การเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดินด้วยกากถั่วเหลือง

INCREASING THE AMOUNT OF NITROGEN IN THE SOIL WITH SOYBEAN MEAL

ณัฐภูมิ ใจงูเหลือม
วีร์สุดา เอสันเทียะ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INCREASING THE AMOUNT OF NITROGEN IN THE SOIL WITH SOYBEAN MEAL

NATTHAPUM JAINGULUEAM
VEESUDA ASANTHIA

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, SCHOOL OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดินด้วยกากถั่วเหลือง Increasing the amount of nitrogen in the soil with soybean meal
ชื่อนักศึกษา	นายณัฐภูมิ ใจงูเหลือม รหัสนักศึกษา 63050318 นางสาววีร์สุดา เอสันเทียะ รหัสนักศึกษา 63050353
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2566

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร. ชมพูนุท ไชยรักษ์ ประธานกรรมการ	
ดร. ปรางค์ทิพย์ ฤทธิโชติ แก้วเพ็งกรอ กรรมการ	
ผศ.ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดินด้วยกากถั่วเหลือง
ชื่อนักศึกษา นายณัฐภูมิ ใจงูเหลือม รหัสนักศึกษา 63050318
นางสาววีร์สุดา เอสันเทียะ รหัสนักศึกษา 63050353
ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา เคมี
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา 2566
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ศึกษาการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดินด้วยกากถั่วเหลือง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบศักยภาพในการเพิ่มไนโตรเจนในดินด้วยกากถั่วเหลือง ศึกษาอัตราส่วนและระยะเวลาที่เหมาะสมของกากถั่วเหลืองในการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดิน การทดลองนี้ได้ศึกษาอัตราส่วนระหว่างดินต่อกากถั่วเหลืองคือ 1:0.5, 1:1 และ1:2 ใช้จุลินทรีย์ พด.2 จากกรมพัฒนาที่ดินเป็นตัวย่อยอินทรียวัตถุ โดยมีระยะเวลาบ่มตัวอย่าง 7, 14 และ 21 วัน ผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ 1:1 และระยะเวลาบ่ม 14 วัน มีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 3.66±0.01 อีกทั้งยังมีปริมาณฟอสฟอรัส 10.42±0.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียม 11056.93±63.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

คำสำคัญ : ดิน, ถั่วเหลือง, กากถั่วเหลือง, ไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title Increasing the amount of nitrogen in the soil with soybean meal

Students Mr. Natthapum Jaingulueam Student ID 63050318

Miss. Veesuda Asanthia Student ID 63050353

Degree Bachelor of Science (Environmental Chemistry)

Department Chemistry

School Science

University King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)

Academic Year 2023

Advisor Asst. Prof. Dr. Glinsukol Suwannarat

Abstract

This special project investigates increasing nitrogen content in the soil with soybean meal, with the objective of knowing the potential for increasing nitrogen in the soil with soybean meal. Study the optimal ratio and duration of soybean meal to increase nitrogen content in the soil. This experiment studied the ratio between soil and soybean meal of 1:0.5, 1:1, 1:2 and used microorganisms P.D.2 from the Department of Land Development, it is a sub-organic matter with a sample incubation period of 7, 14 and 21 days. The results showed that the best ratio is 1:1 and the curing period is 14 days with total nitrogen content of 3.66±0.01%. Also has a Phosphorus as 10.42±0.42 milligrams per kilogram, Potassium as 11056.93±63.62 milligrams per kilogram and Suitable for plant growth.

Keywords : Soil, Soybean, Soybean meal, Nitrogen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดจนให้ความรู้ ความเข้าใจ ทำให้โครงงานพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ขึ้นมาได้ ผู้จัดทำโครงงานพิเศษขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความอนุเคราะห์ทุน สถานที่ และอุปกรณ์เครื่องมือในการทำโครงงานพิเศษ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ต่าง ๆ รวมถึงคำแนะนำในการทำการวิจัยและการแก้ไขปัญหา

ขอขอบคุณกรมพัฒนาที่ดิน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้คำปรึกษา ให้ความอนุเคราะห์จุลินทรีย์ ให้คำแนะนำรวมถึงคู่มือและงานวิจัยต่างๆ

ขอขอบคุณบิดา มารดา ลุง ป้า น้า เพื่อน พี่ น้อง ผู้อยู่เบื้องหลังที่คอยให้คำปรึกษาและสนับสนุน ช่วยเหลือการทำงานทำให้โครงงานปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงมาได้

สุดท้ายนี้หากมีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อบกพร่องและความผิดพลาด ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานพิเศษฉบับนี้คงมีประโยชน์ไม่มากก็น้อยสำหรับผู้ที่สนใจศึกษา

ณัฐภูมิ ใจงูเหลือม
วีร์สุดา เอสันเทียะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ถั่วเหลือง 3
2.1.1 ข้อมูลทั่วไป 3
2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง 4
2.1.3 ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง 5
2.2 กากถั่วเหลือง 5
2.2.1 ข้อมูลทั่วไป 5
2.2.2 ชนิดและองค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง 6
2.3 ธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อพืช 7
2.3.1 ธาตุไนโตรเจน 7
2.3.2 ธาตุฟอสฟอรัส 7
2.3.3 ธาตุโพแทสเซียม 8
2.4 สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 8
2.5 ดิน 9
2.5.1 ส่วนประกอบของดิน 9
2.5.2 คุณสมบัติของดิน 10
2.5.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ 10
2.5.2.2 คุณสมบัติทางคมี 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5.2.3 คุณสมบัติทางชีวภาพ 17
2.5.3 ปัญหาคุณภาพดิน 18
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 22
3.1 การเก็บตัวอย่าง 22
3.2 การเตรียมตัวอย่าง 22
3.3 การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน 23
3.4 การวิเคราะห์ความต้องการปูน 23
3.5 การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดิน 24
3.6 การวิเคราะห์ความชื้น ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นอนุภาค และความพรุนของดิน 25
3.6.1 วิเคราะห์ความชื้น 25
3.6.2 ความหนาแน่นรวม 25
3.6.3 ความหนาแน่นของอนุภาค 26
3.6.4. ความพรุนของดิน 27
3.7 การวิเคราห์อนุภาคดิน 27
3.8 การวิเคราะห์ไนโตรเจนในดินทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl 28
3.9 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชด้วยวิธีของ Bray II 30
3.10 การวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชด้วยวิธี 1N NH_4OAc pH 7 32
3.11 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช 33
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 35
4.1 ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง 35
4.2 ผลการวิเคราะห์ความต้องการปูน 35
4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดิน 36
4.4 ผลการวิเคราะห์ความชื้น ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นอนุภาค และความพรุนของดิน 37
4.4.1 ผลการวิเคราะห์ความชื้น 37
4.4.2 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม 37
4.4.3 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นของอนุภาค 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.4.4. ผลการวิเคราะห์ความพรุนของดิน 37
4.5 ผลการวิเคราะห์อนุภาคดิน 38
4.6 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนในดินทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl 39
4.7 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชด้วยวิธีของ Bray II 39
4.8 ผลการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชด้วยวิธี 1N NH4OAc pH 7 40
4.9 ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช 41
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 43
5.1 สรุปผลการวิจัย 43
5.2 ข้อเสนอแนะ 43
เอกสารอ้างอิง 44
ภาคผนวก 48
ภาคผนวก ก หลักการและวิธีการคำนวณ 49
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์และการประเมินผล 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 องค์ประกอบโดยประมาณของส่วนของถั่วเหลือง โดยร้อยละวัตถุแห้ง 4
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง โดยร้อยละวัตถุแห้ง 5
2.3 ขนาดของอนุภาคดิน 11
2.4 ปริมาณของอนุภาคในเนื้อดิน โดยร้อยละน้ำหนัก 13
2.5 ระดับความรุนแรงของความเป็นกรด-ด่างของดิน (ดิน:น้ำ , 1:1) 16
4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความต้องการปูน และค่าการนำไฟฟ้า 36
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้น ความหนาแน่นรวม และความหนาแน่นอนุภาคดิน 38
4.3 ผลการวิเคราะห์อนุภาคของดินตัวอย่าง 38
4.4 ผลการวิเคราะห์ประเภทของดินตัวอย่าง 38
ข.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 53
ข.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของไนโตรเจนทั้งหมดที่ 53
ระยะเวลาบ่ม 7 วัน
ข.3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของไนโตรเจนทั้งหมดที่ 53
ระยะเวลาบ่ม 14 วัน
ข.4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของไนโตรเจนทั้งหมดที่ 54
ระยะเวลาบ่ม 21 วัน
ข.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 54
ข.6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ 54
ระยะเวลาบ่ม 7 วัน
ข.7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ 55
ระยะเวลาบ่ม 14 วัน
ข.8 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ 55
ระยะเวลาบ่ม 21 วัน
ข.9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 55
ข.10 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ 56
ระยะเวลาบ่ม 7 วัน
ข.11 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ 56
ระยะเวลาบ่ม 14 วัน
ข.12 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ 56
ระยะเวลาบ่ม 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ข.13 การประเมินผลค่าการนำไฟฟ้า (ดิน : น้ำ, 1 : 5) 58
ข.14 การประเมินระดับไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ด้วยวิธี Kjeldahl 58
ข.15 การประเมินระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ด้วยวิธี Bray II 58
ข.16 การประเมินระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ด้วยวิธี 1N NH_4OAc pH 7 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 กากถั่วเหลืองที่ใช้ในงานวิจัย ขนาด 149 ไมโครเมตร 6
2.2 จุลินทรีย์ 5 สายพันธุ์ในสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 9
2.3 ส่วนประกอบของดินในอุดมคติ 10
2.4 สัดส่วนการกระจายตัวของอนุภาคดิน 13
2.5 โครงสร้างดินแบบต่าง ๆ 15
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนกับระยะเวลาบ่ม 39
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าปริมาณฟอสฟอรัสกับระยะเวลาบ่ม 40
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าปริมาณโพแทสเซียมกับระยะเวลาบ่ม 41
4.4 การเจริญเติบโตของผักบุ้ง 42
ข.1 กราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส 55
ข.2 กราฟมาตรฐานโพแทสเซียม 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ถั่วเหลือง (Soybean) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max (L.) Merr.* เป็นพืชล้มลุกใบเลี้ยงคู่ เป็นพืชที่มีการปลูกทั่วไปเกือบทุกส่วนของโลกรวมทั้งประเทศไทย และยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ ถั่วเหลืองมีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมน้ำมันพืชที่ค้าขายทั้งในตลาดภายในประเทศและตลาดโลก สำหรับอุตสาหกรรมอาหารนั้นถั่วเหลืองนำมาใช้ประโยชน์ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อการบริโภค โดยอาหารที่แปรรูปจากถั่วเหลืองที่เป็นที่รู้จัก คือน้ำเต้าหู้ เต้าหู้ยี้ เต้าเจี้ยว เนยถั่ว นมถั่วเหลือง ซีอิ้ว ซอส ขนม เทมเป้ นัตโตะ เป็นต้น (อัญชลี และกัญญ์วรา, 2565) ซึ่งในอุตสาหกรรมเหล่านี้จะใช้ถั่วเหลืองประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณถั่วเหลืองทั้งหมดที่ผลิตได้ ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีโปรตีนและน้ำมันในเมล็ดสูง โดยมีโปรตีนร้อยละ 30-36 และน้ำมันร้อยละ 15-25 สำหรับกากถั่วเหลืองถือเป็นของเสียที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม หากไม่สามารถนำกากถั่วเหลืองเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ได้ กากถั่วเหลืองจะกลายเป็นขยะและจะส่งผลต่อสภาพแวดล้อม

กากถั่วเหลือง (Soybean meal) ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้ ในแต่ละกิโลกรัมของถั่วเหลืองที่ใช้ในการผลิตจะเกิดกากถั่วเหลืองประมาณ 1.1-1.2 กิโลกรัม ปัจจุบันกากถั่วเหลืองได้รับการจัดการเหมือนกับของเสียชนิดหนึ่ง โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น กากถั่วเหลืองจะถูกนำไปเผาทำลายทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกากถั่วเหลืองแห้ง 100 กรัม ประกอบไปด้วยความชื้นประมาณร้อยละ 9.80 โปรตีนประมาณร้อยละ 47.60 ไขมันประมาณร้อยละ 3.20 เส้นใยประมาณร้อยละ 6.60 เถ้าประมาณร้อยละ 7.60 คาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 35.10 แคลเซียมประมาณร้อยละ 0.38 ฟอสฟอรัสประมาณร้อยละ 0.66 (สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, 2559) ปริมาณโปรตีนที่เหลือในกากถั่วเหลืองมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 47.60 โดยในโปรตีนมีกรดอะมิโน การเพิ่มกรดอะมิโนลงไปในดินสามารถช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนได้ พืชสามารถรับกรดอะมิโนจากดินเพื่อรับไนโตรเจนอินทรีย์ กรดอะมิโนพบได้ตามธรรมชาติในดินและให้โปรตีนที่มีไนโตรเจน อย่างไรก็ตามเพื่อให้ได้ไนโตรเจนพืชจะต้องย่อยโปรตีนก่อนซึ่งต้องมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน กรดอะมิโนจะช่วยปรับปรุงกิจกรรมของจุลินทรีย์ การเสริมดินด้วยสารนี้สามารถช่วยวัฏจักรไนโตรเจนทั้งหมด

จากข้อมูลและเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความเป็นไปได้ที่จะนำกากถั่วเหลืองมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อทำให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นและดินมีคุณภาพดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อทราบศักยภาพในการเพิ่มไนโตรเจนในดินด้วยกากถั่วเหลือง
2) เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดิน
3) เพื่อศึกษาระยะเวลาที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดิน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โครงงานพิเศษนี้ศึกษาการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดินด้วยกากถั่วเหลือง โดยใช้ตัวอย่างดินจากหมู่ที่ 2 บ้านสำโรง ตำบลสำโรง อำเภอโนนไทย จังหวัดนครราชสีมา 30220 อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 7 ใช้กากถั่วเหลืองชนิดไม่มีเปลือกและจุลินทรีย์ พด.2 จากความอนุเคราะห์ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ แผนงานของโครงงานพิเศษนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ

1) ผสมดินต่อกากถั่วเหลืองในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน คือ 1:0.5, 1:1 และ1:2
2) ผสมจุลินทรีย์จำนวน 5 มิลลิลิตร ในทุกอัตราส่วน
3) บ่มตัวอย่าง 7, 14 และ21 วัน
4) รักษาความชื้นในดินร้อยละ 50–69

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถนำกากถั่วเหลืองกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่
2) เป็นทางเลือกแก่เกษตรกรในการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดินเพื่อการปลูกพืช
3) ช่วยเกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยเคมี
4) เป็นข้อมูลทางวิชาการในการนำไปใช้ประโยชน์และต่อยอดงานวิจัย
5) ใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วเหลือง

2.1.1 ข้อมูลทั่วไป

ถั่วเหลือง (Soybean) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max (L.) Merr.* อยู่ในวงศ์ *Legumeminosae* เป็นพืชล้มลุกใบเลี้ยงคู่ ต้นเป็นพุ่ม มีความสูงระหว่าง 50 เซนติเมตร ถึง 2 เมตร บางพันธุ์ก็เลื้อยเป็นเถา มีอายุสั้น 80–110 วัน ระบบรากประกอบด้วยรากแก้วซึ่งรากอาจยาวได้ถึง 2 เมตร ส่วนรากฝอยเกิดเป็นกระจุกประสานกันอยู่ใต้ระดับผิวดิน บริเวณผิวรากมีปมของแบคทีเรียเกาะอยู่ ลำต้นแตกกิ่งจำนวน 3–8 กิ่ง มีขนสีขาว น้ำตาล หรือเทาคลุมอยู่ทั่วลำต้น ใบถั่วเหลืองเกิดสลับกันเป็นใบรวมประกอบด้วย ใบย่อย 3 ใบ รูปร่างกลมรี ช่อดอกเกิดจากมุมใบและปลายยอด ดอกที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กสีขาวหรือสีม่วงจำนวน 3–15 ดอกต่อหนึ่งช่อ ดอกสมบูรณ์เพศมีอับเกสรตัวผู้และรังไข่อยู่ในดอกเดียวกัน การผสมเกสรเกิดขึ้นก่อนดอกบาน รังไข่จะเจริญเติบโตเป็นฝักรูปยาวและโค้ง ภายในมีเมล็ด 2–3 เมล็ด เรียงตัวอยู่ตามแนวนอน เปลือกหุ้มเมล็ดมีทั้งสีเหลือง สีเขียว สีน้ำตาล และสีดำ ภายในเมล็ดมีใบเลี้ยงสีเหลืองหรือสีเขียว 2 ใบหุ้มต้นอ่อนอยู่ภายใน (อาวุธ, 2538)

ถั่วเหลืองมีถิ่นกำเนิดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศจีนที่ติดต่อกับแมนจูเรีย ชาวจีนคุ้นเคยในการเพาะปลูกและใช้ประโยชน์จากถั่วเหลืองมานานเป็นเวลากว่า 5,000 ปี ต่อจากนั้นได้ขยายออกไปสู่ประเทศอื่น ๆ เช่น เกาหลี ญี่ปุ่น และแพร่หลายไปถึงทวีปยุโรปและอเมริกา ปัจจุบันประเทศที่ปลูกถั่วเหลืองมากที่สุดคือ สหรัฐอเมริกา รองลงมาได้แก่ บราซิล จีน และอาร์เจนตินา ตามลำดับ ไม่มีหลักฐานแน่ชัดเกี่ยวกับการนำถั่วเหลืองเข้ามาปลูกภายในประเทศไทย แต่สันนิษฐานว่านำเข้ามาโดยพวกพ่อค้าและชาวเขา ซึ่งเดินทางไปมาระหว่างจีนตอนใต้และภาคเหนือของประเทศไทยตั้งแต่สมัยโบราณ ในปี พ.ศ. 2474 พระยาอนุบาลพายัพกิจ เทศาภิบาลมณฑลพายัพได้ส่งเสริมให้มีการปลูกถั่วเหลือในนาหลังการเก็บเกี่ยวข้าวที่จังหวัดเชียงใหม่ จากนั้นการเพาะปลูกก็ขยายตัวออกไปสู่ภูมิภาคต่างๆ ของประเทศ พื้นที่เพาะปลูกได้เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในระยะแรกจนถึงปี พ.ศ. 2520 จึงขยายตัวออกไปอย่างรวดเร็ว (อาวุธ, 2538) เนื่องจากความต้องการกากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันในปี พ.ศ. 2566 ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกถั่วเหลืองทั่วประเทศ 76,056 ไร่ ลดลงจากปี พ.ศ. 2565 จำนวน 2,344 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยว 75,847 ไร่ ลดลงจากปี พ.ศ. 2565 จำนวน 2,358 ไร่ ผลผลิต 20,308 ตัน ลดลงจากปี พ.ศ. 2565 จำนวน 527 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ เป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูงมีองค์ประกอบหลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ถั่วเหลืองจัดอยู่ใน

กลุ่มพืชที่ผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้า แต่ผลผลิตถั่วเหลืองยังไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะความต้องการใช้ถั่วเหลืองคุณภาพดีเพื่อการบริโภคและอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) การปลูกถั่วเหลืองถือว่ามีความจำเป็นที่จะต้องให้เกษตรกรผลิตอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นพืชมีความมั่นคงทางด้านอาหารคุณภาพชนิดหนึ่ง รวมทั้งเป็นพืชบำรุงดินและลดการระบาดของศัตรูพืชอีกทั้งเพื่อสร้างอาชีพให้แก่เกษตรกร

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองมีองค์ประกอบมากและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เมล็ดถั่วเหลืองมีโปรตีนร้อยละ 38 ไขมันร้อยละ 16–21 โดยไขมันส่วนใหญ่ในเมล็ดถั่วเหลืองประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) ในเมล็ดถั่วเหลืองดิบมีสารพิษ (Toxic factor) หรือสารที่ยับยั้งการใช้ประโยชน์ เช่น Allergens Lectins Saponins Phytoestrogens และ Phytins ซึ่งสารพิษเหล่านี้ส่งผลต่อการลดคุณค่าทางโภชนาการและการใช้ประโยชน์ การให้ความร้อนหรือทำให้สุกสามารถทำลายสารพิษได้ (นิติญา, 2552) การให้ความร้อนแก่เมล็ดถั่วเหลืองดิบ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สามารถทำลายสารพิษได้ การให้ความร้อนชื้น เช่น การต้มหรืออึ่งจะทำลายสารพิษได้ดีกว่าความร้อนแห้ง องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลืองและส่วนของถั่วเหลืองมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบโดยประมาณของส่วนของถั่วเหลือง โดยร้อยละวัตถุแห้ง

เมล็ดถั่วเหลืองและส่วนของถั่วเหลือง	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า
ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด	40.10	21.00	34.00	4.90
ใบเลี้ยง	43.00	23.00	29.00	5.00
เปลือกถั่ว	8.70	1.00	86.00	4.30
ต้นอ่อน	41.00	11.40	43.00	4.60

ที่มา : นิติญา (2552)

ถึงแม้ว่าถั่วเหลืองจะเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่อุดมไปด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด โดยเมล็ดถั่วเหลืองประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 38–40 ไขมันร้อยละ 18–21 เมื่อสกัดเอาน้ำมันออกแล้วจะมีปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 44–47 หรืออาจจะสูงถึงร้อยละ 50 ขึ้นกับวิธีการสกัดน้ำมันและขนาดของเมล็ด ในทางการค้าจะแบ่งคุณภาพกากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้วเป็น 2 ประเภท คือ กากถั่วเหลืองร้อยละ 44 และร้อยละ 49 โดยชนิดร้อยละ 44 หมายถึง กากถั่วเหลืองที่มีเปลือกผสมอยู่ ร้อยละโปรตีนไม่สูงหรือต่ำกว่านี้ และร้อยละ 49 หมายถึง กากถั่วเหลืองที่กะเทาะเปลือกไม่มีส่วนของเปลือกปะปนมา เป็นเนื้อถั่วเหลืองแท้ ๆ โดยอาจมีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 51–52 (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ม.ป.ป.) ดังแสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง โดยร้อยละวัตถุแห้ง

ชนิด	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เส้นใย	เถ้า	โพแทสเซียม	ฟอสฟอรัส
เมล็ดถั่วเหลือง	10.00	31.00	17.70	4.90	9.90	7.00	0.55
กากถั่วเหลือง ชนิดมีเปลือก	9.80	47.60	3.20	6.60	7.60	1.90	0.66
กากถั่วเหลือง ชนิดไม่มีเปลือก	9.87	51.50	1.20	4.90	7.30	2.00	0.70
กากถั่วเหลือง เอ็กซ์ทรูด	5.80	52.00	20.10	4.30	5.40	5.40	0.58

ที่มา : สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2559)

2.1.3 ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง

อาหารที่ทำจากถั่วเหลืองของประเทศในแถบเอเชีย เช่น ไทย จีน ญี่ปุ่น และประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมักและผ่านการหมักก่อน ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลือง เต้าหู้ ถั่วงอกที่เพาะจากถั่วเหลือง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักถั่วเหลือง ได้แก่ ถั่วเน่า เทมเป้ ซอสถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว เป็นต้น ถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญในหลายประเทศ การสกัดน้ำมันถั่วเหลืองด้วยตัวทำละลายส่วนที่เหลือจะเป็นเนื้อถั่วที่อุดมด้วยโปรตีนซึ่งสามารถนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้ เช่น เนื้อเทียม แป้ง เบเกอรี่ เป็นต้น (อภิพรรณ, 2546) ปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในหลาย ๆ ประเทศ เพื่อเป็นการขยายตลาดและเพิ่มความนิยมในการบริโภคถั่วเหลือง ผลิตภัณฑ์ที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่นั้น ได้แก่ ไอศกรีม โยเกิร์ตถั่วเหลือง เนยถั่วเหลือง อีกทั้งยังมีผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจากถั่วเหลืองอีกด้วย

2.2 กากถั่วเหลือง

2.2.1 ข้อมูลทั่วไป

กากถั่วเหลือง (Soybean meal) หรือที่เรียกว่า โอคาระ (okara) จัดเป็นกากพืชน้ำมันชนิดหนึ่ง โดยทั่วไปเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง เต้าหู้ การสกัดน้ำมัน เป็นต้น โดยการบดอัดหรือการสกัดในถั่วเหลือง 100 ส่วน ให้น้ำมันถั่วเหลืองประมาณร้อยละ 20 และกากถั่วเหลืองร้อยละ 80 ปัจจุบันกากถั่วเหลืองได้รับการจัดการเหมือนกับของเสียทั่วไป โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่นส่วนใหญ่จะถูกเผาทำลายทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (อัญชลี และกัญญ์วรา, 2565)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 กากถั่วเหลืองที่ใช้ในงานวิจัย ขนาด 149 ไมโครเมตร

2.2.2 ชนิดและองค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง

กากถั่วเหลือง เป็นผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองและอุตสาหกรรมอาหาร โดยปริมาณโปรตีนของกากถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับวิธีการสกัดและขนาดของเมล็ด สามารถแบ่งได้ 2 ชนิดคือ

1.กากถั่วเหลืองไม่มีเปลือกผสม มีแต่เนื้อในล้วนหรือที่เรียกกันในทางการค้าว่า “กากถั่วเหลือง 49%” มีโปรตีนหยาบสูง (crude protein) อย่างน้อยร้อยละ 47.5–49 (คำนวณที่ค่าความชื้นขณะใช้ให้อาหารทั่วไปที่ร้อยละ 12) และหากเป็นวัตถุดิบแห้งมีโปรตีนหยาบถึงร้อยละ 51.5–54 ส่วนเส้นใย (crude fiber) ต่ำกว่าชนิดที่เปลือกผสมมีประมาณร้อยละ 4.9 มีความเข้มข้นของพลังงานที่เผาผลาญได้ปานกลาง ประมาณ 3.38 เมกะแคลอรี (14.1 เมกะจูล) ต่อวัตถุดิบแห้ง 1 กิโลกรัม

2.กากถั่วเหลืองมีเปลือกถั่วเหลืองผสม หรือที่เรียกกันในทางการค้าว่า “กากถั่วเหลือง 44%” มีโปรตีนสูงอย่างน้อยร้อยละ 44 (คำนวณที่ค่าความชื้นขณะใช้ให้อาหารทั่วไปที่ร้อยละ 12) และหากเป็นวัตถุดิบแห้งมีโปรตีนหยาบถึงร้อยละ 47.6–49 เส้นใย (crude fiber) มีประมาณร้อยละ 6.6 มีความเข้มข้นของพลังงานที่เผาผลาญได้ในวัตถุดิบนี้อยู่ที่ประมาณ 3.0 เมกะแคลอรี (12.5 เมกะจูล) ต่อวัตถุดิบแห้ง 1 กิโลกรัม

นอกจากนี้ในต่างประเทศยังแบ่งออกเป็นอีกหนึ่งชนิดคือ กากถั่วเหลืองไขมันเต็มหรือถั่วเหลืองเอ็กซ์ทรูด (Extruded soybean หรือ Full fat soybean) เป็นถั่วเหลืองที่ได้จากการนำเมล็ดถั่วเหลืองไปทำให้สุกโดยไม่มีการสกัดน้ำมันออก มีโปรตีนสูงร้อยละ 52 เส้นใย (crude fiber) มีประมาณร้อยละ 4.3 (สำนักงานพัฒนาอาหารสัตว์, 2559) องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองแต่ละชนิด แสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อพืช

ธาตุอาหารหลัก (primary macronutrient elements) เป็นกลุ่มธาตุอาหารที่พืชมีความต้องการในปริมาณมากแต่ในดินมักมีไม่เพียงพอ ส่งผลให้พืชแสดงอาการผิดปกติอยู่เสมอหรืออาจมีมากแต่อยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป.)

2.3.1 ธาตุไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักธาตุหนึ่งที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเพราะไนโตรเจนช่วยพืชสร้างโปรตีน ธาตุไนโตรเจนปกติจะมีอยู่ในอากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก แต่ไนโตรเจนในรูปของก๊าซนั้นพืชนำเอาไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ ยกเว้นพืชตระกูลถั่วเท่านั้นที่มีระบบรากพิเศษสามารถเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเอามาใช้ประโยชน์ได้ ไนโตรเจนในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่แล้วจะถูกปลดปล่อยออกมาจากอินทรียวัตถุโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน รูปของไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ส่วนใหญ่คือ แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งเกิดจากกระบวนการแอมโมนิฟิเคชั่น (Ammonification) และไนเทรตไอออน (NO_3^-) ที่เกิดมาจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่น(Nitrification) ในดิน แต่ปริมาณและรูปของไนโตรเจนทั้งแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเทรตไอออน (NO_3^-) ที่อยู่ในดินมีไม่แน่นอนและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ปริมาณของทั้งสองรูปเพิ่มขึ้นและลดลงโดยการสูญหายจากดินได้ง่าย (นภารัตน์, 2561)

พืชโดยทั่วไปมีความต้องการธาตุไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก เป็นธาตุอาหารที่สำคัญมากในการส่งเสริมการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอใบจะมีสีเขียวสด มีความแข็งแรง โตเร็ว และทำให้พืชออกดอกและผลที่สมบูรณ์ เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนมาก ๆ บางครั้งอาจทำให้เกิดผลเสียได้ เช่น จะทำให้พืชอวบน้ำมาก ต้นอ่อน ล้มง่าย โรคและแมลงเข้ารบกวนทำลายได้ง่าย คุณภาพ ผลิตผลของพืชบางชนิดจะเสียไปได้ เช่น ทำให้ต้นมันไม่ลงหัว มีแป้งน้อย อ้อยจืด ส้มเปรี้ยว และมีกากมาก แต่พืชบางชนิดอาจทำให้คุณภาพดีขึ้นโดยเฉพาะพวกผักรับประทานใบ ถ้าได้รับไนโตรเจนมากจะอ่อน อวบน้ำ และกรอบ ทำให้มีเส้นใยน้อยและมีน้ำหนักดี แต่ผักมักจะเน่าง่ายและแมลงชอบรบกวน พืชเมื่อขาดไนโตรเจนจะแคระแกร็น โตช้า ใบเหลือง โดยเฉพาะใบล่าง ๆ จะแห้ง ร่วงหล่นเร็ว ทำให้ลักษณะต้นโกร๋น การออกดอกออกผลจะช้า และไม่ค่อยสมบูรณ์

2.3.2 ธาตุฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารพืชธาตุหนึ่งที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอยู่ในรูปอนุมูลฟอสเฟต คือฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$ และ HPO_4^-) จะต้องละลายอยู่ในน้ำหรือละลายน้ำได้ แม้ในดินจะมีสารประกอบของฟอสฟอรัสในดินอยู่เป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

แต่ส่วนใหญ่ละลายน้ำยากหรือไม่ละลายน้ำเลย ทำให้พืชไม่สามารถดึงเอาฟอสฟอรัสเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ได้ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีอยู่ในดินต่ำมากโดยมีค่าเฉลี่ยเพียงร้อยละ 0.06 เมื่อเทียบกับไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่มีอยู่ร้อยละ 0.14 และ 0.83 ตามลำดับ โดยรูป $H_2PO_4^-$ จะพบมากในดินที่เป็นกรด ส่วน HPO_4^- จะพบมากในดินที่มีค่าพีเอชมากกว่า 7.2 ซึ่งได้จากกระบวนการแปรสภาพของอินทรียวัตถุ และจากการละลายของสารประกอบฟอสเฟตต่าง ๆ ในดิน ออกมาอยู่ในสารละลายดิน (soil solution) ซึ่งอยู่ในสภาพสมดุลกัน (นภารัตน์, 2561)

พืชเมื่อขาดฟอสฟอรัสจะมีต้นแคระแกร็น ใบมีสีเขียวคล้ำ ใบล่าง ๆ จะมีสีม่วงตามบริเวณขอบใบ รากของพืชชะงักการเจริญเติบโต พืชไม่ออกดอกและผล พืชที่ได้รับฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอจะมีระบบรากที่แข็งแรงแพร่กระจายอยู่ในดินอย่างกว้างขวาง สามารถดึงดูดน้ำและธาตุอาหารได้ดี การออกดอกออกผลจะเร็วขึ้น

2.3.3 ธาตุโพแทสเซียม

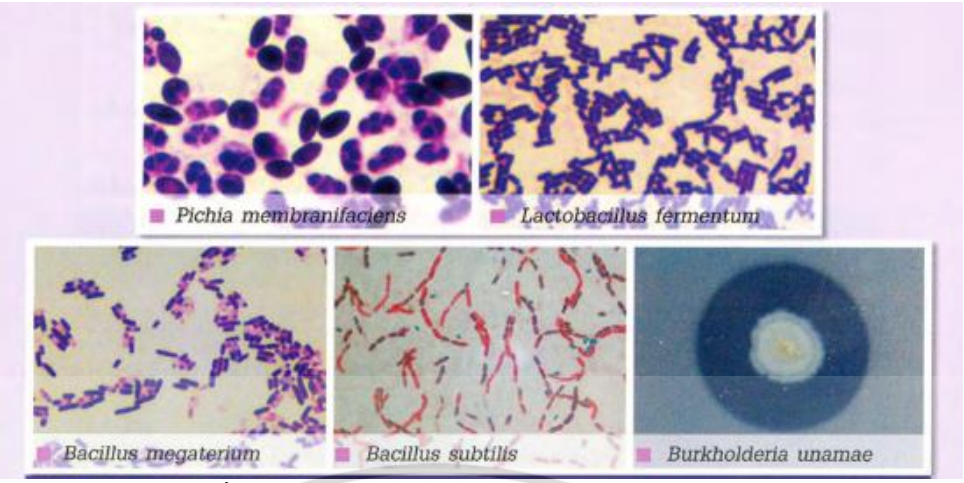
โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมากและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในกิจกรรมสร้างและเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล การสังเคราะห์แสงและการหายใจ เป็นต้น โพแทสเซียมในดินอยู่ในรูปอนุมูลบวกมีอยู่ด้วยกัน 3 รูป ที่คือ 1) Fixed K 2) Exchangeable K^+ และ 3) Soluble K^+ โดยรูปโพแทสเซียมที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ คือ Exchangeable K^+ และ Soluble K^+ สำหรับ Soluble K^+ นั้น พืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย แต่มีปริมาณน้อยมาก อนุมูลโพแทสเซียมอาจจะอยู่ในน้ำ ในดิน หรือดูดยึดอยู่ที่พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียวก็ได้ ส่วนใหญ่จะดูดยึดที่พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียว (นภารัตน์, 2561) ดังนั้นดินที่มีเนื้อดินละเอียด เช่น ดินเหนียว จะมีปริมาณของธาตุนี้สูงกว่าดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย และดินร่วนปนทราย

พืชที่ขาดโพแทสเซียมมักเหี่ยวง่าย แคระแกร็น ใบล่างเหลือง และเกิดเป็นรอยไหม้ตามขอบใบ พืชที่ปลูกในดินที่เป็นกรดรุนแรงมักจะมีปัญหาขาดโพแทสเซียม แต่ถ้าปลูกในดินเหนียวจะมีโพแทสเซียมพอเพียงและไม่ค่อยมีปัญหา

2.4 สารเร่งซุปเปอร์ พด.2

สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการย่อยสลายวัสดุทางการเกษตรเพื่อผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำ โดยดำเนินกิจกรรมทั้งในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนและมีออกซิเจน ประกอบด้วยจุลินทรีย์ 5 สายพันธุ์ ซึ่งเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่เป็นกรด ได้แก่ 1.*Pichia membranifaciens* ผลิตแอลกอฮอล์และกรดอินทรีย์ 2.*Bacillus megaterium* ย่อยสลายโปรตีน 3.*Lactobacillus fermentum* ผลิตกรดแลคติก 4.*Burkholderia unamae* ละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัส 5.*Bacillus subtills* ย่อยสลายไขมัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 จุลินทรีย์ 5 สายพันธุ์ในสารเร่งซุปเปอร์ พด.2
ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2556)

2.5 ดิน

ดิน (Soil) คือวัตถุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการผสมของอนินทรียสารที่ได้จากการแปรสภาพผุพังของหินและแร่ต่าง ๆ กับอินทรียสารที่ได้จากการย่อยสลายของเศษซากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ โดยได้รับอิทธิพลจากแสงแดด ลม และฝนอย่างต่อเนื่อง ผสมกันโดยกระบวนการทางชีวภาพ เคมี และฟิสิกส์ จนรวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

2.5.1 ส่วนประกอบของดิน

ดินประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน คือ

1. อนินทรียวัตถุ (Mineral matter) เป็นส่วนที่เป็นของแข็ง มีปริมาณมากสุดในดิน ได้จากการสลายตัวและผุพังของหินและแร่กลายเป็นชิ้นส่วนเล็ก ๆ ที่เรียกว่า อนุภาคดินหรือเม็ดดิน ซึ่งมีหลายรูปทรงและขนาดแตกต่างกัน เป็นส่วนสำคัญที่บ่งบอกลักษณะของเนื้อดิน ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของธาตุอาหารพืช

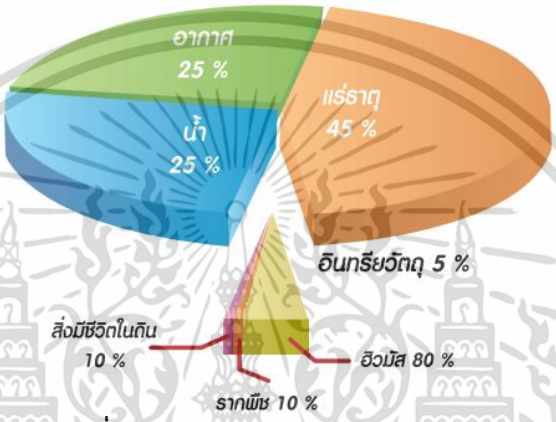
2. อินทรียวัตถุ (Organic matter) หรือ ฮิวมัส (Humus) เป็นส่วนของซากพืช ซากสัตว์ทุกชนิดที่กำลังสลายตัวด้วยจุลินทรีย์ เซลล์จุลินทรีย์ทั้งที่มีชีวิตอยู่และที่ตายแล้ว สารอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลายและส่วนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่จากกระบวนการย่อยสลาย อินทรียวัตถุในดินสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1.ส่วนที่เป็นสารฮิวมิก (Humic substances) และ 2. ส่วนที่ไม่ใช่สารฮิวมิก (Non-humic substances)

3. น้ำในดินหรือสารละลาย เป็นน้ำที่อยู่ช่องว่างระหว่างอนุภาคดินหรือเม็ดดิน มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากเป็นตัวช่วยในการละลายธาตุอาหารในดินและการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากรากไปสู่ส่วยต่าง ๆ ของพืช อีกทั้งยังป้องกันไม่ให้อุณหภูมิในดินสูงหรือต่ำเกินไป ซึ่งจะมีผลกระทบต่อพืชและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อากาศ เป็นส่วนของก๊าซที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินในส่วนที่ไม่มีน้ำอยู่ ก๊าซที่พบโดยทั่วไปในดิน ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ก๊าซออกซิเจน (O_2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซอื่น ๆ ซึ่งพืชและจุลินทรีย์ดินใช้ในการหายใจและสร้างพลังงาน

ดินในอุดมคติ ในดิน 100 ส่วนโดยปริมาตร ประกอบด้วยส่วนที่เป็นของแข็งร้อยละ 50 โดยปริมาตร ประกอบด้วยอนินทรียวัตถุร้อยละ 45 โดยปริมาตร อินทรียวัตถุร้อยละ 5 โดยปริมาตร และส่วนที่เป็นช่องว่างร้อยละ 50 โดยปริมาตร ประกอบด้วยอากาศร้อยละ 25 โดยปริมาตร น้ำร้อยละ 25 โดยปริมาตร (กรมส่งเสริมการเกษตร, ม.ป.ป.) แสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของดินในอุดมคติ
ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร (ม.ป.ป.)

2.5.2 คุณสมบัติของดิน

ความเป็นประโยชน์ของทรัพยากรดินขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดิน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางชีวภาพ

2.5.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

1. สีดิน (soil color) ดินแต่ละบริเวณจะมีสีที่แตกต่างกันไป เช่น สีดำ สีน้ำตาล สีเหลือง สีแดง หรือ สีเทา รวมถึงจุดประสีต่าง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของแร่ที่เป็นองค์ประกอบในดิน สภาพแวดล้อมในการเกิดดิน ระยะเวลาการพัฒนา หรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีอยู่ในดิน ดังนั้นสีดินสามารถที่จะประเมินสมบัติบางอย่างของดินที่เกี่ยวข้องได้ เช่น การระบายน้ำของดิน อินทรียวัตถุในดิน ระดับความความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังนี้

1.1 ดินสีดำ สีน้ำตาลเข้ม หรือสีคล้ำ เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงเนื่องจากมีการคลุกเคล้าด้วยอินทรียวัตถุมากโดยเฉพาะดินชั้นบน แต่บางกรณีสีคล้ำของดินอาจเป็นผลมาจากอิทธิพลของปัจจัยที่ควบคุมการเกิดดินอื่น ๆ การมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินมาก เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินที่พัฒนามาจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่ผุพังสลายตัวมาจากหินที่ประกอบด้วยแร่ที่มีสีเข้ม เช่น หินภูเขาไฟ หรือดินมีแร่แมงกานีสสูงจะให้ดินที่มีสีคล้ำได้เช่นกัน

1.2 ดินสีเหลืองหรือสีแดง เป็นสีออกไซด์ของเหล็กและอลูมิเนียม แสดงถึงดินที่มีการพัฒนาสูง ผ่านกระบวนการผุพังสลายตัวและซึมชะมานาน เป็นดินที่มีการระบายน้ำได้ดีแต่มักจะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินสีเหลืองแสดงว่าดินมีออกไซด์ของเหล็กที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ ส่วนดินสีแดงจะเป็นดินที่ออกไซด์ของเหล็กหรืออลูมิเนียมไม่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ

1.3 ดินสีขาวหรือสีเทาอ่อน เป็นดินที่เกิดมาจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่สลายตัวมาจากหินที่มีแร่สีจางเป็นองค์ประกอบอยู่มาก เช่น หินแกรนิต หรือหินทรายบางชนิด หรืออาจจะเป็นดินที่ผ่านกระบวนการชะล้างอย่างรุนแรงจนธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืชถูกชะออกไป หรือมีสีอ่อนจากการสะสมปูน ยิปซัม หรือเกลือชนิดต่าง ๆ ในหน้าตัดดินมาก ซึ่งดินเหล่านี้ส่วนใหญ่มักจะเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

1.4 ดินสีเทาหรือสีน้ำเงิน บ่งชี้ว่าดินอยู่ในสภาวะที่มีน้ำแช่ขังเป็นเวลานาน เช่น ดินนาในพื้นที่ลุ่มหรือดินในพื้นที่ป่าชายเลนที่มีน้ำทะเลท่วมถึงอยู่เสมอ มีสภาพการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศไม่ดี ทำให้เกิดสารประกอบของเหล็กพวกที่มีสีเทาหรือสีน้ำเงิน แต่ดินที่อยู่ในสภาวะที่มีน้ำแช่ขังสลับกับแห้ง ดินจะมีสีจุดประ (Mottle) โดยทั่วไปมักปรากฏเป็นจุดประสีเหลืองหรือสีแดงบนพื้นสีเทา เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบออกไซด์ของเหล็กที่สะสมอยู่ในดิน โดยสารเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในรูปที่มีสีเทาเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีน้ำแช่ขังขาดออกซิเจนเป็นเวลานานและเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ให้สารสีแดงเมื่อได้รับออกซิเจน ดินที่มีจุดประมักพบในพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวเนื่องจากดินจะอยู่ในสภาพที่มีน้ำขังในช่วงการทำนาและดินจะถูกปล่อยให้แห้งหลังช่วงเก็บเกี่ยว (สำนักสำรวจและวิจัยทรพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป.)

2. เนื้อดิน (Soil texture) เนื้อดินเกิดจากการผสมกันของอนุภาคดิน (Soil particle) 3 ขนาด ได้แก่ อนุภาคทราย (Sand) ที่มีขนาด 0.05–2.00 มิลลิเมตร อนุภาคทรายแป้ง (Silt) มีขนาด 0.002–0.05 มิลลิเมตร และอนุภาคดินเหนียว (Clay) มีขนาดเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร ผสมกันในปริมาณที่ต่างกัน

ตารางที่ 2.3 ขนาดของอนุภาคดิน

อนุภาคดิน	เส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาค (มิลลิเมตร)
อนุภาคทราย (Sand)	0.05–2.00
อนุภาคทรายแป้ง (Silt)	0.002–0.05
อนุภาคดินเหนียว (Clay)	น้อยกว่า 0.002

ที่มา : มหาวิทยาลัยนเรศวร (ม.ป.ป.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

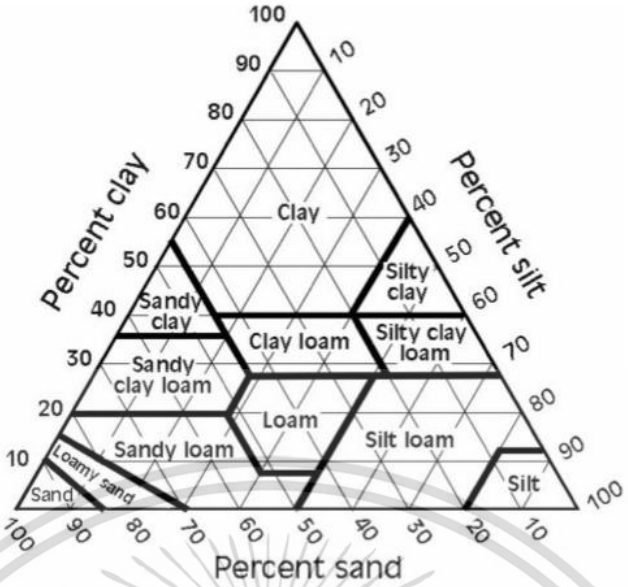
สัดส่วนผสมของอนุภาคดินขนาดต่าง ๆ มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Water Holding Capacity) ความสามารถในการถ่ายเทอากาศของดิน (Aeration) และความคงทนของดิน (Soil strength) ซึ่งจำแนกเนื้อดินออกได้เป็น 3 กลุ่ม 12 ชนิด ได้แก่

2.1. กลุ่มดินเนื้อหยาบ (Coarse-textured soils) เป็นกลุ่มดินที่มีเนื้อหยาบ เมื่อบี้ดินจะรู้สึกสากมือมากเนื่องจากดินมีส่วนผสมของอนุภาคดินที่มีขนาดใหญ่หรือมีอนุภาคทรายหรือทรายแป้งปนอยู่ในปริมาณสูง โดยทั่วไปดินในกลุ่มที่มีเนื้อดินหยาบมักไม่เกาะตัวกันเป็นก้อนทึบและมีช่องว่างในดิน (Soil pore) ที่มีขนาดใหญ่ ดินจะมีการซึมน้ำได้ดี น้ำจะเคลื่อนตัวจากดินชั้นบนลงสู่ดินชั้นล่างได้เร็ว ดินเนื้อหยาบมักมีพื้นที่ผิวจำเพาะน้อยและอนุภาคดินส่วนใหญ่ไม่มีประจุจึงดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้น้อย กลุ่มดินเนื้อหยาบประกอบด้วยดิน 3 ชนิด คือ ดินทราย (Sand : S) ดินทรายปนดินร่วน (Loamy Sand : LS) และดินร่วนปนทราย (Sandy Loam : SL)

2.2. กลุ่มดินเนื้อปานกลาง (Medium-textured soils) เป็นกลุ่มดินที่มีเนื้อดินที่มีขนาดปานกลาง เมื่อบี้ดินจะรู้สึกสากมือไม่มากและมีความรู้สึกว่าดินดูดนิ้วและลื่นมือเล็กน้อย เนื่องจากดินมีส่วนผสมของอนุภาคดินที่มีอนุภาคทราย ทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียวปนอยู่ในปริมาณที่เท่ากัน ดินมีช่องว่างในดินขนาดปานกลางเป็นที่ดูดซับน้ำและช่องระบายอากาศที่พอเหมาะ การระบายน้ำและการซึมน้ำของดินไม่เร็วมาก ดินที่มีเนื้อปานกลางมักมีความจุของน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ (Available water capacity) ค่อนข้างสูงพืชสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำส่วนนี้ได้ง่ายและนานกว่าดินเนื้อหยาบและดินเนื้อละเอียด กลุ่มดินเนื้อปานกลางประกอบด้วยดิน 4 ชนิด คือ ดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy Clay Loam : SCL) ดินร่วน (Loam : L) ดินร่วนปนทรายแป้ง (Silt Loam : SiL) และดินทรายแป้ง (Silt : Si)

2.3.กลุ่มดินเนื้อละเอียด (Fine-textured soils) เป็นกลุ่มดินละเอียดที่มีเนื้อดินที่มีขนาดปานกลางถึงเล็กปนกันอยู่ในปริมาณสูงกว่าดินเนื้อหยาบ เมื่อบี้ดินจะรู้สึกลื่นและดูดนิ้วมือเนื่องจากดินมีส่วนผสมของอนุภาคดินที่มีอนุภาคดินเหนียวและดินทรายแป้งปนอยู่ในปริมาณที่มากกว่าดินอนุภาคทราย ช่องว่างในดินขนาดเล็กและมีปริมาณมาก ช่องว่างขนาดเล็กนี้จะดูดซับน้ำและธาตุอาหารไว้ได้ดี การระบายน้ำของดิน (Soil Drainage) และการซึมของน้ำจะช้ากว่าดินเนื้อปานกลางและดินเนื้อหยาบ ดินเนื้อละเอียดจะมีพื้นที่ผิวมาก โดยเฉพาะอนุภาคดินเหนียว เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ กลุ่มดินเนื้อละเอียด ประกอบด้วยดิน 5 ชนิด คือ ดินเหนียวปนทราย (Sandy Clay : SC), ดินเหนียวปนดินร่วน (Clay Loam : CL), ดินเหนียวปนทรายแป้ง (Silty Clay : SiC), ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (Silty Clay Loam : SiCL), และดินเหนียว (Clay : C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 สัดส่วนการกระจายตัวของอนุภาคดิน

ที่มา : https://www.soilmate.co.th/news/detail/23

ตารางที่ 2.4 ปริมาณของอนุภาคในเนื้อดิน โดยร้อยละน้ำหนัก

ประเภทเนื้อดิน	ปริมาณอนุภาคดิน (ร้อยละ)		
	ทราย (Sand)	ทรายแป้ง (Silt)	ดินเหนียว (Clay)
1.ดินทราย (Sand : S)	85 – 100	0 – 15	0 – 10
2.ดินทรายปนดินร่วน (Loamy Sand : LS)	70 – 90	0 – 15	0 – 15
3.ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam : SL)	45 – 85	0 - 50	0 – 20
4.ดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy Clay Loam : SCL)	45 – 80	0 – 28	20 – 35
5.ดินร่วน (Loam : L)	20 – 52	28 – 50	7 – 30
6.ดินร่วนปนทรายแป้ง (Silt Loam : SiL)	0 – 50	50 – 88	0 – 30
7.ดินทรายแป้ง (Silt : Si)	0 – 20	80 – 100	0 – 12
8.ดินเหนียวปนทราย (Sandy Clay : SC)	45 – 65	0 – 20	35 – 55
9.ดินเหนียวปนดินร่วน (Clay Loam : CL)	20 – 45	15 – 50	30 – 40
10.ดินเหนียวปนทรายแป้ง (Silty Clay : SiC)	0 – 20	40 – 60	40 – 60
11.ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (Silty Clay Loam : SiCL)	0 – 20	40 – 70	30 – 40
12.ดินเหนียว (Clay : C)	0 – 45	0 – 40	40 – 100

ที่มา : นภารัตน์, (2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โครงสร้างดิน (soil structure) โครงสร้างดินเป็นคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่เกิดจากการยึดเกาะของอนุภาคที่เป็นของแข็งในดิน ทั้งส่วนที่เป็นอนินทรียวัตุหรือแร่ธาตุและอินทรียวัตถุ เกิดเป็นก้อนดินหรือเม็ดดินที่มีขนาด รูปร่าง และความแข็งแรงในการยึดตัวต่างกัน โครงสร้างดินเกิดจากหลายสาเหตุ อาทิ เกิดจากแรงยึดเกาะระหว่างอนุภาคในดิน ดินแห้งและเปียกการแข็งตัวเมื่อมีอากาศหนาว นอกจากนี้ รากพืช กิจกรรมของสัตว์และจุลินทรีย์ในดิน สารอื่น ๆ ในดินสามารถเป็นตัวเชื่อมให้เกิดโครงสร้างดินได้ อีกทั้งโครงสร้างดินยังมีผลต่อการซึมผ่านของน้ำ การอุ้มน้ำ การระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศในดิน และการกระจายตัวของรากพืช ดินที่มีโครงสร้างดีจะมีลักษณะร่วนซุย อนุภาคดินเกาะกันหลวม ๆ มีปริมาณช่องว่างในดินดี ทำให้การระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศดี รากพืชมีการแพร่กระจายของรากที่ดีสามารถชอนไชอาหารได้ง่าย เมื่อมีกิจกรรมในการใช้ดินบ่อยโครงสร้างดินย่อมเสื่อมสลายไปเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณอินทรียวัตถุลดลงหรือเกิดความแน่นของดินจากการเหยียบ เดิน หรือเครื่องจักร รวมทั้งการปะทะของเม็ดฝนที่ตกลงมา โดยทั่วไปสามารถจำแนกโครงสร้างดินออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ไม่มีโครงสร้างและประเภทที่มีโครงสร้าง (Structure)

1.ประเภทไม่มีโครงสร้าง (Structureless) ดินในธรรมชาติพบว่าดินไม่มีการจับตัวของเม็ดดิน เช่น ดินเนื้อหยาบของดินทราย (Sand) มีอนุภาคเดี่ยวไม่เกาะกัน ลักษณะเป็นอนุภาคเดี่ยว (Single grain) นี้จะเป็นดินที่ร่วนไม่เกาะกัน การซึมของน้ำและอากาศดี นอกจากนี้ยังมีดินบางชนิดที่มีการจับตัวกันได้แต่ไม่สามารถทำให้แตกออกจากกันเป็นเม็ดดินได้ ลักษณะดินเป็นก้อนทึบ (Massive) เช่น ดินเลน หรือโคลนชายทะเล และดินนาที่ผ่านการทำเทือก (Puddle) ซึ่งมีอนุภาคดินยึดติดกันเป็นพืด เป็นก้อนทึบ มีผลทำให้ดินซึมน้ำได้ต่ำ

2.ประเภทที่มีโครงสร้าง (Structure) ดินที่มีการจับตัวกันของเม็ดดินมีรูปร่างต่าง ๆ กัน โครงสร้างของดินที่พบในดินทั่วไปจำแนกได้เป็น 4 แบบ

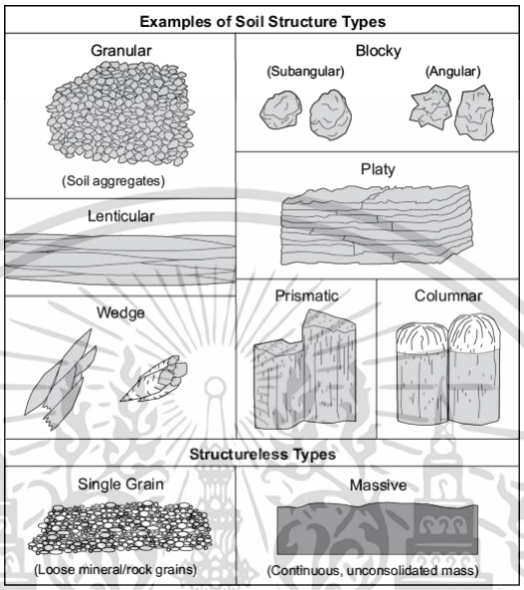
2.1 โครงสร้างแบบก้อนกลม (Round shape structure) ดินที่เม็ดดินมีการจับตัวกันที่มีลักษณะเป็นก้อนกลมมีช่องว่างมองเห็นได้ ประกอบด้วยโครงสร้างดินแบบ Granular ที่รูพรุนน้อยกว่าโครงสร้างแบบ Crumb

2.2 โครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมหรือกล่อง (Blocky structure) ดินที่มีเม็ดดินจับตัวกันมีลักษณะคล้ายกล่องที่มีขนาดระหว่าง 5–50 มิลลิเมตร แบ่งได้เป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม (Angular blocky) และแบบก้อนเหลี่ยมมุมบน (Subangular blocky) โครงสร้างดินแบบนี้ยอมให้น้ำและอากาศซึมได้ การกระจายของรากพืชอยู่ในระดับปานกลาง

2.3 โครงสร้างแบบแท่ง (Prism-like structure) ดินที่เม็ดดินมีการจับตัวกันที่มีลักษณะเป็นแท่ง เรียงตัวกันในแนวตั้ง โครงสร้างมีขนาดใหญ่ มีความยาวระหว่าง 10–100 มิลลิเมตร มักพบในดินชั้นล่างของพื้นที่ที่พบดินด่างและดินเค็ม จำแนกเป็น 2 ลักษณะ คือแบบแท่งหัวตัดหรือหัวเหลี่ยม (Prismatic) น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง และแบบแท่งหัวมน (Columnar) น้ำซึมผ่านได้ค่อนข้างต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โครงสร้างแบบแผ่น (Plate structure) ดินที่เม็ดดินมีการจับตัวกันที่มีลักษณะเป็นแผ่น มักพบในพื้นที่ที่มีการอัดตัวของดินซึ่งเกิดจากการใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตร ดินมีโครงสร้างเป็นแผ่นเรียงตัวกันในแนวระนาบและซ้อนกันเป็นชั้น ๆ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการไหลซึมของน้ำและอากาศ ตลอดถึงการชอนไชของรากพืช



รูปที่ 2.5 โครงสร้างดินแบบต่าง ๆ

ที่มา : https://kstatelibraries.pressbooks.pub

2.5.2.2 คุณสมบัติทางเคมี

1.ธาตุอาหารพืชที่สำคัญในดินธาตุอาหารพืชในดินแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ธาตุอาหารมหัพภาค (Macronutrient) เป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ ไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม กำมะถัน และธาตุอาหารจุลภาค (micronutrient) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) โมลิบดินัม (Mo) และคลอรีน (Cl)

2.ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) เป็นค่าปฏิกิริยาดินวัดได้จากความเข้มข้นของปริมาณไฮโดรเจนไอออน (H^+) ถ้าในสารละลายดินมี H^+ มากกว่า OH^- ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด ถ้าในสารละลายดินมี H^+ น้อยกว่า OH^- ดินมีปฏิกิริยาเป็นด่าง และถ้า H^+ เท่ากับ OH^- ดินมีปฏิกิริยาเป็นกลาง โดยบอกค่าเป็นตัวเลขตั้งแต่ 0–14 หากดินมีค่า pH มากกว่า 7 แสดงว่าดินมีความเป็นด่าง ยิ่งค่ามากกว่า 7 ขึ้นไปถือว่าดินมีความเป็นด่างมาก แต่ถ้าดินมีค่าน้อยกว่า 7 แสดงว่าดินมีความเป็นกรด ยิ่งค่าน้อยกว่า 7 มากถือว่ามีความเป็นกรดรุนแรง สำหรับดินที่มีค่า pH เท่ากับ 7 แสดงว่าดินมีความเป็นกลาง โดยทั่วไปดินปกติจะมีค่า pH อยู่ในช่วง 5-8 ความเป็นกรด-ด่างของดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากจะเป็นตัวควบคุมการละลายของธาตุอาหารในดินให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมาอยู่ในสารละลาย (น้ำ) หากดินมีค่า pH ไม่เหมาะสมธาตุอาหารในดินจะละลายออกมาได้น้อย ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ในทางตรงกันข้ามธาตุอาหารบางชนิดอาจละลายออกมามากเกินไปจนเกิดความเป็นพิษต่อพืชได้

ตารางที่ 2.5 ระดับความรุนแรงของความเป็นกรด-ด่างของดิน (ดิน:น้ำ , 1:1)

ระดับ pH	ระดับความรุนแรง
น้อยกว่า 3.5	กรดรุนแรงมากที่สุด
3.5-4.5	กรดรุนแรงมาก
4.6-5.0	กรดจัดมาก
5.1-5.5	กรดจัด
5.6-6.0	กรดปานกลาง
6.1-6.5	กรดเล็กน้อย
6.6-7.3	กลาง
7.4-7.8	ด่างเล็กน้อย
7.9-8.4	ด่างปานกลาง
4.5-9.0	ด่างจัด
มากกว่า 9.0	ด่างจัดมาก

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน, (2553)

ความสัมพันธ์ของ pH ในดินกับธาตุอาหาร

ดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดจัด ธาตุอาหารพืชที่ละลายออกมาอยู่ในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมาก ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) ความเป็นกรดของดินจะส่งผลให้ธาตุอาหาร แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โพแทสเซียม (K) จะต่ำถึงต่ำมาก

ดินที่เป็นด่างเล็กน้อยถึงด่างจัด ธาตุอาหารพืชที่ละลายออกมาอยู่ในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมาก ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โพแทสเซียม (K) ความเป็นด่างของดินจะส่งผลให้ธาตุอาหาร เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) จะต่ำถึงต่ำมาก

ระดับธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินมีข้อจำกัด เนื่องจากฟอสเฟตในดินที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ขึ้นอยู่กับ pH ของดิน เมื่อดินเป็นกรดมาก จะส่งเสริมการตรึงฟอสฟอรัสในรูปของเหล็กและอลูมินัมฟอสเฟตยากแก่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ และเมื่อดินเป็นด่างฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะถูกตรึงเนื่องจากทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับแคลเซียม

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมกนีเซียมและเกลือคาร์บอเนต ดังนั้นระดับ pH ที่เหมาะสมต่อฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ ช่วง pH 6-7 เนื่องจากฟอสฟอรัสจะถูกตรึงน้อยที่สุด

3.การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) ค่าการนำไฟฟ้าของดินเป็นค่าที่ใช้สำหรับประเมินความเข้มข้นของเกลือที่ละลายได้ในดิน ซึ่งเกลือที่ละลายได้ในดินที่สำคัญได้แก่ Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH^{4+}, Cl^-, NO^{3-}, HCO^{3-} และ SO_4^{2-} (พัชรี, 2552) การวัดค่าการนำไฟฟ้าจึงเป็นการประเมินปริมาณเกลือที่ละลายได้ของดินและค่าที่ได้ยังใช้เป็นตัวกำหนดระดับความเค็มของดิน

4.ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total Nitrogen) ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักธาตุหนึ่งที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากไนโตรเจนช่วยพืชสร้างโปรตีนซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุด ไนโตรเจนในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่แล้วจะถูกปลดปล่อยออกมาจากอินทรียวัตถุโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ดังนั้นการประเมินปริมาณไนโตรเจนทางอ้อมคือคำนวณจากปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งโดยทั่วไปอินทรียวัตถุในดินจะมีไนโตรเจนร้อยละ 5 รูปของไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ส่วนใหญ่คือ NH_4^+ ซึ่งเกิดมาจากกระบวนการแอมโมนิฟิเคชั่น (Ammonification) และ NO_3^- ที่เกิดมาจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) ในดิน แต่ปริมาณและรูปของไนโตรเจนทั้ง NH_4^+ และ NO_3^- ที่อยู่ในดินมีไม่แน่นอน มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ปริมาณไนโตรเจนทั้งสองรูปเพิ่มขึ้นและลดลงโดยการสูญหายจากดินได้ง่าย

5.ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Phosphorus) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารพืชที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากและจะมีอยู่ในดินต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยเพียงร้อยละ 0.06 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอยู่ในรูปอนุมูลฟอสเฟต คือ $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^- ได้จากกระบวนการแปรสภาพของอินทรียวัตถุและจากการละลายของสารประกอบฟอสเฟตต่าง ๆ ในดินออกมาอยู่ในสารละลายดิน (Soil solution) ซึ่งอยู่ในสภาพสมดุลกัน วิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินนิยมใช้วิธีของ Bray II (นภารัตน์, 2561)

6. โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium) โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในกิจกรรมสร้างและเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล การสังเคราะห์แสงและการหายใจ เป็นต้น โพแทสเซียมในดินอยู่ในรูปอนุมูลบวกมีอยู่ด้วยกัน 3 รูป ที่คือ 1).Fixed K 2).Exchangeable K^+ และ 3).Soluble K^+ โดยรูปโพแทสเซียมที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ คือ Exchangeable K^+ และ Soluble K^+ สำหรับ Soluble K^+ นั้นพืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายแต่มีปริมาณน้อยมาก

2.5.2.3 คุณสมบัติทางชีวภาพ

1. พืช (Plant) พืชมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อดินเนื่องจากทำหน้าที่กักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์สร้างเป็นสารอินทรีย์โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง เมื่อส่วนต่าง ๆ ของพืชร่วงหล่นหรือตายทับถมและผ่านกระบวนการย่อยสลายกลายเป็นสารอินทรีย์ สารเหล่านี้จะกลายเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตภายในดิน ก่อให้เกิดกิจกรรมอื่น ๆ ต่อเนื่องและเป็นแหล่งสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของธาตุอาหารพืชหลายชนิด เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน การที่พืชเจริญเติบโตและหยั่งรากลงดินก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในดินมากมาย เช่น การเกิดช่องว่างในดินจากการไชชอนของราก การเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศ การหมุนเวียนของธาตุอาหาร การผุพังสลายตัวของหินกลายเป็นดิน การซึมชะ การป้องกันการสูญเสียหน้าดิน เป็นต้น

2. สัตว์ในดิน (Animal) ดินเป็นแหล่งอาศัยของสัตว์นานาชนิด เช่น มด ปลวก แมลง กิ้งกือ ตะขาบ ไส้เดือน เป็นต้น บทบาทหลักของสัตว์ในดินส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการขุดคุ้ยเพื่อหาอาหารหรือเป็นที่อยู่อาศัยรวมถึงการกัดย่อยชิ้นส่วนของรากหรือเศษซากต่าง ๆ กิจกรรมเหล่านี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน การสร้างรังและการขุดคุ้ยไชชอนดินของมด ปลวก แมลง หรือไส้เดือนดิน เป็นการพลิกดินโดยธรรมชาติช่วยผสมคลุกเคล้าอินทรียวัตถุในดินหรือช่วยผสมคลุกเคล้าดินบนกับดินล่าง และนำแร่ธาตุจากใต้ดินขึ้นมาบนผิวดิน ทำให้เกิดช่องว่างในดิน ซึ่งส่งผลให้ดินโปร่งมีการถ่ายเทอากาศดี ปลวกและไส้เดือน ยังมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายเศษอาหาร ซากพืช และสัตว์ให้มีขนาดเล็กจนเป็นอนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งจะเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ดินต่อไป

3.จุลินทรีย์ดิน (Soil microorganisms) จุลินทรีย์ดินมีหลายชนิดทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ เช่น แบคทีเรีย แอคทีโนมัยซิส รา โปรโตซัว ไวรัส จุลินทรีย์ดินมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ การแปรสภาพสารอินทรีย์และอนินทรีย์ การตรึงไนโตรเจน การย่อยสลายสารเคมี เป็นต้น ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินช่วยให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ ดินเกิดสมดุล

2.5.3 ปัญหาคุณภาพดิน

ดินที่มีสมบัติทางกายภาพและเคมีไม่เหมาะสม หรือเหมาะสมน้อยสำหรับการเพาะปลูก ทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตามปกติได้ เกิดได้จากการกระทำของมนุษย์และการเกิดเองตามธรรมชาติ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป.) เช่น ดินเปรี้ยว ดินเค็ม ดินฝาด ดินทรายจัด ดินอินทรีย์หรือดินพรุ ดินตื้น ดินจืด ดินดาน เป็นต้น โดยปัญหาคุณภาพดินปัจจุบันเกิดจากมนุษย์โดยส่วนมากเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยมากเกินไป การใช้พื้นที่ซ้ำโดยไม่มีการปรับปรุง การปลูกพืชเชิงเดี่ยว การใช้ดินผิดประเภท ทั้งนี้ ประเทศไทยมีเนื้อที่ประมาณ 321 ล้านไร่ ปัญหาหลักของดินในประเทศไทยประกอบด้วย ดินกรด 95.4 ล้านไร่ ดินตื้น 38.1 ล้านไร่ ดินดาน 27.3 ล้านไร่ ดินเค็ม 4.2 ล้านไร่ ดินทรายจัด 11.8 ล้านไร่ ดินเปรี้ยว 5.4 ล้านไร่ และดินอินทรีย์หรือดินพรุ 0.3 ล้านไร่ (กองติดตามประเมินผลสิ่งแวดล้อม สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561) การแก้สภาพดินดังกล่าวต้องใช้มาตรการปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อฟื้นฟูดินเสื่อมโทรม เช่น การใช้ปุ๋ยที่มาจากพืช การใช้สารอินทรีย์ลดใช้สารเคมี การพัฒนาพื้นที่ดินเพื่อแก้ไขปัญหาสภาพของดินให้เหมาะสมก่อนการปลูกพืช งานวิจัยนี้จะขอกล่าวถึงดินเปรี้ยวซึ่งเป็นดินที่นำมาทำการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินเปรี้ยว (Acid soil) ดินที่มีสภาพเป็นกรดอย่างรุนแรง ทำให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืช ขาดสมดุล ธาตุอาหารบางชนิดต่ำ บางชนิดสูงเกินไปส่งผลทำให้พืชเจริญเติบโตช้า แคระแกร็น ใบไหม้ อ่อนแอ ไม่ตอบสนองปุ๋ย ดินเปรี้ยวยังทำให้เชื้อจุลินทรีย์ในดินมีประโยชน์ต่อพืชไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ การวัดค่าดินเปรี้ยวจะใช้วิธีวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน หรือ ค่า pH โดยมีค่ากลาง คือ ระดับ 7 เป็นจุดตัดสิน หากค่า pH “มากกว่า 7” จัดเป็นดินด่าง หากค่า pH “น้อยกว่า 7” จัดเป็นดินเปรี้ยว ค่า pH ยิ่งน้อยดินจะยิ่งเปรี้ยวมาก (มูลนิธิชัยพัฒนา, 2540) แสดงดังตารางที่ 2.5

ดินเปรี้ยวเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ 1.ดินเปรี้ยวธรรมชาติซึ่งเกิดจากผืนดินเคยเป็นพื้นที่ป่าชายเลนหรือมีน้ำกร่อยท่วมขังตลอดทั้งปี เกิดการสะสมของตะกอนน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลซึ่งมีสารประกอบกำมะถันทับถมกันมาจนเกิดเป็นดินตะกอน เมื่อเวลาผ่านไปภูมิประเทศได้เปลี่ยนสภาพมาเป็นพื้นที่แห้งจึงเกิดเป็นผืนดินที่มีกรดกำมะถันปะปนอยู่ในเนื้อดินสูง โดยดูได้จากเนื้อดินที่เป็นดินเหนียวสีเทาเข้ม หากขุดลึกลงไป 30–40 เซนติเมตรจะพบจุดสีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองเข้มปะปนอยู่ในชั้นดินจำนวนมาก 2.ดินเปรี้ยวที่เกิดจากมนุษย์เป็นผลจากการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นเวลานานหรือการปล่อยกรดจากโรงงานอุตสาหกรรม จนทำให้เกิดสารเคมีสะสมในดินมากเกินขนาด (สถานีพัฒนาที่ดินฉะเชิงเทรา, ม.ป.ป.)

การปรับปรุงดินเปรี้ยวมีหลายวิธี ดินที่เป็นกรดไม่รุนแรงอาจใช้วิธีการเจือจางความเป็นกรดโดยการใช้น้ำชะล้างความเป็นกรดในดินหรือการขังน้ำไว้นาน ๆ แล้วระบายออกก่อนปลูกพืช หรือที่เรียกว่า “การแกล้งดิน” ร่วมกับการเลือกพันธุ์พืชที่ทนต่อดินกรด (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2559) สำหรับการจัดการดินเป็นกรดรุนแรงจะใช้วิธีการใส่ปูน เช่น ปูนมาร์ล ปูนขาว หินปูนบด หินปูนฝุ่น ผสมคลุกเคล้ากับหน้าดินในอัตราที่เหมาะสมตามความต้องการปูนของดิน เพื่อช่วยลดความเป็นกรดในดินหรือใช้ปูนควบคู่ไปกับการใช้น้ำชะล้างและควบคุมระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นวิธีการที่สมบูรณ์ที่สุดและใช้ได้ผลมากในพื้นที่ซึ่งดินเป็นกรดรุนแรงมากและถูกปล่อยทิ้งร้างเป็นเวลานาน (กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป.)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jerzy Weber และคณะ ได้ทำการศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักจากขยะมูลฝอยในชุมชนต่อคุณสมบัติของดิน และศึกษาประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนของพืช โดยทำการทดลองใช้ระยะเวลา 3 ปี ใช้ปุ๋ยหมักจากขยะ 2 ชนิดที่แตกต่างกันผสมกับดินทราย คือ จากขยะที่เก็บแบบไม่คัดแยกและจากขยะในครัวเรือนที่คัดแยกอย่างดี ในอัตราส่วน 18 , 36 และ 72 ตัน/เฮกตาร์ (มวลแห้ง) ดินทรายที่ใช้มีความเป็นกรดเล็กน้อย โดยจะควบคุมแปลงแบบไม่เติมแร่ธาตุกับเติมแร่ธาตุไนโตรเจน 80 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี ฟอสฟอรัส 30 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี และโพแทสเซียม 30 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี โดยใช้พืชที่ปลูกเชิงเดี่ยวคือ ข้าวทริติเคลี (triticale) พันธุ์ GABO เป็นตัวทดสอบทุกแปลง ทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเกตการณ์งอก วัดการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืชไม่พบผลกระทบจากปุ๋ยหมักทั้งสองชนิด ทดสอบโดยเก็บตัวอย่างดินทุกปีหลังเก็บเกี่ยว นำมาหาค่าอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ CS-MATT 5500 และหาไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl method ผลการทดลองพบว่า ในแปลงที่มีอัตราปุ๋ยหมักอย่างน้อย 36 ตัน/เฮกตาร์ มีการเพิ่มขึ้นของค่าอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ตลอดระยะเวลา 3 ปี สัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุที่ใช้กับปุ๋ยหมักมากขึ้นส่งผลให้ค่าอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) เพิ่มขึ้นอย่างมากแต่จะลดลงอย่างมากในระยะเวลาต่อมา การลดลงของปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่มีปุ๋ยหมักจะมาพร้อมการลดลงของไนโตรเจน โดยระยะเวลาทดลอง 3 ปี ไนโตรเจนลดลงสู่ระดับเริ่มต้นในดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ในดินของแปลงที่ 3 ลดลงจาก 0.77 เป็น 0.47 กรัมต่อกิโลกรัม แต่แปลงควบคุมที่ยังไม่มีการเติมปุ๋ยมีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) และค่าอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) คงที่ แต่ปีถัดมาแปลงทั้งหมดที่ใส่ปุ๋ยหมักมีไนโตรเจนลดลงเกิดจากธาตุไนโตเจนในดินที่หมักจากปุ๋ยหมด สรุป การใช้ปุ๋ยหมักจากขยะเป็นอีกวิธีที่ดีแม้จะคุณภาพต่ำแต่เหมาะสมกับการใช้ของเสียและช่วยลดการใช้ปุ๋ยแร่ธาตุได้ (Jerzy Weber et al. 2014)

Jianlei Wang และคณะ ได้ทำการศึกษาการผลิตปุ๋ยละลายน้ำได้ซึ่งมีกรดอะมิโนจากการหมักกากถั่วเหลืองและประเมินประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตเมล็ดเรพซีด (Rapeseed) โดยหมักแบบโซลิดสเตต (Solid-State) ทำหัวเชื้อ N-2 (*Bacillus subtilis*) โดยบ่ม N-2 ในอาหารเพาะที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36ชั่วโมง จากนั้นนำกากถั่วเหลืองผสมกับของเหลว (ของเหลว ; กลูโคส สารสกัดจากเนื้อวัว โซเดียมคลอไรด์ K_2HPO_4 $MgSO_4.7H_2O$ $FeSO_4.7H_2O$) ผสมจนไม่มีน้ำ ใส่ของผสมแต่ละชนิดลงขวด ปิดผนึกด้วยพาราฟิล์ม เติมหัวเชื้อลงแต่ละขวด บ่มให้ห้องความชื้นสัมพัทธ์สูงที่ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน สกัดและวิเคราะห์ทางเคมีส่วนประกอบละลายน้ำได้โดยตัวอย่างการหมักถูกสกัดโดยเติมน้ำลงในวัสดุซับสเตรต ตัวอย่างถูกผสมด้วยเครื่องเขย่าสาร 150 รอบ/นาที เป็นเวลา 0.5 ชั่วโมง แล้วนำมากรองผ่านตาข่ายผ้า นำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุนแล้วใช้เป็นปุ๋ย วิเคราะห์ไนโตรเจนในสารละลายที่ละลายน้ำได้ด้วยวิธี Kjeldahl method ทำการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักต่อความเจริญเติบโตเรพซีด ผสมดินทรายร้อยละ 90 และขี้เถ้าพืชร้อยละ 10 ลงในกระถาง นำปุ๋ยหมักที่ได้เจือจางด้วยน้ำเป็นความเข้มข้นร้อยละ 1.25, 0.25 และร้อยละ 0.125 มีการใช้ปุ๋ย 2 ชนิด คือ ปุ๋ย CKI (ปุ๋ยสาหร่ายมีร้อยละ 10 N + P_2O_5 + K_2O) และปุ๋ย CKII (ปุ๋ยกรดอะมิโนร้อยละ 25) ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 เป็นตัวควบคุม ใช้น้ำปริมาณเท่ากัน แต่ละกระถางใส่เม็ดเรพซีด 10 เม็ด รดน้ำทุกวันและฉีดพ่นปุ๋ยทุก 7 วัน เก็บตัวอย่าง 30 วันหลังหยอดเมล็ด นำไปหาปริมาณคลอโรฟิลล์ วัดความยาวราก ลำต้นและใบ ดูลักษณะกระจายตัวของราก จากการวิเคราะห์พบว่าปุ๋ยหมักจากกากถั่วเหลืองช่วยเพิ่มการทำงานของระบบรากเรพซีด ปริมาณคลอโรฟิลล์ ขนาดใบ ความยาวรากและน้ำหนักรากได้จริง ในระหว่างหมักปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 97 ถูกละลายและสลายเป็นเปปไทด์และกรดอะมินอิสระ ดั้งนั้น

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์หมักจากกากถั่วเหลืองที่อุดมไปด้วยเปปไทด์และกรดอะมิโนอิสระสามารถเพิ่มปริมาณไนโตรเจนและเพิ่มการทำงานของระบบพืชได้จริง (Jianlei Wang *et al*. 2014)

Xueyan Zhang และคณะ ได้ทำการศึกษาการใช้ไม้พุ่มตระกูลถั่วหมักร่วมกัน *Caragana microphylla-straw* (CM) และ *Bacillus cereus* (BC) ช่วยลดการป้อนไนโตรเจน (N-input) แต่ช่วยเพิ่มการใช้ไนโตรเจนอย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มผลผลิตแตงกวาในดินที่เป็นด่าง ภายใต้เงื่อนไขอัตรา N-input ที่แปรผันและศึกษาฤดูกาลปลูกพืชติดต่อกัน 4 ฤดู การปรับปรุงดินใช้มูลไก่ไม่มีการผสมเป็นตัวควบคุม, CM-100%N, CM-75%N และCM-50%N ได้ N-input ทั้งหมดในปริมาณเท่ากัน ทดลองปลูกแตงกวาติดต่อกัน 4 ฤดู ในเรือนกระจกพลาสติก ใช้ดินร่วนปนทรายแป้ง (Silt loam) เพาะต้นกล้าที่มีใบจริง 2 ใบ ก่อนย้ายลงแปลง หลังจากย้ายลงแปลงแล้วแตงกวาได้รับการปลูกแบบไม่มีการพ่น BC กับมีการพ่น BC โดยให้น้ำแบบหยดผิวดิน แต่ละแปลงได้รับความถี่และปริมาณการให้น้ำเท่ากัน สุ่มเก็บแกนดิน 6 แกนใกล้กับรากพืชจากแถวด้านในของแปลงหลังจากการเก็บเกี่ยวฤดูกาลปลูกพืชที่ 1, 2, 3 และ4 ตามลำดับ วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Micro-Kjeldahl ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของพืชเพิ่มขึ้น ดังนั้นปุ๋ยหมัก *Caragana microphylla-straw* (CM) สามารถใช้แทนปุ๋ยมูลไก่ในการปลูกแตงกวาได้ ไม่พบการลดลงของผลผลิตพืช การพ่น *Bacillus cereus* (BC) สามารถเพิ่มผลผลิตพืชผลภายใต้เงื่อนไข CM N-input ที่ลดลง บ่งชี้ว่าการใช้ *Caragana microphylla-straw* (CM) และ *Bacillus cereus* (BC) ที่ย่อยสลายร่วมกันสามารถลด N-input ได้จริง (Xueyan Zhang *et al.* 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การเก็บตัวอย่าง

3.1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. จอบหรือเสียม
2. Core เก็บตัวอย่างดินพร้อมฝา
3. ถังพลาสติก
4. ถุงพลาสติกหรือถุงซิปล็อค
5. สมุดบันทึกข้อมูล

3.1.2 วิธีเก็บตัวอย่าง

กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง ทำความสะอาดพื้นผิวดิน ขุดดินที่ความลึก 15 เซนติเมตร โดยใช้จอบหรือเสียมแซะขอบหลุม ตักดินใส่ถังเพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไป

นำ Core เก็บตัวอย่างดิน โดยใช้ Core เจาะลงไปในดินในแนวดิ่งที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร จากนั้นปาดดินส่วนที่เกินปาก Core ออก นำฝา Core ปิดไว้เพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไป

บันทึกข้อมูลสถานที่เก็บตัวอย่าง วันที่เก็บตัวอย่าง เนื้อที่และลักษณะพื้นที่ พืชที่ปลูก ผลผลิตต่อไร่ ปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่เก็บตัวอย่าง

3.2 การเตรียมตัวอย่าง

3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
2. ถาด
3. บีกเกอร์ ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
4. กระบอกตวง ขนาด 10 มิลลิลิตร
5. ตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh

3.2.2 สารเคมี

1. ดิน
2. กากถั่วเหลือง
3. จุลินทรีย์ พด.2
4. น้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วิธีเตรียมตัวอย่าง

ร่อนกากถั่วเหลืองผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh ได้ขนาดของกากถั่วเหลือง 149 ไมโครเมตร

นำดินผสมกับกากถั่วเหลืองที่ร่อนแล้วในอัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ1:2 เติมจุลินทรีย์ พด.2 จากกรมพัฒนาที่ดินจำนวน 5 มิลลิลิตร ลงในแต่ละอัตราส่วนผสมให้เข้ากัน จากนั้นบ่มตัวอย่างที่อุณหูมิห้องเป็นเวลา 7, 14 และ 21 วัน

เมื่อครบระยะเวลาบ่ม นำตัวอย่างในแต่ละอัตราส่วนอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์ตัวอย่างต่อไป

3.3 การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน

3.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวง ขนาด 10 มิลลิลิตร
3. แท่งแก้วคนสาร
4. เครื่องวัดพีเอช (pH meter)
5. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.3.2 สารเคมี

1. pH Buffer Solution ที่ pH4, pH 7 และ pH 9
2. น้ำกลั่น

3.3.3 วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างดินที่อบแล้ว 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนตัวอย่างดินและน้ำให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 30 นาที ใช้แก้วคนเป็นครั้งคราว เปิดเครื่อง pH meter ทิ้งไว้ 15 นาที ปรับเทียบเครื่อง (Calibrate) ด้วย pH Buffer Solution ที่ pH 4, pH 7 และ pH 9 ที่อุณหภูมิห้อง

เมื่อตัวอย่างครบ 30 นาที นำมาวัดค่า pH ด้วย pH meter ที่ปรับเทียบแล้ว บันทึกค่าที่อ่านได้

3.4 การวิเคราะห์ความต้องการปูน

3.4.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. บีกเกอร์ ขนาด 100, 250 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวง ขนาด 25 มิลลิลิตร
3. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
4. แท่งแก้วคนสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร

6. ขวดรูปชมพู ขนาด 125 มิลลิลิตร

7. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

8. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

9. เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

3.4.2 สารเคมี

1. น้ำกลั่น

2. Para-nitrophenol

3. Calcium acetate

4. Magnesium oxide

5. 0.2 N Hydrochloric acid

3.4.3 การเตรียมสารละลาย Woodruff

ชั่ง Para-nitrophenol จำนวน 8.0 กรัม Calcium acetate จำนวน 40.0 กรัม Magnesium oxide จำนวน 0.62 กรัม ใส่บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ละลายด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน เทสารละลายใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.4.4 วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างดินที่อบแล้ว 20 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ตวงน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร และสารละลาย Woodruff 20 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ 30 นาทีจึงวัด pH ด้วย pH meter บันทึกค่าที่อ่านได้

ทำกราฟมาตรฐาน ปิเปตสารละลาย Woodruff 20 มิลลิลิตรลงขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร ไทเทรตสารละลาย Woodruff ด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.2 นอร์มอลกรดไฮโดรคลอริก ครั้งละ 0.5 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้ววัดค่า pH ของสารละลาย จนกระทั่งใช้กรดไปประมาณ 13-15 มิลลิลิตร จึงนำค่า pH กับปริมาณกรดที่เติมลงไปทำกราฟมาตรฐาน

3.5 การวิเคราะห์การนำไฟฟ้าของดิน

3.5.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร

2. กระบอกตวง ขนาด 50 มิลลิลิตร

3. เครื่องเขย่า

4. กระดาษกรอง เบอร์ 5

5. กรวยกรอง

6. เครื่อง Conductivity meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ 1,413 $\mu S/cm.$

3.5.3 วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างดินที่อบแล้ว 10 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 เปิดเครื่อง Conductivity meter ปรับเทียบเครื่อง (Calibrate) ด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ 1,413 $\mu S/cm.$ จากนั้นจึงวัดค่าการนำไฟฟ้าจากสารละลายที่กรองได้ บันทึกค่าที่อ่านได้

3.6 การวิเคราะห์ความชื้น ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นอนุภาคและความพรุนของดิน

3.6.1 การวิเคราะห์ความชื้น

3.6.1.1 อุปกร์และเครื่องมือ

1. ตู้อบลมร้อน (Oven)
2. โถดูดความชื้น (Desiccator)
3. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.6.1.2 วิธีวิเคราะห์

นำ Core เก็บตัวอย่างดิน ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก นำตัวอย่างเข้าตู้อบลมร้อน (Oven) ที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา นำ Core ที่มีตัวอย่างดินพร้องฝาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) จากนั้นนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก นำตัวอย่างเข้าอบอีกครั้งเป็นเวลา 4-8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) จากนั้นนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก ทำซ้ำจนกว่าน้ำหนักตัวอย่างดินนิ่งหรือต่างกันไม่เกิน 0.02 กรัม จากนั้นเคาะดินออก ล้าง Core และฝา ทิ้งให้แห้งและนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2565)

3.6.2 การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน

3.6.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Core
2. ไม้บรรทัดความยาว 15 หรือ 30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2.2 วิธีวิเคราะห์

วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Ø) และความสูง (h) ของ Core บันทึกผล นำข้อมูลการวิเคราะห์ความชื้นมาใช้ในการคำนวณหาความหนาแน่นรวม (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2565)

3.6.3 การวิเคราะห์ความหนาแน่นของอนุภาคดิน

3.6.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตร
2. บีกเกอร์ขนาด 2,000 มิลลิลิตร
3. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
4. Hot plate
5. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
6. ผ้าหรือกระดาษทิชชู

3.6.3.2 สารเคมี

1. น้ำกลั่น

3.6.3.3 วิธีวิเคราะห์

ชั่งน้ำหนักขวดปรับปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตรที่แห้ง โดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก ต้มน้ำกลั่นประมาณ 1,800 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 2,000 มิลลิลิตร บน Hot plate ต้มนาน 1 ชั่วโมงหรือจนกว่าฟองอากาศในน้ำจะหมดและปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำกลั่นซึ่งไล่อากาศออกแล้วในขวดปรับปริมาตรจนถึงขีดปริมาตร 50 มิลลิลิตร เช็ดภายนอกขวดให้แห้งด้วยผ้าสะอาดหรือกระดาษทิชชูแล้วชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก เทน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตรใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 2,000 มิลลิลิตร และนำขวดปรับปริมาตรไปอบเป็นเวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ชั่งดิน 10 กรัม ลงในขวดปรับปริมาตรด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักดิน เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มไล่อากาศแล้ว 15 มิลลิลิตร และนำขวดปรับปริมาตรบรรจุลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) 100 องศาเซลเซียส เพื่อต้มไล่อากาศที่ละลายอยู่ในน้ำกลั่นและที่ติดอยู่กับอนุภาคดิน ระหว่างต้มควรเขย่าเบา ๆ เป็นครั้งคราวเพื่อป้องกันไม่ให้ฟองล้นและไล่ฟองอากาศ นำตัวอย่างที่ต้มไล่อากาศหมดแล้วมาพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมน้ำกลั่นถึงขีดปริมาตร 50 มิลลิลิตร เช็ดภายนอกขวดให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 การวิเคราะห์ความพรุนของดิน

3.6.4.1 วิธีวิเคราะห์

นำผลการวิเคราะความหนาแน่นรวมของดินและความหนาแน่นของอนุภาคมาคำนวณความพรุนของดิน

3.7 การวิเคราะห์อนุภาคดิน

3.7.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. บีกเกอร์ขนาด 250, 500 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวง ขนาด100, 1000 มิลลิลิตร
3. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 1000 มิลลิลิตร
4. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)
4. เทอร์โมมิเตอร์
5. เครื่องปั่นดิน

3.7.2 สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. Sodium hexametaphosphate
3. Sodium carbona anhydrous

3.7.3 การเตรียมสารละลายแคลกอน (Calgon) 5 เปอร์เซ็นต์

ชั่ง Sodium hexametaphosphate จำนวน 35.7 กรัม Sodium carbona anhydrous จำนวน 7.94 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ใสบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่น เทใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.7.4 วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างดินปกติที่อบแล้ว 50 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมสารละลายแคลกอน (Calgon) 5 เปอร์เซ็นต์ 15 มิลลิลิตร เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร ปั่นดิน 10 นาที เทตัวอย่างดินลงในกระบอกตวงขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ถึงขีด 1,130 มิลลิลิตร กวนตัวอย่างดินในกระบอกตวงให้อยู่ในสภาพแขวนลอย จากนั้นเริ่มจับเวลาทันทีเมื่อถึงเวลา 20 วินาที ค่อย ๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer) ลงไปพร้อมกับจุ่มเทอร์โมมิเตอร์ เมื่อถึงเวลา 40 วินาทีจึงอ่านค่าไฮโดรมิเตอร์และอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์ บันทึกค่าที่อ่านได้ เก็บไฮโดรมิเตอร์และเทอร์โมมิเตอร์เช็ดให้สะอาด เมื่อครบเวลา 2 ชั่วโมง ค่อย ๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ไฮโดรมิเตอร์และจุ่มเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิอีกครั้ง บันทึกค่าที่อ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl

3.8.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. บีกเกอร์ ขนาด 50, 100, 250, 500และ1,000 มิลลิลิตร
2. บีกเกอร์พลาสติก ขนาด 2,000 มิลลิลิตร
3. กระบอกตวง ขนาด 50และ100 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100, 250, 500และ1,000 มิลลิลิตร
6. ปิเปต ขนาด 1, 5, 10, 15และ20 มิลลิลิตร
7. บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร
8. หลอดย่อย (Digestion tube)
9. เครื่องย่อย
10. เครื่องกลั่นไนโตรเจน
11. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
12. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
13. โกร่งบดสาร
14. ถ้วยกระเบื้อง

3.8.2 สารเคมี

1. Conc. Sulfuric acid 96%
2. Conc. Hydrochloric acid 37%
3. Sodium hydroxide
4. Methylene blue
5. Methyl red
6. Phenolphthalein
7. 95% Ethyl alcohol
8. Sodium carbonate
9. Boric acid
10. Potassium sulfate
11. Copper (II) sulfate pentahydrate
12. Selenium
13. น้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.3 การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายอินดิเคเตอร์

ชั่ง 0.20 กรัม Methyl red ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร ละลายด้วย 95% Ethyl alcohol เทใส่ในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตรปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วย 95% Ethyl alcohol และชั่ง 0.10 กรัม Methylene blue ใส่บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ละลายด้วย 95% Ethyl alcohol เทใส่ในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 50 มิลลิลิตร ด้วย 95% Ethyl alcohol นำอินดิเคเตอร์ทั้งสองผสมกันในอัตราส่วน 2 ต่อ 1 ถ่ายลงในขวดแก้วสีชา

2. สารละลายกรดบอริก 4 เปอร์เซ็นต์

ชั่ง 40 กรัมของ Boric acid ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ใส่บีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่น ถ่ายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3. สารผสมสำหรับเร่งปฏิกิริยา

ผสม Potassium sulfate : Copper (II) sulfate pentahydrate : Selenium ในอัตราส่วน 100 : 10 : 1 ตามลำดับ บดผสมให้เข้ากันด้วยโกร่งบดสาร

4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 เปอร์เซ็นต์

ชั่ง 800 กรัมของ Sodium hydroxide ใส่ในบีกเกอร์พลาสติก ขนาด 2,000 มิลลิลิตร ค่อย ๆ ใส่น้ำกลั่นลงไป คนให้สารละลายให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรเป็น 2,000 มิลลิลิตร (เตรียมสารในตู้ดูดควัน) ถ่ายใส่ขวดพลาสติกขนาด 2 ลิตร

5. 0.05 N สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เป็นสารมาตรฐานปฐมภูมิ

ชั่ง 3–5 กรัม Sodium carbonate ใส่ถ้วยกระเบื้องขนาด 75 มิลลิลิตร นำไปอบที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่ง 2.5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ละลายด้วยน้ำกลั่น ถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

6. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มอล

ปิเปต 8.3 มิลลิลิตร Conc. Hydrochloric acid 37% ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

การ Standardize ปิเปต 0.05 N สารละลาย Sodium carbonate 40 มิลลิลิตร โดยใช้ปิเปตขนาด 20 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือดอย่างอ่อน ๆ ปิดด้วยกระจกนาฬิกา 3–5 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ทำการไทเทรตด้วยสารละลาย Hydrochloric acid 0.1 N ใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ สารละลายจากสีชมพูเปลี่ยนเป็นไม่มีสี คำนวณหาความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์

ชั่งฟีนอล์ฟทาลีน 0.5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ใส่บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ละลาย ด้วย 95 เปอร์เซ็นต์เอทิลแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร คนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร ถ่ายใส่ขวดแก้วสีชา

3.8.4 วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างดินที่อบแล้ว 2 กรัม ใส่ในหลอดย่อย (Digestion tube) เติมสารผสมสำหรับเร่งปฏิกิริยา 7 กรัม เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร เขย่าหลอดย่อยเบา ๆ นำตัวอย่างไปย่อยโดยใช้อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง ตัวอย่างจะมีลักษณะเป็นสีเขียวขุ่น ๆ นำออกจากเตาย่อย ทิ้งไว้ให้เย็น ตัวอย่างจะมีสีขาวหรือสีฟ้าลักษณะใส เติมน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร และ 40 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 มิลลิลิตร นำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นไนโตรเจนทันที ปิเปตสารละลายกรดบอริก 4 เปอร์เซ็นต์ 25 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ผสม 3 หยด สารละลายจะมีลักษณะสีม่วงแดง นำไปรองรับสารละลายที่ได้จากเครื่องกลั่นไนโตรเจนโดยให้ปลายของหลอดจุ่มลงในสารละลายกรดบอริก สารละลายกรดบอริกจะเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีเขียว นำสารละลายที่กลั่นได้ในขวดรูปชมพู่ไปไทเทรตกับ 0.1 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริก จุดยุติของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง บันทึกปริมาตร 0.1 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไป

3.9 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชด้วยวิธีของ Bray II

3.9.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 50, 100 และ1,000 มิลลิลิตร
2. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร
3. ปิเปต ขนาด 1, 5, 10 และ20 มิลลิลิตร
4. กระบอกตวง ขนาด 25 มิลลิลิตร
5. กรวยกรอง
6. กระดาษกรอง เบอร์ 5
7. บีกเกอร์ ขนาด 100 และ500 มิลลิลิตร
8. หลอดทดลอง
9. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
10. เครื่อง UV/Visible spectrophotometer
11. ตู้อบลมร้อน (Oven)
12. โถดูดความชื้น (Desiccator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.2 สารเคมี

1. Ammonium fluoride
2. Conc. Hydrochloric acid 37%
3. Ammonium molybdate
4. Antimony potassium tartrate
5. Conc. Sulfuric acid 96%
6. Ascorbic acid
7. Potassium dihydrogen phosphate
9. น้ำกลั่น

3.9.3 การเตรียมสารละลาย

1. น้ำยาสกัด Bray II

ชั่ง 1.11 กรัม Ammonium fluoride ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตรด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ละลายด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปิเปต 8.6 มิลลิลิตร Conc. Hydrochloric acid 37% ลงไป คนสารเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปวัด pH ด้วยเครื่อง pH meter ปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 1.5-1.6 โดยใช้ 1 N NaOH หรือ 1 N HCl ในการปรับค่า pH ถ่ายในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2. Stock solution

ชั่ง 50 กรัม Ammonium molybdate ลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ละลายด้วยน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร และ ชั่ง 1.213 กรัม Antimony potassium ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตรด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ละลายด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ผสมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกัน จากนั้นเติม Conc. Sulfuric acid 96% 700 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เทลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เทเก็บใส่ขวด Polyethylene เก็บไว้ในที่มืดและเย็น (สารละลายนี้เก็บได้นาน 6 เดือน)

3. น้ำยา Develop

ชั่ง 0.88 กรัม Ascorbic acid ลงในบีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วเทใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 800 มิลลิลิตร และปิเปตสารละลาย Stock solution ลงไป 20 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น (สารละลายนี้เก็บได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง)

4. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 50 พีพีเอ็ม

ชั่ง 5 กรัม Potassium dihydrogen phosphate ลงบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ชั่ง 0.2195 กรัม Potassium dihydrogen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

phosphate ที่อบแห้งแล้วด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ลงบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตร ปรับสภาพให้เป็นกรดด้วย Conc. Sulfuric acid 96% 1-2 หยดแล้ว ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.9.4 วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างดิน 1.0 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำยาสกัด Bray II 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วยมือ 1 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 ปิเปตสารละลายที่กรองได้ 1 มิลลิลิตร และปิเปตสารละลาย working solution 16 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง เขย่าหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นจึงนำไปอ่านค่าความเข้มข้นด้วยเครื่อง UV/Visible Spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร ทำแบลงค์ (Blank) เช่นเดียวกับตัวอย่างแต่ไม่มีตัวอย่างดิน

เตรียมสารละลายมาตรฐาน (Standard set) โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 50 ppm มา 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ15 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำยาสกัด Bray II ให้ครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 15 ppm ตามลำดับ จากนั้นปิเปตสารละลายสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 15 ppm มา 1 มิลลิลิตร และปิเปตสารละลาย working solution 16 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง เขย่าหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นจึงนำไปอ่านค่าความเข้มข้นด้วยเครื่อง UV/Visible Spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร

3.10 การวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชด้วยวิธี 1 N NH_4OAc pH 7.0

3.10.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 และ 1,000 มิลลิลิตร
2. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
4. ปิเปต ขนาด 1, 5, 10และ20 มิลลิลิตร
5. กระบอกตวง ขนาด 25 มิลลิลิตร
6. กรวยกรอง
7. กระดาษกรอง เบอร์ 1
8. เครื่องชั่งทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง
9. เครื่องเขย่าสาร
10. เครื่อง Flame spectrophotometer
11. ตู้อบลมร้อน (Oven)
12. โถดูดความชื้น (Desiccator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.2 สารเคมี

1. Ammonium acetate
2. Potassium chloride
3. น้ำกลั่น

3.10.3 การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 1 นอร์มอล pH 7.0

ชั่งแอมโมเนียมอะซิเตท 77 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ใส่บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่น ถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2. สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน 1,000 พีพีเอ็ม

ชั่ง 5 กรัม ของโพแทสเซียมคลอไรด์ใส่บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่ง 1.9067 กรัมของโพแทสเซียมคลอไรด์ที่อบแล้วใส่บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตรด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ละลายน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.10.4 วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างดิน 2.5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ใส่ในขวดชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม 1 นอร์มอล สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตรต (NH_4OAc) pH 7.0 จำนวน 25 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 30 นาที ที่ความเร็ว 180 รอบต่อนาที จากนั้นกรองสารละลายตัวอย่างด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 เก็บสารละลายที่กรองได้มาวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Flame spectrophotometer โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานจากสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม ทำ Blank โดยใช้น้ำกลั่นในการวิเคราะห์

เตรียมสารละลายมาตรฐาน (Standard set) โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 1000 ppm มา 10 มิลลิลิตรใส่ในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจะได้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 100 ppm จากนั้นปิเปตสารละลายนี้มา 0, 2, 4, 6, และ 8 มิลลิลิตรลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจะได้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ 8 ppm ตามลำดับ วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Flame spectrophotometer

3.11 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช

3.11.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. กระถางปลูก ขนาด 5 นิ้ว
2. ถาดหลุมเพาะกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร

4. กระบอกตวง ขนาด 10และ100 มิลลิลิตร

5. ไม้บรรทัด ขนาด 30 เซนติเมตร

3.11.2 สารเคมี

1. จุลินทรีย์ พด. 2

2. น้ำกลั่น

3.11.3 วิธีวิเคราะห์

นำเมล็ดผักบุ้งเพาะเมล็ดในถาดหลุมเพาะกล้า ผสมดินและกากถั่วเหลือง ตามอัตราส่วน 1:0.5, 1:1และ1:2 ผสมจุลินทรีย์ พด.2 จำนวน 5 มิลลิลิตรลงในกระถางปลูก อัตราส่วนละ 3 กระถาง นำเมล็ดผักบุ้งที่เพาะแล้วปลูกลงในกระถางจำนวน 4 เมล็ดต่อ 1 กระถาง รดน้ำจำนวน 100 มิลลิลิตรทุกกระถาง บันทึกผลการเจริญเติบโตและความสูงของผักบุ้งเมื่อครบ 2 สัปดาห์ ปลูกผักบุ้งในดินปกติจำนวน 3 กระถาง บันทึกผลการเจริญเติบโตและความสูงของผักบุ้งเมื่อครบ 2 สัปดาห์เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างดินปกติกับอัตราส่วนดินต่อกากถั่วเหลืองทั้ง 3 อัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดินด้วยกากถั่วเหลือง โดยทำการเก็บดินตัวอย่างจากหมู่ที่ 2 บ้านสำโรง ตำบลสำโรง อำเภอโนนไทย จังหวัดนครราชสีมา ขุดดินลึก 15 เซนติเมตร โดยตัวอย่างดินจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 7 สีของดินตัวอย่างคือ 7.5YR4/3 เพื่อนำมาศึกษาคุณสมบัติของดินดินตัวอย่าง ศึกษาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ศึกษาปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และศึกษาการเจริญเติบโตของพืช นำเสนอผลการศึกษาตามลำดับดังนี้

4.1. ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง

ทำการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างโดยใช้ pH meter ทำการวัดที่สภาวะอัตราส่วนของน้ำหนักดินต่อกากถั่วเหลืองที่แตกต่างกัน คือ 1:0.5, 1:1 และ1:2 รวมทั้งใช้ระยะเวลาในการบ่มที่ต่างกัน คือ 7, 14 และ21 วัน แสดงผลดังตารางที่ 4.1 จากผลการวิเคราะห์พบว่ากากถั่วเหลืองมีค่าพีเอช 6.01±0.00 ถือว่ามีความเป็นกรดปานกลาง ในส่วนของตัวอย่างดินปกติมีค่าพีเอช 3.82±0.00 ถือว่ามีความเป็นกรดรุนแรงมาก ซึ่งระดับความเป็นกรดของกากถั่วเหลืองและดินตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน (2553) ที่ได้กำหนดให้ความเป็นกรดในระดับรุนแรงมากจะมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.5–4.5 ความเป็นกรดในระดับปานกลางจะมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.6–6.0 ในส่วนค่าพีเอชของตัวอย่างอัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ 1:2 ใช้ระยะเวลาบ่ม 7, 14 และ21 วัน นั้นมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.17±0.01 ถึง 4.55±0.01 ซึ่งถือว่ามีความเป็นกรดรุนแรงมากเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน

4.2 ผลการวิเคราะห์ความต้องการปูน

ทำการวิเคราะห์ความต้องการปูนโดยใช้วิธี Woodruff buffer ที่สภาวะอัตราส่วนของน้ำหนักดินต่อกากถั่วเหลืองที่แตกต่างกัน คือ 1:0.5, 1:1 และ1:2 รวมทั้งใช้ระยะเวลาในการบ่มที่ต่างกัน คือ 7, 14 และ21 วัน ทำการวัด pH ด้วย pH meter แสดงผลดังตารางที่ 4.1 จากผลการวิเคราะห์พบว่าตัวอย่างดินมีความต้องการปูนเท่ากับ 19.30±0.01 มิลลิกรัมแคลเซียมคาร์บอเนต ในขณะที่ค่าความต้องการปูนของดินต่อกากถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ1:2 ใช้ระยะเวลาบ่ม 7, 14 และ21 วัน นั้นมีค่าอยู่ในช่วง 15.89±0.01 ถึง 17.63±0.01 มิลลิกรัมแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งค่าความต้องการปูนน้อยกว่าตัวอย่างดิน และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า อัตราส่วน 1:0.5 นั้นมีความต้องการปูนสูงที่สุดเนื่องจากมีปริมาณของกากถั่วเหลืองในปริมาณน้อยที่สุด ในทางกลับกันอัตราส่วน 1:2 ที่มีปริมาณกากถั่วเหลืองมากที่สุดนั้นเป็นอัตราส่วนที่มีความต้องการปูนน้อยที่สุด ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าพีเอชคือเมื่อดินมีความเป็นกรดในระดับที่รุนแรงก็จะ

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ...

มีความต้องการปูนในปริมาณที่มากขึ้นเพื่อแก้ความเป็นกรด สอดคล้องกับงานวิจัยของกรมพัฒนาที่ดิน (2553)

4.3 ผลการวิเคราะห์ค่านำไฟฟ้า

ทำการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าโดยใช้เครื่อง Conductivity meter ที่สภาวะอัตราส่วนของน้ำหนักดินต่อกากถั่วเหลืองที่แตกต่างกัน คือ 1:0.5, 1:1 และ1:2 ใช้ระยะเวลาในการบ่มที่ต่างกัน คือ 7, 14 และ21 วัน แสดงผลดังตารางที่ 4.1 จากผลการวิเคราะห์พบว่ากากถั่วเหลืองมีค่านำไฟฟ้าเท่ากับ 14.43±0.12 เดซิซีเมนต่อเมตร ถือว่าอยู่ในระดับเค็มมาก ตัวอย่างดินมีค่านำไฟฟ้าเท่ากับ 0.10±0.01 เดซิซีเมนต่อเมตร ถือว่าอยู่ในระดับไม่เค็ม ในส่วนค่าการนำไฟฟ้าของอัตราส่วนดินต่อกากถั่วเหลืองในอัตราส่วนและระยะเวลาบ่มที่แตกต่างกันนั้นอยู่ในช่วง 15.33±0.21 ถึง 21.37±0.21 เดซิซีเมนต่อเมตร ถือว่าเค็มมากถึงเค็มจัด โดยในอัตราส่วน 1:0.5 นั้นมีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหลังใช้ระยะเวลาบ่ม 14 วัน แต่เมื่อใช้ระยะเวลาบ่มจนถึง 21 วัน ค่านั้นกลับลดลง แต่ในอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 นั้นค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นแม้จะใช้ระยะเวลาการบ่มที่นานขึ้นก็ตาม เนื่องมาจากมีปริมาณกากถั่วเหลืองที่มีธาตุอาหารในปริมาณสูงซึ่งช่วยให้ตัวอย่างดินนั้นมีความเป็นกรดลดลงไปในปริมาณที่มากเพียงพอทำให้เมื่อใช้ระยะเวลาบ่มที่นานขึ้นค่านำไฟฟ้าก็ยังคงเพิ่มขึ้น แต่อัตราส่วน 1:0.5 นั้นมีปริมาณกากถั่วเหลืองน้อยเกินไปทำให้มีธาตุอาหารไม่เพียงพอค่านำไฟฟ้าจึงลดลงเมื่อใช้ระยะเวลาบ่มที่นานขึ้น

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความต้องการปูน และค่าการนำไฟฟ้า

ระยะเวลาบ่ม	ตัวอย่าง	ค่าพีเอช (pH)	ความต้องการปูน ($mgCaCO_3$)	ค่านำไฟฟ้า (dS/m)
	กากถั่วเหลือง	6.01±0.00	-	14.43±0.12
	ดิน	3.82±0.00	19.30±0.01	0.10±0.01
7 วัน	1:0.5	4.49±0.01	17.62±0.01	15.33±0.21
	1:1	4.62±0.01	16.88±0.03	16.67±0.09
	1:2	4.55±0.01	16.85±0.03	18.53±0.12
14 วัน	1:0.5	4.36±0.00	17.63±0.01	16.67±0.17
	1:1	4.35±0.01	16.80±0.00	18.27±0.12
	1:2	4.38±0.01	15.89±0.01	20.33±0.12
21 วัน	1:0.5	4.17±0.01	17.30±0.01	16.33±0.12
	1:1	4.26±0.01	16.64±0.01	18.63±0.21
	1:2	4.36±0.01	16.23±0.02	21.37±0.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการวิเคราะห์ความชื้น ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นอนุภาคและความพรุนของดิน

4.4.1 ผลการวิเคราะห์ความชื้นของดินตัวอย่าง

ทำการวิเคราะห์ความชื้นของตัวอย่างดินโดยการชั่งน้ำหนักดินเปียกและดินแห้งเพื่อหาปริมาณน้ำเทียบกับน้ำหนักดินแห้ง โดยใช้ Core เก็บตัวอย่างดิน ชั่งน้ำหนัก นำไปอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105–110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก นำไปเข้าอบอีกครั้งเป็นเวลา 4–8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 105–110 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น นำมาชั่ง (หากน้ำหนักดินตัวอย่างยังไม่นิ่งหรือต่างกันเกิน 0.02 กรัม ให้ทำซ้ำ) เคาะดินออกจาก Core ล้างทำความสะอาด ทิ้งให้แห้งแล้วนำ Core มาชั่งน้ำหนัก ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ แสดงผลดังตารางที่ 4.2 จากผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวอย่างดินมีความชื้นร้อยละ 7.15±0.45 เนื่องจากตัวอย่างดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายจึงมีความสามารถในการกักเก็บน้ำได้ไม่มาก สอดคล้องกับข้อมูลของแผนพัฒนาท้องถิ่น พ.ศ. 2566-2570 (องค์การบริหารส่วนตำบลสำโรง, 2565)

4.4.2 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม

ทำการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินตัวอย่างโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงของ Core แล้วนำข้อมูลการวิเคราะห์ความชื้นมาใช้ในการคำนวณหาความหนาแน่นรวม โดยทำทั้งหมด 3 ซ้ำ แสดงผลดังตารางที่ 4.2 จากผลการวิเคราะห์พบว่า ความหนาแน่นรวมของดินมีค่า 1.30±0.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

4.4.3 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นอนุภาคดิน

ทำการวิเคราะห์ความหนาแน่นอนุภาคของดินตัวอย่างโดย ชั่งดิน 10 กรัม ลงขวดปรับปริมาตร บันทึกน้ำหนัก เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มไล่อากาศแล้ว 15 มิลลิลิตร นำลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) 100 องศาเซลเซียส เพื่อไล่อากาศที่ละลายอยู่ในน้ำและติดอยู่กับอนุภาคดิน ระหว่างต้มเขย่าเบาๆเป็นครั้งคราวป้องกันไม่ให้ฟองล้นและไล่ฟองอากาศ เมื่อไล่อากาศหมดแล้วนำมาพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำไปชั่งน้ำหนัก ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ แสดงผลดังตารางที่ 4.2 จากผลการวิเคราะห์พบว่า ความหนาแน่นของอนุภาคดินมีค่า 10.91±0.15 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

4.4.4 ผลการวิเคราะห์ความพรุนของดิน

ทำการวิเคราะห์ความพรุนของดินตัวอย่างโดยนำผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินและความหนาแน่นของอนุภาคมาคำนวณ พบว่าดินมีค่าความพรุนร้อยละ 88.05±0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้น ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นอนุภาค

ดินตัวอย่าง	ความชื้น (%)	ความหนาแน่นรวม (g/cm^3)	ความหนาแน่นอนุภาคดิน (g/cm^3)
1	6.59	1.32	10.79
2	7.69	1.29	11.12
3	7.15	1.30	10.83
เฉลี่ย	**7.15±0.45**	**1.30±0.01**	**10.91±0.15**

4.5 ผลการวิเคราะห์อนุภาคดิน

ทำการวิเคราะห์อนุภาคดินตัวอย่างวิธี Hydrometer method จากนั้นนำมาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ประเภทเนื้อดินประเภทต่าง ๆ โดยนำค่ามาเทียบในรูปที่ 2.4 สัดส่วนการกระจายตัวของอนุภาคดิน จากตารางผลการวิเคราะห์พบว่าดินตัวอย่างนั้นมีความเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง (Silt-Clay) ร้อยละ 43.90 ดินเหนียว (Clay) ร้อยละ 12.42 ดินทราย (Sand) ร้อยละ 31.49 และดินทรายแป้ง (Silt) ร้อยละ 56.10 และดินตัวอย่างจึงจัดอยู่ในกลุ่มดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay lome) แสดงดังตารางที่ 4.4 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของแผนพัฒนาท้องถิ่น พ.ศ. 2566 – 2570 (องค์การบริหารส่วนตำบลสำโรง, 2565) ที่ว่าตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่เก็บนั้นเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์อนุภาคของดินตัวอย่าง

ตัวอย่าง	40 วินาที		2 ชั่วโมง		Rc		R's		Rs	
	Hydro (g/l)	Temp. (°C)	Hydro (g/l)	Temp. (°C)	40 sec.	2 hr.	40 sec.	2 hr.	40 sec.	2 hr.
แคลกอน	3	33	3	32.5	4	3.75	-	-	-	-
ดิน (50.02 g)	22	31	6	31	-	-	18	2.25	21.96	6.21

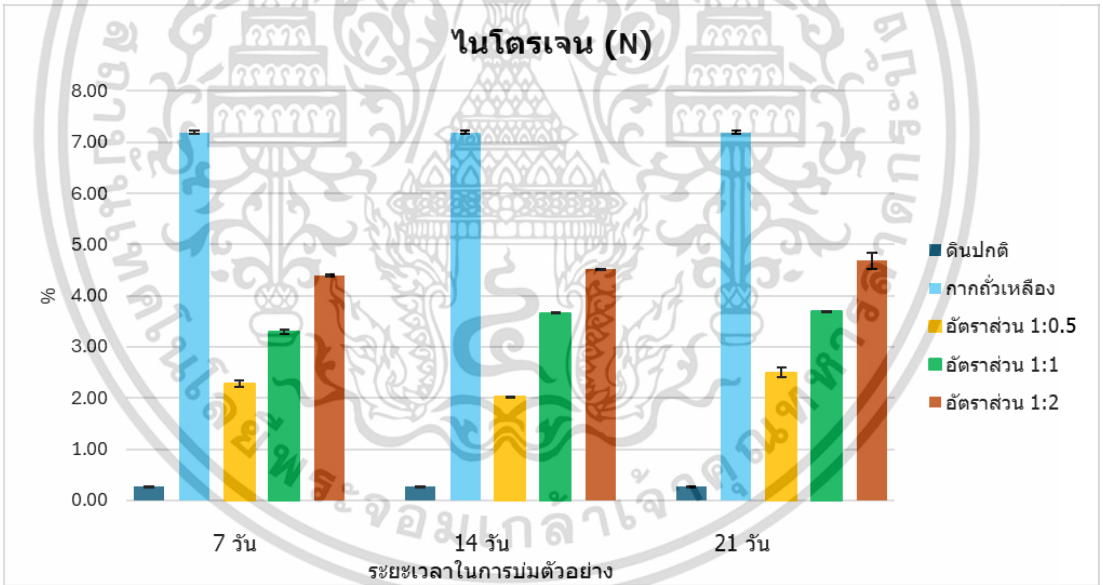
ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ประเภทของดินตัวอย่าง

ตัวอย่าง	%Silt-Clay	%Clay	%Sand	%Silt	Textural Class
ดิน	43.90	12.42	31.49	56.10	ดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay lome)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดวิธี Kjeldahl Method

ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดวิธี Kjeldahl Method ทำการทดลองในอัตราส่วนดินและกากถั่วเหลืองที่ต่างกัน 3 อัตราส่วน คือ อัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ1:2 ใช้ระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน คือ 7, 14 และ21 วัน ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในอัตราส่วนและระยะเวลาการบ่มที่ต่างกันแสดงดังรูปที่ 4.1 พบว่าตัวอย่างดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 0.27±0.00 ถือว่าอยู่ในระดับปานกลาง กากถั่วเหลืองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 7.19±0.03 ถือว่าอยู่ในระดับที่สูงมากสอดคล้องกับการประเมินระดับไนโตรเจนทั้งหมดในดินของ Landon (1991) ที่ได้กำหนดให้ปริมาณไนโตรเจนระดับปานกลาง อยู่ในช่วงร้อยละ 0.2-0.5 และในระดับสูงมากอยู่ในช่วงมากกว่าร้อยละ 1.0 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของอัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ 1:2 นั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากถั่วเหลืองที่เติมลงไปในดิน โดยในอัตราส่วน 1:2 นั้นมีปริมาณกากถั่วเหลืองสูงที่สุดจึงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ เนื่องมากจากในกากถั่วเหลืองมีปริมาณไนโตรเจนที่สูง ซึ่งเมื่อเติมในปริมาณที่มากขึ้นก็จะไปช่วยทำให้ดินนั้นมีปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น



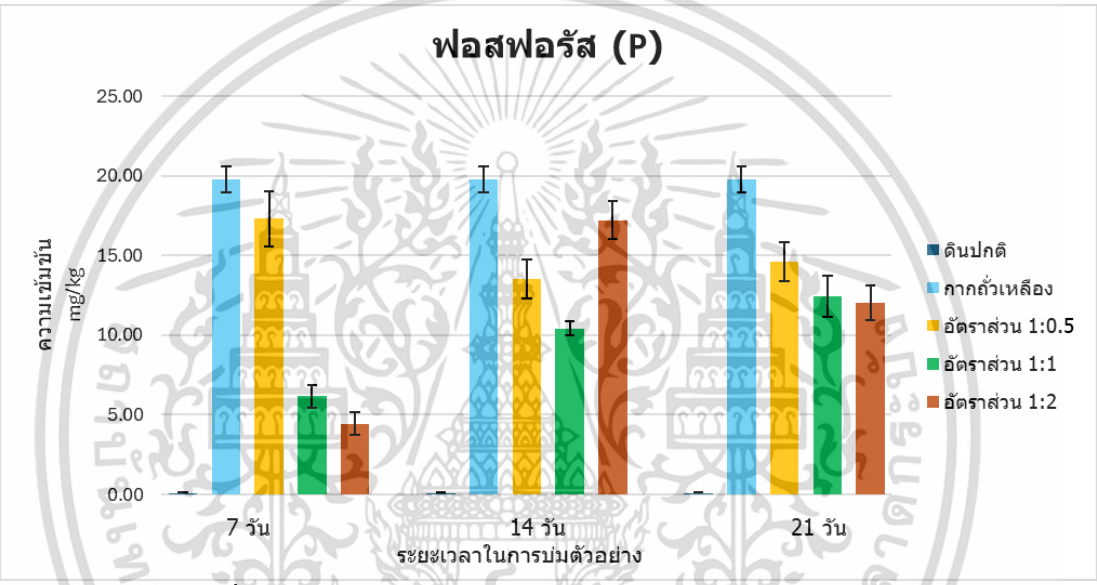
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนกับระยะเวลาบ่ม

4.7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์พืชด้วยวิธี Bray II

ทำการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์วิธี Bray II ทดลองในอัตราส่วนดินและกากถั่วเหลืองที่ต่างกัน 3 อัตราส่วน คือ อัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ1:2 ใช้ระยะเวลาการบ่มแตกต่างกัน คือ 7, 14 และ21 วัน วัดค่าความเข้มข้นด้วยเครื่อง UV/Visible Spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร แสดงดังรูปที่ 4.2 พบว่าดินตัวอย่างมีปริมาณฟอสฟอรัส 0.09±0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กากถั่วเหลืองมีปริมาณฟอสฟอรัส 19.78±0.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อ

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ...

เปรียบเทียบหาระดับของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจากกรมพัฒนาที่ดิน (2547) ปริมาณฟอสฟอรัสในกากถั่วเหลืองนั้นอยู่ในระดับที่สูง (ช่วง 16-45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนตัวอย่างดินอยู่ในระดับต่ำมาก (น้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในอัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ1:2 นั้นในอัตราส่วน 1:0.5 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงในระยะเวลาบ่ม 7 วัน แต่หลังจากนั้นปริมาณฟอสฟอรัสลดลงแต่ไม่ถึงกับต่ำที่สุด ส่วนอัตราส่วน 1:2 ปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้นหลังใช้ระยะเวลาบ่ม 14 วัน หลังจากนั้นลดลงเช่นเดิม ในทางกลับกันอัตราส่วน 1:1 นั้นมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสตั้งแต่ระยะเวลาบ่ม 7 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง แต่อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสก็ยังคงต่ำกว่าปริมาณฟอสฟอรัสในอัตราส่วน 1:0.5



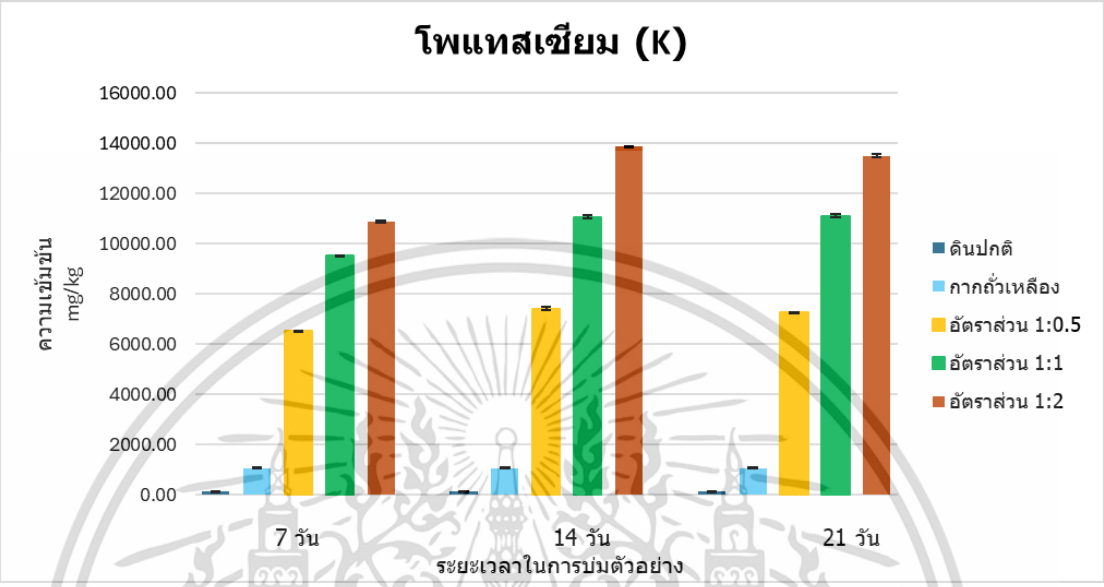
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสกับระยะเวลาบ่ม

4.8 การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ด้วยวิธี 1N NH_4OAc pH 7

การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ด้วยวิธี 1N NH_4OAc pH 7 ทดลองในอัตราส่วนดินและกากถั่วเหลืองที่ต่างกัน 3 อัตราส่วน คือ อัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ1:2 ใช้ระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน คือ 7, 14 และ21 วัน วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Flame Spectrophotometer ผลการวิเคราะห์หาโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในอัตราส่วนและระยะเวลาการบ่มที่ต่างกัน แสดงดังรูปที่ 4.3 พบว่าตัวอย่างดินมีปริมาณโพแทสเซียม 143.65±3.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กากถั่วเหลืองมีปริมาณโพแทสเซียม 1067.04±13.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อประเมินฟอสฟอรัสที่มีในดินตามปิยะ (2538) กำหนดไว้พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในกากถั่วเหลืองและในตัวอย่างดินนั้นอยู่ในระดับที่สูงมาก (มากกว่า 45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสอัตราส่วนต่าง ๆ นั้นพบว่ามีปริมาณที่สูงกว่าตัวอย่างดินและกากถั่วเหลือง โดยในปริมาณโพแทสเซียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วน แต่เพียงแค่ช่วงระยะเวลาบ่ม 14 วัน หลังจากนั้นปริมาณโพแทสเซียมทุกอัตราส่วนนั้นลดลงเนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณโพแทสเซียมนั้นมีไม่เพียงพอในการบ่มถึง 21 วัน อย่างไรก็ตามปริมาณโพแทสเซียมยังคงสูงกว่าดินและกากถั่วเหลืองค่อนข้างมาก ซึ่งอัตราส่วน 1:2 ที่มีปริมาณของกากถั่วเหลืองมากที่สุดทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุดเช่นกัน

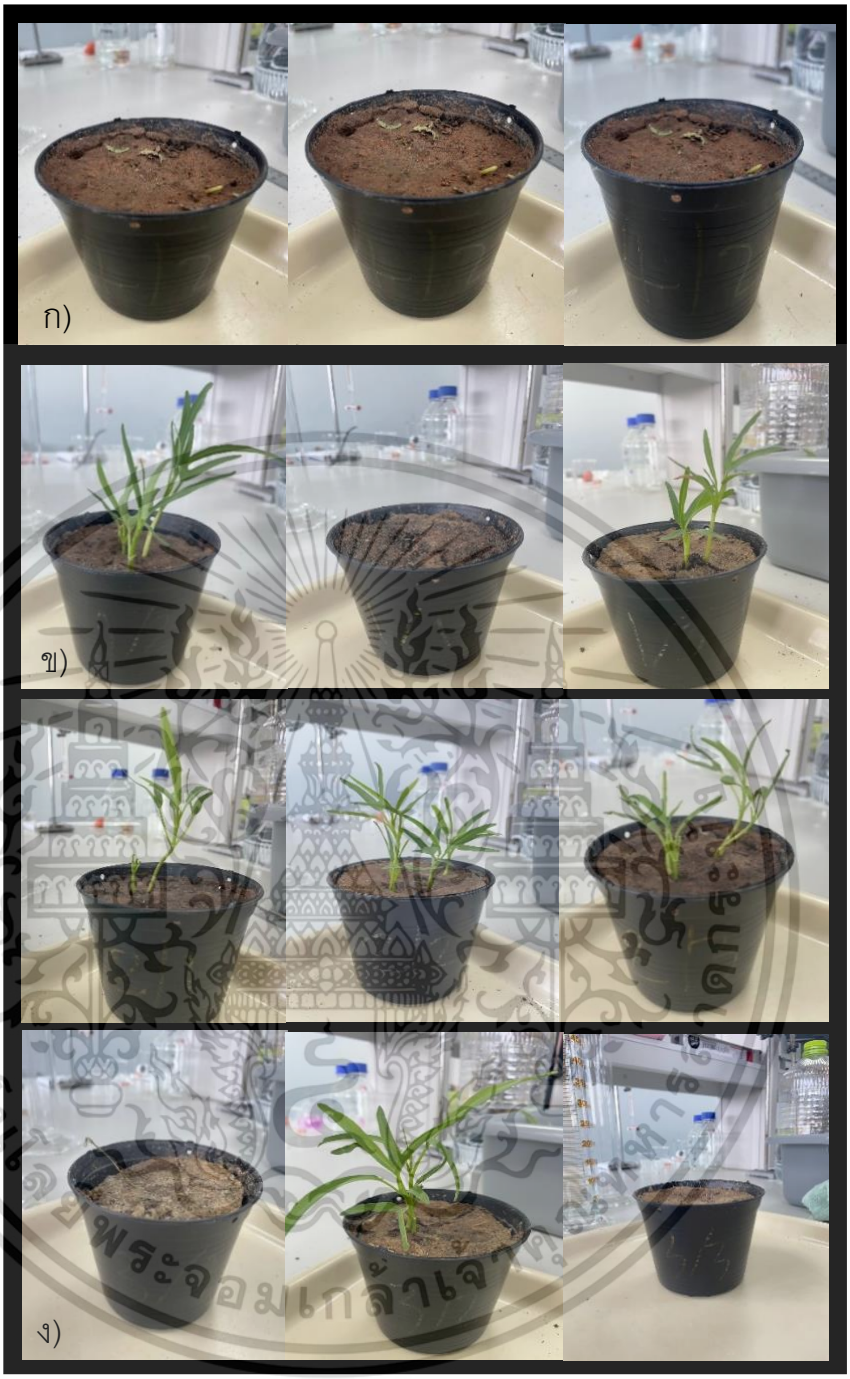


รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมกับระยะเวลาบ่ม

4.9 ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของพืช

การศึกษาการเจริญเติบโตของพืช โดยการเพาะปลูกเมล็ดผักบุ้งในถาด ผสมดินกับกากถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ1:2 จากนั้นผสมจุลินทรีย์ พด.2 จำนวน 5 มิลลิลิตร อัตราส่วนละ 3 กระถาง นำต้นอ่อนผักบุ้งที่เพาะแล้วลงกระถาง 4 ต้นต่อกระถาง รดน้ำ 100 มิลลิลิตรทุกกระถาง บันทึกการเจริญเติบโตและความสูงทุก ๆ 3 วัน เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักบุ้งระหว่างดินปกติกับดินผสมกากถั่วเหลืองทั้ง 3 อัตราส่วน แสดงดังรูปที่ 4.4 จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของผักบุ้งเมื่อปลูกลงตัวอย่างดินปกติพบว่าผักบุ้งตายทั้ง 3 กระถาง เนื่องจากคุณภาพดินแย่ มีความเป็นกรดรุนแรง ปริมาณธาตุอาหารต่ำ การกักเก็บน้ำค่อนข้างแย่ ทำให้ผักบุ้งไม่สามารถเจริญเติบโตได้ สอดคล้องกับข้อมูลของแผนพัฒนาท้องถิ่น พ.ศ. 2566-2570 (องค์การบริหารส่วนตำบลสำโรง, 2565) ที่ว่าดินบริเวณที่เก็บนั้นไม่เหมาะกับการปลูกพืช การทดลองปลูกในอัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ1:2 พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการปลูกพืชที่สุดคือ อัตราส่วน 1:1 เนื่องจากเติมกากถั่วเหลืองปริมาณเหมาะที่เพียงพอ มีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้ง ในขณะที่อัตราส่วน 1:2 ผักบุ้งเกิดเพียง 1 ใน 3 เป็นผลมาจากมีปริมาณกากถั่วเหลืองที่มากเกินทำให้มีปริมาณธาตุอาหารมี่มากเกินไปซึ่งหากมีธาตุอาหารมากเกินไปนั้นอาจจะไปยับยั้งประสิทธิภาพธาตุอาหารตัวอื่น ๆ ทำให้พืชขาดธาตุอาหารนั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การเจริญเติบโตของผักบุ้ง

ก) ดินปกติ ข) อัตราส่วน 1:0.5 ค) อัตราส่วน 1:1 ง) อัตราส่วน 1:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดินด้วยกากถั่วเหลือง โดยวิธี Kjeldahl Method โดยตัวอย่างดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 0.27±0.00 กากถั่วเหลืองมีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 7.19±0.03 จากการวิเคราะห์อัตราส่วนดินต่อกากถั่วเหลืองอัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ1:2 ใช้ระยะเวลาการบ่มแตกต่างกันคือ 7, 14 และ21 วัน พบว่าเมื่อใช้ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในอัตราส่วน 1:0.5 มีร้อยละ 2.28±0.07 อัตราส่วน 1:1 มีร้อยละ 3.29±004 และอัตราส่วน 1:2 มีร้อยละ 4.39±0.02 เมื่อใช้ระยะเวลาบ่ม 14 วัน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในอัตราส่วน 1:0.5 มีร้อยละ 2.02±0.00 อัตราส่วน 1:1 มีร้อยละ 3.66±0.01 และอัตราส่วน 1:2 มีร้อยละ 4.52±0.01 เมื่อใช้ระยะเวลาบ่ม 21 วัน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในอัตราส่วน 1:0.5 มีร้อยละ 2.50±0.10 อัตราส่วน 1:1 มีร้อยละ 3.69±0.01 และอัตราส่วน 1:2 มีร้อยละ 4.68±0.17 ดังนั้น อัตราส่วนและระยะเวลาบ่มที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคืออัตราส่วน 1:1 และใช้ระยะเวลาบ่มที่ 14 ซึ่งมีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 3.66±0.01 จากผลการวิจัยกล่าวได้ว่ากากถั่วเหลืองสามารถช่วยเพิ่มไนโตรเจนในดินได้จริง ในอัตราส่วนและระยะเวลาบ่มดังกล่าวยังเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมได้อีกด้วย โดยมีค่า 10.42±0.42 และ 11056.93±63.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อีกทั้งผักบุ้งที่นำมาศึกษาการเจริญเติบโตนั้นในอัตราส่วน 1:1 มีการเจริญเติบโตที่ดี ไม่พบการตายของพักบุ้งเกิดขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ตรวจวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน ความหนาแน่นของอนุภาคดิน และความพรุนรวมของดินหลังผสมกากถั่วเหลืองในแต่ละตัวอย่าง

2) เติมปูนขาวเพื่อปรับค่าพีเอชของดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมก่อนทำการวิจัย

3) เลือกใช้พืชที่ทนต่อสภาพดินเปรี้ยว หรือพืชที่ทนต่อทุกกสภาพดินในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://www.ldd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-03.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2567

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ดินทางเคมีเพื่อประเมินความสมบูรณ์ของดิน. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://e-library.ldd.go.th/library/Ebook/bib10134.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2567

กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. เทคโนโลยีชีวภาพทางดิน. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://r02.ldd.go.th/KMLDD/biology.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 7 เมษายน 2567

กรมพัฒนาที่ดิน. 2559. คู่มือการวิเคราะห์ดินทางกายภาพและการแปลผลเพื่อการสำรวจและจำแนกดิน. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://www1.ldd.go.th/WEB_PSD/pdf/expert%20work/ex22/3-3.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2567

กรมส่งเสริมการเกษตร. ม.ป.ป. องค์ประกอบของดิน ดินเพื่อการเพาะปลูกพืช. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://www.ppsf.doae.go.th/publication/soil_fer/001-023.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2567

กองติดตามประเมินผลสิ่งแวดล้อม สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2561. สถานการณ์ทรัพยากรดิน. [Online]. เข้าถึงได้จากhttp://env_data.onep.go.th/reports/subject/view/85. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2567

กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. ม.ป.ป. ดินเปรี้ยว. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://www.ldd.go.th/Web_Soil/acid.htm. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2567

นิติญา โพธิ์เหลือง. 2552. ถั่วเหลือง. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://webpac.library.mju.ac.th:8080/mm/fulltext/thesis/2553/nitiya_poluang/fulltext.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 28 มกราคม 2567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นภารัตน์ ขนันทัย. 2561. ธาตุอาหารพืชและคู่มือวิธีวิเคราะห์ดิน. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://en.mahidol.ac.th/images/km/20220622_soil_manual.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 มกราคม 2567

มูลนิธิชัยพัฒนา. 2540. ดินเปรี้ยว. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://www.chaipat.or.th/publication/publish-document/tips/36-2015-04-03-10-16-17.html. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 มีนาคม 2567

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ม.ป.ป. ถั่วเหลือง. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://cmuir.cmu.ac.th/bitstream/6653943832/19955/7/anim0352mr_ch4.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2567

มหาวิทยาลัยนเรศวร. ม.ป.ป. ขนาดของอนุภาคดิน. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/3583/8/chapter%205.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2567

ยงยุทธ โอสถสภา. 2563. สัดส่วนการกระจายตัวของอนุภาคดิน. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://www.soilmate.co.th/news/detail/23. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2567

สถานีพัฒนาที่ดินฉะเชิงเทรา กรมพัฒนาที่ดิน. ม.ป.ป. ปัญหาคุณภาพดิน. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://r02.ldd.go.th/cco/problem/problem_02-1.html. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2567

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน. ม.ป.ป. ดินและธาตุอาหารพืช. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://r07.ldd.go.th/Web/15_KM/S3.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 มีนาคม 2567

สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. 2559. องค์ประกอบของถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://nutrition.dld.go.th/nutrition/index.php/2017-09-26-01-39-06/348-2016-05-07-03-18-56. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 มีนาคม 2567

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2566. ปริมาณการผลิตสินค้าเกษตร ปีเพาะปลูก 2566/67. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%94%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7/%

เอกสารนี้ ไม่ว่ากรณีใดๆ

E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%97%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%94/42329/TH-TH. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 มีนาคม 2567

สำนักสำรวจและวิจัยทรพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน. ม.ป.ป. สีของดิน. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://oss101.ldd.go.th/web_soils_for_youth/s_prop_color2.htm. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2567

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2559. แกล้งดิน. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://www.pikunthong.com.a28.readyplanet.net/attachments/view/?attach_id=223155. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 มีนาคม 2567

อาวุธ ณ ลำปาง. 2538. ถั่วเหลือง. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://www.saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=19&chap=2&page=t19-2-infodetail04.html. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2567

องค์การบริการส่วนตำบลโนนไทย. 2565. แผนพัฒนาท้องถิ่น พ.ศ.2566 – 2567. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://samrong.go.th/wp-content/uploads/2022/12/%E0%B9%81%E0%B8%9C%E0%B8%99%E0%B8%9E%E0%B8%B1%E0%B8%92%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%97%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%96%E0%B8%B4%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B8%B3%E0%B8%9A%E0%B8%A5%E0%B8%AA%E0%B8%B3%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%87-2560-2570.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 28 มีนาคม 2567

อัญชลี อุษณาสุวรรณกุล และกัญญ์วรา ทองกระจ่าง. 2565. การใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลือง. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/JFRPD/article/download/4952/2334/. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2567

อภิพรรณ พุกภักดี. 2546. ถั่วเหลือง: พืชทองของไทย. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/ BKN_AGRI/search_detail/result/186086. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Center for the Advancement of Digital Scholarship. n.d. Soil Texture and Structure. [Online]. https://kstatelibraries.pressbooks.pub/soilslabmanual/chapter/soil-texture-and-structure/. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2567

Jerzy Weber *et al.* 2014. Nitrogen efficiency from municipal waste. [Online]. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030113001810. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2567

Jianlei Wang *et al*. 2015. Production of a water-soluble fertilizer containing amino acids by solid-state fermentation of soybean meal. [Online]. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168165614003599. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2567

Wei Zhang *et al*. 2015. Dynamic changes of microbial communities during natural solid-state fermentation of soybean meal and isolation of dominant bacteria for peptide production. [Online]. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429223008052. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
หลักการและวิธีการคำนวณ

หลักการวิเคราะห์ Total N โดยวิธี Kjeldahl ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน

(1) การย่อยสลายสารอินทรีย์(Digestion)

ไนโตรเจนในดินซึ่งอยู่ในรูปสารอินทรีย์จะเปลี่ยนรูปเป็น NH_4^+-N ภายใต้การทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกเข้มข้นที่ร้อนโดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งเป็นสารผสมที่ประกอบด้วยโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4), คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) และ ซีลีเนียม (Se) ดังปฏิกิริยา

$$\text{Organic N} + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + CO_2 + SO_2 + H_2O$$

(2) การกลั่น (Distillation)

NH_4^+-N ในสารละลายตัวอย่างที่ย่อยได้จะถูกนำมากลั่นกับด่างได้ NH_3 ดังปฏิกิริยา

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2NH_3 + 2H_2O$$

แอมโมเนีย (NH_3) ที่ได้จากการกลั่นจะถูกดักจับด้วย Boric acid indicator ดังปฏิกิริยา

$$H_3BO_3 + NH_3 \rightarrow NH_4H_2BO_3 \text{ (Ammonium borate)}$$

(3) การไทเทรต (Titration)

นำสารละลายที่ได้จากการดักจับ NH_3 ด้วย Boric acid indicator ในขั้นตอนการกลั่น ซึ่งอยู่ในรูป $NH_4H_2BO_3$ ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดที่จุดยุติจะมีการเปลี่ยนรูปกลับคืนมาเป็น Boric acid (H_3BO_3) ที่ pH 5 ดังปฏิกิริยา

$$NH_4H_2BO_3 + H^+ \rightarrow H_3BO_3 + NH_4^+$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณความหนาแน่นรวมของดิน

$$\text{ความหนาแน่นรวมของดิน } (\rho_b) = \frac{[(W_s+W_a)-W_a]}{V_s}$$

$$V_s = \pi r^2 h$$

โดยที่ ρ_b คือ ความหนาแน่นรวมของดิน หน่วย กรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

W_s+W_a คือ น้ำหนักของกระบอกที่มีดินบรรจุอยู่ใน Core หน่วย กรัม

W_a คือ น้ำหนัก Core หลังทำความสะอาดดิน หน่วย กรัม

V_s คือ ปริมาตรภายในของ Core หน่วย ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

r^2 คือ รัศมีภายในของ Core หน่วย เซ็นติเมตร

h คือ ความสูงภายในของ Core หน่วย เซนติเมตร

การคำนวณความหนาแน่นของอนุภาคดิน

$$\text{ความหนาแน่นของอนุภาคดิน } (\rho_s) = \frac{\rho_w(W_s)}{(W_w-W_a)-(W_{sw}-W_s-W_a)}$$

โดยที่ ρ_s คือ ความหนาแน่นของอนุภาคดิน หน่วย กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ρ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำ หน่วย กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

W_a คือ น้ำหนักขวดรูปชมพู่ หน่วย กรัม

W_s คือ น้ำหนักของตัวอย่างดิน หน่วย กรัม

W_{sw} คือ น้ำหนักขวดรูปชมพู่หลังเทตัวอย่างดินทิ้ง หน่วย กรัม

W_w คือ น้ำหนักของขวดรูปชมพู่ที่เติมน้ำกลั่นหลังเทตัวอย่างดินออก หน่วย กรัม

การคำนวณความชื้นดินโดยน้ำหนัก

$$\text{ความชื้นดินโดยน้ำหนัก } (\theta_m) = \frac{(W_{ws}+W_a)-(W_s+W_a)}{(W_s+W_a)-W_a} \times 100$$

โดยที่ θ_m คือ ความชื้นดินโดยน้ำหนัก หน่วย เปอร์เซ็นต์

$W_{sw}+W_a$ คือ น้ำหนักดินและ Core ก่อนอบ หน่วย กรัม

$W_s+ W_a$ คือ น้ำหนักดินและ Core หลังอบ หน่วย กรัม

W_a คือ น้ำหนัก Core หลังทิ้งดินและทำความสะอาด หน่วย กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณความพรุนของดิน

$$\text{ค่าความพรุนรวมของดิน } (\phi) = [1 - \left(\frac{\rho_b}{\rho_s}\right)] \times 100$$

โดยที่ ϕ คือ ค่าความพรุนรวมของดิน หน่วย เปอร์เซ็นต์

ρ_b คือ ความหนาแน่นรวมของดิน หน่วย กรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

ρ_s คือ ความหนาแน่นของอนุภาคดิน หน่วย กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

การคำนวณการจำแนกเนื้อดิน

ที่เวลา 40 วินาที

$$R_c = A - 0.5(T - B)$$
$$R's = H - R_c$$
$$Rs = R' + 0.36(T - 20)$$

ที่เวลา 2 ชั่วโมง

$$R_c = A - 0.5(T - B)$$
$$R's = H - R_c$$
$$Rs = R' + 0.36(T - 20)$$

จำแนกเนื้อดิน

$$\%(Silt + Clay) = \frac{Rs \text{ ที่ } 40 \text{ วินาที}}{W} \times 100$$
$$\%Clay = \frac{Rs \text{ ที่ } 2 \text{ ชั่วโมง}}{W} \times 100$$
$$\%Silt = \%(silt + clay) - \%clay$$
$$\%Sand = 100 - (\%Clay - \%Silt)$$

โดยที่ T คือ อุณหภูมิของดิน หน่วย องศาเซลเซียส

B คือ อุณหภูมิของแคลกอน หน่วย องศาเซลเซียส

A คือ ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer ของแคลกอน หน่วย กรัมต่อลิตร

H คือ ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer ของดิน หน่วย กรัมต่อลิตร

W คือ น้ำหนักดิน หน่วย กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด $(Total\ N) = \frac{(A-B)\times N\times 0.014}{W} \times 100$

โดยที่ Total N คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด หน่วย เปอร์เซ็น
A คือ ปริมาตรของสารละลายกรดที่ไทเทรตกับตัวอย่าง หน่วย มิลลิลิตร
B คือ ปริมาตรของสารละลายกรดที่ไทเทรตกับ Blank หน่วย มิลลิลิตร
N คือ ความเข้มขนของสารละลายกรดที่ไทเทรต หน่วย นอร์มอล
W คือ น้ำหนักของดิน หน่วย กรัม

การคำนวณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ $(P) = \frac{V\times C\times df}{W}$

โดยที่ P คือ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ หน่วย มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
V คือ ปริมาตรของสารละลายที่ใช้สกัด หน่วย มิลลิลิตร
C คือ ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จากเครื่อง UV/Vis Spectrophotometer
W คือ น้ำหนักของดิน หน่วย กรัม
df คือ อัตราส่วนการเจือจาง

การคำนวณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ $(K) = \frac{V\times C\times df}{W}$

โดยที่ K คือ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ หน่วย มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
V คือ ปริมาตรของสารละลายที่ใช้สกัด หน่วย มิลลิลิตร
C คือ ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จากเครื่อง Flame Spectrophotometer
W คือ น้ำหนักของดิน หน่วย กรัม
df คือ อัตราส่วนการเจือจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ผลการวิเคราะห์และการประเมินผล

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ระยะเวลาบ่ม	ตัวอย่าง	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ)
	ดิน	0.27±0.00
	กากถั่วเหลือง	7.19±0.03
7 วัน	อัตราส่วน 1:0.5	2.28±0.07
	อัตราส่วน 1:1	3.29±0.04
	อัตราส่วน 1:2	4.39±0.02
14 วัน	อัตราส่วน 1:0.5	2.02±0.00
	อัตราส่วน 1:1	3.66±0.01
	อัตราส่วน 1:2	4.52±0.01
21 วัน	อัตราส่วน 1:0.5	2.50±0.10
	อัตราส่วน 1:1	3.69±0.01
	อัตราส่วน 1:2	4.68±0.17

ตารางที่ ข.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของไนโตรเจนทั้งหมดที่ระยะเวลาบ่ม 7 วัน

SOV	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	6.68	2	3.34	1033.33	2.43E-08	5.14
Within Groups	0.02	6	0.00			
Total	6.70	8				

ตารางที่ ข.3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของไนโตรเจนทั้งหมดที่ระยะเวลาบ่ม 14 วัน

SOV	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	9.63	2	4.81	39392.45	4.42E-13	5.14
Within Groups	0.00	6	0.00			
Total	9.63	8				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของไนโตรเจนทั้งหมดที่ระยะเวลาบ่ม 21 วัน

SOV	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	7.17	2	3.59	200.06	3.22E-06	5.14
Within Groups	0.11	6	0.02			
Total	7.28	8				

ตารางที่ ข.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ระยะเวลาบ่ม	**ตัวอย่าง**	**ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลกรัม/กิโลกรัม)**
	ดิน	0.09±0.05
	กากถั่วเหลือง	19.78±0.80
7 วัน	อัตราส่วน 1:0.5	17.29±1.72
	อัตราส่วน 1:1	6.15±0.71
	อัตราส่วน 1:2	4.44±0.69
14 วัน	อัตราส่วน 1:0.5	13.53±1.23
	อัตราส่วน 1:1	10.42±0.42
	อัตราส่วน 1:2	17.21±1.20
21 วัน	อัตราส่วน 1:0.5	14.62±1.22
	อัตราส่วน 1:1	12.45±1.30
	อัตราส่วน 1:2	12.02±1.07

ตารางที่ ข.6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระยะเวลาบ่ม 7 วัน

SOV	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	292.02	2	146.01	74.34	5.84E-05	5.14
Within Groups	11.79	6	1.96			
Total	303.81	8				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระยะเวลาบ่ม 14 วัน

SOV	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	69.46	2	34.73	22.30	1.67E-03	5.14
Within Groups	9.34	6	1.56			
Total	78.79	8				

ตารางที่ ข.8 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระยะเวลาบ่ม 21 วัน

SOV	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	11.59	2	5.80	2.67	0.15	5.14
Within Groups	13.03	6	2.17			
Total	24.62	8				

ตารางที่ ข.9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

ระยะเวลาบ่ม	**ตัวอย่าง**	**ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)**
	ดิน	143.65±3.81
	กากถั่วเหลือง	1067.04±13.47
7 วัน	อัตราส่วน 1:0.5	6506.66±12.30
	อัตราส่วน 1:1	9532.51±15.68
	อัตราส่วน 1:2	10880.42±29.83
14 วัน	อัตราส่วน 1:0.5	7413.99±77.45
	อัตราส่วน 1:1	11056.93±63.62
	อัตราส่วน 1:2	13859.87±27.18
21 วัน	อัตราส่วน 1:0.5	7265.48±17.33
	อัตราส่วน 1:1	11096.37±65.24
	อัตราส่วน 1:2	13493.98±58.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.10 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระยะเวลาบ่ม 7 วัน

SOV	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	30102455.46	2	15051227.73	23384.18	2.11E-12	5.14
Within Groups	3861.90	6	643.65			
Total	30106317.36	8				

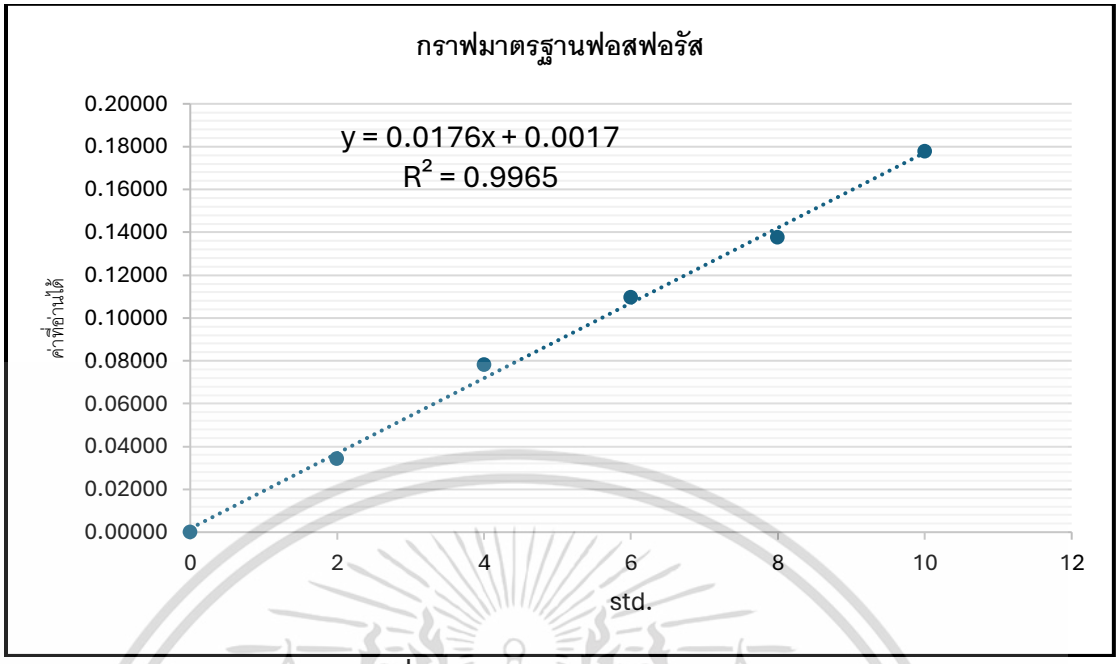
ตารางที่ ข.11 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระยะเวลาบ่ม 14 วัน

SOV	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	62676853.46	2	31338426.73	5811.91	1.37E-10	5.14
Within Groups	32352.63	6	5392.10			
Total	62709206.09	8				

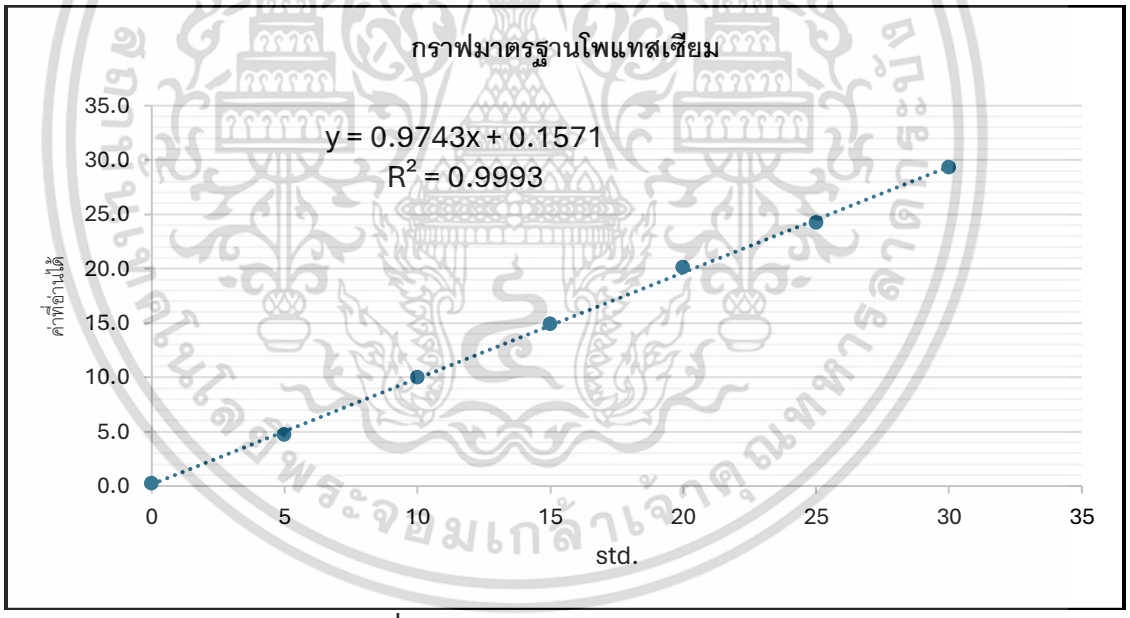
ตารางที่ ข.12 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระยะเวลาบ่ม 21 วัน

SOV	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	59218531.22	2	29609265.61	7468.89	6.47E-11	5.14
Within Groups	23786.08	6	3964.35			
Total	59242317.30	8				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 กราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส



รูปที่ ข.2 กราฟมาตรฐานโพแทสเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.13 การประเมินระดับความเค็ม (ดิน : น้ำ , 1 : 5)

ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์/เมตร)	**การประเมิน**
น้อยกว่า 2	ไม่เค็ม
2-4	เค็มเล็กน้อย
4-8	เค็มปานกลาง
8-16	เค็มมาก
มากกว่า 16	เค็มจัด

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางที่ ข.14 การประเมินระดับไนโตรเจนทั้งหมดในดินด้วยวิธี Kjeldahl

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ)	**การประเมิน**
น้อยกว่า 0.1	ต่ำมาก
0.1-0.2	ต่ำ
0.2-0.5	ปานกลาง
0.5-1.0	สูง
มากกว่า 1.0	สูงมาก

ที่มา : Landon (1991)

ตารางที่ ข.15 การประเมินระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ด้วยวิธี Bray II

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	**การประเมิน**
น้อยกว่า 3	ต่ำมาก
3-6	ต่ำ
6-10	ค่อนข้างต่ำ
10-15	ปานกลาง
15-25	ค่อนข้างสูง
25-45	สูง
มากกว่า 45	สูงมาก

ที่มา : ปิยะ (2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.16 การประเมินระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ด้วยวิธี 1 N NH_4OAc pH 7

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	**การประเมิน**
น้อยกว่า 30	ต่ำมาก
30-60	ต่ำ
60-90	ปานกลาง
90-120	สูง
มากกว่า 120	สูงมาก

ที่มา : อภิรดี (2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ

วันที่ 19 เดือน เมษายน พ.ศ. 2567

ข้าพเจ้า นายณัฐภูมิ ใจงูเหลือม รหัสประจำตัว 63050318

นางสาววีร์สุดา เอสันเทียะ รหัสประจำตัว 63050353

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเคมี ขอรับรองว่าโครงงานพิเศษ เรื่อง

ชื่อภาษาไทย การเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดินด้วยกากถั่วเหลือง

ชื่อภาษาอังกฤษ INCREASING THE AMOUNT OF NITROGEN IN THE SOIL WITH SOYBEAN MEAL

ปีการศึกษา 2566

เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงงานพิเศษฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์..... 2.56 .....% หรือโปรแกรม Turnitin.....%

ลงชื่อ.....ณัฐภูมิ ใจงูเหลือม..... ลงชื่อ.....วีร์สุดา เอสันเทียะ.....

(นายณัฐภูมิ ใจงูเหลือม) (นางสาววีร์สุดา เอสันเทียะ)

นักศึกษา นักศึกษา

ข้าพเจ้า ผศ.ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ได้ตรวจสอบเล่มโครงงานพิเศษของนักศึกษาข้างต้นแล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ.....

(ผศ.ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้