะห์ บริษัทThermo Fisher Scientific ประเทศออสเตรีย
3. พาราไนโตรฟีนอล เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
5. กรดอะซิติก เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
6. แอมโมเนียมออกซาเลต เกรดวิเคราะห์ บริษัท BDH Laboratory Supplies, Poole. ประเทศอังกฤษ
7. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
8. แอมโมเนียมคลอไรด์ บริษัทLobaChemiePvt. Ltd., ประเทศอินเดีย
9. ซิลเวอร์ไนเตรต เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
10. เอทิลแอลกอฮอล์ 95% เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
11. โซเดียมคลอไรด์ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
12. กรดบอริก เกรดวิเคราะห์ บริษัทLobaChemiePvt. Ltd., ประเทศอินเดีย
13. กรดไฮโดรคลอริกเกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
14. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
15. โซเดียมคาร์บอเนต เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
17. โพแทสเซียมไดโครเมต เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
18. เมทิลเรดเกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
19. เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต เกรดวิเคราะห์ บริษัทLobaChemiePvt. Ltd., ประเทศอินเดีย
20. Barium Diphenylamine Sulfonale indicator (BDS) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
21. กรดซัลฟิวริก98% เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
22. เมทิลีนบลูเกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
23. แมกนีเซียมออกไซด์ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fisher Scientific Europe ประเทศเบลเยี่ยม
24. เดวาดา แอลลอย เกรดวิเคราะห์ บริษัทLobaChemiePvt. Ltd., ประเทศอินเดีย
25. โบรโมคลีซอลกรีน เกรดวิเคราะห์ บริษัทsd fine-chem Limited, Mumbai
26. ฟีนอล์ฟทาลีน เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
27. แอมโมเนียมโมลิบเดท เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
28. แอมโมเนียมเมตาแวนาเดท เกรดวิเคราะห์ บริษัท BDH Laboratory Supplies, Poole. ประเทศอังกฤษ
29. กรดไนตริก68% เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
30. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต(แอนไฮดรัส) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
31. แอมโมเนียมฟลูออไรด์เกรดวิเคราะห์ บริษัท BDH Laboratory Supplies, Poole. ประเทศอังกฤษ
32. แอนติโมนีโพแทสเซียมตาร์เตเกรดวิเคราะห์ บริษัท Thermo Fisher Scientific ประเทศออสเตรีย
33. กรดแอสคอบิกเกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี
34. สารละลายมาตรฐานแคลเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

35. สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม

36. สารละลายมาตรฐานโซเดียม

37. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมบริษัทPanreac, ประเทศบาเซโลน่า

38. กรดเปอร์คลอริกเกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี

39. สารละลายมาตรฐานเหล็ก

40. สารละลายมาตรฐานสังกะสี

41. Gum acaciaเกรดวิเคราะห์ บริษัท Thermo Fisher Scientific, ประเทศออสเตรีย

42. แอมโมเนียมอะซิเตทเกรดวิเคราะห์ บริษัทLobaChemiePvt. Ltd., ประเทศอินเดีย

43. แบเรียมคลอไรด์เกรดวิเคราะห์ บริษัทLobaChemiePvt. Ltd., ประเทศอินเดีย

44. โพแทสเซียมซัลเฟตเกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมนี

45. โซเดียมฟลูออไรด์เกรดวิเคราะห์ บริษัท Thermo Fisher Scientific, ประเทศออสเตรีย

46. สารละลายมาตรฐานแมงกานีส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

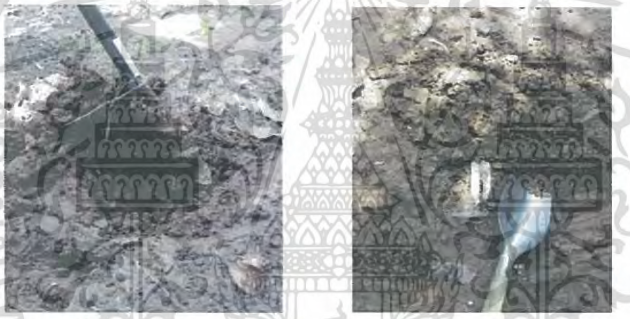
3.3 ขั้นตอนการทดลอง

1.) ดินตัวอย่าง

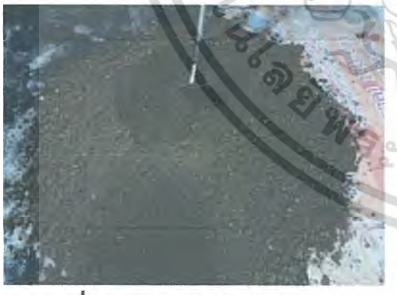
1.1) การเตรียมดินตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างดิน 7 จุด ภายในพื้นที่บ้านเชื่อมสัมพันธ์ 5 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวง**กระทุ่มราย เขตหนองจอก จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยใช้เสียมขุดดินเป็นลิ่มลึกประมาณ** 15 เซนติเมตร หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างดินโดยใช้พลั่วแซะขอบด้านหนึ่งให้ได้ดินหนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร จนถึงก้นหลุม (ดังรูปที่ 3.1) และเก็บรวบรวมดินที่ได้ใส่ถังหรือถุงพลาสติก

นำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่มและคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน(ดังรูปที่ 3.2) พร้อมเขียนรายละเอียดต่าง ๆ ไว้ข้างถุงพลาสติก แบ่งดินตัวอย่างบางส่วนนำไปบดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตรจากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี (ดังรูปที่3.3)



รูปที่ 3.1 ลักษณะการเก็บตัวอย่างดิน



รูปที่ 3.2 คลุกเคล้าตัวอย่างดิน

รูปที่ 3.3 ร่อนตัวอย่างดินผ่านตะแกรงเพื่อนำไปวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) สารปรับปรุงดิน

2.1) การเตรียมสารปรับปรุงดิน

ปฏิกิริยาของสารเคมีแต่ละตัวที่เติมลงไปในเปลือกหอยให้ผลิตภัณฑ์ ดังนี้

$CaCO_3 + H_2SO_4 \cdot H_2O\ (aq) \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O\ (s) + CO_2\ (g)$

$CaCO_3 + 2HNO_3\ (aq) \rightarrow Ca(NO_3)_2\ (s) + CO_2\ (g)$

$CaCO_3 + H_3PO_4(aq) \rightarrow CaHPO_4\ (s) + CO_2\ (g)$

สูตรที่ 1 : เปลือกหอย ($CaCO_3$)

- นำเปลือกหอยแมลงภู่มาทำการบด

สูตรที่ 2 : ยิปซัมจากเปลือกหอย ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)

- นำเปลือกหอยแมลงภู่บดมาทำการเติมกรดซัลฟิวริก 20% ลงไปในอัตราส่วน 2:1 เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ทั้งแคลเซียมคาร์บอเนตและยิปซัม

สูตรที่ 3 : ยิปซัม – แคลเซียมฟอสเฟตไนเตรตจากเปลือกหอย($CaSO_4 \cdot 2H_2O$ + $CaHPO_4$ + $Ca(NO_3)_2$)

- นำเปลือกหอยแมลงภู่บดมาทำการเติมกรดซัลฟิวริก 20% กรดไนตริก และกรดฟอสฟอริก ลงไปในอัตราส่วน 2:0.7:0.2:0.1 เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ทั้งแคลเซียมคาร์บอเนต ยิปซัมแคลเซียมฟอสเฟต และแคลเซียมไนเตรต

โดยทำการผลิตตามขั้นตอนดังนี้

2.1) ชั่งเปลือกหอยบด 20กิโลกรัม ใส่กระบะปูน และชั่งสารตั้งต้นตามสูตร และจำนวนที่ต้องใช้แต่ละสูตร (ดังรูปที่ 3.4)

2.2) ค่อย ๆ ใส่สารตั้งต้นลงไปในกระบะปูนผสมกับเปลือกหอยบด และทำการคลุกเคล้าให้เข้ากัน (ดังรูปที่ 3.5)

2.3) ผสมให้เข้ากันประมาณ 10 - 20 นาที และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2–3คืน

2.4) นำสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่สูตรต่าง ๆมาร่อนผ่านตะแกงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 เปลือกหอยบดและสารตั้งต้น

รูปที่ 3.5 เทสารตั้งต้นและผสมให้เข้ากัน

3.) การบ่มดิน

3.1) หาสารปรับปรุงดินสูตรที่ดีที่สุดที่สามารถแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวควบคู่กับการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

3.1.1) คำนวณความต้องการปูนของดิน (ดังการคำนวณในภาคผนวก ข-4)

3.1.2) ทำการบ่มดินด้วยสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่ 3 สูตร ตามความต้องการปูนของดิน จำนวน 5 ซ้ำ ทำการบ่มทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 7 วัน (ดังแผนภาพรูปที่ 3.6)

3.1.3) เมื่อครบ 7 วัน ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี

รูปที่ 3.6 แผนภาพการบ่มปรับปรุงคุณภาพดินด้วยสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน และสารปรับปรุงดิน

พารามิเตอร์	วิธีเคราะห์
พีเอช (pH)	pH meter ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2553
การหาค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)	conductivity meter ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2553
ความต้องการปูนของดิน (LR)	วิธี Woodruff's buffer ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2553
เปอร์เซ็นต์ความชื้น	evaporation ตามวิธีมาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน 2547
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (Cation Exchange Capacity : CEC)	ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2553
ปริมาณอนุภาคดินทราย ซิลต์ และเคลย์	ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2547
ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic Matter : OM)	Walkley-Black ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2553
ปริมาณไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช Ammonium – N และ Nitrate-N	Steam Distillation ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2547
ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ (Available phosphorus)	สารละลายสกัด Bray II ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2553
ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K)	flame photometer หรือ Atomic absorption spectrophotometer ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน2553
ปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na , Ca และ Mg)	flame photometer หรือ Atomic absorption spectrophotometer ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2553
ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Fe และ Zn)	Atomic AbsorptionSpectrophotometer ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์	วิธีเคราะห์
ปริมาณแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้ (ExchangeableMn)	Atomic AbsorptionSpectrophotometer ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2553
ปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้ (Extractable S)	UV-Visible spectrophotometer ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2553
ปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Al)	สกัดด้วย 1 N KClตามหนังสือคู่มือการวิเคราะห์ดินทางเคมี (พัชรี, 2552)
ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนตในปูน (CCE)	ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2553

3.2) หาอัตราส่วนที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยวัดผลจากการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

3.2.1) ชั่งดินตัวอย่างมา 45 กิโลกรัม

3.2.2) ใส่สารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0, 1/4, 1/2, 1 และ 2LR ตามลำดับ โดยเทียบจากการคำนวณปริมาณความต้องการปูน (ดังการคำนวณในภาคผนวก ข-4) ทำการบ่มดินทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน

3.2.3) เมื่อครบ 14 วัน แบ่งดินที่บ่มลงใส่กระถาง กระถางละ 5 กิโลกรัมอัตราส่วนละ 4 ซ้ำ

3.2.4) นำเมล็ดผักบุ้งจีนที่แช่น้ำ 6-12 ชั่วโมง มาลงในกระถาง กระถางละ 5 เมล็ด โดยวางให้มีระยะห่าง 2.0-3.0 เซนติเมตร

3.2.5) ทำการปลูกผักบุ้งจีนในแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมี 20 สิ่งทดลอง (Experimental Unit) แบ่งออกเป็น 5 Treatment ทำการศึกษา 4 ซ้ำ (Replication) ในแต่ละอัตราส่วนดังแผนภาพนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_1R_1	T_1R_2	T_1R_3	T_1R_4
T_2R_1	T_2R_2	T_2R_3	T_2R_4
T_3R_1	T_3R_2	T_3R_3	T_4R_4
T_4R_1	T_4R_2	T_4R_3	T_4R_4
T_5R_1	T_5R_2	T_5R_3	T_5R_4

$T_1...T_5$ ชุดทดลอง (Treatment)

T1 ดินเปรี้ยว

T2 ดินเปรี้ยว และสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 ในอัตราส่วน 1/4LR

T3 ดินเปรี้ยว และสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 ในอัตราส่วน 1/2LR

T4 ดินเปรี้ยว และสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 ในอัตราส่วน 1LR

T5 ดินเปรี้ยว และสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 ในอัตราส่วน 2LR

$R_1...R_4$จำนวนซ้ำ (Replication)

แผนภาพประกอบการจัดวางกระถางทดลองทั้งหมด

3.2.6) การดูแลรักษาผักบุ้งจีน

1.) ให้น้ำแก่พืชโดยใช้บัวรดน้ำ ครั้งละ 300 ml และรดน้ำผักบุ้งอย่างสม่ำเสมอ วันละ 2 ครั้ง ช่วงเช้าเวลา 08.00 น. และช่วงเย็นเวลา 17.00น.

2.) พรวนดินและกำจัดวัชพืช หลังจากเพาะปลูกทุก ๆ 7-10 วัน จนถึงช่วงเก็บเกี่ยว

3.2.7) เก็บข้อมูล

เมื่อผักบุ้งจีนเริ่มงอกและมีใบเลี้ยงครบ ทำการถอนต้นผักบุ้งออกจากกระถาง โดยเหลือต้นผักบุ้งจีนที่สมบูรณ์ที่สุด 2 ต้น และเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ระยะเวลา 28 วัน ศึกษาการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนทุกสิ่งทดลองประกอบด้วย

1.) ศึกษาความสูง โดยทำการวัดต้นพืชต้นเดียวที่มีความสมบูรณ์ที่สุดในกระถาง ซึ่งจะทำการวัดเพียง 1 ครั้ง คือ ช่วงหลังเก็บเกี่ยว วิธีการวัดความยาวลำต้นจะวัดจากโคนลำต้นจนถึงปลายของใบที่ยาวที่สุด (พัชรินทร์ และอวยพร, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) ศึกษาจำนวนใบ โดยทำการนับเพียง 1 ครั้ง คือ ช่วงหลังเก็บเกี่ยว (พัชรินทร์ และ อวยพร, 2546)

3.) ศึกษาน้ำหนักสด โดยนำต้นที่มีความสมบูรณ์ที่สุด 1 ต้น ในแต่ละกระถาง จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักสดด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (พัชรินทร์ และ อวยพร, 2546)

4.) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ ANOVA ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพดินจากการทดลองเติมสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่สูตรต่าง ๆ โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) มี 4 สิ่งทดลอง (Treatment) โดยแต่ละTreatment ทำการทดลอง 5 ซ้ำ และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี SNK (Student-Newman-Keuls)

2. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 ในอัตราส่วนต่าง ๆโดยเทียบจากการคำนวณปริมาณความต้องการปูน ทำการทดลองปลูกผักบุ้งจีน โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) มี 5 สิ่งทดลอง (Treatment) โดยแต่ละTreatment ทำการทดลอง 4 ซ้ำ และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูล ด้วยวิธี SNK (Student-Newman-Keuls)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การศึกษาการแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวจากการใช้สารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่สูตรต่าง ๆ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษาคุณสมบัติของดิน และสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ 3 สูตร จากนั้นทำการบ่มดินด้วยสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ บ่มทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน แล้วทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เพื่อหาสารปรับปรุงดินสูตรที่ดีที่สุดในการแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวควบคู่กับการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้เหมาะสมตามความต้องการของพืช และในส่วนที่สองเป็นการศึกษาอัตราส่วนที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีที่สุดของสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่สูตรที่ดีที่สุดจากการทดลองส่วนที่ 1 ทำการทดสอบโดยการปลูกผักบุ้งจีนแล้ววัดผลจากการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ความสูง จำนวนใบ และน้ำหนักสด ให้ผลการศึกษา ดังนี้

4.1 คุณสมบัติของวัสดุปลูก

ในการทดลองได้ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุปลูกประกอบด้วย ดินเปรี้ยวหรือดินตัวอย่าง สารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่สูตรต่าง ๆ จำนวน 3 สูตร และดินตัวอย่างหลังทำการปรับปรุงด้วยสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่สูตรต่าง ๆ ซึ่งได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี ได้ผลดังนี้

4.1.1 สมบัติทางกายภาพของดินตัวอย่าง

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 cm พบว่าดินที่นำมาทดลองมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวร่วนปนทราย มีการกระจายขนาดอนุภาคเป็นเปอร์เซ็นต์ ได้แก่ sand 75.67%, silt 0.12%, clay 24.21% และ silt+clay 24.33% ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคดินทรายเป็นส่วนใหญ่ และมีอนุภาคดินทรายแป้ง ดินเหนียว ในปริมาณใกล้เคียงกัน ทำให้ดินสภาพแห้งจับกันเป็นก้อนโดยรวมแล้วจัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ดี การระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศดี (แสดงผลดังตารางที่ 4.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของดินตัวอย่าง

ดิน ความลึก 0-15 cm	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Silt + Clay (%)	Textural Class
	75.67 ± 0.03	0.12 ± 0.01	24.21 ± 0.02	24.33 ± 0.01	Sandy Clay Loam

4.1.2 สมบัติทางเคมีของสารปรับปรุงดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติของสารปรับปรุงดินที่ผลิตขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวจากเปลือกหอยแมลงภู่ทั้ง 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 [เปลือกหอย ($CaCO_3$)], สูตรที่ 2 [ยิปซัมจากเปลือกหอย ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)] และสูตรที่ 3 [ยิปซัม–แคลเซียมฟอสเฟตไนเตรตจากเปลือกหอย ($CaSO_4 \cdot 2H_2O + CaHPO_4 + Ca(NO_3)_2$)] แสดงผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางเคมีของสารปรับปรุงดิน

พารามิเตอร์ / สูตร	ความชื้น (%)	pH (1:1)	EC (dS/m)	OM (%)	NH_4^+ / NO_3^- (mg/kg)		Available P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)
1	1.48 ± 0.08	6.95 ± 0.01	7.60 ± 0.06	1.49 ± 0.01	0 ± 0.00	219.29 ± 0.28	0.01 ± 0.01	254.88 ± 24.66
2	5.18 ± 0.20	7.14 ± 0.06	9.43 ± 0.05	2.11 ± 0.23	39.21 ± 0.04	261.37 ± 22.39	5.58 ± 0.44	305.57 ± 22.92
3	11.23 ± 0.66	6.46 ±0.04	35.13 ± 0.21	1.83 ± 0.07	43.50 ± 0.06	145.03 ± 25.25	54.62 ± 1.50	879.40 ± 70.50

พารามิเตอร์ / สูตร	Exch. Na (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch.Mg (mg/kg)	Extr. S (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	CCE (%)
1	2745.44 ± 52.81	5824.22 ± 187.02	221.62 ± 15.03	397.31 ± 28.21	924.04 ± 23.62	89.96 ± 15.83	292.34 ± 32.04	122.01 ± 0.87
2	3617.14 ± 97.63	28154.93 ± 550.12	1091.14 ± 62.21	6247.02 ± 317.14	639.22 ± 170.81	95.12 ± 36.66	140.92 ± 48.10	115.59 ± 1.92
3	3996.32 ± 304.05	37750.45 ± 891.31	1259.12 ± 44.05	6098.45 ± 523.18	3340.80 ± 1846.86	174.94 ± 30.50	92.78 ± 7.88	120.29 ± 2.82

4.1.3 สมบัติทางเคมีของดินตัวอย่างและดินตัวอย่างหลังทำการปรับปรุงด้วยสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่สูตรต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีเบื้องต้นของดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 cm พบว่า ดินมีค่าพีเอชต่ำมาก 4.15 ซึ่งจัดอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดรุนแรงมากมีปริมาณฟอสฟอรัสและแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ 0.41 mg/kg และ 853.22mg/kg ตามลำดับ มีความเป็นพิษจากอะลูมินัม 4.59 meq/100g ปริมาณเหล็ก 76726.89 mg/kg และปริมาณแมงกานีส 356.39 mg/kg ซึ่งแสดงถึงภาวะของดินกรดที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และมีค่าการนำไฟฟ้า 0.38 dS/m, ปริมาณความต้องการปูน 960 kg $CaCO_3$/ไร่, ปริมาณอินทรียวัตถุ 3.75%, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ 21.20 meq/100g, ค่าความเป็นกรด 4.39 meq/100g, ปริมาณไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (NH_4^+) 0.00 mg/kg (NO_3^-) 17.77 mg/kg, โพแทสเซียม 517.17 mg/kg, โซเดียม 816.43 mg/kg, แมกนีเซียม 542.80 mg/kg, กำมะถัน 173.01 mg/kg และสังกะสี 277.46 mg/kg (แสดงผลดังตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางเคมีของดินตัวอย่างและดินตัวอย่างหลังทำการปรับปรุงด้วยสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่สูตรต่าง ๆ

พารามิเตอร์	ดินตัวอย่าง	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 1	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 3
ความชื้น (%)	6.25 ± 0.12	9.83 ± 1.46	11.47 ± 1.06	13.24 ± 1.94
pH (1:1)	4.15 ± 0.01	7.16 ± 0.01	6.80 ± 0.01	6.23 ± 0.02
EC (dS/m)	0.38 ± 0.01	1.75 ± 0.03	3.48 ± 0.16	4.43 ± 0.12
LR (kg $CaCO_3$/ ไร่)	960 ± 0.01	-	-	-
OM (%)	3.75 ± 0.08	3.73 ± 0.04	4.59 ± 0.11	4.34 ± 0.11
CEC (meq/100g)	21.20 ±0.83	18.74 ± 0.39	19.61 ± 0.56	17.64 ± 1.12
Exch.Acidity (meq/100g)	4.39 ± 0.24	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Exch. Al (meq/100g)	4.59 ± 0.22	0.13 ± 0.12	0.04 ± 0.10	0.00 ± 0.00
NH_4^+-N (mg/kg)	0.00 ± 0.00	17.03 ± 9.52	8.74 ± 11.97	35.96 ± 12.35

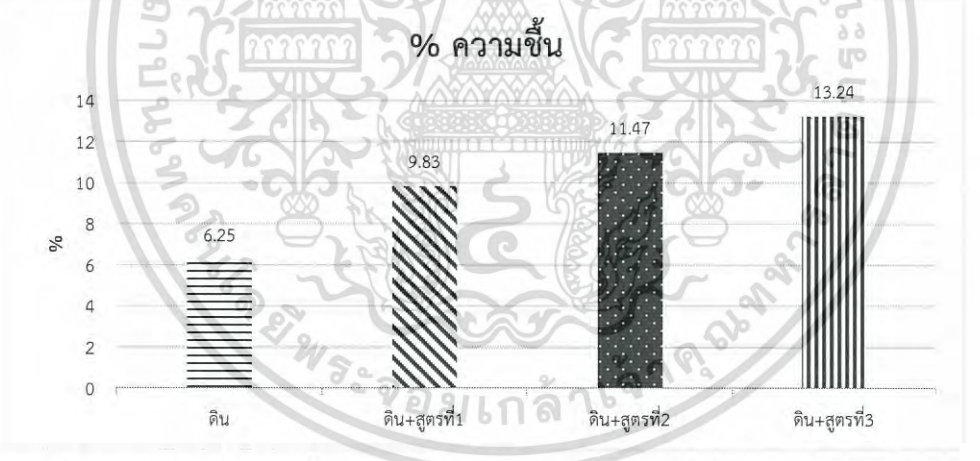
พารามิเตอร์	ดิน ตัวอย่าง	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 1	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 3
NO_3^- (mg/kg)	17.77 ± 17.78	42.57 ± 0.01	104.73 ± 23.98	256.04 ± 29.58
Available P (mg/kg)	0.41 ± 0.01	0.57 ± 0.16	3.33 ± 0.64	55.36 ± 2.39
Exch. K (mg/kg)	517.17 ± 19.64	331.59 ± 30.72	318.10 ± 21.09	439.66 ± 15.31
Exch. Na (mg/kg)	816.43 ± 282.60	332.37 ± 64.85	405.31 ± 39.43	473.64 ± 57.32
Exch. Ca (mg/kg)	853.22 ± 49.83	5356.15 ± 147.48	9729.60 ± 108.40	9530.33 ± 351.81
Exch.Mg (mg/kg)	542.80 ± 17.89	564.51 ± 7.84	745.25 ± 23.33	759.56 ± 53.13
Extr. S (mg/kg)	173.01 ± 41.98	459.00 ± 22.88	4600.88 ± 435.74	2960.18 ± 156.92
Fe (mg/kg)	76726.89 ± 2280.17	55336.83 ± 3369.24	86910.61 ± 2698.42	50745.33 ± 160.42
Zn (mg/kg)	277.46 ±335.71	221.95 ± 46.01	238.84 ± 27.73	187.77 ± 45.81
Mn (mg/kg)	356.39 ± 78.25	362.14 ± 57.29	414.45 ± 144.52	361.06 ± 103.40

4.2 คุณสมบัติของดินตัวอย่างหลังทำการปรับปรุงด้วยสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่

จากการทดลองการบ่มดินด้วยสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยสูตรต่าง ๆ ที่ทำการผลิตขึ้นโดยอ้างอิงจากคู่มือการผลิตปุ๋ย และสารปรับปรุงดินจากแหล่งผลิตแคลธรรมชาติ โดยผศ.ดร.บรรจง บุญชม และคณะ ในอัตราส่วนที่เหมาะสมตามความต้องการปูนของดิน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข-4) โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบดินหลังทำบ่มด้วยสารสารปรับปรุงคุณภาพดินทั้ง 3 สูตร เพื่อศึกษาผลของสารปรับปรุงดินที่เติมลงไปเพื่อเลือกสูตรที่ดีที่สุดแสดงผลดังนี้

4.2.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้น

ความชื้นของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 6.25% เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไปจากการวิเคราะห์ พบว่าดินที่เติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 มีความชื้นสูงที่สุด 13.24% รองลงมา คือ สูตรที่ 2 11.47% และสูตรที่ 1 9.83% ตามลำดับ (ดังรูปที่ 4.1) ซึ่งความชื้นมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากสารปรับปรุงดินแต่ละสูตรมีค่าความชื้นที่แตกต่างกัน (ดังตารางในภาคผนวก ก-3) โดยความชื้นคือ ความสามารถในการเก็บน้ำของดินให้พืชสามารถดูดไปใช้ได้ ซึ่งจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะโครงสร้าง และเนื้อดิน

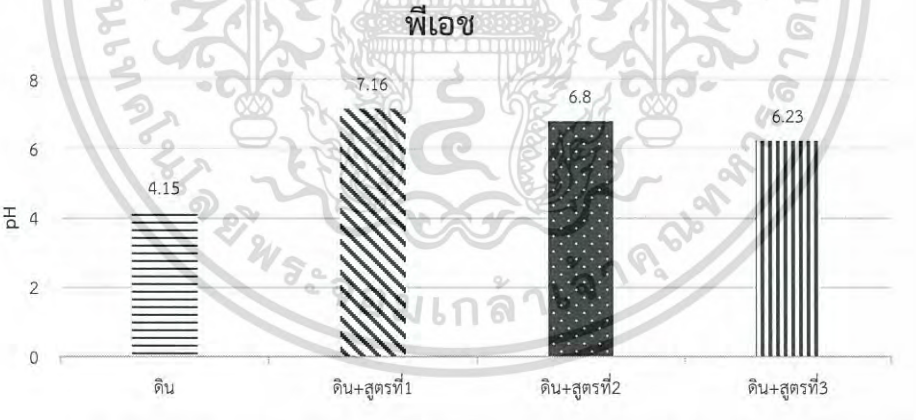


รูปที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ค่าพีเอช (1:1)

พีเอชของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 4.15 ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่เป็นกรดรุนแรงมากอาจเกิดจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินทำให้มีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นหรือเกิดจากการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียมเป็นไนเตรต ซึ่งจะมีการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน (H^+) ออกมาทำให้ดินมีค่า pH ต่ำลง เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไปจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 1 ให้ค่า pH เท่ากับ 7.16 รองลงมา คือ สูตรที่ 2 6.80 และสูตรที่ 3 6.23 ตามลำดับ (ดังรูปที่ 4.2) ซึ่งเมื่อเติมสารปรับปรุงดินลงไปทำให้ค่า pH สูงขึ้น เนื่องจากสารปรับปรุงดินมีองค์ประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนตทำปฏิกิริยาเกิดการสะเทินความเป็นกรดเมื่อสัมผัสกับดิน โดยจะมีการแลกเปลี่ยนไอออนบวกโดยเฉพาะไฮโดรเจนไอออน ทำให้ความเป็นกรดของดินลดลง ซึ่งดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 1 สามารถแก้ไขปัญหาค่าพีเอชของดินได้ดีที่สุด ทำให้ดินมีความเป็นกลางที่ 6.6-7.3 ตามกรมพัฒนาที่ดิน เนื่องจากมีองค์ประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนตมากกว่าสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 นอกจากนี้ค่า pH ยังมีผลต่อการดูดซึมธาตุอาหารของพืชที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และการละลายของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอีกด้วย

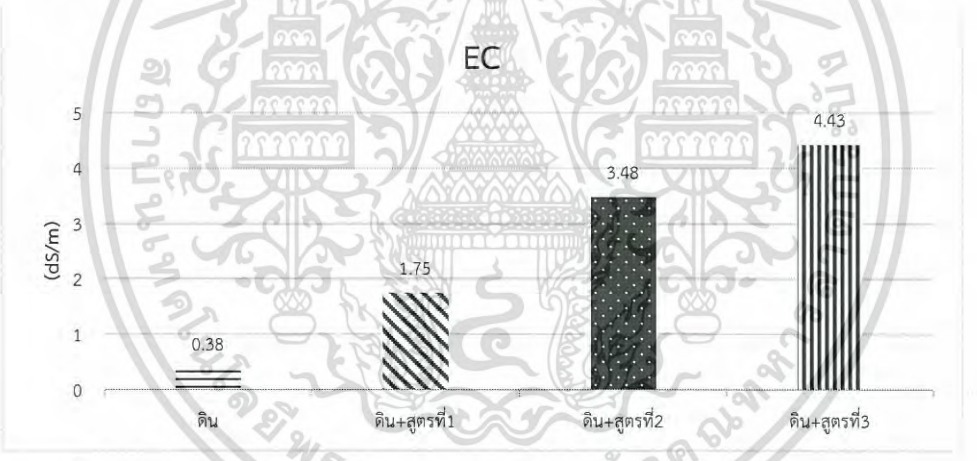


รูปที่ 4.2 ค่าพีเอชของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)

ค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 0.38 dS/m จัดเป็นดินไม่เค็ม และไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชแต่ละชนิดจะมีความต้านทานต่อค่าการนำไฟฟ้าไม่เท่ากันจึงอาจทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตได้ เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไปจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 1 ให้ค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 1.75 dS/m, สูตรที่ 2 3.48 dS/m และสูตรที่ 3 4.43 dS/m ตามลำดับ (ดังรูปที่ 4.3) ซึ่งเมื่อเติมสารปรับปรุงดินลงไปทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น เนื่องจากสารปรับปรุงดินมีองค์ประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งไม่ละลายน้ำ แต่จะทำปฏิกิริยากับน้ำให้แคลเซียมไบคาร์บอเนตละลายน้ำได้บ้าง ซึ่งสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 มีแคลเซียมคาร์บอเนตมากที่สุดจึงทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นสูงสุด แต่ช่วงค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด คือ การเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 1 ซึ่งจัดอยู่ในช่วงที่เป็นดินไม่เค็ม และไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช

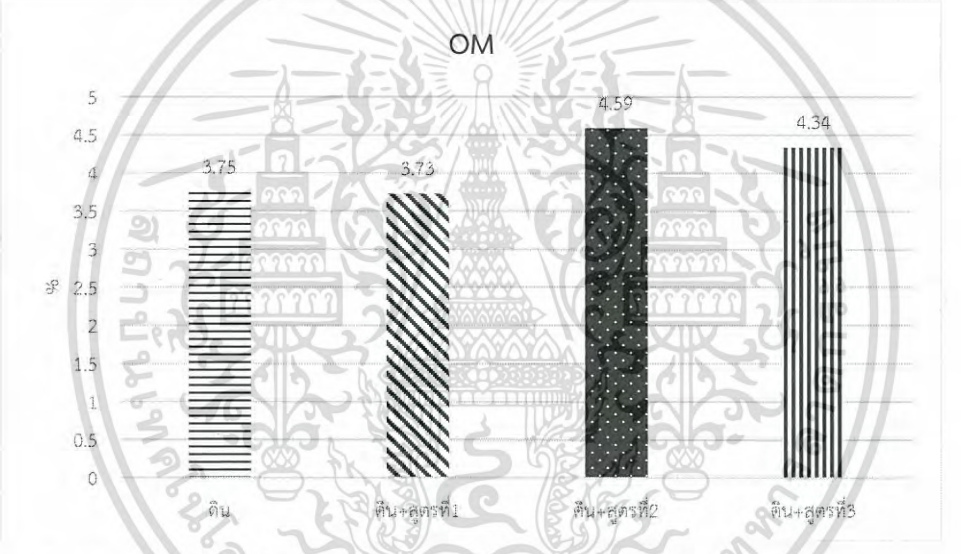


รูปที่ 4.3 ค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ปริมาณอินทรียวัตถุ (%)

ปริมาณอินทรียวัตถุของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 3.75% จัดเป็นดินที่มีอินทรียวัตถุสูง สามารถเก็บกักธาตุอาหารในดินได้ดี เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินที่มาจากแหล่งธรรมชาติลงไป ทำให้เป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากขึ้น จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 4.59% เป็นสูตรที่มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงที่สุดซึ่งจัดอยู่ในระดับปริมาณอินทรียวัตถุสูงมาก รองลงมา คือ สูตรที่ 3 4.34% และสูตรที่ 1 3.73% ซึ่งจัดอยู่ในระดับปริมาณอินทรียวัตถุสูง ตามเกณฑ์ระดับอินทรียวัตถุในดินของกรมพัฒนาที่ดิน โดยยังจัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ดี (ดังรูปที่ 4.4)

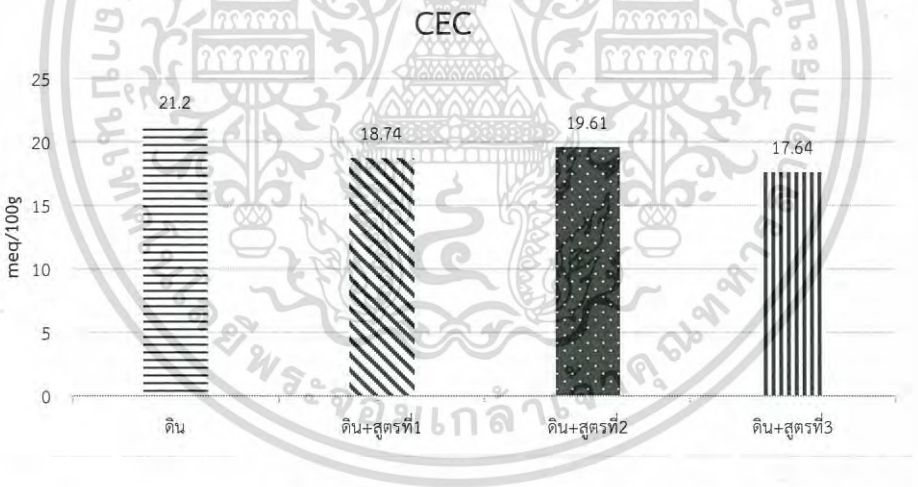


รูปที่ 4.4 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (meq/100g)

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 21.20 meq/100g จัดเป็นดินที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุสูง เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไปจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 1 18.74 meq/100g ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรที่ 2 19.61 meq/100g ในขณะที่ดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 1 18.74 meq/100g และสูตรที่ 3 17.64 meq/100g แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และที่ดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 19.61 meq/100g และสูตรที่ 3 17.64 meq/100g แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสูตรที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุในดินได้ดีที่สุด คือ ดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 ซึ่งค่า CEC ขึ้นอยู่กับปริมาณชนิดของดินเหนียว และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จากผลการศึกษาค่า CEC ของอนุภาคดินจัดอยู่ในกลุ่มขนาดดินเหนียว และมีค่า CEC ของดินปานกลางตามมาตรฐานคุณสมบัติทางเคมีของดินของกรมพัฒนาที่ดิน

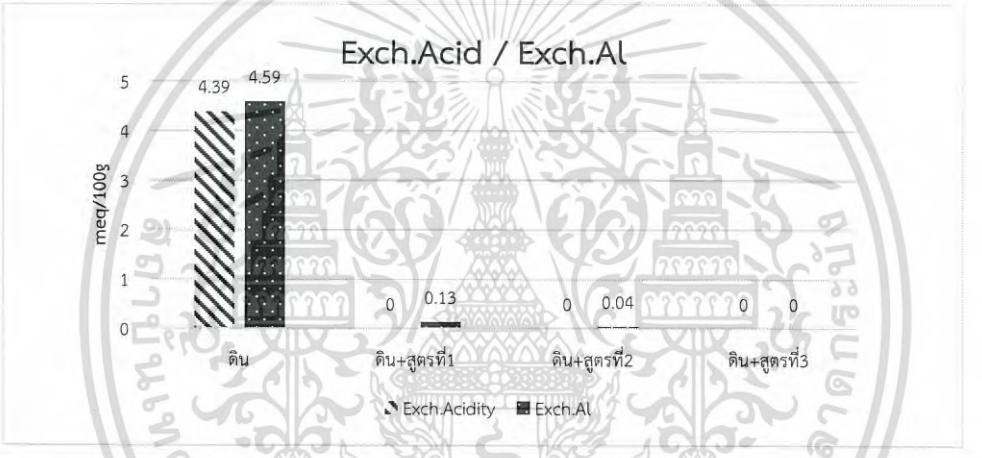


รูปที่ 4.5 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ความเป็นกรดและปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (meq/100g)

ความเป็นกรดและปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนการทดลองเท่ากับ 4.59 และ 4.39 meq/100g ตามลำดับ ซึ่งจัดว่ามีปริมาณอะลูมินัมสูง เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไป จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกันโดย เมื่อเติมสารปรับปรุงดินลงไปทำให้ดินมีปริมาณอะลูมินัมจัดอยู่ในระดับต่ำทั้ง 3 สูตร ตามกรมพัฒนาที่ดิน (ดังรูปที่ 4.6) เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตในสารปรับปรุงดินทำปฏิกิริยากับน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ได้แคลเซียมไบคาร์บอเนต จากนั้นแคลเซียมไบคาร์บอเนตแตกตัวทำปฏิกิริยากับคอลลอยด์ในดินซึ่งมีไฮโดรเจนไอออน และอะลูมินัมจับอยู่ ทำให้แคลเซียมเข้าไปแทนที่ไฮโดรเจนไอออน และอะลูมินัม ทำให้ความเป็นกรดและอะลูมินัมในดินลดลง

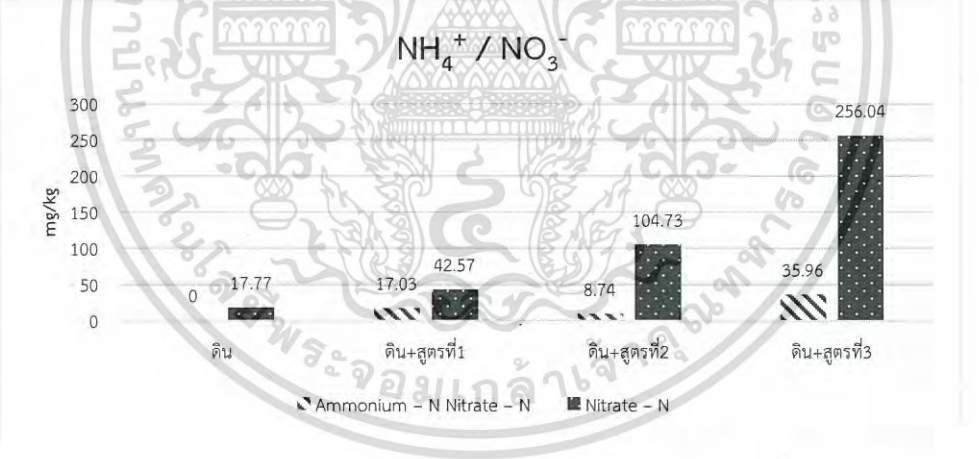


รูปที่ 4.6 ความเป็นกรดและปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7 ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (mg/kg)

ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ (NO_3^-) 17.77 mg/kg เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไปจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 NH_4^+ 35.96 mg/kg, NO_3^- 256.04 mg/kg เป็นสูตรที่มีปริมาณไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินสูงที่สุด รองลงมา คือ ดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 NH_4^+ 8.74 mg/kg, NO_3^- 104.73 mg/kg และดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 1 NH_4^+ 17.03 mg/kg, NO_3^- 42.57 mg/kg ตามลำดับ (ดังรูปที่ 4.7) ทั้งนี้เนื่องจากสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 มีปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตสูงกว่าสารปรับปรุงดินสูตรที่ 1 และ 2 (ดังตารางในภาคผนวก ก-3) ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 สูงกว่าการเติมสูตรอื่น และเนื่องมาจากตัวของสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 คือ สูตรยิปซัม –แคลเซียมฟอสเฟตไนเตรตจากเปลือกหอย สูตรนี้มีการเติมกรดไนตริก ซึ่งจะทำให้สามารถปลดปล่อยไนเตรตออกมาได้ ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์มากกว่าสูตรที่ 1 และ 2



รูปที่ 4.7 ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (mg/kg)

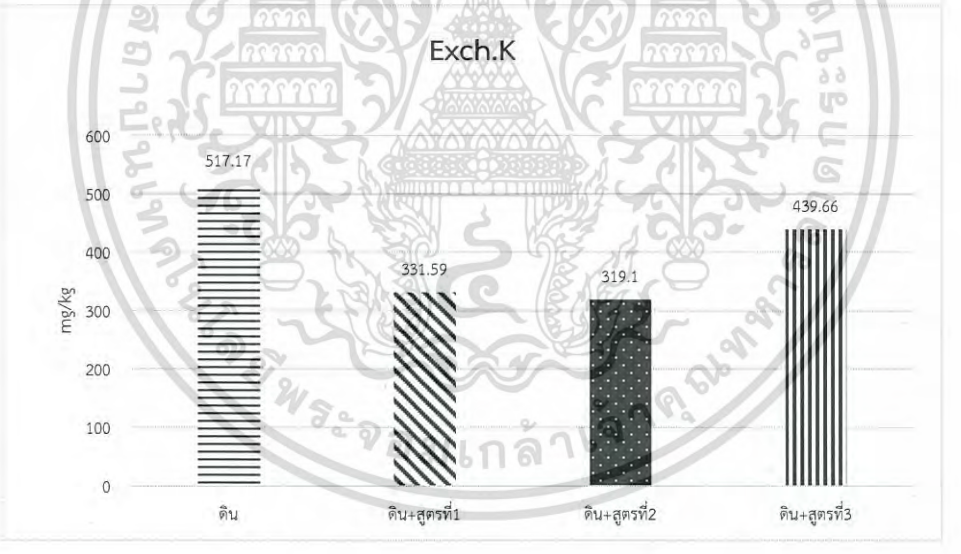
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 0.14 mg/kg ซึ่งจัดเป็นดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมากเมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไปจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 55.36 mg/kg ซึ่งเป็นสูตรที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงสุดซึ่งจัดอยู่ในระดับธาตุอาหารความเป็นประโยชน์ต่อพืชสูงมาก รองลงมา คือ สูตรที่ 2 3.33 mg/kg ซึ่งจัดอยู่ในระดับธาตุอาหารความเป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ และสูตรที่ 1 0.57 mg/kg ซึ่งจัดอยู่ในระดับธาตุอาหารความเป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำมาก อาจทำให้ผลผลิตของพืชต่ำได้เนื่องจากเกือบไม่มีธาตุฟอสฟอรัสอยู่เลยตามกรมพัฒนาที่ดิน (ดังรูปที่ 4.8) ทั้งนี้เนื่องมาจากตัวของสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 คือ สูตร ยิปซัม - แคลเซียมฟอสเฟตไนเตรตจากเปลือกหอย สูตรนี้มีการเติมกรดฟอสฟอริกซึ่งจะทำให้สามารถปลดปล่อยฟอสเฟตออกมาได้ทำให้สูตรที่ 3 มีองค์ประกอบของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าสารปรับปรุงดินสูตรอื่น ๆ (ดังตารางในภาคผนวก ก-3)

รูปที่ 4.8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.9 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 517.17 mg/kg จัดเป็นดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมสูงมาก เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไปจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 318.10 mg/kg และสูตรที่ 1 331.59 mg/kg ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 439.66 mg/kg แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรที่ 1 331.59 mg/kg และสูตรที่ 2 318.10 mg/kg (ดังรูปที่ 4.9) โดยทั้งหมดจัดอยู่ในระดับธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชตามกรมพัฒนาที่ดิน ทั้งนี้เนื่องจากดินตัวอย่างของเราเป็นดินที่มีเนื้อดินละเอียดจึงทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมค่อนข้างสูง เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยสูตรต่าง ๆ ทั้ง 3 สูตรซึ่งไม่มีองค์ประกอบของโพแทสเซียมอยู่เลยจึงทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในดินตัวอย่างหลังจากเติมสารปรับปรุงดินลดต่ำลง โดยสูตรที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้สูงที่สุด คือ สูตรที่ 3 439.66 mg/kg

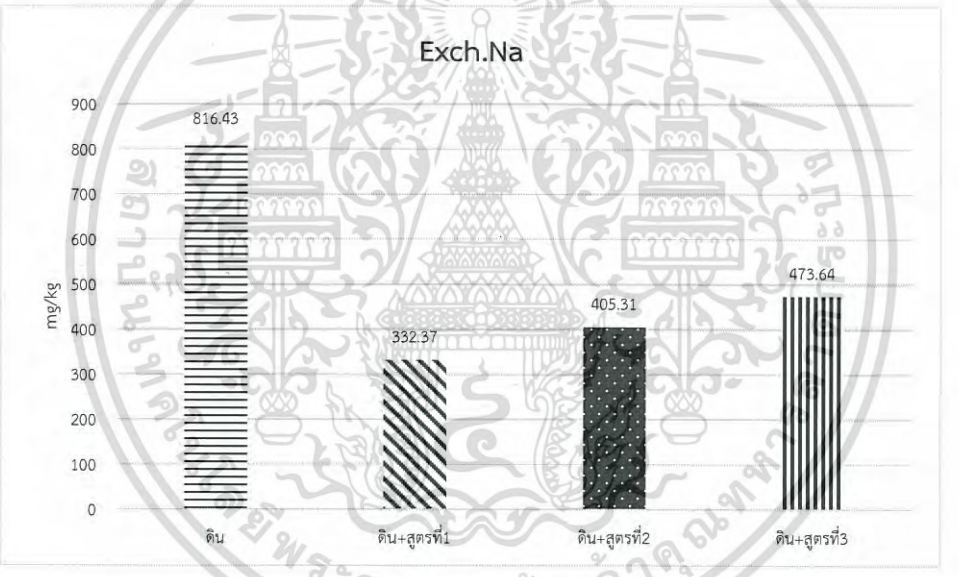


รูปที่ 4.9 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.10 ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)

ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 816.43 mg/kg จัดเป็นดินที่มีปริมาณโซเดียมสูงมาก เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไปจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 473.64mg/kg ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 2 405.31 mg/kg โดยสูตรที่ 2 405.31 mg/kg ไม่แตกต่างจาก สูตรที่ 1 332.37 mg/kg สรุปได้ว่าสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยทั้ง 3 สูตรมีปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดังรูปที่ 4.10) ทั้งนี้เนื่องมาจากดินตัวอย่างมีปริมาณโซเดียมค่อนข้างสูง เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยสูตรต่าง ๆ ช่วยปรับปรุงสภาพดินที่เป็นกรดและสภาพดินเค็ม ทำให้ดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินมีปริมาณโซเดียมลดต่ำลง

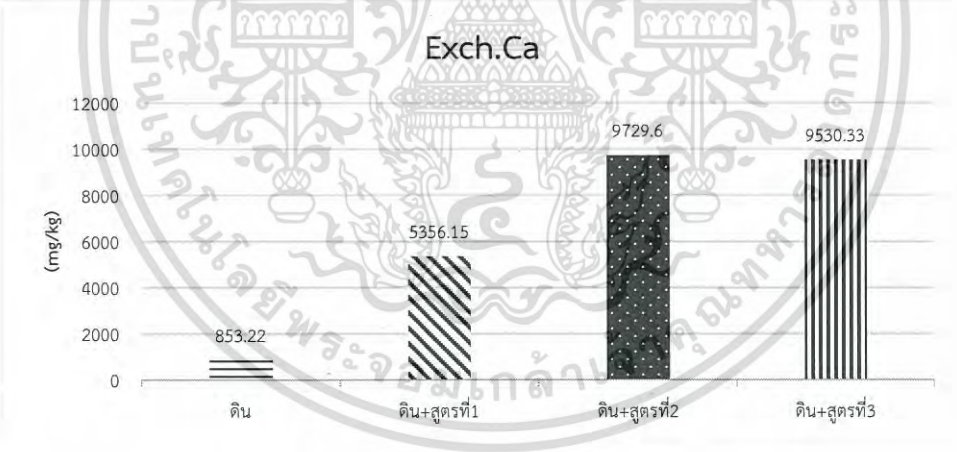


รูปที่ 4.10 ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.11 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)

ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 853.22 mg/kg จัดเป็นดินที่มีปริมาณแคลเซียมต่ำเมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไปจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 9729.60 mg/kg ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรที่ 3 9530.33 mg/kg ในขณะที่ดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 1 5356.15 mg/kg แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 9729.60 mg/kg และสูตรที่ 3 9530.33 mg/kg (ดังรูปที่ 4.11) โดยทั้งหมดจัดอยู่ในระดับธาตุอาหารความเป็นประโยชน์ต่อพืชสูงมากตามกรมพัฒนาที่ดิน ทั้งนี้เนื่องมาจากตัวของสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 คือ สูตร ยิปซัม - แคลเซียมฟอสเฟตไนเตรตจากเปลือกหอย สูตรนี้มีการเติมกรดฟอสฟอริกและกรดกำมะถัน ซึ่งจะทำให้สามารถปลดปล่อยแคลเซียมฟอสเฟต และแคลเซียมไนเตรตออกมาได้ ทำให้สูตรที่ 3 มีองค์ประกอบของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง ส่วนสูตรที่ 2 คือ สูตรยิปซัมจากเปลือกหอย หรือแคลเซียมซัลเฟตไฮเดรตซึ่งในการทำสารปรับปรุงดินสูตรนี้จะมีการเติมกรดกำมะถัน ทำให้สามารถปลดปล่อยแคลเซียมออกมาในรูปแคลเซียมซัลเฟตได้

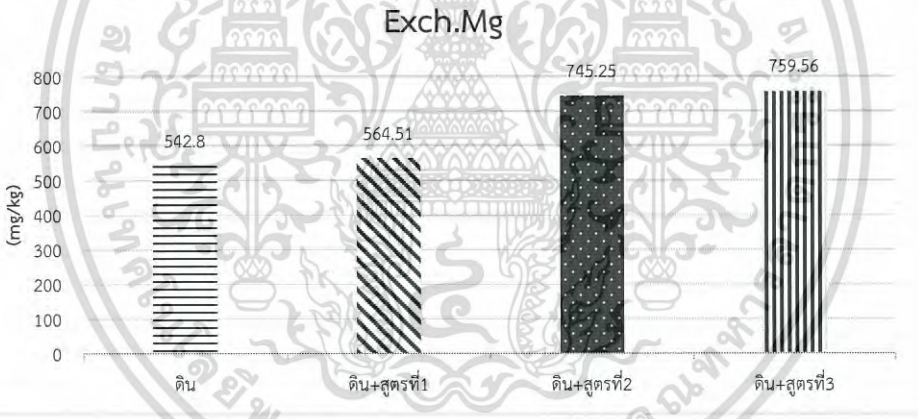


รูปที่ 4.11 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.12 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)

ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 542.80 mg/kg จัดเป็นดินที่มีปริมาณแมกนีเซียมสูง เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไปจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 759.56 mg/kg และสูตรที่ 2 745.25 mg/kg ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดิน สูตรที่ 1 564.51 mg/kg แตกต่างจากสูตรที่ 2 745.25 mg/kg และสูตรที่ 3 759.56 mg/kg อย่างมีนัยสำคัญ (ดังรูปที่ 4.12) โดยทั้งหมดจัดอยู่ในระดับธาตุอาหารความเป็นประโยชน์ต่อพืชสูงตามมาตรฐานคุณสมบัติทางเคมีของดินของกรมพัฒนาที่ดิน ทั้งนี้เนื่องจากในสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 มีองค์ประกอบของปริมาณแมกนีเซียมสูงกว่าสารปรับปรุงดินสูตรอื่น ๆ เมื่อเติมลงดินทำให้เกิดการปลดปล่อยแมกนีเซียมออกมาดินจึงมีปริมาณแมกนีเซียมมากขึ้น (ดังตารางในภาคผนวก ก-3)



รูปที่ 4.12 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.13 ปริมาณกำมะถันที่สกัดได้ (mg/kg)

ปริมาณกำมะถันที่สกัดได้ของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 173.01 mg/kg จัดเป็นดินที่มีปริมาณกำมะถันสูงมาก เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินนัยสำคัญลงไปจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างมีทางสถิติ โดยดินที่มีการเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 4600.88 mg/kg ซึ่งเป็นสูตรที่มีปริมาณกำมะถันที่สกัดได้สูงที่สุด รองลงมา คือ สูตรที่ 3 2960.18 mg/kg และสูตรที่ 1 459.00 mg/kg ตามลำดับ(ดังรูปที่ 4.13) เนื่องจากปริมาณกำมะถันในดินขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรียวัตถุของดินตัวอย่างนั้นเมื่อเทียบกับเกณฑ์กำมะถันที่สกัดได้ในดินของกรมพัฒนาที่ดินจัดว่ามีค่าสูงจึงทำให้ปริมาณกำมะถันในดินสูงไปด้วย และสำหรับสารปรับปรุงดินในสูตรที่ 2 ที่มีปริมาณของกำมะถันสูงมาก อาจเพราะมียิปซัมเป็นองค์ประกอบในสารปรับปรุงดินโดยพืชสามารถนำกำมะถันไปใช้ประโยชน์ได้ในรูปของซัลเฟตไอออนซึ่งละลายน้ำได้ดีและเนื่องจากเป็นประจุลบจึงทำให้ถูกชะล้างออกจากดินได้ง่าย

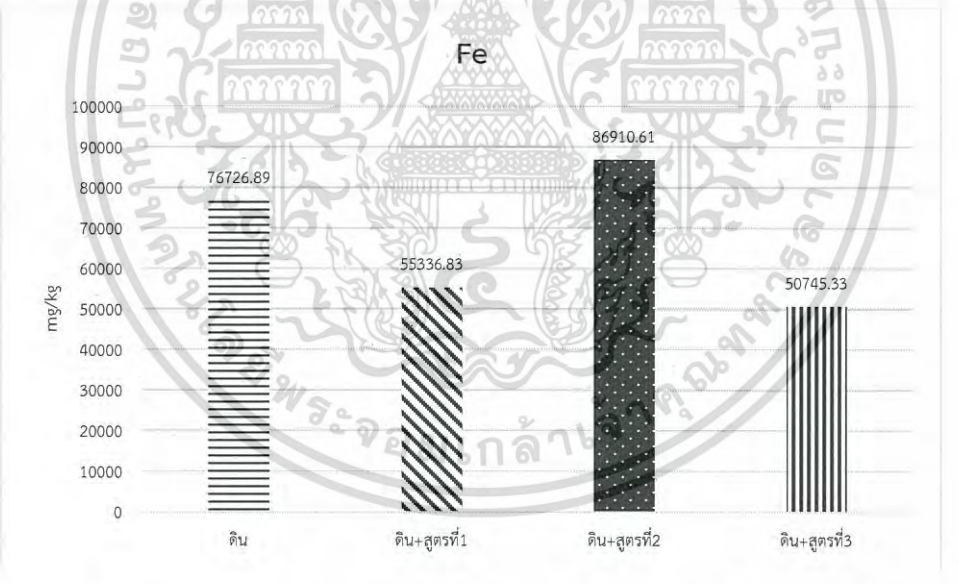
รูปที่ 4.13 ปริมาณกำมะถันที่สกัดได้ของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.14 ปริมาณเหล็ก (mg/kg)

ปริมาณเหล็กของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 76726.89 mg/kg เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไปจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกัน โดยดินที่มี การเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 86910.61 mg/kg ซึ่งเป็นสูตรที่มีปริมาณเหล็กสูงที่สุด รองลงมาคือสูตรที่ 1 55336.83 mg/kg และ สูตรที่ 3 50745.33 mg/kg ตามลำดับ (ดังรูปที่ 4.14) โดยทั้งหมดจัดอยู่ในระดับจุลธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินในระดับสูงมากเกินพอตามเกณฑ์ปริมาณเหล็กในดินของกรมวิชาการเกษตร และมีปริมาณเหล็กในดินสูงตามสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

เหล็กเป็นธาตุอาหารพืชพวกจุลธาตุจะละลายออกมาอยู่ในสภาพที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่าย และเพียงพอต่อความต้องการของพืชเมื่อดินมี pH เป็นกรดอ่อน ๆ ถึงกรดปานกลาง (6.0-7.0) จากผลของดินก่อนการทดลอง pH ไม่จัดอยู่ในช่วงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช แต่ดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตร pH จัดอยู่ในช่วงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช



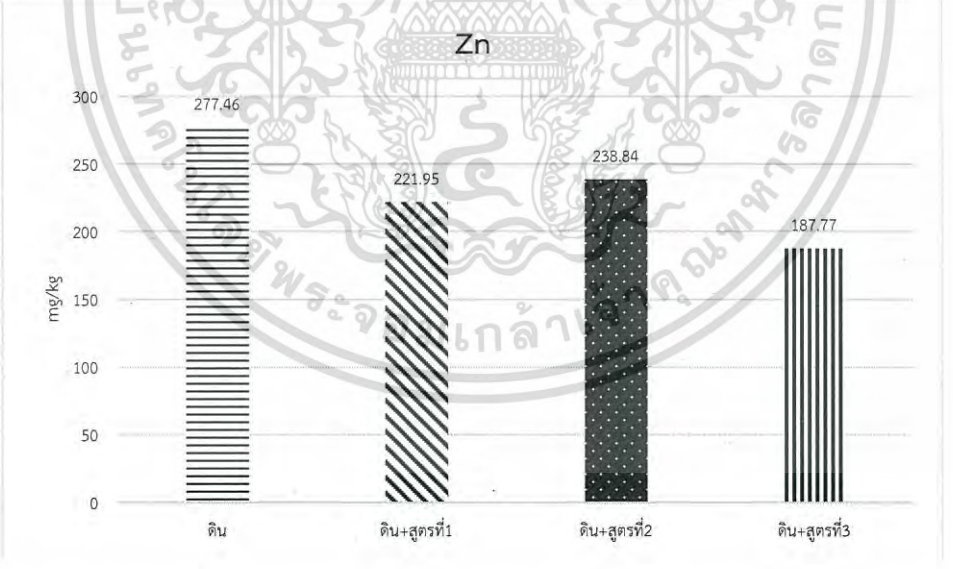
รูปที่ 4.14 ปริมาณเหล็กของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.15 ปริมาณสังกะสี (mg/kg)

ปริมาณสังกะสีของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 277.46 mg/kg เมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไปจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกัน โดยดินที่มี การเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 238.84 mg/kg ซึ่งเป็นสูตรที่มีปริมาณสังกะสีสูงที่สุด รองลงมา คือ สูตรที่ 1 221.95 mg/kg และสูตรที่ 3 187.77 mg/kg ตามลำดับ (ดังรูปที่ 4.15) โดยทั้งหมด จัดอยู่ในระดับจุลธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินในระดับมากเกินพอตามกรมวิชาการเกษตร และมีปริมาณสังกะสีในดินสูงตามสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) แต่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตามกรมพัฒนาที่ดินที่กำหนดให้สังกะสีมีค่าไม่เกิน 90 mg/kg สารปรับปรุงดินในสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ที่มียิปซัม เป็นองค์ประกอบจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตรตามกรมพัฒนาที่ดินที่กำหนดให้สังกะสีมีค่าไม่เกิน 600 mg/kg

สังกะสีเป็นธาตุอาหารพืชพวกจุลธาตุจะละลายออกมาอยู่ในสภาพที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่าย และเพียงพอต่อความต้องการของพืชเมื่อดินมี pH เป็นกรดอ่อนๆ ถึงกรดปานกลาง (6.0-7.0) จากผลของดินก่อนการทดลอง pH ไม่จัดอยู่ในช่วงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช แต่ดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตร pH จัดอยู่ในช่วงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช



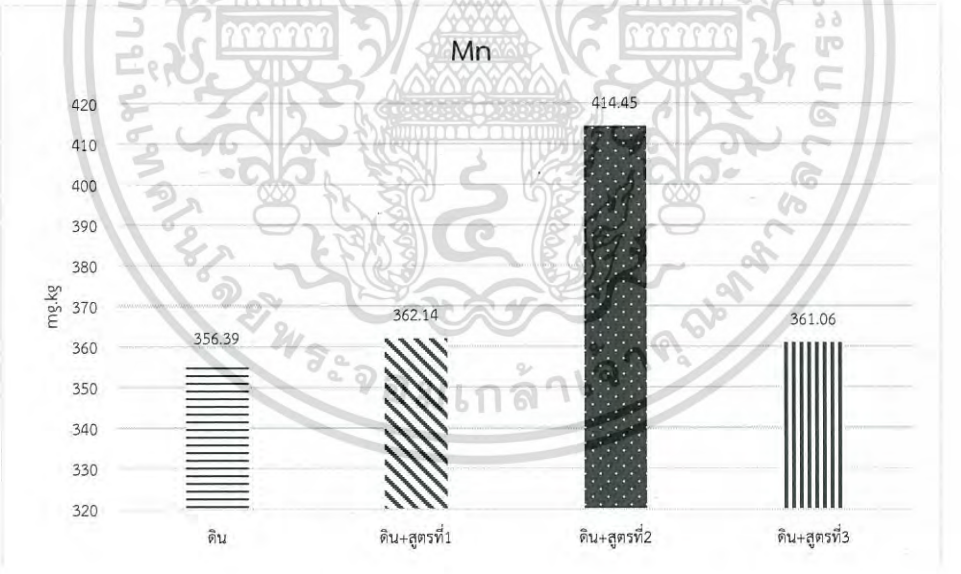
รูปที่ 4.15 ปริมาณสังกะสีของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.16 ปริมาณแมงกานีส (mg/kg)

ปริมาณแมงกานีสของดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 356.39 mg/kgเมื่อทำการเติมสารปรับปรุงดินลงไปจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกัน โดยดินที่มี การเติมสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 414.45 mg/kg ซึ่งเป็นสูตรที่มีปริมาณแมงกานีสสูงที่สุด รองลงมา คือ สูตรที่ 1 362.14 mg/kg และ สูตรที่ 3 361.06 mg/kg ตามลำดับ (ดังรูปที่ 4.16) โดยทั้งหมดจัดอยู่ในระดับจุลธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินในระดับมากเกินพอตามเกณฑ์ปริมาณสังกะสีในดินของกรมวิชาการเกษตร, มีปริมาณสังกะสีในดินสูงตามสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินของกรมพัฒนาที่ดินที่กำหนดให้แมงกานีสมีค่าไม่เกิน 1800 mg/kg

แมงกานีสเป็นธาตุอาหารพืชพวกจุลธาตุจะละลายออกมาอยู่ในสภาพที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่าย และเพียงพอต่อความต้องการของพืชเมื่อดินมี pH เป็นกรดอ่อน ๆ ถึงกรดปานกลาง (6.0-7.0) จากผลของดินก่อนการทดลอง pH ไม่จัดอยู่ในช่วงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช แต่ดินที่ทำการเติมสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตร pH จัดอยู่ในช่วงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช



รูปที่ 4.16 ปริมาณแมงกานีสของดินก่อนและดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.17 การวิเคราะห์ X-ray fluorescence spectrometry (XRF)

จากผลวิเคราะห์ X-ray fluorescence spectrometry (XRF) ในทั้งสามสูตรส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกับผลการทดลองของผู้วิจัย มีเพียงบางธาตุเท่านั้นที่ไม่สอดคล้องกัน เนื่องจากมีผลการทดลองแตกต่างกันเล็กน้อย

ตารางที่ 4.4 ผลวิเคราะห์ X-ray fluorescence spectrometry (XRF)

องค์ประกอบของธาตุ (%)	สารปรับปรุงดินสูตรที่ 1	สารปรับปรุงดินสูตรที่ 2	สารปรับปรุงดินสูตรที่ 3
Al	0.31	0.161	0.195
P	0.147	0.357	2.6
K	0.142	0.0965	0.38
Na	1.45	1.55	4.57
Ca	62.9	46.5	45
Mg	0.53	0.325	1.08
S	0.314	11.2	7.06
Fe	0.412	0.199	0.26
O	29.7	38.2	35.6
Si	2.47	1.17	1.27
Cl	1.23	0	0
Cu	0.234	0.146	0.144

องค์ประกอบของธาตุ (%)	สารปรับปรุงดินสูตรที่ 1	สารปรับปรุงดินสูตรที่ 2	สารปรับปรุงดินสูตรที่ 3
Al_2O_3	0.585	0.303	0.368
P_2O_5	0.337	0.818	5.97
K_2O	0.171	0.116	0.458
Na_2O	1.95	2.09	6.16
CaO	88	65	62.9
MgO	0.879	0.538	1.78
SO_3	0.783	28.1	17.6
Fe_2O_3	0.589	0.284	0.372
SiO_2	5.29	2.49	2.71
Cl	1.23	0	1.86
CuO	0.293	0.183	0.180

4.2.18 การวิเคราะห์Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

การศึกษาโครงสร้างของสารตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันในสารตัวอย่าง โดยทำการสแกนในช่วงเลขคลื่นตั้งแต่ 4,000-600 cm^{-1}

1. ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 1

   จากรูปดังแสดงในรูปภาพประกอบรูปที่ ง-10 ในภาคผนวก จะเห็นว่าที่ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 3400 cm^{-1} เป็นโครงสร้างของ OH ของน้ำ, ที่ช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 1415-1490 cm^{-1} เป็นโครงสร้างของ CO และที่ช่วงความยาวคลื่น 861.23 cm^{-1} เป็นโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนต

2. ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2

   จากรูปดังแสดงในรูปภาพประกอบรูปที่ ง-11 ในภาคผนวก จะเห็นว่าที่ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 3400 cm^{-1} เป็นโครงสร้างของ OH ของน้ำ, ที่ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 1384 cm^{-1} เป็นโครงสร้างของคาร์บอนไดออกไซด์, ที่ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 1100 cm^{-1} เป็นโครงสร้างของ SO และที่ช่วงความยาวคลื่น 875 cm^{-1} เป็นโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนต

3. ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 3

   จากรูปดังแสดงในรูปภาพประกอบรูปที่ ง-12 ในภาคผนวก จะเห็นว่าที่ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 3400 cm^{-1} เป็นโครงสร้างของ OH ของน้ำ ,ที่ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 1384 cm^{-1} เป็นโครงสร้างของคาร์บอนไดออกไซด์, ที่ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 1100 cm^{-1} เป็นโครงสร้างของ SO, ที่ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 1015-1120 cm^{-1} เป็นโครงสร้างของ P-O และที่ช่วงความยาวคลื่น 875 cm^{-1} เป็นโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.19 การวิเคราะห์Thermo Gravimetric Analysis (TGA)

จากผล Thermo Gravimetric Analysis (TGA) จากรูปดังแสดงในรูปภาพประกอบรูปที่ ง-13, ง-14 และ ง-15 ในภาคผนวก กราฟเส้นประ คือ Thermo Gravimetric Analysis (TGA) และเส้นทึบ คือ Differential Scranning Calorimeter (DTG) ซึ่งจะแสดงน้ำหนักที่หายไปจากค่า delta Y และสามารถนำไปคำนวณหามวลโมเลกุลของสารเพื่อยืนยันว่าสารที่หายไป คือ สารตัวใด โดยคำนวณได้จาก

$$\text{มวลโมเลกุลของสาร} = \frac{\text{มวลโมเลกุลของสารตัวอย่าง} \times weight\ lost}{100}$$

1. ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 1

สารตัวอย่าง คือ $CaCO_3$ ซึ่งมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 100 g/mol จากรูปผลการทดลองแสดงในภาคผนวก ง (รูปที่ ง-13) มีค่า delta Y = 39.204 % ในซึ่งคำนวณหามวลโมเลกุลของสารได้ 39.204 g/mol จากมวลโมเลกุลที่คำนวณได้นั้นใกล้เคียงกับมวลโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ (44g/mol) จึงคาดว่าเป็นน้ำหนักที่หายไปของคาร์บอนไดออกไซด์

2. ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2

สารตัวอย่าง คือ $CaSO_4 \cdot H_2O$ ซึ่งมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 172 g/mol จากรูปผลการทดลองแสดงในภาคผนวก ง (รูปที่ ง-14) มีค่า delta Y = 8.945 % ในซึ่งคำนวณหามวลโมเลกุลของสารได้ 15.3845 g/mol จากมวลโมเลกุลที่คำนวณได้นั้นใกล้เคียงกับมวลโมเลกุลของน้ำ (18 g/mol) และจากเส้นกราฟมีความใกล้เคียงกับ 100 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นจุดเดือดของน้ำพอดี จึงคาดว่าเป็นน้ำหนักที่หายไปของน้ำ

3. ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 3

สารตัวอย่าง คือ $CaSO_4 \cdot H_2O + Ca(NO_3)_2 + CaHPO_4 \cdot H_2O$ ซึ่งมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 454 g/mol จากรูปผลการทดลองแสดงในภาคผนวก ง (รูปที่ ง-15) มีค่า delta Y = 4.980 % ในซึ่งคำนวณหามวลโมเลกุลของสารได้ 22.6092 g/mol จากมวลโมเลกุลที่คำนวณได้นั้นใกล้เคียงกับมวลโมเลกุลของน้ำ (18 g/mol) และจากเส้นกราฟมีความใกล้เคียงกับ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นจุดเดือดของน้ำพอดี จึงคาดว่าเป็นน้ำหนักที่หายไปของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.20 การวิเคราะห์ X-ray Diffactometer (XRD)

ทางผู้วิจัยได้ทำการนำตัวอย่างไปวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์เพื่อยืนยันโครงสร้าง และสารประกอบของสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตร ซึ่งเทคนิคนี้สามารถทำการวิเคราะห์ได้ทั้งสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง และสามารถนำมาใช้ในการศึกษาโครงสร้างผลึกของสารตัวอย่างได้

จากการศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตร ผลการทดลองแสดงในภาคผนวก ข (รูปที่ ง-16, 17และ 18) พบว่า สารปรับปรุงดินสูตรที่ 1 มีโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นหลัก ในขณะที่สารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 และ 3 มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับโครงสร้างของยิมซัม จากผลการวิเคราะห์สามารถยืนยันได้ว่าสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตร คือ เปลือกหอย ยิปซัมจากเปลือกหอย และยิปซัม – แคลเซียมฟอสเฟตไนเตรตจากเปลือกหอย ซึ่งสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตร สามารถที่จะเพิ่มพีเอชของดินให้มีความเป็นกลางได้ เนื่องจากมีแคลเซียมคาร์บอเนต และยิปซัมเป็นองค์ประกอบ

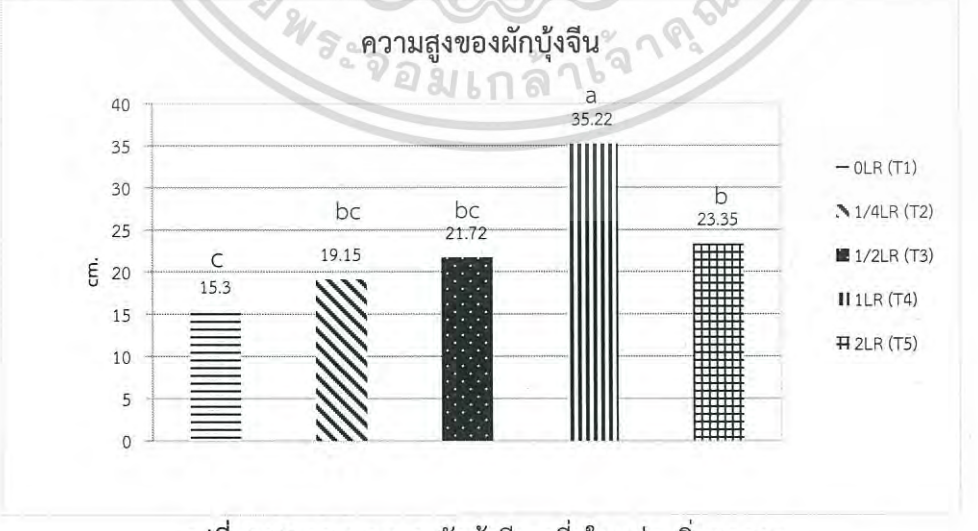
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

จากการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนจากสิ่งทดลองทั้ง 5 สิ่งทดลองซึ่งประกอบด้วย ความสูง จำนวนใบ และน้ำหนักสดของผักบุ้งจีนที่ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อครบ 28 วัน เนื่องจากผักบุ้งจีนเป็นพืชที่เจริญเติบโตไวสามารถเก็บเกี่ยวได้เร็วซึ่งใช้ระยะเวลาปลูกเพียง 25-30 วัน แสดงผลดังนี้

4.3.1 ความสูงของผักบุ้งจีน

จากการทดสอบการปลูกผักบุ้งจีนโดยการใช้สารปรับปรุงดินสูตรที่ดีสุดในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยเทียบจากการคำนวณปริมาณความต้องการปูน (ภาคผนวกข-4) จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าความสูงโดยเฉลี่ยของผักบุ้งจีนที่ปลูกในดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินในอัตราส่วน 1LR (T4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 0LR (T1), 1/4LR (T2), 1/2LR (T3) และ 2LR (T5) โดยการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 1/4LR (T2) ให้ผลผลิต คือ ความสูงของผักบุ้งจีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราส่วน 1/2LR (T3) และ 2LR (T5) โดยอัตราส่วนที่ 0LR (T1) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 1/4LR (T2) และ 1/2LR (T3) ซึ่งผลผลิตของผักบุ้งจีนที่ปลูกในดินหลังการเติมสารปรับปรุงดิน คือ ความสูงโดยเฉลี่ย สามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย a ได้แก่ ดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 1LR (T4) กลุ่มที่ 2 ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย b ได้แก่ ดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 2LR (T5) กลุ่มที่ 3 ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย bcได้แก่ ดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 1/4LR (T2) และ 1/2LR (T3) และ กลุ่มที่ 4 ใชสัญลักษณ์แทนด้วย c ได้แก่ ดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 0LR (T5) ซึ่งอัตราส่วนในกลุ่มที่ 1 ให้ผลผลิตของผักบุ้งจีน คือ ความสูงโดยเฉลี่ยสูงที่สุด 35.22 cm. และรองมา คือ กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ (ดังรูปที่ 4.17)

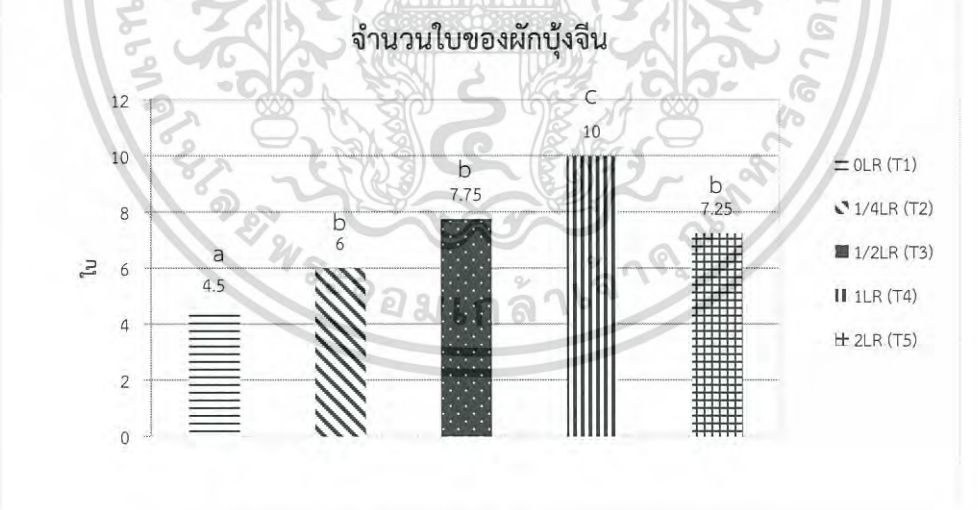


รูปที่ 4.17 ความสูงของผักบุ้งจีนเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 จำนวนใบของผักบุ้งจีน

จากการทดสอบการปลูกผักบุ้งจีนโดยการใช้สารปรับปรุงดินสูตรที่ดีสุดในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยเทียบจากการคำนวณปริมาณความต้องการปูน (ภาคผนวกข-4) จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่าจำนวนใบของผักบุ้งจีนหลังการเติมสารปรับปรุงดินในอัตราส่วน 1LR(T4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 0LR (T1), 1/4LR (T2), 1/2LR (T3) และ 2LR (T5) โดยการเติมสารปรับปรุงดินในอัตราส่วน 1/4LR (T2) ให้ผลผลิต คือ จำนวนใบของผักบุ้งจีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราส่วน 1/2LR (T3) และ 2LR (T5) และอัตราส่วน 0LR (T1) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 1/4LR (T2), 1/2LR (T3), 1LR (T4) และ 2LR (T5) ซึ่งผลผลิตของผักบุ้งจีนที่ปลูกในดินหลังการเติมสารปรับปรุงดิน คือ จำนวนใบโดยเฉลี่ยสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย a ได้แก่ ดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 0LR (T1) กลุ่มที่ 2 ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย b ได้แก่ ดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 1/4LR (T2), 1/2LR (T3) และ 2LR (T5) และกลุ่มที่ 3 ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย c ได้แก่ ดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 1LR (T4) ซึ่งอัตราส่วนในกลุ่มที่ 3 ให้ผลผลิตของผักบุ้งจีน คือ จำนวนใบโดยเฉลี่ยสูงที่สุด 10 ใบ และรองมา คือ กลุ่มที่ 2 และ 1 ตามลำดับ (ดังรูปที่ 4.18)

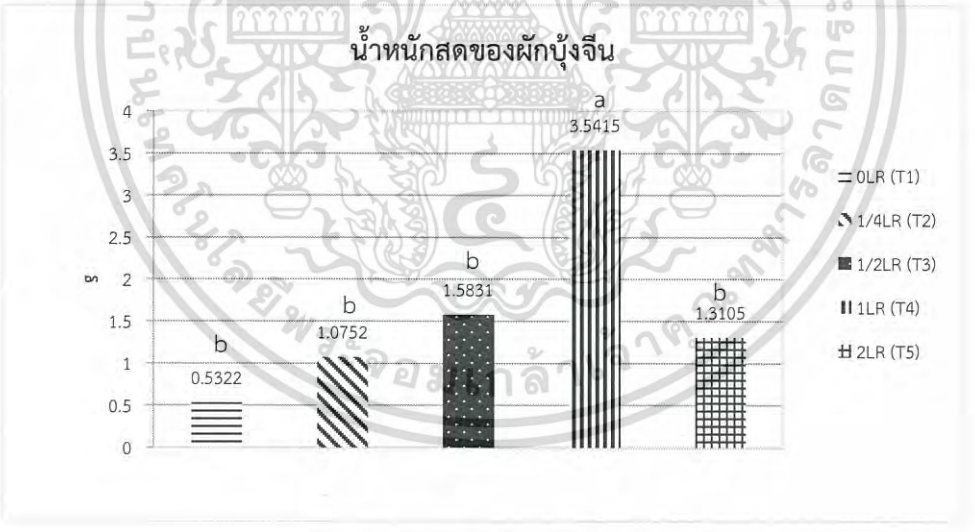


รูปที่ 4.18 จำนวนใบของผักบุ้งจีนเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 น้ำหนักสดของผักบุ้งจีน

จากการทดสอบการปลูกผักบุ้งจีนโดยการใช้สารปรับปรุงดินสูตรที่ดีสุดในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยเทียบจากการคำนวณปริมาณความต้องการปูน (ภาคผนวกข-4) จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Student-Newman-Keuls Procedure (SNK) พบว่า น้ำหนักสดโดยเฉลี่ยของผักบุ้งจีนที่ปลูกในดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินในอัตราส่วน 1LR (T4) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการเติมสารปรับปรุงดินในอัตราส่วน 0LR (T1), 1/4LR (T2), 1/2LR (T3) และ 2LR (T5) โดยการเติมสารปรับปรุงดินในอัตราส่วน 0LR (T1) ให้ผลผลิต คือ น้ำหนักสดของผักบุ้งจีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราส่วน 1/4LR (T2), 1/2LR (T3) และ 2LR (T5) ซึ่งผลผลิตของผักบุ้งจีนที่ปลูกในดินหลังการเติมสารปรับปรุงดิน คือ น้ำหนักสดโดยเฉลี่ย สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ใช้สัญลักษณ์แทน a ได้แก่ดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 1LR (T4) กลุ่มที่ 2 ใช้สัญลักษณ์แทน b ได้แก่ดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินอัตราส่วน 0LR (T1), 1/4LR (T2), 1/2LR (T3) และ 2LR (T5) ซึ่งอัตราส่วนของสารปรับปรุงดินในกลุ่มที่ 1 ให้ผลผลิตของผักบุ้งจีน คือ น้ำหนักสดโดยเฉลี่ยสูงที่สุด 3.5415 g และรองมาคือกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ (ดังรูปที่ 4.19)



รูปที่ 4.19 น้ำหนักสดของผักบุ้งจีนเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวด้วยสารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่สูตรต่าง ๆ โดยศึกษาประสิทธิภาพการใช้สารปรับปรุงดินจากเปลือกหอยแมลงภู่สูตรต่าง ๆ 3 สูตร เพื่อหาสูตรที่ดีที่สุดในการแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวควบคู่กับการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินตามความต้องการของพืช พบว่า สารปรับปรุงดินสูตรที่ 1 เปลือกหอย ($CaCO_3$) สามารถแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวได้ดีกว่าสูตรอื่น ๆ โดยมีค่า pH เพิ่มขึ้นจากดินตัวอย่าง 4.15 เป็น 7.16 แต่ยังขาดปริมาณธาตุอาหารซึ่งมีน้อยยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช สารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 ยิปซัมจากเปลือกหอย ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) สามารถแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวได้ดีรองจากสูตรที่ 1 โดยมีค่า pH 6.80 ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมเพียงพอต่อความต้องการของพืช รวมทั้งมีต้นทุนในการผลิตสารปรับปรุงดินที่ต่ำ จึงเลือกสูตรนี้เป็นสูตรที่ดีที่สุด และสารปรับปรุงดินสูตรที่ 3 ยิปซัม-แคลเซียมฟอสเฟตไนเตรตจากเปลือกหอย($CaSO_4 \cdot 2H_2O$+ $CaHPO_4$ + $Ca(NO_3)_2$) สามารถแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวได้น้อยที่สุด โดยมีค่า pH 6.23โดยสูตรนี้จะให้ปริมาณธาตุอาหารตามความต้องการของพืชมาก แต่ก็มีต้นทุนในการผลิตสารปรับปรุงดินที่สูงกว่า และเมื่อนำดินตัวอย่างหลังการปรับปรุงด้วยสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 มาทดสอบโดยการปลูกผักบุ้งจีนเพื่อหาอัตราส่วนที่ทำให้ผักบุ้งจีนเจริญเติบโตได้ดีที่สุดตั้งแต่ 0LR (T1) ถึง 2LR (T5) ตามการคำนวณปริมาณความต้องการปูนของดินตัวอย่าง พบว่าการใส่สารปรับปรุงดินในอัตราส่วน 1LR (T4) ทำให้มีการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนสูงที่สุด คือ ความสูง 35.22 cm จำนวนใบ 10 ใบ และน้ำหนักสด 3.5415 g โดยอัตราส่วนสารปรับปรุงดิน 1/4LR (T2) ถึง 2LR (T5) ทำให้ผลการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับดินตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารปรับปรุงดิน 0LR (T1) ซึ่งให้การเจริญเติบโตน้อยที่สุด อาจเนื่องจากค่า pH ดินที่ต่ำไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนทำให้ผักบุ้งจีนไม่สามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ได้, อัตราส่วนสารปรับปรุงดิน 1/4LR (T2) และ 1/2LR (T3) ให้การเจริญเติบโตสูงขึ้นแต่น้อยกว่า 1LR (T4)เนื่องจากยังมีปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช และเมื่อใส่สารปรับปรุงดินในอัตราส่วน 2LR (T5) ทำให้เจริญเติบโตของผักบุ้งจีนลดลง อาจเกิดจากปริมาณปูนที่มากเกินไป ทำให้ผักบุ้งจีนดูดธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการวิเคราะห์ธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินหลังการเติมสารปรับปรุงดินในอัตราส่วนต่าง ๆ ก่อนการทดลองปลูกพืช

5.2.2 ควรนำดินที่เติมสารปรับปรุงดินทุกสูตรมาทำการทดลองปลูกพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2547. **มาตรฐานคุณภาพดิน.**[Online]. Available :http://www.pcd.go.th /info_serv/reg_std_soil01.html#s1.

กรองแก้ว ทิพยศักดิ์ และคณะ.2558.**ปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อมสาหรับดินและอากาศ.**กรุงเทพฯ : โครงการตารา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2559. **หนังสือสถิติการเลี้ยงหอยทะเล.** [Online]. Available :http://www1.fisheries.go.th/it-stat/index.php?option=com_content&view= article&id=42.

นิรนาม. 2560. **ค่า pH กับการปลดปล่อยธาตุอาหาร.**[Online]. Available : https://www.thailandsmartgarden.com/%E0%B8%84%E0%B9%88%E0%B8%B2-ph%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%95%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%9E%E0%B8%B7%E0%B8%8A%E0%B8%AD%E0%B8%A2%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%A3/.

นิรนาม. 2560. **ค่า pH และ EC สำหรับปลูกพืชแต่ละชนิด.**[Online]. Available : http://coachnong.com/archives/612.

นิรนาม. 2554. **ความรู้เรื่องธาตุอาหารพืช แคลเซียม.**[Online]. Available : http://charitphomkum-amin999.blogspot.com/2011/09/blog-post_3017.html.

นิรนาม. 2553. **ระดับจุลธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน.**[Online]. Available : http://www.doa.go.th/kasikorn/year-53/kasikorn-53.html.

นิดดา หงษ์วิวัฒน์, ทวีทอง หงส์วิวัฒน์ และสุภาพรรณ เยี่ยมชัยภูมิ. 2548. **ผัก 333 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน.**กรุงเทพฯ: แสงแดด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ้านจอมยุทธ. 2543. **ดินเปรี้ยว.** [Online]. Available : https://www.baanjomyut.com/library_2/soil/04.html.

บริษัท วิโกเทค จำกัด. 2560. **วิธีการปลูกผักบุ้งจีน ผักแคลเซียมสูง ปลูกง่ายเจริญเติบโตไว.** [Online]. Available : http://www.vigotech.co.th/index.php?lay=show&ac=article&Id=539852761.

ปิยะ ดวงพัตรา.2553. **สารปรับปรุงดิน.**กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรี ธีรจินดาขจร. 2552. **คู่มือการวิเคราะห์ดินทางเคมี.**ขอนแก่น : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. 2560. **เปลือกหอย.**[Online]. Available :http://www.royin.go.th/?knowledges=%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%AB%E0%B8%AD%E0%B8%A2.

สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2547. **ลักษณะและอนุกรมวิธานของหอยแมลงภู่.**[Online]. Available :http://www.ku.ac.th/e-magazine/april47/agri/shell.html.

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. 2550. **การเลี้ยงหอยแมลงภู่.**[Online]. Available : http://www.coastalaqua.com/oldweb/index.php?option=com_content&task=view&id=104&Itemid=1.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. **มาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่รับรองโดยกรมพัฒนาที่ดิน.**[Online]. Available :https://www.ldd.go.th/link_q/standard/4.htm.

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2560. **ดินที่มีปัญหาประเภทต่างๆ ที่พบในประเทศไทย.**[Online]. Available : http://osl101.ldd.go.th/easysoils/s_problem2.htm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อภิชาติ ศรีสะอาด และจันทรา อู่สุวรรณ. 2556. **คู่มือการเพาะปลูกและดูแล ไม้กระถางให้งามสะพรั่งทั้งปี.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สมุทรสาคร :นาคา อินเตอร์มีเดีย.

Hortiasia blog. 2555. **ผักบุ้งจีน.**[Online]. Available :http://oknation.nationtv.tv/blog/horti-asia/2012/10/18/entry-1.

Learning module on Earth Science and Astronomy. 2546. **ดิน (Soil).** [Online]. Available :http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/lesa212/8/soil/properties_soil/properties_soil.html.

New Mexico State University. 2549. **Atomic Absorption Protocols.** [Online]. Available :https://web.nmsu.edu/~kburke/Instrumentation/800AAS_procd_temp.html.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-1 คุณสมบัติทางกายภาพของดิน

พารามิเตอร์	การทดลองซ้ำที่	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Silt + Clay (%)	Textural Class
เนื้อดิน	1	75.67	0.12	24.20	24.32	Sandy Clay Loam
	2	75.70	0.13	24.21	24.33	
	3	75.64	0.11	24.23	24.33	
	$\bar{X}$	75.67	0.12	24.21	24.33	
	S.D.	0.03	0.01	0.02	0.01	

ตาราง ก-2 ค่าความต้องการปูนของดิน

พารามิเตอร์	การทดลองซ้ำที่	ดินตัวอย่าง	LR (kg $CaCO_3$/ ไร่)
pH หลังเติม woodruff	1	6.21	960
	2	6.20	
	3	6.20	
	$\bar{X}$	6.20	
	S.D.	0.01	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-3 คุณสมบัติของวัสดุในการทำสารปรับปรุงดิน

พารามิเตอร์	การทดลองซ้ำที่	วัสดุในการทำสารปรับปรุงดิน			
		ดินตัวอย่าง	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 1	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 3
ความชื้น (%)	1	6.34	1.45	5.40	11.10
	2	6.29	1.58	5.02	10.64
	3	6.12	1.42	5.12	11.94
	$\overline{X}$	6.25	1.48	5.18	11.23
	S.D.	0.12	0.08	0.20	0.66
pH (1:1)	1	4.16	6.95	7.21	6.44
	2	4.14	6.95	7.14	6..48
	3	4.14	6.94	7.08	6.49
	$\overline{X}$	4.15	6.95	7.14	6.46
	S.D.	0.01	0.01	0.06	0.04
EC (dS/m)	1	0.39	7.55	9.37	35.20
	2	0.37	7.58	9.47	34.90
	3	0.39	7.67	9.45	35.30
	$\overline{X}$	0.38	7.60	9.43	35.13
	S.D.	0.01	0.06	0.05	0.21
OM (%)	1	3.66	1.49	2.16	1.75
	2	3.80	1.50	1.86	1.85
	3	3.78	1.48	2.31	1.89
	$\overline{X}$	3.75	1.49	2.11	1.83
	S.D.	0.08	0.01	0.23	0.07
CEC (meq/100g)	1	20.29	-	-	-
	2	21.91			
	3	21.41			
	$\overline{X}$	21.20	-	-	-
	S.D.	0.83	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์	การทดลองซ้ำที่	วัสดุในการทำสารปรับปรุงดิน							
		ดินตัวอย่าง		ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 1		ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2		ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 3	
Exch. Acidity (meq/100g)	1	4.52		-		-		-	
	2	4.53							
	3	4.11							
	$\bar{X}$	4.39		-		-		-	
	S.D.	0.24		-		-		-	
Exch. Al(meq/100g)	1	4.45		-		-		-	
	2	4.47							
	3	4.84							
	$\bar{X}$	4.59		-		-		-	
	S.D.	0.22		-		-		-	
Ammonium – N และ Nitrate – N(mg/kg)	1	0	0	0	218.98	39.18	274.25	43.55	174.19
	2	0	35.57	0	219.36	39.25	235.52	43.44	130.33
	3	0	17.74	0	219.52	39.19	274.35	43.52	130.57
	$\bar{X}$	0	17.77	0	219.29	39.21	261.37	43.50	145.03
	S.D.	0.00	17.78	0.00	0.28	0.04	22.39	0.06	25.25
Available P (mg/kg)	1	0.43		0.02		5.75		52.97	
	2	0.41		0.001		5.90		55.02	
	3	0.40		0.01		5.08		55.88	
	$\bar{X}$	0.41		0.01		5.58		54.62	
	S.D.	0.01		0.01		0.44		1.50	
Exch.K (mg/kg)	1	530.07		272.21		297.24		912.62	
	2	494.57		226.65		287.98		798.42	
	3	526.88		265.78		331.49		927.15	
	$\bar{X}$	517.17		254.88		305.57		879.40	
	S.D.	19.64		24.66		22.92		70.50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์	การทดลองซ้ำที่	วัสดุในการทำสารปรับปรุงดิน			
		ดินตัวอย่าง	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 1	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 3
Exch. Na (mg/kg)	1	616.60	2782.78	3548.10	3781.33
	2	*268.14	*3138.98	3686.17	*2846.72
	3	1016.26	2708.09	*4433.85	4211.32
	$\bar{X}$	816.43	2745.44	3617.14	3996.32
	S.D.	282.60	52.81	97.63	304.05
Exch. Ca (mg/kg)	1	797.60	6040.15	28543.92	37120.20
	2	893.80	5719.36	*26527.88	38380.70
	3	868.26	5713.16	27765.93	*43502.23
	$\bar{X}$	853.22	5824.22	28154.93	37750.45
	S.D.	49.83	187.02	550.12	891.31
Exch. Mg (mg/kg)	1	559.41	237.80	1096.88	1302.95
	2	523.86	208.10	1026.26	1214.86
	3	545.13	218.96	1150.29	1259.54
	$\bar{X}$	542.80	221.62	1091.14	1259.12
	S.D.	17.89	15.03	62.21	44.05
Extr. S (mg/kg)	1	155.68	396.21	6591.93	5786.55
	2	142.47	369.67	5968.00	5806.34
	3	220.88	426.06	6181.12	6702.46
	$\bar{X}$	173.01	397.31	6247.02	6098.45
	S.D.	41.98	28.21	317.14	523.18
Fe (mg/kg)	1	78339.21	907.34	*2743.12	-
	2	*49036.78	940.75	760.00	2034.88
	3	75114.56	*198.33	518.44	4646.73
	$\bar{X}$	76726.89	924.04	639.22	3340.80
	S.D.	2280.17	23.62	170.81	1846.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์	การทดลองซ้ำที่	วัสดุในการทำสารปรับปรุงดิน			
		ดินตัวอย่าง	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 1	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 3
Zn (mg/kg)	1	297.69	78.76	*213.11	-
	2	236.23	*150.92	69.20	153.37
	3	298.46	101.15	121.04	196.51
	$\bar{X}$	277.46	89.96	95.12	174.94
	S.D.	335.71	15.83	36.66	30.50
Mn (mg/kg)	1	442.62	327.22	196.08	-
	2	336.64	264.21	119.00	87.21
	3	289.90	285.60	107.68	98.35
	$\bar{X}$	356.39	292.34	140.92	92.78
	S.D.	78.25	32.04	48.10	7.88
CCE (%)	1	-	121.06	113.62	122.70
	2		122.76	117.46	117.18
	3		122.20	115.68	120.99
	$\bar{X}$	-	122.01	115.59	120.29
	S.D.	-	0.87	1.92	2.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-4 คุณสมบัติของดินหลังทำการปรับปรุง

พารามิเตอร์	การทดลองซ้ำที่	สูตรสารปรับปรุงดิน		
		ดินตัวอย่าง+ สูตรที่ 1	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 3
ความชื้น (%)	1	8.10	11.28	12.55
	2	11.76	13.34	14.04
	3	9.64	10.96	13.87
	4	8.87	10.82	15.44
	5	10.76	10.97	10.28
	$\bar{X}$	9.83	11.47	13.24
	S.D.	1.46	1.06	1.94
pH (1:1)	1	7.16	6.80	6.23
	2	7.15	6.78	6.22
	3	7.18	6.80	6.22
	4	7.17	6.81	6.26
	5	7.16	6.80	6.21
	$\bar{X}$	7.16	6.80	6.23
	S.D.	0.01	0.01	0.02
EC (dS/m)	1	1.75	3.41	4.44
	2	1.78	3.74	4.51
	3	1.72	3.49	4.45
	4	1.76	3.31	4.53
	5	1.72	3.47	4.24
	$\bar{X}$	1.75	3.48	4.43
	S.D.	0.03	0.16	0.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์	การทดลองซ้ำที่	สูตรสารปรับปรุงดิน		
		ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 1	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 3
OM (%)	1	3.71	4.58	4.26
	2	3.71	4.5	4.45
	3	3.69	4.52	4.24
	4	3.78	4.77	4.28
	5	3.78	4.59	4.48
	$\bar{X}$	3.73	4.59	4.34
	S.D.	0.04	0.11	0.11
CEC (meq/100g)	1	19.32	19.29	18.06
	2	18.74	19.49	16.73
	3	18.55	20.23	16.72
	4	18.81	18.92	17.32
	5	18.27	20.12	19.38
	$\bar{X}$	18.74	19.61	17.64
	S.D.	0.39	0.56	1.12
Exch. Acidity(meq/100g)	1	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00
	$\bar{X}$	0.00	0.00	0.00
	S.D.	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์	การทดลองซ้ำที่	สูตรสารปรับปรุงดิน					
		ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 1		ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2		ดินตัวอย่าง+ สูตรที่ 3	
Exch. Al (meq/100g)	1	0.00		0.00		0.00	
	2	0.22		0.22		0.00	
	3	0.00		0.00		0.00	
	4	0.22		0.00		0.00	
	5	0.22		0.00		0.00	
	$\bar{X}$	0.13		0.04		0.00	
	S.D.	0.12		0.10		0.00	
Ammonium – N และ Nitrate –N (mg/kg)	1	0.00	42.57	0.00	86.89	22.51	225.08
	2	21.29	42.58	0.00	131.04	44.98	224.89
	3	21.29	42.58	21.83	130.96	44.97	269.83
	4	21.28	42.57	21.88	87.51	44.98	269.87
	5	21.28	42.56	0.00	87.26	22.35	290.54
	$\bar{X}$	17.03	42.57	8.74	104.73	35.96	256.04
	S.D.	9.52	0.01	11.97	23.98	12.35	29.58
Available P (mg/kg)	1	0.77		2.69		56.99	
	2	0.65		3.36		55.52	
	3	0.63		2.88		58.25	
	4	0.41		4.33		53.70	
	5	0.40		3.40		52.35	
	$\bar{X}$	0.57		3.33		55.36	
	S.D.	0.16		0.64		2.39	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์	การทดลองซ้ำที่	สูตรสารปรับปรุงดิน		
		ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 1	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2	ดินตัวอย่าง+ สูตรที่ 3
Exch.K (mg/kg)	1	366.22	312.31	449.83
	2	309.40	293.47	413.70
	3	299.29	318.67	444.55
	4	320.96	314.39	438.94
	5	362.06	351.64	451.30
	$\overline{X}$	331.59	318.10	439.66
	S.D.	30.72	21.09	15.31
Exch. Na (mg/kg)	1	326.01	452.34	547.91
	2	293.56	358.56	412.57
	3	291.84	375.10	454.73
	4	304.64	435.48	434.53
	5	445.78	405.06	518.45
	$\overline{X}$	332.37	405.31	473.64
	S.D.	64.85	39.43	57.32
Exch. Ca (mg/kg)	1	5567.15	9751.49	9386.70
	2	5173.29	9579.66	*10384.99
	3	5299.93	9705.01	9102.53
	4	5422.58	9882.69	9863.02
	5	5317.81	9729.15	9769.06
	$\overline{X}$	5356.15	9729.60	9530.33
	S.D.	147.48	108.40	351.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์	การทดลองซ้ำที่	สูตรสารปรับปรุงดิน		
		ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 1	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2	ดินตัวอย่าง+ สูตรที่ 3
Exch. Mg (mg/kg)	1	565.08	719.64	673.62
	2	575.51	719.88	770.77
	3	567.16	760.71	786.16
	4	560.32	760.98	752.71
	5	554.50	765.04	814.55
	$\bar{X}$	564.51	745.25	759.56
	S.D.	7.84	23.33	53.13
Extr. S (mg/kg)	1	468.80	4677.47	2931.64
	2	470.24	4550.00	2768.32
	3	466.94	3905.25	3076.51
	4	470.87	4789.67	3156.99
	5	418.15	5082.02	2867.42
	$\bar{X}$	459.00	4600.88	2960.18
	S.D.	22.88	435.74	156.92
Fe (mg/kg)	1	*123311.15	*6974.42	*72002.42
	2	*28582.77	84204.20	*87944.98
	3	57738.33	*58905.75	*43025.11
	4	*81704.61	86926.65	50631.89
	5	52935.32	89600.97	50858.76
	$\bar{X}$	55336.83	86910.61	50745.33
	S.D.	3369.24	2698.42	160.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์	การทดลองซ้ำที่	สูตรสารปรับปรุงดิน		
		ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 1	ดินตัวอย่าง + สูตรที่ 2	ดินตัวอย่าง+ สูตรที่ 3
Zn (mg/kg)	1	276.06	*51.96	212.15
	2	167.33	211.81	252.43
	3	218.59	238.62	183.34
	4	259.52	277.02	142.23
	5	188.26	227.93	148.72
	$\bar{X}$	221.95	238.84	187.77
	S.D.	46.01	27.73	45.81
Exch.Mn (mg/kg)	1	459.77	304.76	509.69
	2	342.40	245.24	290.25
	3	347.03	586.06	252.09
	4	308.28	406.14	336.01
	5	353.23	530.03	417.26
	$\bar{X}$	362.14	414.45	361.06
	S.D.	57.29	144.52	103.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-5 ความสูงของผักบุ้งจีนหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อครบ 28 วัน

ชุดการทดลอง (Treatment)	ความสูงของผักบุ้งจีนเมื่อครบ 28 วัน (cm)					
	การทดลองซ้ำที่ 1	การทดลองซ้ำที่ 2	การทดลองซ้ำที่ 3	การทดลองซ้ำที่ 4	$\overline{X}$	±SD
T_1	13	17	13.2	18	15.30	2.57
T_2	17.4	21.8	17.1	20.3	19.15	2.28
T_3	24.1	19.6	18.5	24.7	21.72	3.13
T_4	35.7	28	35.8	41.4	35.22	5.50
T_5	27.3	24.4	20.5	21.2	23.35	3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-6 จำนวนใบของผักบุ้งจีนหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อครบ 28 วัน

ชุดการทดลอง (Treatment)	จำนวนใบของผักบุ้งจีนเมื่อครบ 28 วัน (ใบ)					
	การทดลองซ้ำที่ 1	การทดลองซ้ำที่ 2	การทดลองซ้ำที่ 3	การทดลองซ้ำที่ 4	$\overline{X}$	±SD
T_1	4	5	4	5	4.5	0.58
T_2	6	7	6	6	6.0	0.82
T_3	8	7	9	7	7.75	0.96
T_4	11	8	11	10	10	1.41
T_5	7	7	8	7	7.25	0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-7 น้ำหนักสดของผักบุ้งจีนหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อครบ 28 วัน

ชุดการทดลอง (Treatment)	น้ำหนักสดของผักบุ้งจีนเมื่อครบ 28 วัน (g)					
	การทดลองซ้ำที่ 1	การทดลองซ้ำที่ 2	การทดลองซ้ำที่ 3	การทดลองซ้ำที่ 4	$\overline{X}$	±SD
T_1	0.6551	0.5055	0.4542	0.5141	0.5322	0.09
T_2	1.4551	0.8630	0.6182	1.3646	1.0752	0.40
T_3	1.0238	1.8626	2.0257	1.4202	1.5831	0.45
T_4	4.7006	2.3604	3.4933	3.6116	3.5415	0.96
T_5	0.9865	1.0060	1.2014	2.0482	1.3105	0.50

หมายเหตุ - หมายถึงไม่ได้ทำการตรวจวัด

* หมายถึง ค่าตัดทิ้ง เนื่องจากมีค่าสูงหรือต่ำกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วิธีการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารมาตรฐาน NaOH 0.1 N

ครั้งที่	น้ำหนัก KHP (g)	ปริมาตร NaOH (mL)			[NaOH] N
		ปริมาตรเริ่มต้น	ปริมาตรสิ้นสุด	ปริมาตรที่ใช้	
1	0.2422	0.00	12.00	12.00	0.0988
2	0.2420	12.00	24.00	12.00	0.0987
3	0.2419	24.00	36.00	12.00	0.0987
ค่าเฉลี่ย					0.0987

$$[\text{NaOH, N}] = \frac{\text{น้ำหนัก (g) ของ KHP} \times 1000}{\text{น้ำหนัก(g) สมมูลของกรด KHP} \times \text{ปริมาตรของ NaOH}}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

$$[\text{NaOH, N}] = \frac{0.2422 \times 1000}{204.23 \times 12.00} = 0.0988 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารมาตรฐาน HCl 0.1 N

ครั้งที่	น้ำหนัก Na_2CO_3 (g)	ปริมาตร HCl (mL)			[HCl] N
		ปริมาตรเริ่มต้น	ปริมาตรสิ้นสุด	ปริมาตรที่ใช้	
1	0.0538	0.00	10.00	10.00	0.1015
2	0.0541	10.00	20.05	10.05	0.1016
3	0.0540	20.05	30.05	10.00	0.1019
ค่าเฉลี่ย					0.1017

$$[HCl, N] = \frac{\text{น้ำหนัก (g) ของ } Na_2CO_3 \times 1000}{\text{น้ำหนัก(g) สมมูลของ } Na_2CO_3 \times \text{ปริมาตรของ } HCl \text{ ที่ใช้}}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

$$[HCl, N] = \frac{0.0538 \times 1000}{53 \times 10.00} = 0.1015 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของ FAS 0.5 N

ครั้งที่	ปริมาตร 1N $K_2Cr_2O_7$ (ml)	ปริมาตร FAS (mL)			[FAS] N
		ปริมาตรเริ่มต้น	ปริมาตรสิ้นสุด	ปริมาตรที่ใช้	
1	5.00	0.00	9.00	9.00	0.5556
2	5.00	9.00	17.95	8.95	0.5586
3	5.00	17.95	27.00	9.05	0.5525
ค่าเฉลี่ย					0.5556

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

ตัวอย่างการคำนวณ

$$(1\ N)(5.00\ ml) = (X)(9.00\ ml)$$
$$X = 0.5556\ N$$

4. ความต้องการปูนของดิน

จากค่า pH หลังเติมWoodruff'sbuffer = 6.20

นำเทียบกับตารางปริมาณปูนความต้องการใช้ พบว่า มีความต้องการปูน = 1,248 kg$CaCO_3$/ไร่

มีปริมาณปูนที่แนะนำ = 960 kg$CaCO_3$/ไร่

จากเปลือกหอยมีปริมาณปูน 122.0067 kg$CaCO_3$/ไร่ ต้องใช้เปลือกหอย 100 kg/ไร่

ถ้าต้องการปริมาณปูน 960 kg$CaCO_3$/ไร่ ต้องใช้เปลือกหอย 786.84 kg/ไร่

คิดต่อดิน 20 g ต้องใช้เปลือกหอย 2.4627 gหรือ 0.123 kg/1kgดิน

จากการทดลองที่ 1ใช้ดิน 60 gในการบ่มดินด้วยสารปรับปรุงดินทั้ง 3 สูตร

∴ ต้องใช้เปลือกหอย = 7.3881 g (7.4 g)

จากการทดลองที่ 2 ใช้ดิน 45 kgในการบ่มดินด้วยสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นสูตรที่ดีที่สุด

∴ต้องใช้เปลือกหอย = 5.535 kg (เทียบเท่าความต้องการปูน 1LR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การแปลความหมายผลการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค-1 ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (1:1)

ระดับ	พิสัย
กรดรุนแรงมากที่สุด	< 3.5
กรดรุนแรงมาก	3.5 - 4.5
กรดจัดมาก	4.6 – 5.0
กรดจัด	5.1 – 5.5
กรดปานกลาง	5.6 – 6.0
กรดเล็กน้อย	6.1 – 6.5
กรดกลาง	6.6 – 7.3
ด่างเล็กน้อย	7.4 – 7.8
ด่างปานกลาง	7.9 – 8.4
ด่างจัด	8.5 – 9.0
ด่างจัดมาก	>9.0

ที่มา : (คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค-2 ค่าการนำไฟฟ้ามาตรฐานและระดับความเค็ม

ค่าการนำไฟฟ้า (ds/m)	ระดับความเค็ม
< 2	ไม่เค็ม
2 – 4	เค็มเล็กน้อย
4 – 8	เค็มปานกลาง
8 – 16	เค็มมาก
> 16	เค็มจัด

ที่มา :Beck (1999) ; Bower และ Wilcox (1965) ; Jackson (1958)

ตารางค-3 pH กับชนิดและปริมาณปูนที่ต้องการใช้ เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดของดิน

pH after buffer	LR (kg/ไร่)	ปริมาณปูนที่แนะนำ				
		$CaCO_3$ (kg/ไร่)	ปูนขาว (kg/ไร่)	ปูนมาร์ล (kg/ไร่)	หินปูนบด (kg/ไร่)	ปูนโดโลไมท์(kg/ไร่)
6.9	156	120	94	144	180	131
6.8	312	240	187	288	360	262
6.7	468	360	281	432	540	392
6.6	624	480	374	576	720	523
6.5	780	600	468	720	900	654
6.4	936	720	562	864	1080	785
6.3	1092	840	655	1008	1260	916
6.2	1248	960	749	1152	1440	1046
6.1	1404	1080	842	1296	1620	1177
6.0	1560	1200	936	1440	1800	1308
5.9	1716	1320	1030	1584	1980	1439
5.8	1872	1440	1123	1728	2160	1570
5.7	2028	1560	1217	1872	2340	1700
5.6	2184	1680	1310	2016	2520	1831

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pH after buffer	LR (kg/ไร่)	ปริมาณปูนที่แนะนำ				
		$CaCO_3$ (kg/ไร่)	ปูนขาว (kg/ไร่)	ปูนมาร์ล (kg/ไร่)	หินปูนบด (kg/ไร่)	ปูนโดโลไมท์(kg/ไร่)
5.5	2340	1800	1404	2160	2700	1962
5.4	2496	1920	1498	2304	2880	2093
5.3	2652	2040	1591	2448	3060	2224
5.2	2808	2160	1685	2592	3240	2354
5.1	2964	2280	1778	2736	3420	2485
5.0	3120	2400	1872	2880	3600	2616
4.9	3278	2520	1966	3024	3780	2747
4.8	3432	2640	2059	3168	3960	2878
4.7	3588	2760	2153	3312	4140	3008
4.6	3744	2880	2246	3456	4320	3139
4.5	3900	3000	2340	3600	4500	3270
4.4	4056	3120	2434	3744	4680	3402

ที่มา : (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

ตาราง ค-4 ระดับอินทรียวัตถุ

ระดับ (rating)	พิสัย (ร้อยละ)
ต่ำมาก	< 0.5
ต่ำ	0.5 – 1.0
ค่อนข้างต่ำ	1.0 – 1.5
ปานกลาง	1.5 – 2.5
ค่อนข้างสูง	2.5 – 3.5
สูง	3.5 – 4.5
สูงมาก	> 4.5

ที่มา :(คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค-5 ระดับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน

ระดับ (rating)	CEC (*meq/100g*)
ต่ำมาก	< 3
ต่ำ	3 – 5
ค่อนข้างต่ำ	5 – 10
ปานกลาง	10 – 15
ค่อนข้างสูง	15 – 20
สูง	20 – 30
สูงมาก	>30

ที่มา :กรมพัฒนาที่ดิน (2540)

ตาราง ค-6 ระดับปริมาณของอะลูมินัมแลกเปลี่ยนได้

ระดับ	ปริมาณของอะลูมินัมแลกเปลี่ยนได้
ต่ำมาก	<1.0
ต่ำ	1.0 – 5.0
ปานกลาง	5.0 – 9.0
สูง	9.0 – 13.0
สูงมาก	>13.0

ที่มา : (คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค-7 ระดับของปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน

ระดับ	Available P (mg/kg)
ต่ำมาก	<3
ต่ำ	3 – 10
ปานกลาง	11 – 15
สูง	16 – 45
สูงมาก	>45

ที่มา :กรมพัฒนาที่ดิน (2540)

ตาราง ค-8 ระดับของปริมาณโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน

ระดับ	K (mg/kg)
ต่ำมาก	<30
ต่ำ	30 – 60
ปานกลาง	61 – 90
สูง	91 – 120
สูงมาก	>120

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค-9 ระดับปริมาณแคตไอออนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

แคตไอออน	ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืช (mg/kg)				
	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
Ca	<400	400-1000	1001-2000	2001-4000	>4000
Mg	<36	36-120	121-365	366-975	>975
S	<5	5-10	11-2-	21-30	>30
Na	<23	23-69	69-161	161-460	>460

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2540)

ตาราง ค-10 ระดับปริมาณโลหะหนัก

ธาตุ	ระดับ (mg/kg)
Mn	<1800
Zn	<70

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2547)
กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
ภาพประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง-1 ชุดการทดลองในการปลูกผักบุ้งจีนระหว่างสารปรับปรุงดินสูตรที่ 2 ต่อดินเปรี้ยวในอัตราส่วนต่าง ๆ

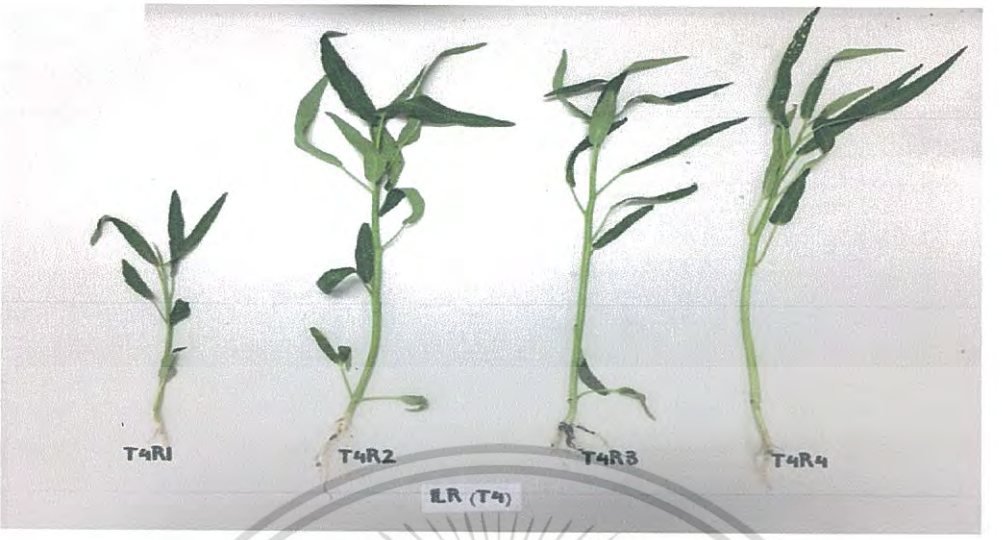
รูปที่ ง-2 การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนของ treatment ที่ 1 ซ้ำที่ 1-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง-3 การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนของ treatment ที่ 2 ซ้ำที่ 1-4

รูปที่ ง-4 การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนของ treatment ที่ 3 ซ้ำที่ 1-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง-5 การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนของ treatment ที่ 4 ซ้ำที่ 1-4

รูปที่ ง-6 การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนของ treatment ที่ 5 ซ้ำที่ 1-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Printed by Eval on 08-Dec-2017 09:51:13
Sample :XF61_002_04_Sample_S
Sample measured on 09-Nov-2017 12:20:31

O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Fe
	0.2 KCps	0.3 KCps	0.1 KCps	1.1 KCps	0.1 KCps	0.4 KCps	1.3 KCps	0.4 KCps	183.6 KCps	3.3 KCps
29.7 %	1.45 %	0.530 %	0.310 %	2.47 %	0.147 %	0.314 %	1.23 %	0.142 %	62.9 %	0.412 %

Cu	Compton	Rayleigh	Norm.
2.6 KCps			
0.234 %	0.79	0.93	100.00 %

Printed by Eval on 08-Dec-2017 09:46:47
Sample :XF61_002_04_Sample_S
Sample measured on 09-Nov-2017 12:20:31

Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	SO3	Cl	K2O	CaO	Fe2O3	CuO
0.2 KCps	0.3 KCps	0.1 KCps	1.1 KCps	0.1 KCps	0.4 KCps	1.3 KCps	0.4 KCps	183.6 KCps	3.3 KCps	2.6 KCps
1.95 %	0.879 %	0.585 %	5.29 %	0.337 %	0.783 %	1.23 %	0.171 %	88.0 %	0.589 %	0.293 %

Compton	Rayleigh	Norm.
0.79	0.93	100.30 %

รูปที่ ง-7 ผลวิเคราะห์ X-ray fluorescence spectrometry (XRF) ของสารปรับปรุงดิน สูตรที่ 1

Printed by Eval on 08-Dec-2017 09:51:48
Sample :XF61_002_05_Sample_SS
Sample measured on 09-Nov-2017 12:37:01

O	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Fe	Cu
	0.3 KCps	0.2 KCps	0.1 KCps	0.7 KCps	0.3 KCps	15.9 KCps	0.4 KCps	183.8 KCps	2.7 KCps	2.5 KCps
38.2 %	1.55 %	0.325 %	0.161 %	1.17 %	0.357 %	11.2 %	0.0965 %	46.5 %	0.199 %	0.146 %

Compton	Rayleigh	Norm.
0.85	0.97	100.00 %

Printed by Eval on 08-Dec-2017 09:47:49
Sample :XF61_002_05_Sample_SS
Sample measured on 09-Nov-2017 12:37:01

Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	SO3	K2O	CaO	Fe2O3	CuO	Compton
0.3 KCps	0.2 KCps	0.1 KCps	0.7 KCps	0.3 KCps	15.9 KCps	0.4 KCps	183.8 KCps	2.7 KCps	2.5 KCps	
2.09 %	0.538 %	0.303 %	2.49 %	0.818 %	28.1 %	0.116 %	65.0 %	0.284 %	0.183 %	0.85

Rayleigh	Norm.
0.97	100.00 %

รูปที่ ง-8 ผลวิเคราะห์ X-ray fluorescence spectrometry (XRF) ของสารปรับปรุงดิน สูตรที่2

Printed by Eval on 08-Dec-2017 09:52:21
Sample :XF61_002_06_Sample_SSNP
Sample measured on 09-Nov-2017 12:53:48

O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Fe
	0.8 KCps	0.8 KCps	0.1 KCps	0.8 KCps	2.0 KCps	10.1 KCps	2.6 KCps	1.5 KCps	180.5 KCps	3.4 KCps
35.6 %	4.57 %	1.08 %	0.195 %	1.27 %	2.60 %	7.06 %	1.86 %	0.380 %	45.0 %	0.260 %

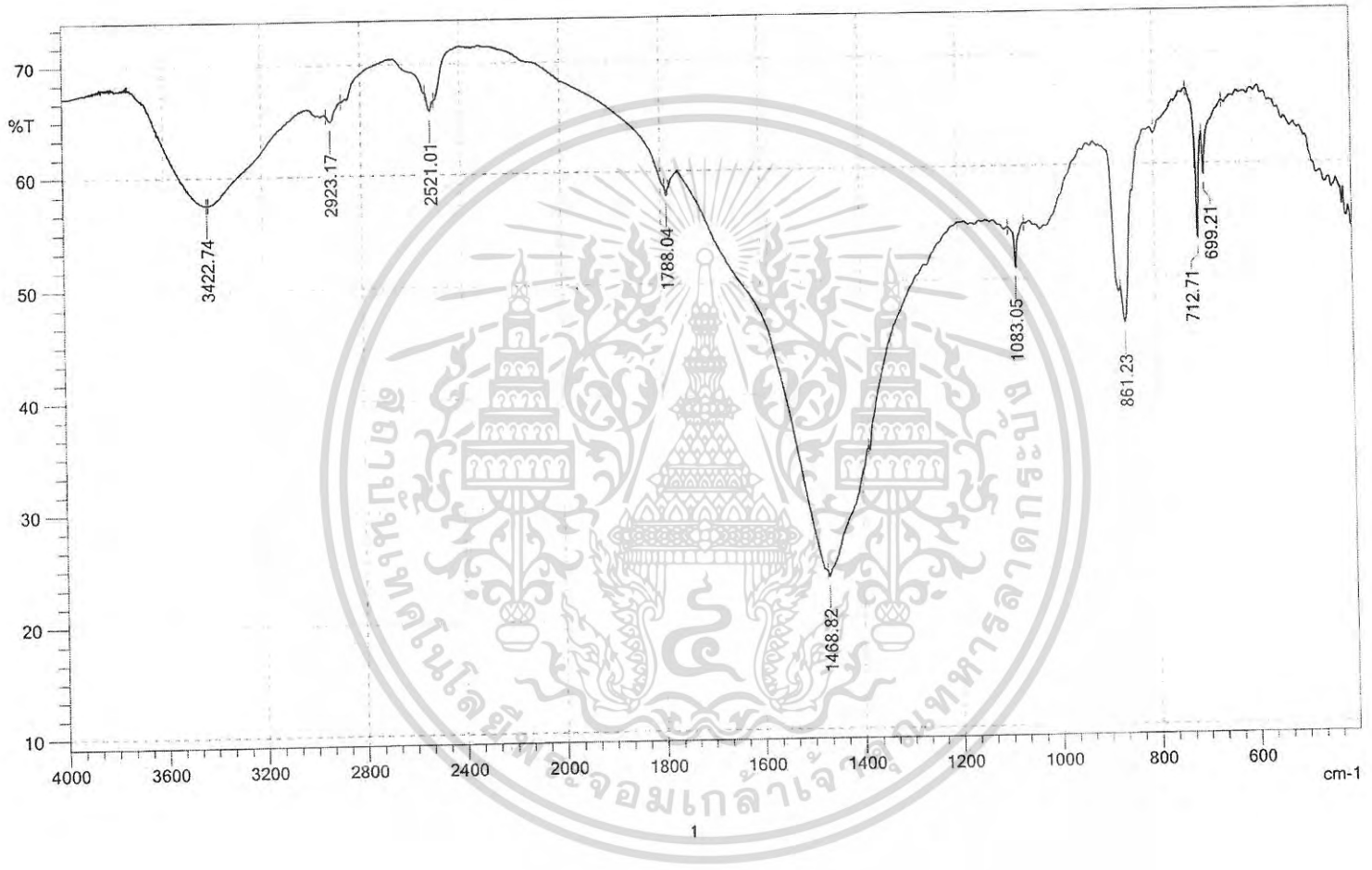
Cu	Compton	Rayleigh	Norm.
2.5 KCps			
0.144 %	0.81	0.94	100.00 %

Printed by Eval on 08-Dec-2017 09:49:02
Sample :XF61_002_06_Sample_SSNP
Sample measured on 09-Nov-2017 12:53:48

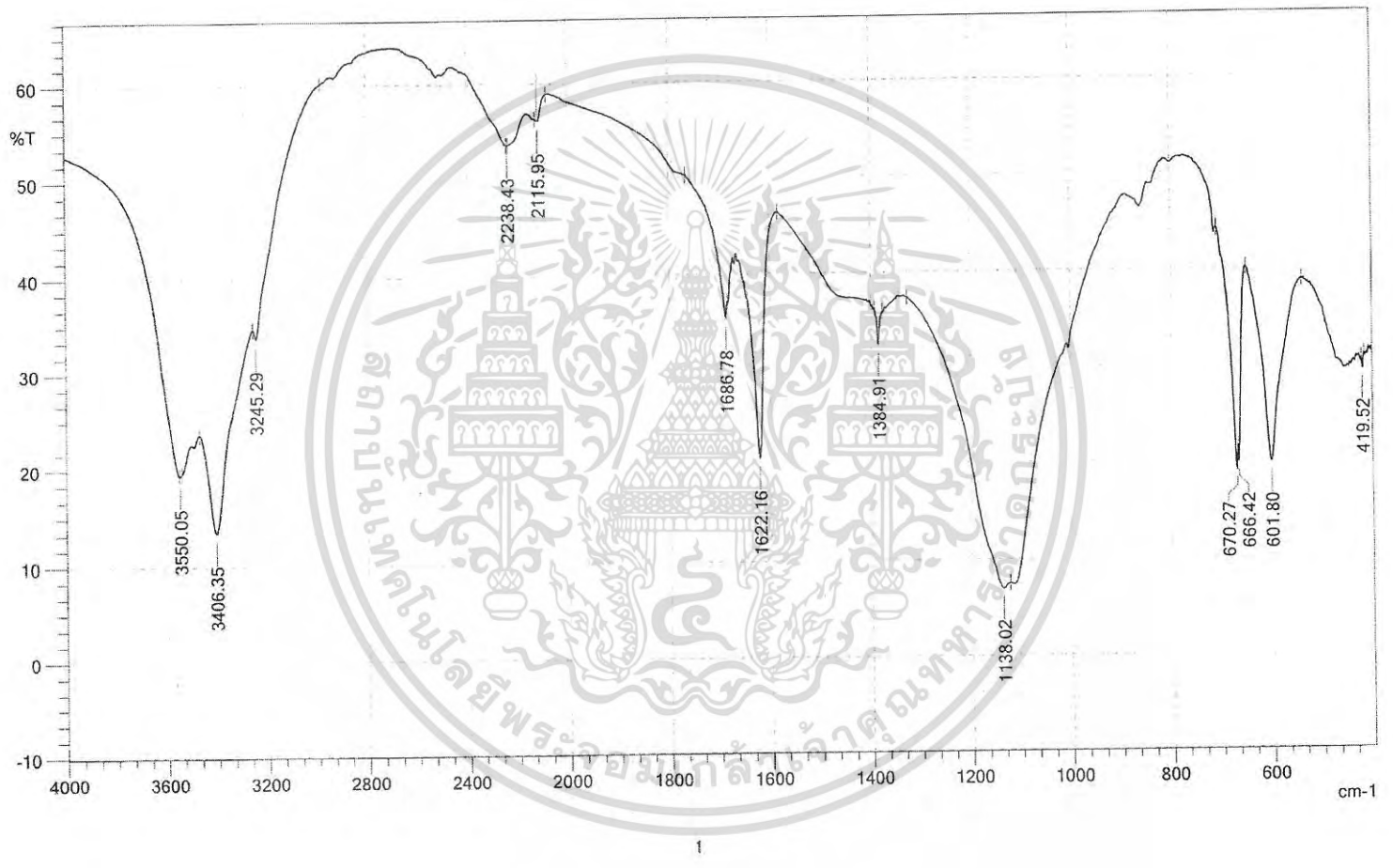
Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	SO3	Cl	K2O	CaO	Fe2O3	CuO
0.8 KCps	0.8 KCps	0.1 KCps	0.8 KCps	2.0 KCps	10.1 KCps	2.6 KCps	1.5 KCps	180.5 KCps	3.4 KCps	2.5 KCps
6.16 %	1.78 %	0.368 %	2.71 %	5.97 %	17.6 %	1.86 %	0.458 %	62.9 %	0.372 %	0.180 %

Compton	Rayleigh	Norm.
0.81	0.94	100.40 %

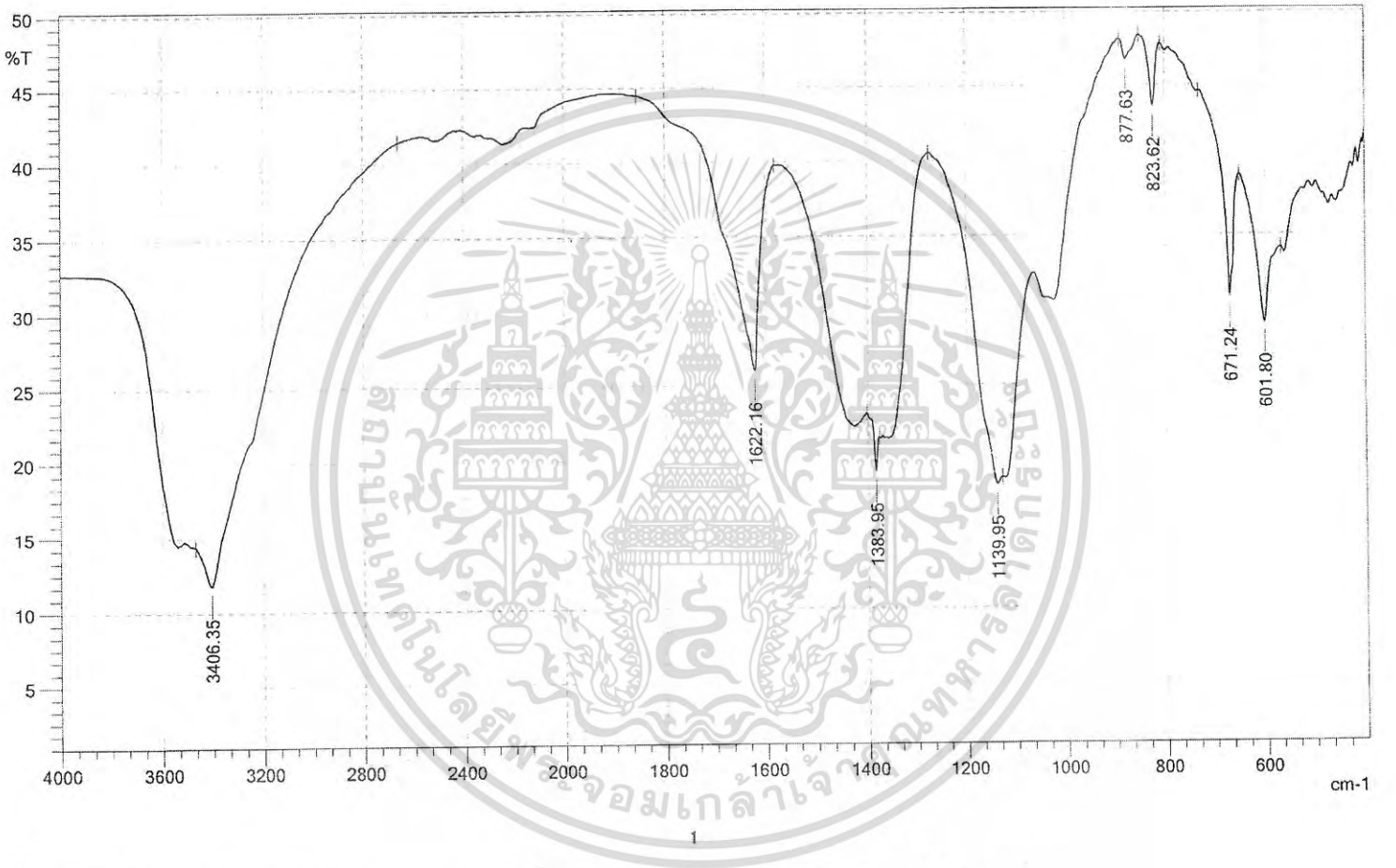
รูปที่ ง-9 ผลวิเคราะห์ X-ray fluorescence spectrometry (XRF) ของสารปรับปรุงดิน สูตรที่3



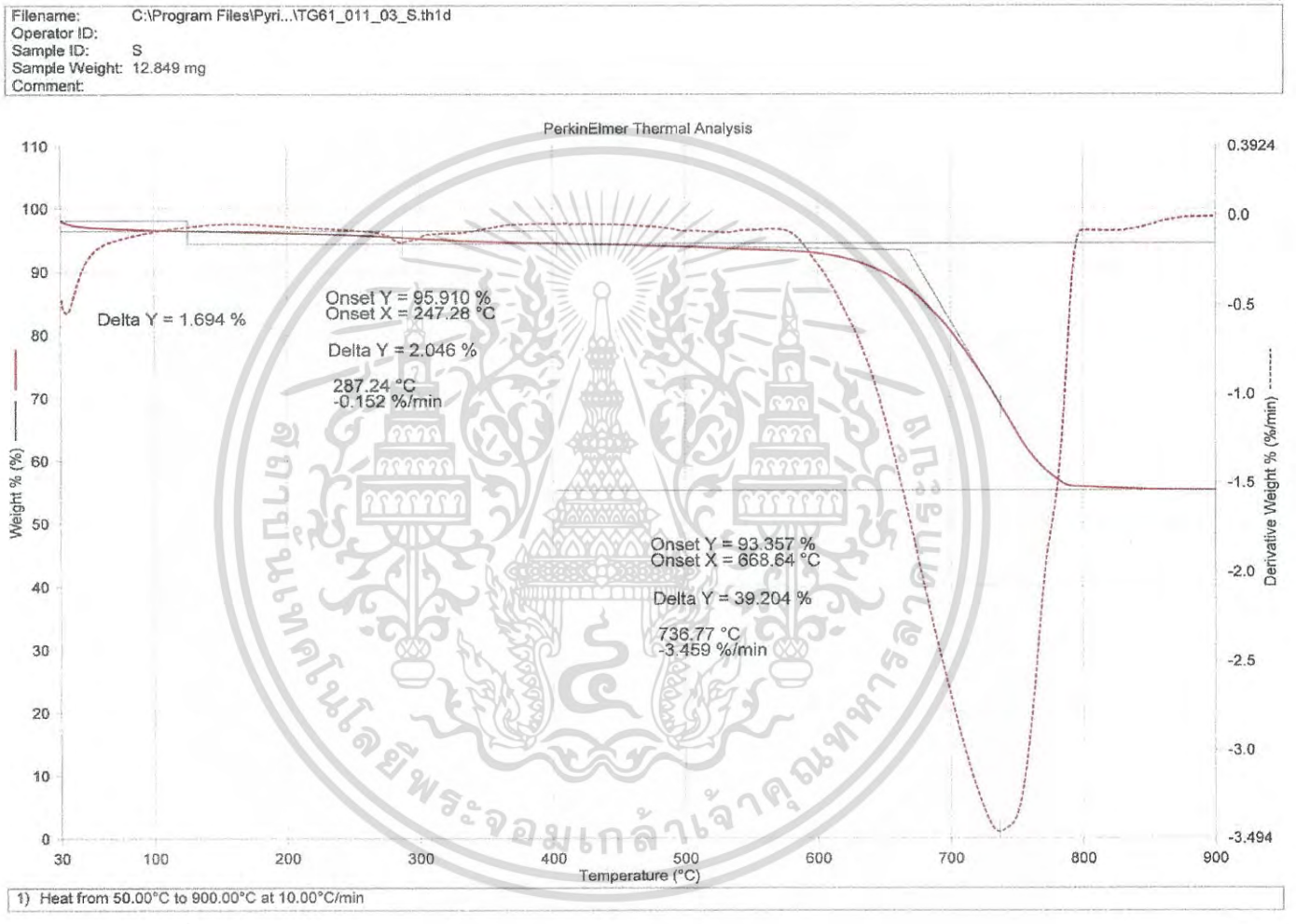
รูปที่ง-10 ผลวิเคราะห์ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)ของสารปรับปรุงดิน สูตรที่ 1



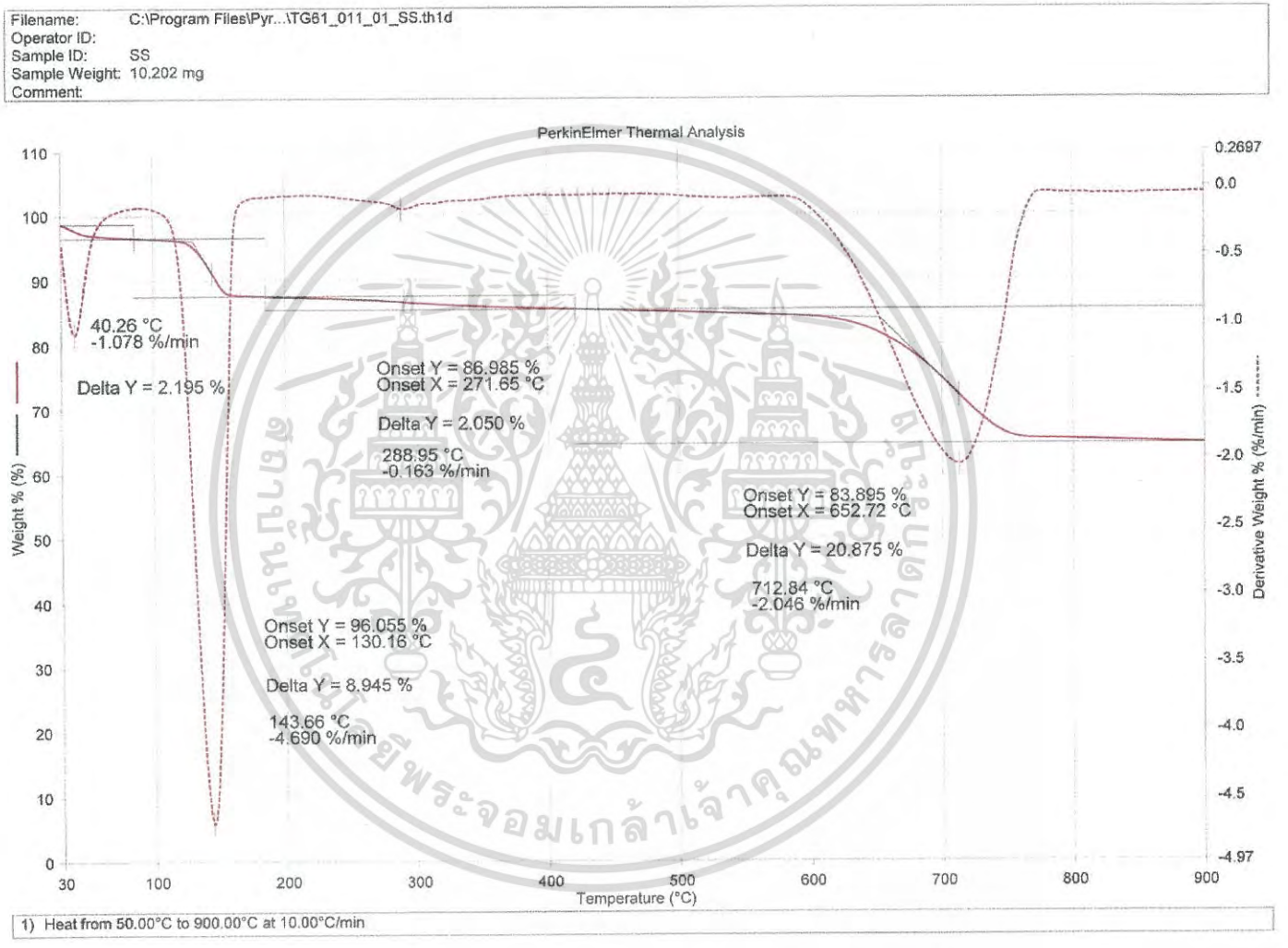
รูปที่ง-11 ผลวิเคราะห์ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)ของสารปรับปรุงดิน สูตรที่ 2



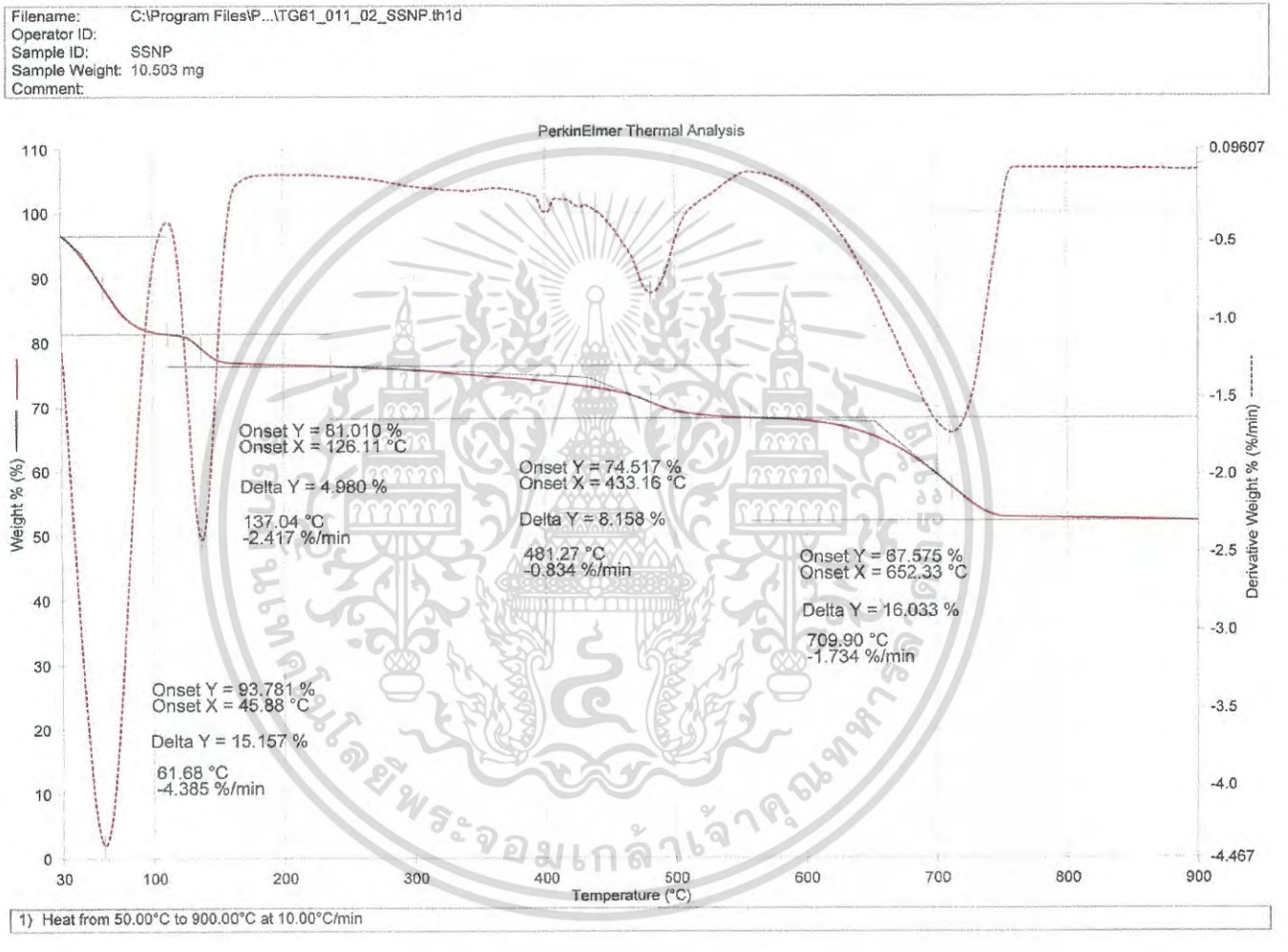
รูปที่ง-12 ผลวิเคราะห์ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)ของสารปรับปรุงดิน สูตรที่ 3



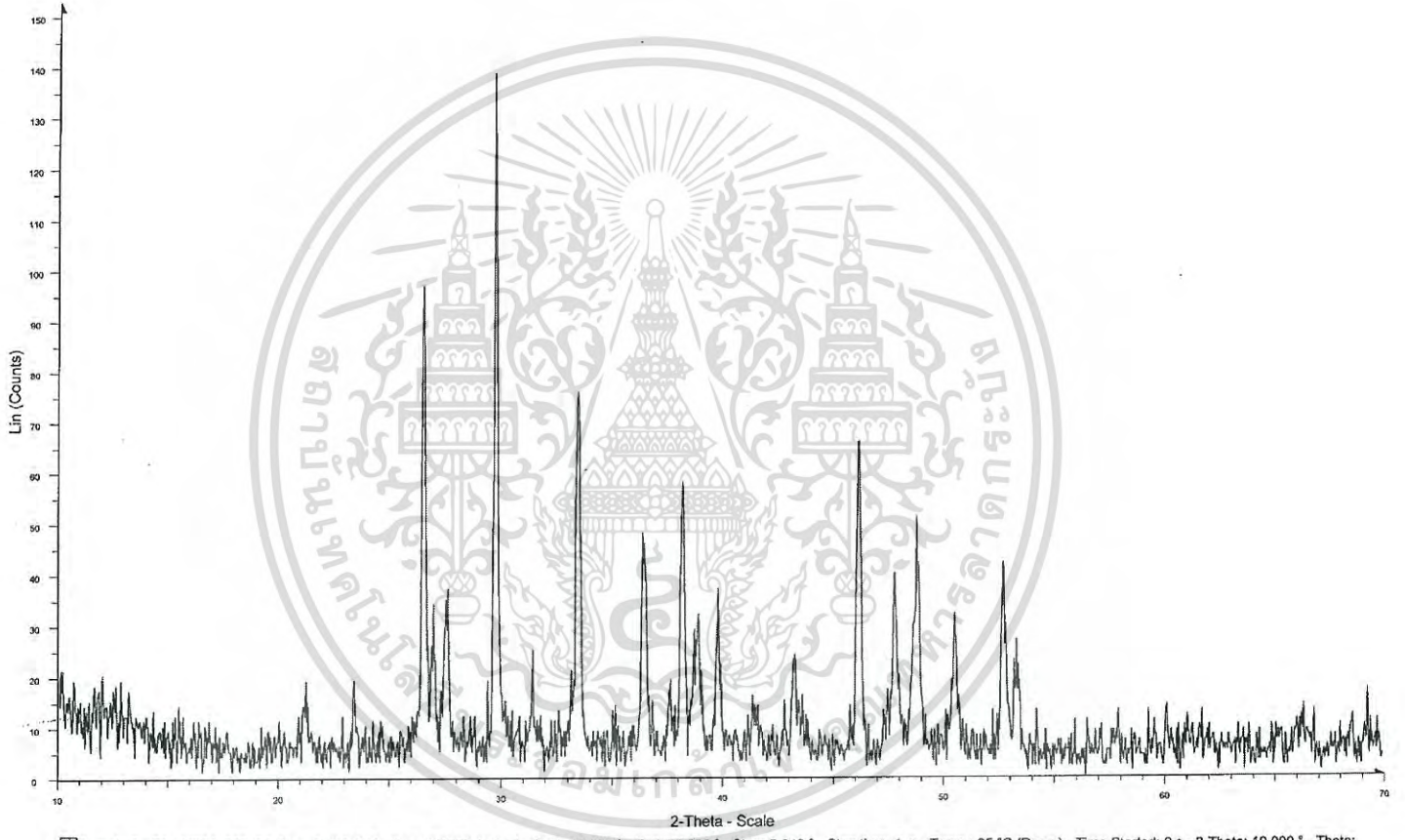
รูปที่ ง-13 ผลวิเคราะห์ Thermo Gravimetric Analysis (TGA) ของสารปรับปรุงดิน สูตรที่ 1



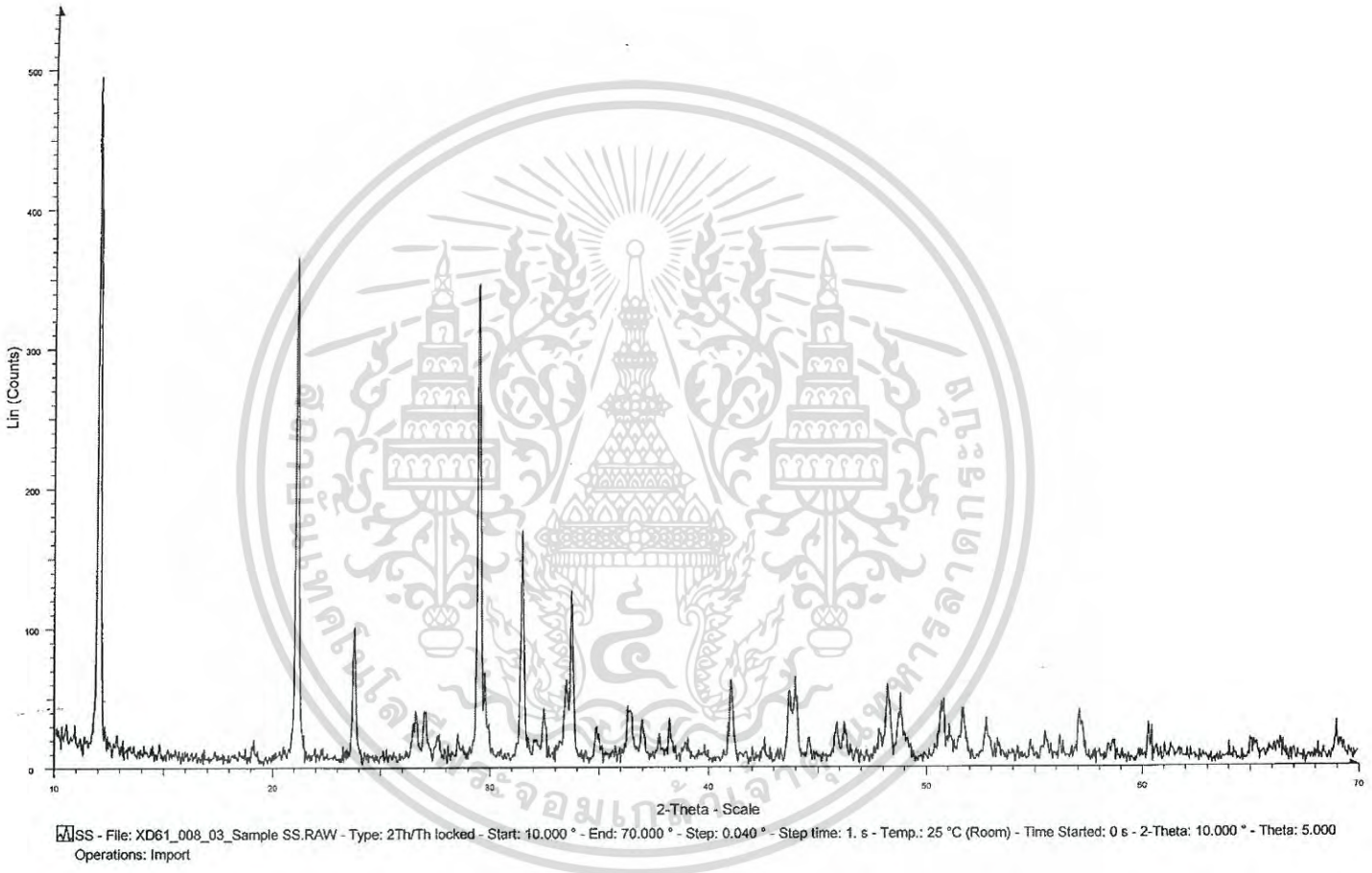
รูปที่ ง-14 ผลวิเคราะห์ Thermo Gravimetric Analysis (TGA) ของสารปรับปรุงดิน สูตรที่ 2



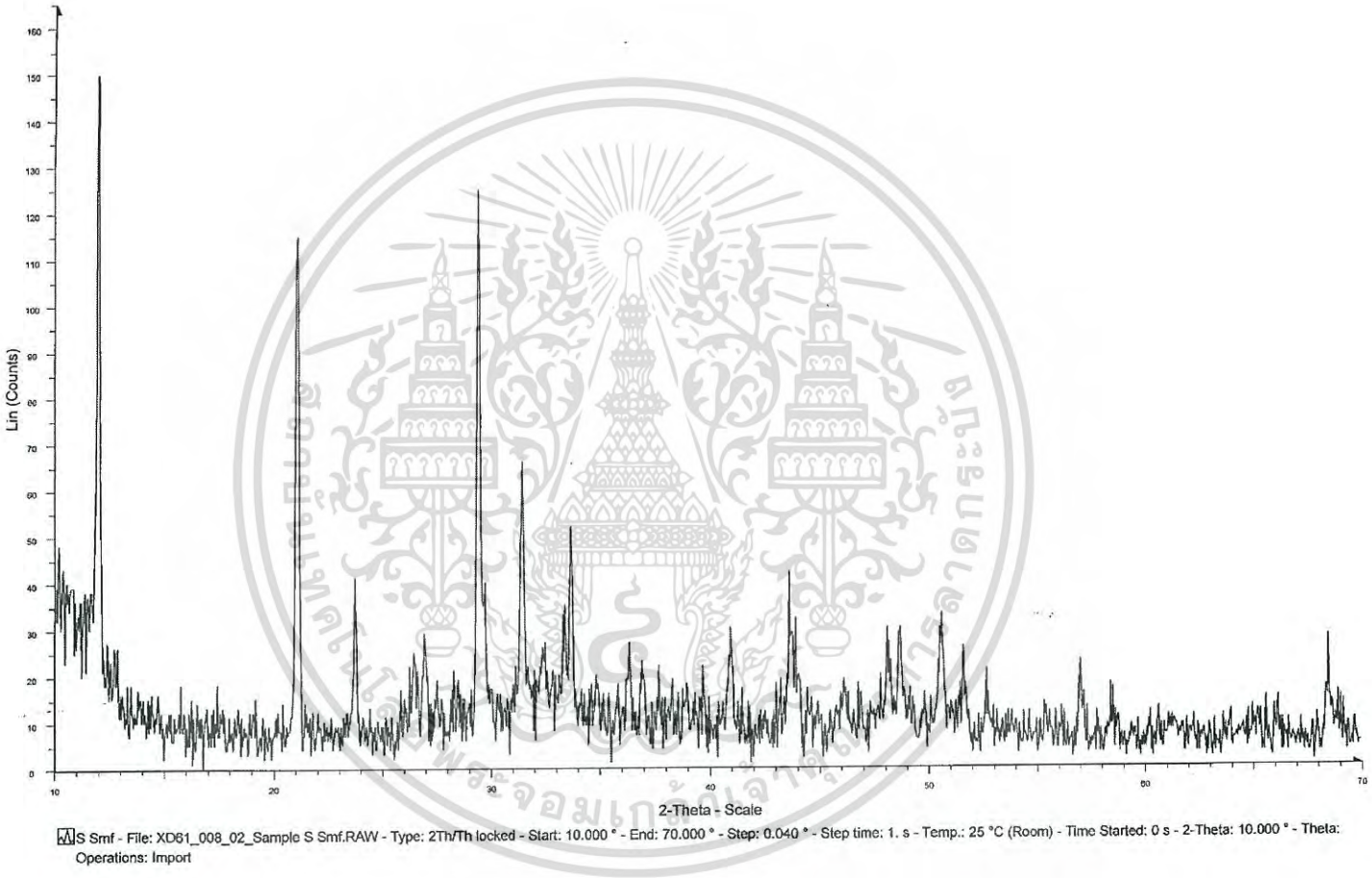
รูปที่ ง-15 ผลวิเคราะห์ Thermo Gravimetric Analysis (TGA) ของสารปรับปรุงดิน สูตรที่ 3



รูปที่ ง-16 ผลวิเคราะห์ X-ray Diffactometer (XRD) ของสารปรับปรุงดิน สูตรที่ 1



รูปที่ ง-17 ผลวิเคราะห์ X-ray Diffactometer (XRD) ของสารปรับปรุงดิน สูตรที่ 2



รูปที่ ง-18 ผลวิเคราะห์ X-ray Diffactometer (XRD) ของสารปรับปรุงดิน สูตรที่ 3