การใช้ประโยชน์กากขี้เบ็งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้นเพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน

UTILIZATION OF LUTOID FROM CONCENTRATED LATEX INDUSTRY AS SOIL AMENDMENT

กนกกรณ์ ประแสง

เพ็ญทิพา ศิริวิบูลย์ไชยกุล

สุธินี สุวารา

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้นเพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน

UTILIZATION OF LUTOID FROM CONCENTRATED LATEX INDUSTRY AS SOIL AMENDMENT

กนกภรณ์ ประแสง

เพ็ญทิพา ศิริวิบูลย์ไชยกุล

สุธินี สุวารา

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UTILIZATION OF LUTOID FROM CONCENTRATED LATEX INDUSTRY AS SOIL AMENDMENT

KANOKPORN PRASANG

PENTIPA SIRIWIBOONCHAIYAKUL

SUTHINEE SUWARA

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN ENVIRONMENTAL CHEMISTRY

FACULTY OF SCIENCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2012

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น เพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน Utilization of lutoid from concentrated latex industry as soil amendment		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกนกภรณ์	ประแสง	52050832
	นางสาวเพ็ญทิพา	ศิริวิบูลย์ไชยกุล	52050898
	นางสาวสุธินี	สุวารา	52050920
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย		

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.กรองแก้ว ทิพยศักดิ์	
อ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	
ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	
ผศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การใช้กากขี้แป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้นเพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกนกภรณ์ ประแสง
	นางสาวเพ็ญทิพา ศิริวิบูลย์ไชยกุล
	นางสาวสุธินี สุวารา
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2555
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ทำการศึกษาการใช้ประโยชน์กากขี้แป้งเพื่อเป็นวัสดุปรับปรุงดิน โดยดินตัวอย่างที่ใช้ศึกษาทำการเก็บรวบรวมจากแปลงปลูกมันสำปะหลังแห่งหนึ่งใน อ.วังจันทร์ จ.ระยอง จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดินพบว่าเป็นดินทรายปนร่วน การทดสอบทำได้โดยปลูกผักบุ้งจีน ซึ่งเป็นพืชทดลองในดินที่ผสมกากขี้แป้งในอัตราส่วน 0.1%, 0.2%, 0.3% และ 0.4% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นทำการเปรียบเทียบความสูงและน้ำหนักของพืชที่ปลูกในดินผสมกากขี้แป้งกับการปลูกพืชในชุดควบคุม 2 ชุดได้แก่ ดินที่ไม่เติมสิ่งใด (negative control, NC) และดินที่เติมปุ๋ยเคมี (positive control, PC) จากการศึกษาสมบัติของดินก่อนและหลังการปลูกพืช พบว่า การเติมกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0.1%-0.4% (w/w) ช่วยทำให้สมบัติทางเคมีของดินดีขึ้น โดยการเพิ่มปริมาณกากขี้แป้ง ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงขึ้น ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงพีเอชของดิน ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกในดิน รวมไปถึงธาตุอาหารหลักอย่างโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ระหว่างดินก่อนและหลังปลูกนั้นไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้พบว่า การผสมดินทรายปนร่วนกับกากขี้แป้งทำให้ผักบุ้งจีนเจริญเติบโตในดินได้ดีขึ้นเทียบกับชุดควบคุม และอัตราส่วนที่ทำให้ผักบุ้งจีนมีความสูงและน้ำหนักมากที่สุดคือใส่กากขี้แป้งอัตราส่วน 0.4% (w/w) โดยมีความสูงถึง 25.16 เซนติเมตร และให้น้ำหนักแห้งของพืชส่วนเหนือดินเท่ากับ 0.2090 กรัม/ต้น ในขณะที่ผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใดและชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี มีความสูงเท่ากับ 13.60, 15.97 เซนติเมตร และให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 0.0642, 0.0806 กรัม/ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสำคัญ : กากขี้แป้ง, การจัดการดินทราย, ธาตุอาหารพืช, ผักบุ้งจีน

Title	Utilization of lutoid from concentrated latex industry as soil amendment
Students	Miss Kanokporn Prasang
	Miss Pentipa Siriwiboonchaiyakul
	Miss Suthinee Suwara
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Environmental Chemistry
Academic Year	2012
Advisor	Asst.Prof.Dr. Usarat Thawornchaisit
Co Advisor	Asst.Prof. Pitsamai Chairatu-tai

ABSTRACT

This special project studied utilization of lutoid as soil amendment. Soil samples used in this study were collected from a cassava plot in Wangchan district, Rayong Province. Result from soil texture analysis characterized the soil as loamy sand. Experiments were conducted by planting Chinese convolvulus, which is an experimental plant in soils being mixed with lutoid at 4 different levels; 0.1%, 0.2%,0.3% and 0.4% (w/w) for 4 weeks. Then height and weight of plants growing in lutoid-mixed soils were compared with planting in two types of control; soils without any additive (negative control, NC) and soil with chemical fertilizers (positive control, PC). Characterization of soil samples before planting and after harvesting found that addition of lutoid in range of 0.1%-0.4% (w/w) improved soil chemical properties. The increase in amounts of lutoid application rate raised amounts of organic matter, total nitrogen and available phosphorus. While changes in pH, CEC and major soil nutrient like exchangeable potassium in lutoid-mixed soils before planting and after harvesting were indifferent from soil with chemical fertilizers. In addition, mixing of loamy sand with lutoid increased growth of Chinese convolvulus compared to the controls. The lutoid application rate at 0.4%(w/w) gave highest Chinese convolvulus's height of 25.16 cm with maximum weight of above ground plant 0.2090 gram/plant. Whereas the height of 13.60 and 15.97 cm along with the weight of above ground plant at 0.0642 and 0.0806 gram/plant were observed in soils without any additive and soil with chemical fertilizers, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keywords : *Lutoid , Sandy soil management , Nutrient , Chinese convolvulus*

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากการให้แนวคิด คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆที่มีประโยชน์ รวมทั้งช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาเสียสละเวลา และตรวจสอบความถูกต้องเพื่อให้ผลงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่คอยช่วยดูแล ให้คำปรึกษาโครงงานพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.กรองแก้ว ทิพยศักดิ์ และอาจารย์กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์กรรมการที่ช่วยให้คำแนะนำ ชี้แนะข้อบกพร่องสิ่งที่ควรแก้ไข รวมทั้งตรวจสอบผลงานอย่างละเอียด ช่วยทำให้ผลงานมีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ โรงงานยางทอง ที่ให้ความอนุเคราะห์กากขี้แป้งเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงงานพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี คณะวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ จนทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และเพื่อนๆทุกคน ที่คอยให้ความกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนการทำโครงงานพิเศษนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นางสาวกนกภรณ์ ประแสง
นางสาวเพ็ญทิพา ศิริวิบูลย์ไชยกุล
นางสาวสุธินี สุวารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ดินทราย	3
2.2 การจัดการดินทราย	4
2.3 สมบัติของดิน	5
2.4 เกณฑ์การประเมินคุณภาพของดินจากสมบัติของดิน	8
2.5 ธาตุอาหาร	10
2.6 กากขี้แป้ง	11
2.7 พืชทดลอง(ผักบุ้งจีน)	13
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	18
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	18
3.2 การเตรียมตัวอย่างดินและการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกพืช	20
3.3 การเตรียมตัวอย่างกากขี้แป้ง	20
3.4 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินและกากขี้แป้ง	20
3.5 การศึกษาการเจริญเติบโตของพืชและสมบัติของดินเมื่อใส่กากขี้แป้งเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 24

4.1 สมบัติของดินที่ใช้ในการศึกษา 24

4.2 สมบัติของกากขี้แป้ง 25

4.3 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินก่อนและหลังการปลูกพืชทดลอง 26

4.4 ผลของอัตราส่วนกากขี้แป้งต่อการเจริญเติบโตของพืช 33

บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ 40

5.1 สรุปผลการวิจัย 40

5.2 ข้อเสนอแนะ 41

เอกสารอ้างอิง 42

ภาคผนวก ก 45

ภาคผนวก ข 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ค่า CEC ตามการจำแนกเนื้อดิน 8

ตารางที่ 2.2 การประเมินค่า CEC ของดิน(วิธี 1 N NH_4OAc pH7) 8

ตารางที่ 2.3 ผลของความเป็นกรด-ด่างของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช 9

ตารางที่ 2.4 ผลของความเค็มของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช 9

ตารางที่ 2.5 การประเมินระดับอินทรียวัตถุในดิน (OM วิธี Walkley & Black) 9

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้วิเคราะห์สมบัติของดินและกากขี้แป้งที่ใช้ในการศึกษา 20

ตารางที่ 3.2 แผนการทดลองศึกษาการเจริญเติบโตของพืชและสมบัติของดินเมื่อใส่กากขี้แป้ง 22

ตารางที่ 3.3 การวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) 22

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้วิเคราะห์สมบัติของพืช 23

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินที่ใช้ในการทดลอง 24

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกากขี้แป้ง
ที่ใช้ในการทดลอง 25

ตารางที่ 4.3 ลักษณะเนื้อดินหลังการเพาะปลูก 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น 12

รูปที่ 4.1 พีเอชของดินก่อนและหลังการปลูกพืช 27

รูปที่ 4.2 ค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนและหลังการปลูกพืช 28

รูปที่ 4.3 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนและหลังการปลูกพืช 29

รูปที่ 4.4 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินก่อนและหลังการปลูกพืช 30

รูปที่ 4.5 ไนโตรเจนในดินก่อนและหลังการปลูกพืช 31

รูปที่ 4.6 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนและหลังการปลูกพืช 32

รูปที่ 4.7 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินก่อนและหลังการปลูกพืช 33

รูปที่ 4.8 ลักษณะการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนในชุดทดลองต่างๆ 34

รูปที่ 4.9 ความสูงของต้นผักบุ้งจีนตลอด 4 สัปดาห์ในชุดทดลองต่างๆ 35

รูปที่ 4.10 น้ำหนักแห้งของลำต้นส่วนเหนือดินและน้ำหนักแห้งของรากผักบุ้งจีน
ที่ปลูกนานเป็นเวลา 4 สัปดาห์ในดินชุดทดลองต่างๆ 36

รูปที่ 4.11 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในผักบุ้งจีนที่ปลูกนาน 4 สัปดาห์ในชุดทดลองต่างๆ 37

รูปที่ 4.12 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในผักบุ้งจีนที่ปลูกนาน 4 สัปดาห์ในชุดทดลองต่างๆ 38

รูปที่ 4.13 ปริมาณ โพแทสเซียมทั้งหมดในผักบุ้งจีนที่ปลูกนาน 4 สัปดาห์ในชุดทดลองต่างๆ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ดินทรายจัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากมีแร่ควอ์ตในปริมาณมากกว่าร้อยละ 95 (จำเป็น, 2550) จึงทำให้ไม่มีการจับตัวกันเป็นเม็ดดิน ทำให้ดินไม่มีโครงสร้าง มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ส่งผลให้ดินมีความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในปริมาณที่ต่ำด้วย นอกจากนี้ดินทรายมีปริมาณแร่ดินเหนียวที่เป็นตัวดูดซับธาตุอาหารของพืชในปริมาณต่ำหรือแทบไม่มีเลย (อรรณพ, 2546) ทำให้เกิดการชะล้างของธาตุอาหารพืชและอินทรียวัตถุออกไปจากดินได้ง่าย (ดุสิต, 2546) ด้วยเหตุนี้พืชที่ปลูกในดินทรายจะแสดงอาการขาดอาหารธาตุที่สำคัญอย่างรุนแรง ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของสมพลและคณะ (2551) ซึ่งศึกษาการปลูกหญ้าซันกาดในชุดดินบ้านทอนที่เป็นดินทรายจัดพบว่า หญ้าซันกาดที่ปลูกในชุดดินดังกล่าวจะแสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอย่างรุนแรง ดังนั้นในการเพาะปลูกพืชในดินทราย จึงจำเป็นต้องหาแนวทางที่ทำให้ดินทรายมีศักยภาพในการเพาะปลูกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแนวทางหนึ่งที่สามารถดำเนินการได้ในระยะเวลาสั้น คือการเติมปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืชโดยตรง

กากขี้แป้งจัดเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น เกิดได้จากการตกตะกอนในถังพักน้ำยางที่รวบรวมน้ำยางสดไว้ก่อนที่จะนำไปปั่นและจากการล้างหัวโบลว์ของเครื่องปั่นยางในขั้นตอนของการปั่นน้ำยางสด (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) มีลักษณะเป็นของแข็ง สีขาวหรือสีเหลืองอ่อน กากขี้แป้งมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นวัสดุทดแทนปุ๋ยเคมีเนื่องจากน้ำยางสดที่นำมาใช้ผลิตเป็นน้ำยางข้นจะมีการเติมแอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพน้ำยางก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต และทำการตกตะกอนแมกนีเซียมที่มีอยู่ในน้ำยางสดด้วยการเติมไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (diammonium phosphate, DAP) (กรมควบคุมมลพิษ, 2548; ศิราณี, 2554) ทำให้กากขี้แป้งมีธาตุอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ ในขณะที่อุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยางมีแนวโน้มการขยายตัวอย่างต่อเนื่องทั้งในประเทศและการส่งออก เนื่องจากมีความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยางในปริมาณที่สูงขึ้น ทำให้การเกิดวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตอย่างเช่น กากขี้แป้งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย เพื่อช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดจากการกำจัดกากขี้แป้งอย่างไม่เหมาะสม รวมไปถึงการเพิ่มมูลค่าของกากขี้แป้งด้วยการนำมาใช้ประโยชน์ในการแก้ไขข้อจำกัดต่อการเติบโตของพืชในดินทราย โครงงานพิเศษนี้จึงได้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอากากขี้แป้งมาใช้เป็นวัสดุทดแทนปุ๋ยเพื่อปรับปรุงให้ดินทรายมีศักยภาพในการเพาะปลูกเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ของกากขี้แป้งในรูปสารปรับปรุงดิน
2. เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนผสมระหว่างกากขี้แป้งที่ใส่ลงในดินต่อการเติบโตของพืช

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ดินตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นกลุ่มชุดดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายหรือดินทรายปนร่วน
2. กากขี้แป้งที่ใช้ในการศึกษาได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้นยางทอง
3. วิเคราะห์สมบัติของดินตัวอย่าง และกากขี้แป้ง โดยปัจจัยที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ความชื้น พีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ลักษณะเนื้อดิน* ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (*วิเคราะห์เฉพาะในดินตัวอย่าง)
4. การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้กากขี้แป้งในรูปสารปรับปรุงดินและผลของอัตราส่วนกากขี้แป้งที่ผสมกับดินและทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี พืชทดลองคือ ผักบุ้งจีน ดำเนินการศึกษาแบบกระถางทดลอง ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่

4.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

ความเข้มข้นของกากขี้แป้ง 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4% (w/w)

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1. การเติบโตของพืชทดลอง ซึ่งจะวัดความสูงของต้นจากระดับพื้นดินจนถึงปลายใบทุกสัปดาห์จนครบ 4 สัปดาห์ และน้ำหนักแห้งของพืชเมื่อครบ 4 สัปดาห์
2. สมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกพืช

4.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่

1. ดิน 1 กิโลกรัมต่อกระถาง
2. ระยะเวลาการหมักดินกับกากขี้แป้ง = 7 วัน
3. จำนวนเมล็ดที่เพาะ = 10 เมล็ด/กระถาง เมื่องอกจะคัดให้เหลือ = 3 ต้นต่อกระถาง

4.4 วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design) ทำ 3 ซ้ำ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางการกำจัดกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น
2. เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาแนวทางการจัดการดินทรายที่เสื่อมโทรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดินทราย

ดินทรายจัดเป็นดินที่มีเนื้อดินเป็นทราย หรือดินทรายปนร่วน เนื้อดินค่อนข้างหยาบ ไม่เกาะกันเป็นเม็ดดินหรือมีเม็ดดินน้อย เมื่อฝนตกลงมาหรือมีลมพัดจะทำให้เกิดการกัดเซาะดินได้ง่ายและทำให้อนุภาคของดินถูกพัดพาออกไปจากพื้นที่ได้ง่าย เป็นเหตุให้ดินชั้นบนซึ่งมีอินทรียวัตถุและแร่ธาตุอาหารอยู่มากลดลงด้วย (จำเป็น, 2550) และจากการที่ดินทรายมีเนื้อดินหยาบ มีช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ อีกทั้งมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ ดินทรายจึงเป็นดินที่ระบายน้ำและระบายอากาศได้ดีมาก แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ทำให้ดินชนิดนี้มีปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่น้อยมาก (เกศรินทร์และคณะ, 2554) ดินชนิดนี้มีแร่ควอร์ต (quartz) เป็นส่วนประกอบสำคัญ มีแร่ดินเหนียวและปริมาณอินทรียวัตถุต่ำมาก เนื่องจากอินทรียวัตถุ ซึ่งมีลักษณะเป็นสารคอลลอยด์และมีโครงสร้างคล้ายฟองน้ำ มีบทบาทสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพของดิน ทั้งในเรื่องของการช่วยให้ดินเกาะตัวกันเป็นเม็ดดิน การเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและการระบายอากาศของดิน การปลดปล่อยธาตุอาหารในดิน และการส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน การขาดอินทรียวัตถุในดินทราย จึงส่งผลให้ดินสูญเสียความสามารถในการกักเก็บน้ำ นอกจากนี้สารประกอบฮิวมัสที่พบในอินทรียวัตถุเป็นสารซึ่งแสดงอำนาจประจุลบโดยจะดูดยึดกับธาตุอาหารที่มีประจุบวก การขาดอินทรียวัตถุในดินทราย จึงทำให้ดินชนิดนี้มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และความอิ่มตัวของเบสที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำถึงต่ำมาก และมีปริมาณธาตุอาหารในธรรมชาติ ตลอดจนความสามารถในการดูดธาตุอาหารต่ำ (มยุรี, 2543)

ดินทรายในประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ7.1 ล้านไร่ (จำเป็น, 2550) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ดินทรายไม่มีชั้นดานมีพื้นที่ 6.6 ล้านไร่ ดินชนิดนี้เกิดจาก 3 สาเหตุหลัก ดังนี้

(1) การสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิด เมื่อวัตถุต้นกำเนิดเป็นหินทรายหรือหินแกรนิตที่มีแร่ควอร์ตเป็นองค์ประกอบ เมื่อเกิดการสลายตัวและพัฒนาเป็นดิน ทำให้อนุภาคทรายซึ่งทนทานต่อการผุพังสลายตัวเหลืออยู่ในดิน พบมากในสภาพภูมิประเทศบริเวณที่ราบถึงลูกคลื่นลอนลาด

(2) การทับถมของตะกอนทรายน้ำจืด เนื้อดินจะเป็นทรายหยาบถึงค่อนข้างหยาบ มีระยะห่างระหว่างตะกอนทรายและแหล่งชะล้างอนุภาคดินมาก ทำให้ดินมีเนื้อดินที่ละเอียดมากขึ้น พบมากบริเวณลานตะพักลุ่มน้ำ

(3) การทับถมของตะกอนทรายชายทะเลเกิดจากการเคลื่อนย้ายตะกอนทรายในทะเลโดยการพัดพามากับคลื่น พบมากในจังหวัดชายฝั่งทะเลของภาคใต้และภาคตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไฟล์ไปเผยแพร่ต่อ และการนำไปใช้

2. ดินทรายมีชั้นดานจะเกิดในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างจำกัด ซึ่งเกิดจากการชะล้างเอาสารประกอบกลุ่มออร์แกโนเมทาลิกจากดินชั้นบนไปสะสมในดินชั้นล่าง เรียกว่าชั้นสปอดิก ซึ่งเป็นชั้นดินที่มีสีคล้ำหรือแดงคล้ำ ชั้นดานเกิดจากการจับตัวกันระหว่างอินทรียวัตถุ (กรดฟูลวิก)และธาตุโลหะ (อลูมินัม) และอาจมีธาตุเหล็กปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ความลึกของชั้นดานขึ้นอยู่กับอิทธิพลของระดับน้ำใต้ดิน โดยชั้นดานอาจเกาะกันหลวมๆหรือมีการเชื่อมกันเป็นชั้นดานแข็งพบมากบริเวณที่เป็นพื้นที่ราบ บริเวณหาดทรายชายฝั่งทะเลหรือบริเวณที่เป็นสันทรายเก่า โดยพบถัดจากดินทรายชายทะเล คิดเป็นพื้นที่ 513,928 ไร่

2.2 การจัดการดินทราย

ดินทรายจัดเป็นดินที่ไม่มีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูก เนื่องจากดินทรายมีอนุภาคดินเหนียวและอินทรียวัตถุต่ำ จึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ทำให้ดินถูกชะล้างพังทลายได้ง่ายการสูญเสียธาตุอาหารของพืชมีสูงและมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนต่ำ ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากในปัจจุบันประชากรโลกได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว มีความต้องการอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องมีการขยายพื้นที่เพื่อทำการเพาะปลูก ซึ่งพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในกาเพาะปลูกในปัจจุบันไม่เพียงพอ จึงทำให้ต้องมีการนำดินที่เสื่อมโทรมหนึ่งในนั้นก็คือ ดินทราย มาปรับปรุงคุณสมบัติให้มีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูก ซึ่งสามารถทำได้โดย

1. การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ ดินทรายจัดเป็นดินที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ไม่มีการจับตัวกันเป็นเม็ดดินทำให้ดินไม่มีโครงสร้าง จึงต้องเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทรายจัดเพื่อให้ดินมีความชุ่มชื้นได้ยาวนาน ทำให้ดินมีการจับตัวของเม็ดดินโดยการเพิ่มอินทรียวัตถุลงไปในดิน เพราะการใส่อินทรียวัตถุจะช่วยปรับปรุงสมบัติต่างๆของดินให้ดีขึ้น เช่น มีโครงสร้างของดินดีขึ้น เม็ดดินจับตัวกันดีขึ้น การระบายอากาศของดินเพิ่มขึ้น ทำให้ราชอนไชไปได้อย่างกว้างขวาง ส่งผลให้รากสามารถดูดซึมธาตุอาหารได้มากขึ้น (ศิราณี, 2554) ในโครงงานพิเศษนี้ได้มีการนำกากขี้แป้งมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดินทรายให้มีความสามารถต่อการเพาะปลูก ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น นับว่าเป็นการจัดการวัสดุเหลือทิ้งอย่างคุ้มค่า เนื่องจากวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้มีคุณสมบัติและองค์ประกอบที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก

2. การจัดการน้ำของดินทราย การทำการเกษตรในพื้นที่ที่เป็นดินทราย ในฤดูแล้งทำให้ประสบปัญหาการขาดน้ำ เนื่องจากดินทรายมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ทำให้อัตราการซึมผ่านของน้ำในดินสูงมาก จึงต้องสร้างที่กักเก็บน้ำฝนไว้ใช้ การมีชลประทานที่ดีเป็นสิ่งที่จำเป็น การให้น้ำพืชแบบหยด และแบบพ่นฝอยสามารถควบคุมการใช้น้ำให้น้อยลง และการรักษาความชื้นโดยการใช้วัสดุปกคลุมดิน เช่น ฟางข้าว เศษพืช ฯลฯ และยังสามารถช่วยลดอุณหภูมิในดินได้

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใด... การนำไปใช้

2.3 สมบัติของดิน

2.3.1 สมบัติทางกายภาพของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช

สมบัติทางกายภาพของดิน หมายถึง สมบัติของดินที่สามารถประเมินได้จากลักษณะภายนอกและเป็นคุณสมบัติของอนินทรีย์สาร ประกอบด้วยอนุภาคที่ได้จากการผุพังของหินและแร่อนินทรีย์สารเป็นส่วนประกอบ โดยอนุภาคอาจเชื่อมยึดกันเองหรือเชื่อมยึดกับสารอื่น (รัตติกาล, 2551)

สมบัติทางกายภาพของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่

1. เนื้อดิน (soil texture) หมายถึง องค์ประกอบเชิงกายภาพของดินที่มีสัดส่วนสัมพันธ์โดยน้ำหนักของกลุ่มอนุภาคดินต่างๆ แบ่งโดยใช้การกระจายของอนินทรีย์วัตถุที่มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

(1) ดินเนื้อหยาบ เป็นดินที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ ทำให้ดินมีช่องว่างขนาดใหญ่ ดูดซับน้ำได้น้อย มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ กักเก็บธาตุอาหารได้น้อย ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก ได้แก่ กลุ่มขนาดดินทราย

(2) ดินเนื้อปานกลาง มีคุณสมบัติกึ่งกลางระหว่างดินเนื้อหยาบและดินเนื้อละเอียด คือ มีการระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศ การอุ้มน้ำ และมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเหมาะสมต่อการเพาะปลูก ได้แก่ กลุ่มขนาดดินทรายแป้ง

(3) ดินเนื้อละเอียด เป็นดินที่มีอนุภาคขนาดเล็กที่สุด มีธาตุอาหารมาก มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง แต่มีช่องว่างระหว่างดินขนาดเล็ก ทำให้การแทรกซึมน้ำไม่ดี การระบายอากาศก็เกิดได้ไม่ดี ทำให้มีปัญหาในเรื่องน้ำท่วมขัง ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก ได้แก่ กลุ่มขนาดดินเหนียว

2. โครงสร้างของดิน (soil structure) คือ การจับตัวของอนุภาคเดี่ยวเป็นเม็ดดินและเม็ดดินจะเชื่อมโยงกันกลายเป็นโครงสร้างของดิน โครงสร้างดินที่มีรูปทรงคล้ายทรงกลมเป็นโครงสร้างดินที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกมาก เนื่องจากทำให้ดินมีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี มีความร่วนซุย และอุ้มน้ำได้เหมาะสม (มุกดา, 2544) โครงสร้างของดินไม่เสถียร เปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลที่ได้รับจากภายนอก

3. ความหนาแน่นของดิน (soil density) หมายถึง น้ำหนักของดินแห้งต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

(1) ความหนาแน่นของอนุภาค (particle density, D_s) หมายถึง น้ำหนักดินแห้งต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของส่วนที่เป็นของแข็ง ดินทั่วไปมีความหนาแน่นของอนุภาคประมาณ 2.6 – 2.78 g/cm^3 ถ้าดินที่มีอินทรียวัตถุมาก จะมีความหนาแน่นของอนุภาคต่ำกว่า 2.6 g/cm^3

(2) ความหนาแน่นรวม (bulk density, D_b) หมายถึง น้ำหนักของดินแห้งต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรรวมของดิน (ปริมาตรของส่วนที่เป็นของแข็ง+ปริมาตรของส่วนที่เป็นช่องว่างของดิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินที่มีอินทรียวัตถุมาก จะมีความหนาแน่นรวมต่ำ เนื่องจากอินทรียวัตถุจะช่วยให้ดินยึดเกาะกันเป็นเม็ดดิน ทำให้ดินโปร่งและร่วนซุย

4. ความพรุนหรือช่องว่างทั้งหมดในดิน (soil porosity) หมายถึง สัดส่วนระหว่างปริมาตรของช่องทั้งหมดในดินกับปริมาตรรวมของดิน ดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ควรมีส่วนที่เป็นช่องว่างประมาณ 50 %โดยปริมาตร ความพรุนหรือช่องว่างทั้งหมดในดินจะมีความสัมพันธ์กับเนื้อดิน คือ ถ้าดินยิ่งมีเนื้อดินละเอียดมากขึ้น จะมีความพรุนหรือช่องว่างทั้งหมดของดินโดยปริมาตรมากขึ้นด้วย (ปิยะ, 2553) การปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ความพรุนหรือช่องว่างทั้งหมดของดินลดลง เนื่องจากมีการไถพรวนดินซึ่งทำให้ดินเกิดการรวมตัวกันเป็นแผ่น ทำให้มีปริมาณช่องว่างทั้งหมดของดินลดลง ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช การเพิ่มช่องว่างให้แก่ดินที่อัดตัวกันแน่นทำได้โดยการใส่อินทรียวัตถุ เนื่องจากอินทรียวัตถุเป็นวัสดุเบาและมีความพรุนสูงจึงช่วยเพิ่มช่องว่างให้แก่ดิน ทำให้ดินมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.3.2 สมบัติทางเคมีของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช

สมบัติทางเคมีของดินมีความสำคัญต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและมีความสัมพันธ์กับสมบัติทางกายภาพของดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเภทของเนื้อดิน (ปิยะ, 2553)

1. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity, CEC) บอกถึงความสามารถในการดูดซับและแลกเปลี่ยนไอออนบวกหรือแคตไอออนของดินนั้นๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับชนิดของอนุภาคดินเหนียว (clay) และปริมาณฮิวมัสหรืออินทรียวัตถุที่มีอยู่ในดิน โดยทั่วไปดินมีประจุสุทธิเป็นลบ ทำให้ดินสามารถดูดซับประจุบวกต่างๆ เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} และ K^{+} ไว้รอบพื้นผิวอนุภาคด้วยจำนวนสมมูลที่เท่ากัน ประจุบวกที่ถูกดูดซับนี้สามารถแลกเปลี่ยนกับประจุบวกอื่นๆได้ เรียกว่า การแลกเปลี่ยนไอออนบวก (Cation Exchange) เรียกแคตไอออนที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคดินว่า แคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Cation) และความสามารถของดินในการดูดซับแคตไอออนเรียกว่า ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation Exchange Capacity, CEC) (พัชรี, 2553) ค่า CEC ของดินมีความสำคัญต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน โดยดินที่มีค่า CEC สูงหรือมีอนุภาคดินเหนียวและอินทรียวัตถุในปริมาณมากจะสามารถดูดยึดธาตุอาหารของพืชซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกแคตไอออนไว้ที่ผิวของอนุภาคดิน ทำให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชไม่ถูกชะล้างไปจากดินได้ง่าย และพืชสามารถนำแคตไอออนเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้ เพราะรากพืชดูดดึงแคตไอออนที่เป็นธาตุอาหารไปใช้ได้โดยตรง (เกศรินทร์และคณะ, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินที่มีความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) สูง (ยงยุทธ, 2544) มีข้อดีดังนี้

(1) ดูดซับธาตุอาหารพวกแคตไอออนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ได้มาก เช่น แอมโมเนียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีส ส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง

(2) ลดการสูญหายของธาตุอาหารเนื่องจากการชะล้าง

(3) ดินจะเปลี่ยนแปลงสภาพกรดด่างช้า เนื่องจากมีความจุบัฟเฟอร์สูง

2. ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) บอกถึงความสามารถในการปลดปล่อยไฮโดรเนียมไอออน หรือโปรตอนเมื่อดินละลายน้ำ นิยมบอกในรูปของ pH (เกศรินทร์และคณะ, 2554) การตรวจวัด pH ของดินเป็นวิธีการที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาการเจริญเติบโตของพืช และใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินได้เป็นอย่างดี แต่ pH ของดินมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช เช่น P , Cu , Fe , Mn , Mo , และZn รวมถึงธาตุที่ไม่มีความจำเป็นต่อพืช เช่น Al (พัชรี, 2553)

3. ความเค็มของดิน หมายถึง ปริมาณเกลือที่ละลายได้ง่ายในดิน ประเมินได้จากระดับความเค็มของดินโดยวัดค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ของสารละลายที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ โดยใช้ conductivity meter

4. อินทรียวัตถุ (organic matter; OM) เป็นองค์ประกอบของดินที่มีความสำคัญมากที่สุดและเป็นสมบัติทางเคมีที่มักนำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดินช่วยทำให้โครงสร้างของดินมีความเสถียร เพิ่มความพรุนและลดความหนาแน่นรวมของดิน (พัชรี,2553) อีกทั้งยังช่วยเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน รวมถึงมีความสำคัญต่อการดูดซับน้ำและธาตุอาหารพืช (จำเป็น, 2550)

2.3.3 สมบัติทางชีวภาพของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช

สมบัติทางชีวภาพ หมายถึง สมบัติของดินที่เกี่ยวข้องหรือเป็นผลจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน ได้แก่ พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ในดิน โดยเฉพาะบทบาทต่อวัฏจักรคาร์บอนในดินที่มีผลต่อการสร้าง การใช้ และการย่อยสารพลังงานในดิน ทำให้เกิดขบวนการทางชีวเคมีที่มีผลต่อการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน การตรึงและปลดปล่อยธาตุอาหารพืชและทำให้เกิดผลดีต่อพืชที่ปลูกหลายประการ เช่น การเปลี่ยนรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4-N) ที่พืชใช้ประโยชน์ได้ ทำให้โครงสร้างดินดีขึ้นและมีค่า CEC สูงขึ้น นอกจากนั้นยังมีบทบาทที่สำคัญต่อกระบวนการตรึงไนโตรเจนในดินทำให้เกิดประโยชน์ร่วมกันระหว่างเชื้อราและรากพืช (ปิยะ, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เกณฑ์การประเมินคุณภาพของดินจากสมบัติดิน

ตารางที่ 2.1 ค่า CEC ตามการจำแนกเนื้อดิน

การจำแนกเนื้อดิน	CEC (มิลลิกรัมสมมูล / ดิน100 กรัม)
Sand	3-5
Loamy sand	5-8
Sandy loam	8-12
Silt	10-15
Loam	13-18
Silt loam	15-20
Sandy clay loam	14-29
Clay loam	16-28
Silty clay loam	18-30
Sandy clay	15-30
Silty clay	22-32
Clay	30-40
Organic soils	55-200

ที่มา: (Wolf อ้างถึงในพัชรี, 2553)

ตารางที่ 2.2 การประเมินค่า CEC ของดิน (วิธี 1 N NH_4OAc pH 7)

CEC (มิลลิกรัมสมมูล / ดิน100 กรัม)	การประเมิน
< 3	ต่ำมาก
3-5	ต่ำ
5-10	ค่อนข้างต่ำ
10-15	ปานกลาง
15-20	ค่อนข้างสูง
20-30	สูง
> 30	สูงมาก

ที่มา: (ปิยะ อ้างถึงในพัชรี, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ผลของความเป็นกรด-ด่างของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช

pH ของดิน	ความเป็นกรด-ด่างของดิน	อิทธิพลต่อพืช
< 3.5	กรดรุนแรงมากที่สุด	ช่วงpH < 3.5-5.5 ของดินเป็นระดับความเป็น
3.5-4.5	กรดรุนแรงมาก	กรดของดินที่มีปัญหาต่อการปลูกพืชโดยเฉพาะ
4.6-5.0	กรดจัดมาก	อย่างยิ่งความเป็นพิษของธาตุอาหารพืช และธาตุ
5.1-5.5	กรดจัด	บางชนิดในดิน เช่น Fe Mn Al ฯลฯ และการเกิด
		การตรึงฟอสฟอรัสในดินในปริมาณมาก
5.6-6.0	กรดปานกลาง	ช่วง pH 5.6-7.3 ของดินเป็นระดับ pH ที่มีปัญหา
6.1-6.5	กรดเล็กน้อย	ต่อพืชน้อยที่สุด หรือเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดต่อ
6.6-7.3	เป็นกลาง	การเติบโตของพืช
7.4-7.8	เบสเล็กน้อย	ดินที่มีสมบัติเป็นเบสปานกลางถึงด่างจัดมาก
7.9-8.4	เบสปานกลาง	(pH 7.9 >9.0)พืชที่ปลูกอาจมีปัญหาเกี่ยวกับการ
8.5-9.0	เบสจัด	ขาดธาตุอาหารของพืชหลายชนิด เช่น
>9.0	เบสจัดมาก	ฟอสฟอรัส เหล็ก แมงกานีส โบรอน ทองแดง
		สังกะสี

ที่มา: (ปิยะ, 2553)

ตารางที่ 2.4 ผลของความเค็มของดินต่อค่าการเจริญเติบโตของพืช

การนำไฟฟ้า	ชนิดดิน	ผลต่อพืช
0 - 2	ไม่เค็ม	ไม่เป็นอันตรายต่อพืช
>2 - 4	ไม่เค็ม	พืชที่ไวต่อความเค็มชะงักการเจริญเติบโต
>4 - 8	เค็ม	พืชหลายชนิดชะงักการเจริญเติบโต
>8 - 16	เค็มปานกลาง	เฉพาะพืชที่ทนเค็มได้เท่านั้นที่เจริญได้
>16	เค็มมาก	เฉพาะพืชที่ทนเค็มมากเท่านั้นที่เจริญได้

ที่มา: (ยงยุทธ, 2544)

ตารางที่ 2.5 การประเมินระดับอินทรียวัตถุในดิน (OM วิธี Walkley & Black)

OM (%)	การประเมิน
< 0.5	ต่ำมาก
0.5-1.0	ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OM (%)	การประเมิน
1.0-1.5	ค่อนข้างต่ำ
1.5-2.5	ปานกลาง
2.5-3.5	ค่อนข้างสูง
3.5-4.5	สูง
>4.5	สูงมาก

ที่มา: (ปิยะ อ้างถึงในพัชรี, 2553)

2.5 ธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารพืชมีความสำคัญและจำเป็นที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต (ชัยฤกษ์, 2546) แบ่งได้ดังนี้

1. ธาตุไนโตรเจน (N) ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดี มีความแข็งแรง โดยเฉพาะทำให้ใบมีขนาดใหญ่และมีสีเขียวเข้ม ในระยะแรก N จะช่วยส่งเสริมให้พืชตั้งตัวได้เร็วและทำให้พืชมีคุณภาพดี โดยเฉพาะพืชสวนครัวที่ใช้ใบ ลำต้น และหัว

2. ธาตุฟอสฟอรัส (P) ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากฝอยและรากแขนง ช่วยทำให้พืชแข็งแรง มีความต้านทานต่อโรคและแมลงมากขึ้น ช่วยในการออกดอกและสร้างเมล็ดของพืช และทำให้พืชแก่เร็วขึ้น ช่วยในการสร้างองค์ประกอบต่างๆของเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เป็นแหล่งอาหารที่ใช้ในการงอกของเมล็ดพืช

3. ธาตุโพแทสเซียม (K) เกี่ยวข้องกับการทำงานของกระบวนการทางด้านสรีรวิทยาของพืช จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลภายในพืชที่เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของใบ ราก และการสร้างเนื้อไม้ที่แข็งของลำต้น จำเป็นสำหรับการสร้างเนื้อของผลไม้และพืชหัวให้มีความสมบูรณ์ ช่วยให้พืชแข็งแรงมีความต้านทานต่อโรคและแมลงมากขึ้น

4. ธาตุแมกนีเซียม (Mg) เป็นตัวช่วยกระตุ้นในกระบวนการเมตาบอลิซึม เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ มีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการหายใจ และกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน มีส่วนช่วยในการสร้างน้ำมันในพืช

5. ธาตุแคลเซียม (Ca) เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างที่ผนังเซลล์ของพืช มีความจำเป็นในการแบ่งเซลล์และขยายตัวของเซลล์พืช ช่วยส่งเสริมให้ระบบรากของพืชดีเกี่ยวข้องกับการงอกและการเจริญเติบโตของละอองเกสรตัวผู้ ช่วยส่งเสริมให้พืชดูดเอาไนโตรเจนขึ้นมาใช้จากดินได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ธาตุกำมะถัน (S) เป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งของคลอโรฟิลล์ ช่วยในการแบ่งเซลล์ของพืช ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำมันในพืช ส่งเสริมการเจริญเติบโตของระบบรากพืช

7. ธาตุเหล็ก (Fe) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของคลอโรฟิลล์ จำเป็นต่อระบบการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เป็นธาตุที่จำเป็นในการสังเคราะห์โปรตีนที่อยู่ในส่วนของคลอโรพลาสต์เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงและกระบวนการหายใจของพืช และช่วยในการดูดธาตุอาหารอื่นๆในพืช

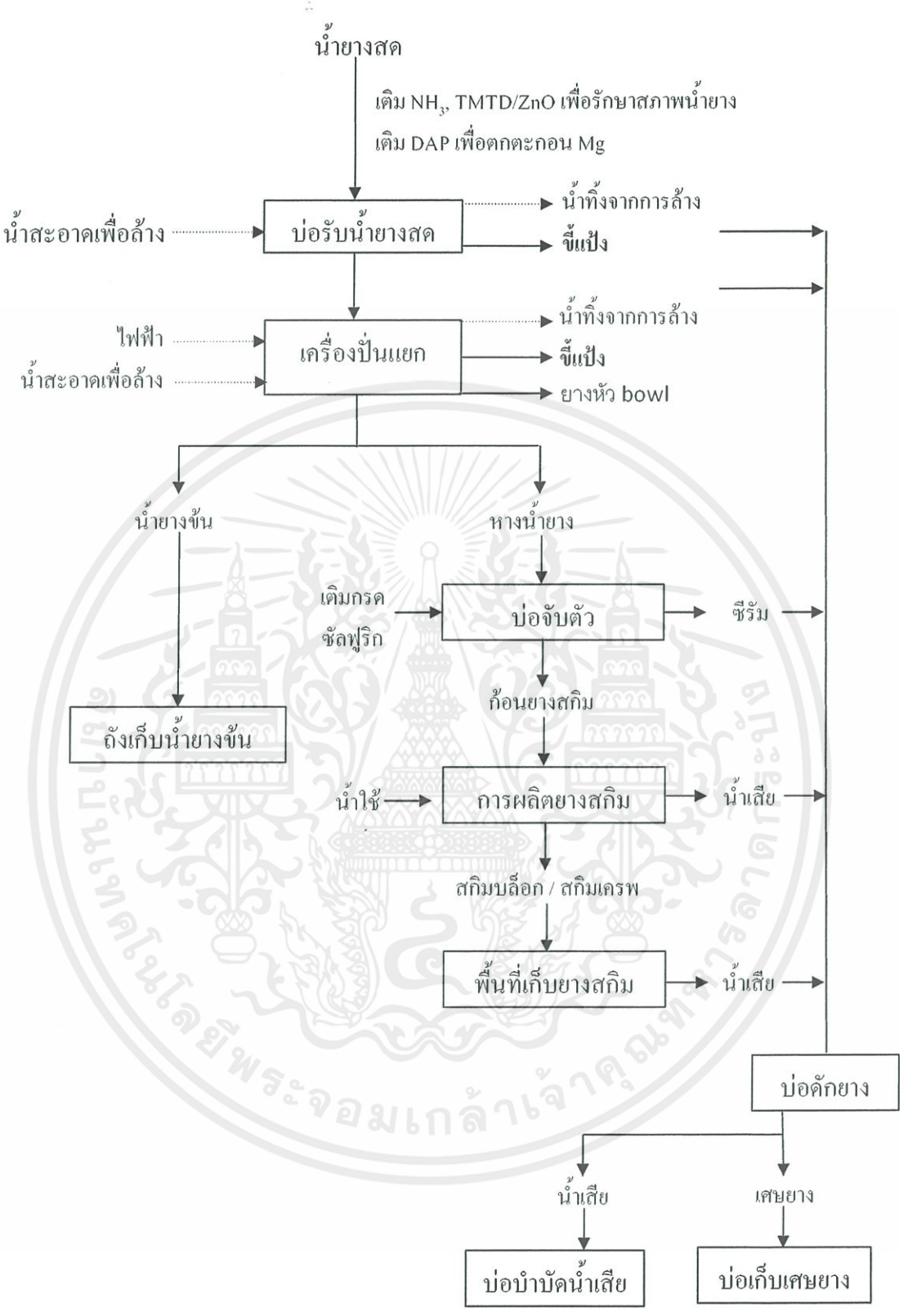
8. ธาตุแมงกานีส (Mn) เป็นองค์ประกอบของคลอโรพลาสต์ มีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสงเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เกี่ยวข้องกับกระบวนการไนเตรทรีดักชัน ซึ่งมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนของพืช

9. ธาตุสังกะสี (Zn) เป็นตัวกระตุ้นให้เอนไซม์ทำงานได้อย่างเต็มที่ เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์สารที่เกี่ยวข้องอยู่กับการขยายตัวของเซลล์พืช มีความจำเป็นสำหรับกระบวนการเมตาบอลิซึมของไนโตรเจนในพืช มีผลต่อกระบวนการสร้างคลอโรฟิลล์และเกี่ยวข้องกับการสร้างแป้งในพืช

2.6 กากขี้แป้ง

กากขี้แป้งจัดเป็นวัสดุที่ไม่ใช้แล้วสำหรับโรงงานผลิตน้ำยางข้น ที่เกิดจากการตกตะกอนในบ่อรับน้ำยางสด/ถังพักน้ำยาง และได้จากการล้างหัวโบว์ลของเครื่องปั่นแยกดังรูปที่ 2.1 จากการศึกษาของวันชัย (2540 อ้างถึงในศิราณี, 2554) พบว่าการผลิตน้ำยางข้นจะเกิดกากขี้แป้งประมาณ 1% (w/w) ของเนื้อยางที่นำมาใช้ในการผลิตน้ำยางข้น และเนื่องจากแต่ละโรงงานจะมีการนำน้ำยางสดเพื่อผลิตน้ำยางข้นโดยอยู่ในช่วงระหว่าง 39.91–157.56 ตันต่อวัน ทำให้สามารถคำนวณได้ว่า จะมีของเสียในรูปกากขี้แป้งเกิดขึ้นในแต่ละโรงงานผลิตน้ำยางข้นระหว่าง 0.39-1.58 ตันต่อวัน (วลัยพร, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1กระบวนการผลิตน้ำยางข้น

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2548)

กากขี้แป้ง มีสถานะเป็นของแข็งที่จับตัวเป็นก้อน มีเนื้อละเอียดสีขาวขุ่นเมื่อออกมาจากหัวปั่นยางใหม่ๆ และเมื่อปล่อยทิ้งไว้จะค่อยๆเป็นสีเทา (ศิราณี, 2554) สำหรับกากขี้แป้งที่เกิดจากหัวปั่นเหวี่ยงภายใน 48 ชั่วโมง จะมีสภาพเป็นด่างอ่อนๆ อยู่ในช่วง 8.98-9.94 สภาพเป็นด่างนี้จะค่อยๆลดลงตามอายุของกากขี้แป้ง เนื่องจากการระเหยออกไปของแอมโมเนียที่เติมในขั้นต้นเพื่อรักษาสภาพน้ำยาง (ศิราณี, 2554) นอกจากนี้กากขี้แป้งจัดเป็นวัสดุที่มีความชื้นสูง โดยมีค่าความชื้นระหว่าง 61.95-66.85% และมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 2.90-10.04 $dScm^{-1}$ (วิภาพรรณและคณะ, 2550 อ้างถึงในศิราณี, 2554)

กากขี้แป้งที่เกิดขึ้นเหล่านี้ ประกอบด้วยแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต ($MgNH_4PO_4$) ซึ่งเป็นตะกอนที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างแมกนีเซียมในน้ำยางกับสารเคมีที่เติมในน้ำยางสดก่อนการปั่นแยกเพื่อรักษาสภาพน้ำยางและเพื่อทำให้แมกนีเซียมตกตะกอนก่อนการปั่น ได้แก่ Ammonia (ในรูปสารละลาย) Tetramethyl Truram Disulfide (TMTD) , Zinc Oxide และ Diammonium Phosphate (DAP) ดังสมการที่ 2.1 (วลัยพร,2547)

$$Mg^{2+} + NH_3 + HPO^{2-}_4 \rightarrow MgNH_4PO_4 \qquad (2.1)$$

ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในกากขี้แป้งพบว่ากากขี้แป้งมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง โดยในตัวอย่างแห้งจะมีฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5อยู่ในช่วง 263.10-467.90 กรัมต่อกิโลกรัม (สมทิพย์, 2545 อ้างถึงในศิราณี, 2554) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าน้อยกว่า 20:1 สอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนที่มีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากในกากขี้แป้งจะมีแอมโมเนียตกค้างอยู่จากการที่มีการเติมแอมโมเนียในน้ำยางสด (นเรศวร์, ม.ป.ป.) มีปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O อยู่ในช่วงระหว่าง 5.50-7.20 กรัมต่อกิโลกรัมของตัวอย่างแห้ง และเนื่องจากในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีการเติมซิงค์ออกไซด์ประมาณ 0.025% (w/w) เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในน้ำยาง ดังนั้นในกากขี้แป้งมีปริมาณสังกะสีทั้งหมดในตัวอย่างแห้งอยู่ในช่วง 180-270 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สมทิพย์, 2545 อ้างถึงในศิราณี, 2554) ผลจากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในกากขี้แป้งได้แก่ โครเมียม ตะกั่ว สารหนู และทองแดงพบว่า กากขี้แป้งไม่จัดเป็นของเสียอันตราย มีค่าธาตุโลหะหนักไม่เกินมาตรฐานตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 (นเรศวร์, ม.ป.ป.)

2.7 พืชทดลอง (ผักบุ้งจีน)

ผักบุ้งจีน (Chinese convolvulus) เป็นพืชในตระกูล Convolvulaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Ipomoea aguatica Forsk. Var. reptan (เฉลิมเกียรติและภัสรา , 2539) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อน พบได้ทั่วไปในอัฟริกา และเอเชียเขตร้อนจนถึงมาเลเซียและออสเตรเลีย

เอกสารนี้เป็นกรรมสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือกระทำการอื่นใดในลักษณะเดียวกันนี้ ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (สุรีรัตน์, 2546)

1.*ราก* ผักบุ้งจีนมีรากเป็นระบบรากแก้ว มีรากแขนงแตกออกทางด้านข้างของรากแก้ว และยังสามารถแตกรากฝอยออกมาจากข้อของลำต้นได้ โดยมักจะเกิดตามข้อที่อยู่บริเวณโคนเถา

2.*ลำต้น* ผักบุ้งจีนเป็นไม้ล้มลุก ในระยะแรกของการเจริญเติบโตจะมีลำต้นตั้งตรง ในระยะต่อไปลำต้นจะเลื้อยทอดยาวไปตามพื้นดินหรือพื้นน้ำ ลำต้นมีสีเขียวและปล้องข้างในกลวง รากจะเกิดกับข้อทุกข้อที่สัมผัสกับดินหรือน้ำ ที่ข้อมักมีตาแตกออกมาทั้งตาใบและตาดอกโดยตาใบจะอยู่ด้านใน ส่วนตาดอกอยู่ด้านนอก

3.*ใบ* ใบผักบุ้งจีนเป็นใบเดี่ยว รูปร่างคล้ายหอก โคนใบกว้างและค่อยๆ เรียวเล็กในตอนปลาย ปลายใบแหลม ที่โคนใบเป็นรูปหัวใจ ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่น ใบมีความกว้างประมาณ 1-15 เซนติเมตร ก้านใบยาว 3 - 8 เซนติเมตร สำหรับการจัดเรียงของใบเป็นแบบเรียงสลับหนึ่งข้อจะมีใบเพียงใบเดียว

4.*ดอกและช่องดอก* ดอกผักบุ้งจีนเป็นดอกแบบสมบูรณ์ คือมีเกสรตัวผู้และตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน แต่ละดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยงสีเขียว 5 อัน กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นรูปกรวยด้านนอกมีสีขาว ด้านในมีสีม่วง มีเกสรตัวผู้ 5 อัน และเกสรตัวเมีย 1 อัน รังไข่ตั้งอยู่เหนือบริเวณที่เกิดของกลีบดอกและเกสรตัวผู้ การผสมของผักบุ้งจีนเป็นแบบผสมตัวเอง และมีการผสมข้ามดอกบ้างเนื่องจากลมและแมลง

5. *ผล* เป็นผลเดียว รูปร่างค่อนข้างกลม มีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่ออายุประมาณ 30 วันหลังดอกบานมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.42 เซนติเมตร หลังจากนั้นจะมีขนาดเล็กลงลักษณะผิวภายนอกจะเหี่ยวย่น ขรุขระไม่แตกเมื่อแห้ง สีของผลเมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเข้ม ใน 1 ผลมีเมล็ดถึง4-5 เมล็ด

6. *เมล็ด* เมล็ดผักบุ้งจีนมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมฐานมน มีสีน้ำตาลเปลือกหุ้มเมล็ดมีสี 3 ระดับ คือ สีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลแก่ และสีน้ำตาลดำ มีขนาดเล็ก ไม่มีอาหารสะสมในเอนโดสเปิร์ม แต่มีอาหารสะสมในใบเลี้ยงซึ่งติดอยู่กับเอมบริโอเพื่อคอยทำหน้าที่ให้อาหาร ผักบุ้งจีนเป็นพืชที่มีการอัตราพักตัวสูง โดยจะพักในลักษณะของเมล็ดแข็งหรือที่เรียกว่า เมล็ดหิน เมล็ดที่มีสีเข้มกว่าจะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็งสูงกว่า

ลักษณะการเจริญเติบโตและสภาพแวดล้อมที่ต้องการ

ผักบุ้งจีนใช้เวลาในการงอกเพียง 48 ชั่วโมง ระยะแรกของการเจริญเติบโตจะให้ลำต้นตั้งตรง หลังจากงอกได้ 5-7 วัน จะมีใบเลี้ยงโผล่ออกมา 2 ใบ มีลักษณะปลายใบเป็นแฉก ไม่เหมือนกับใบจริง เมื่อต้นโตในระยะสองสัปดาห์แรก จะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งอายุประมาณ 30-45 วัน การเจริญเติบโตจะเปลี่ยนไปในทางทอดยอดและแตกกอ สำหรับผักบุ้งจีนที่หว่านด้วยเมล็ด การแตกกอจะมีน้อยมาก การแตกกอเป็นการแตกหน่อออกมาจากตาที่อยู่บริเวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคนต้นที่ติดกับราก มีตาอยู่รอบต้น 3-5 ตา เมื่อแตกแถวออกมาแล้วจะเจริญทอดยอดยาวออกไปเป็นลำต้น มีปล้องข้อ และทุกข้อจะให้ดอกและใบ

ผักบุ้งจีนสามารถปลูกได้ทั้งบนบกและในน้ำ โดยการปลูกเพื่อการบริโภคสดสามารถทำได้โดยใช้การปลูกแบบหว่าน หรือโรยเมล็ดลงบนแปลงปลูกโดยตรง ก่อนปลูกนำเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนไปแช่น้ำนาน 6-12 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนดูดซับน้ำเข้าไปในเมล็ด มีผลให้เมล็ดผักบุ้งจีนงอกเร็วขึ้น และสม่ำเสมอกันดี เมล็ดผักบุ้งจีนที่ลอยน้ำจะเป็นเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนที่ไม่สมบูรณ์ ไม่ควรนำมาเพาะปลูก ถึงแม้จะขึ้นได้บ้าง แต่จะไม่สมบูรณ์แข็งแรงอาจจะเป็นแหล่งทำให้เกิดโรคระบาด ผักบุ้งจีนสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด ดินที่เหมาะสมในการปลูกผักบุ้งจีนในการบริโภคสดเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย เพื่อถอนต้นผักบุ้งจีนได้ง่าย ผักบุ้งจีนชอบชื้นแฉะ ต้องการความชื้นในดินสูงมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงที่สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ต้องการแสงแดดเต็มที่ซึ่งประเทศไทยสามารถปลูกได้ดีตลอดปี

การดูแลรักษา

1. การให้น้ำ ผักบุ้งจีนเป็นพืชที่ชอบดินปลูกที่ชุ่มชื้น แต่ไม่แฉะจนมีน้ำขัง ฉะนั้นควรรดน้ำผักบุ้งจีนอยู่เสมอทุกวัน ๆ ละ 1-2 ครั้ง ยกเว้นช่วงที่ฝนตกไม่ต้องรดน้ำ อย่าให้แปลงปลูกผักบุ้งจีนขาดน้ำเพราะจะทำให้ผักบุ้งจีนชะงักการเจริญเติบโต คุณภาพไม่ดี แข็งกระด้าง เหนียว ไม่น่ารับประทานและเก็บเกี่ยวได้ช้ากว่าปกติ

2. การใส่ปุ๋ย ผักบุ้งจีนเป็นพืชผักที่บริโภคใบและต้น มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ถ้าดินปลูกมีความอุดมสมบูรณ์ หรือ มีการใส่ปุ๋ยคอก เช่น มูลสุกร มูลเป็ด มูลไก่ เป็นต้น ซึ่งปุ๋ยคอกเป็นปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูงอยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีก็ได้ แต่ถ้าดินปลูกไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ นอกจากต้องให้ปุ๋ยคอกแล้ว ควรมีการใส่ปุ๋ยทางใบที่มีไนโตรเจนสูง โดยหว่านปุ๋ยกระจายทั่วทั้งแปลงก่อนปลูกและหลังปลูกผักบุ้งจีนได้ประมาณ 7-10 วัน ซึ่งการให้ปุ๋ยครั้งที่ 2 นั้น หลังจากหว่านผักบุ้งจีนลงแปลงแล้วจะต้องมีการรดน้ำแปลงปลูกผักบุ้งจีนทันที อย่าให้ปุ๋ยเกาะอยู่ที่ซอกใบจะทำให้ผักบุ้งจีนใบไหม้ ในการใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2 นั้น จะใช้วิธีการละลายน้ำรด 3-5 วันครั้งก็ได้ โดยใช้อัตราส่วนปุ๋ยยูเรีย 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร จะเป็นการช่วยให้ผักบุ้งจีนเจริญเติบโต และเก็บเกี่ยวได้รวดเร็วขึ้น

การเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยว หลังจากหว่านเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนลงแปลงปลูกได้ 20-25 วัน ผักบุ้งจีนจะเจริญเติบโต มีความสูงประมาณ 30-35 เซนติเมตร ให้ถอนต้นผักบุ้งจีนออกจากแปลงปลูกทั้งต้นและราก ควรรดน้ำก่อนถอนต้นผักบุ้งจีนขึ้นมาจะทำให้ถอนผักบุ้งจีนได้สะดวก รากไม่ขาดมาก หลังจากนั้นล้างรากให้สะอาด เด็ดใบและแขนงที่โคนต้นออก นำมาผึ่งไว้ ไม่ควรไว้กลางแดด ผักบุ้งจีนจะเหี่ยวเฉาได้ง่าย (เฉลิมเกียรติ และภัสรา, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศิราณี (2554) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้กากขี้แป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น เพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของชุดดินบ้านทอนซึ่งเป็นดินทรายจัด เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานและแพงพวยในดินตัวอย่างผสมกับกากขี้แป้งกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด 2 ชนิด ได้แก่ ดินกระถาง 1 และกระถาง 2 ผลการศึกษาพบว่าต้นข้าวโพดหวานเติบโตได้ดีขึ้นในชุดดินบ้านทอนผสมกากขี้แป้งเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่เติมกากขี้แป้ง ต้นข้าวโพดหวานมีความสูงเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของกากขี้แป้งในดินตัวอย่าง อัตราส่วนผสมของกากขี้แป้งในดินตัวอย่างที่ทำให้ข้าวโพดหวานมีความสูงมากที่สุด คือ 0.2%(w/w)โดยมีความสูงเท่ากับ 71.50 เซนติเมตร ในขณะที่สิ่งทดลองควบคุมมีความสูงเพียง 30.33 เซนติเมตร เมื่อผสมกากขี้แป้งในดินตัวอย่างในอัตราส่วน 0.5 ,1.0 ,1.5 และ 2.0% (w/w) ทำให้ข้าวโพดหวานเริ่มตายในสัปดาห์ที่ 4 อาจเป็นผลมาจากความเค็มของกากขี้แป้งที่ใส่ลงไป เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินภายหลังผสมกากขี้แป้งลงไป พบว่าการใส่กากขี้แป้งในดินทำให้ค่าปฏิกิริยาในดิน ค่าการนำไฟฟ้าที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระดับกากขี้แป้งที่ใส่มากขึ้น สำหรับแพงพวย พบว่าการปลูกแพงพวยในดินบ้านทอนผสมกากขี้แป้งอัตรา 0.05% (w/w) ร่วมกับแกลบและยิปซัม 5 กรัม/ดิน 5 กิโลกรัม/กระถาง ทำให้ต้นแพงพวยมีความสูงมากที่สุดคือ 60.00 เซนติเมตร

วลัยพร (2547) ได้ทำการศึกษาโดยนำกากขี้แป้งซึ่งเป็นของเสียจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ประโยชน์ร่วมกับกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานไก่สดแช่แข็ง เพื่อใช้เป็นวัสดุบำรุงดินสำหรับการเกษตรกรรม กำหนดการทดลองทำในกระถาง ในหน่วยทดลองแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตรที่พืชต้องการลงไปในดินในอัตราที่เหมาะสมต่อการเติบโตของพืช กลุ่มที่ 2 ใส่กากขี้แป้งของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานไก่สดแช่แข็ง กลุ่มที่ 3 กลุ่มควบคุม ไม่มีการเติมสิ่งใดในดิน และทำการศึกษาการเติบโตของพืชทดลอง 3 ชนิด คือ ผักกาดหอม มะเขือเทศ และข้าว สำหรับอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อเป็นวัสดุบำรุงดินในการทดลองปลูกผักกาดหอม มะเขือเทศ และข้าว พบว่าอัตราส่วนผสมระหว่าง ดิน : กากขี้แป้ง : กากตะกอนในอัตราส่วน 1 : 3 : 1 เพราะทำให้การเติบโตของพืชทดลองไม่มีอาการขาดธาตุอาหารพืช และผลผลิตที่ได้จากพืชมีน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี

วราศรี (2543) ได้ทำการศึกษาอัตราการเกิดกากขี้แป้งและลักษณะของกากขี้แป้งจากโรงงานน้ำยางข้นเพื่อนำกากขี้แป้งไปใช้ประโยชน์เพื่อทดแทนปุ๋ยโดยทดสอบโดยการปลูกหญ้าสนาม ผลการศึกษาพบว่า มีปริมาณกากขี้แป้งเกิดขึ้น เท่ากับ 0.7 – 10.3 กิโลกรัมน้ำหนักสด/ตันน้ำยางสดที่ใช้ผลิตและพบว่า ในกากขี้แป้งประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 โพแทสเซียมในรูป K_2O แมกนีเซียม และสังกะสี มีค่าเท่ากับ 20.60 – 24.10 , 196 – 216 , 18 – 21 , 53.10 – 75.60 และ5.10 – 10.10 gkg^{s-1} ตามลำดับ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า กากขี้แป้งมีลักษณะไม่คงตัวสามารถละลายได้ และจากการทดลองนำกากขี้แป้งไปเป็นปุ๋ย โดยใช้ปลูกหญ้าสนามพบว่า กากขี้แป้งช่วยให้หญ้าสนามมีการเจริญเติบโตได้ดี และช่วยให้ดินอยู่ในสภาพเป็นกลางได้ดีกว่าปุ๋ยเคมี

นิทัศน์ และชัยรัตน์ (2549) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้กากขี้แป้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมาใช้เป็นสารปรับปรุงดินและนำมาปลูกข้าวโพดหวาน ผลการศึกษาพบว่า การใส่กากขี้แป้ง 1 – 2% (w/v) ผสมกับชุดดินรือเสาะและใส่ปุ๋ยในอัตรา 15-15-15 อัตรา 70 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ข้าวโพดหวานเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

วิภาพรรณ และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาหาปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด ในกากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมการเตรียมน้ำยางข้น กากตะกอนจากอุตสาหกรรมการแปรรูปสัตว์น้ำ และกากดีแคนเตอร์หรือเค้กจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์ม ผลการศึกษาพบว่า ในกากขี้แป้งมีไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 10.20 – 25.30 , 221.50 – 481.90 และ3.90 – 6.00 gkg^{g-1} (w/w) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

1. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น: AA-200
2. เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer รุ่น GENESYS 10S UV-VIS บริษัท Thermo Scientific
3. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น: ED224S บริษัท Sartorius
4. เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter)
5. เครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer)
6. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)
7. ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)
8. เครื่องกลั่นพร้อมอุปกรณ์ (Distillation apparatus)
9. ชุดเครื่องย่อย (Digestion apparatus)
10. เครื่องเขย่า (Shaker)
11. ตะแกรงร่อนขนาด 10 mesh (2 มิลลิเมตร)
12. ตู้อบ (Oven)
13. เดซิเคเตอร์ (Desiccator)
14. กระดาษกรองเบอร์ 5, 42
15. บริภัณฑ์เครื่องแก้ว
16. หลอดหยด (Dropper)
17. ลูกยาง (Rubber bulb)
18. ช้อนตักสาร(Spatula)
19. ขวดพลาสติก
20. เทอร์โมมิเตอร์
21. นาฬิกาจับเวลา
22. ครกบดสาร
23. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินและพืช
24. อุปกรณ์การปลูกและดูแล บำรุงรักษาพืชอื่นๆ ที่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 สารเคมี

1. สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.7 บริษัท Carlo ERBA
2. สารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (Sodium hexametaphosphate) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
3. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
4. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) บริษัท Carlo ERBA
5. สารละลายกรดแอซิติกเข้มข้น 95% (95% CH_3COOH) บริษัท Carlo ERBA
6. โพแทสเซียมไดโครเมท ($K_2Cr_2O_7$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
7. เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต [$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$] เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
8. สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4) บริษัท Carlo ERBA
9. เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) บริษัท Carlo ERBA
10. แบเรียมไดฟีนิลเอมีนซัลโฟเนต (Barium Diphenylamine Sufonate) 0.16%
11. ออร์โทฟีแนนทาลีน (O-phenanthroline) บริษัท Carlo ERBA
12. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (Conc. NH_4OH) บริษัท Carlo ERBA
13. แอมโมเนียมออกซาเลต ($(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Breaker
14. แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fisher Scientific
15. ซิลเวอร์ไนเทรต ($AgNO_3$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
16. สารละลายเอธิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 95% (95% CH_3CH_2OH) บริษัท Carlo ERBA
17. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
18. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (Conc. HCl) บริษัท Carlo ERBA
19. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท SDFCL
20. กรดบอริก (H_3BO_3) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fisher Scientific
21. โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) บริษัท Carlo ERBA
22. ฟีนอลฟทาลีน อินดิเคเตอร์(phenolphthalein indicator) บริษัท Carlo ERBA
23. โบรโมกรีซอลกรีน (Bromocresol Green) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Acros Organics
24. เมธิลเรด (Methyl Red) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fluka chemika
25. สารเร่งสำเร็จรูปอัดเม็ด(Kjeltabs) บริษัท Carlo ERBA
26. เอทธานอล (ethanol) บริษัท Carlo ERBA
27. โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
28. แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
29. เดวาดา แอลลอย (Devarda alloy) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
30. แอมโมเนียมโมลิบเดต ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

31. แอนติโมนีโพแทสเซียมตาร์เตรท ($KSbO.C_4H_4O_6$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
32. กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
33. แอมโมเนียมเมตาวานาเดต (NH_4VO_3) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
34. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
35. แอมโมเนียมฟลูออไรด์ (NH_4F) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fisher Scientific
36. แอมโมเนียมอะซิเตท(NH_4OAc) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ERBA
37. สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น (Conc. HNO_3) บริษัท Carlo ERBA

3.2 การเตรียมตัวอย่างดินและการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกพืช

ดินตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองทำการเก็บรวบรวมจากแปลงปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรในพื้นที่ อ.วังจันทร์ จ.ระยอง ซึ่งเป็นตัวแทนของดินทรายปนร่วนทำการเก็บตัวอย่างที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร นำมาผึ่งในที่ร่มให้แห้ง จากนั้นร่อนดินผ่านตะแกรงขนาด 10 mesh (2 มิลลิเมตร) แบ่งตัวอย่างดินที่ผึ่งลมให้แห้งเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งก่อนที่จะนำไปปลูกพืชมาบดด้วยครกให้ละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 10 mesh (2 มิลลิเมตร) เก็บตัวอย่างที่ผ่านการร่อนไว้ในถุงพลาสติกเพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ-ทางเคมีต่อไป ส่วนที่สองนำไปใช้ในการปลูกเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืช

3.3 การเตรียมตัวอย่างกากขี้แป้ง

1. นำตัวอย่างกากขี้แป้งมาผึ่งให้แห้ง
2. นำกากขี้แป้งไปบดและร่อน จากนั้นแบ่งดินเป็น 2 ส่วน คือ วิเคราะห์สมบัติและผสมกับดินที่ใช้ปลูกพืช

3.4 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินและกากขี้แป้ง

ก่อนนำไปใช้ในการปลูกพืช ดินตัวอย่างและกากขี้แป้งที่ใช้ในการศึกษาจะถูกนำไปวิเคราะห์สมบัติของดินตามวิธีวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3.1 (รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้วิเคราะห์สมบัติของดินและกากขี้แป้งที่ใช้ในการศึกษา

พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์	วิธีการ/เครื่องมือวิเคราะห์
ความชื้น	อบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ก.)
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	เครื่องวัดพีเอช อัตราส่วนระหว่างดินกับน้ำ 1:5 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ข.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้

พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์	วิธีการ/เครื่องมือวิเคราะห์
ค่าการนำไฟฟ้า	เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า อัตราส่วนระหว่างดินกับน้ำ 1:5 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ก.)
ลักษณะเนื้อดิน (Soil Texture)†	Hydrometer method (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ก.)
ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter)	วิธีการไทเทรตกับเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Walkley และ Black, 1947) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ก.)
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC)	วิธีแอมโมเนียมอะซิเทต(Chapman, 1965) ไทเทรตกับ HCl (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ก.)
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	วิธี Kjedahl ไทเทรตกับ H_2SO_4 (Jones, Jr.J.B., 1991)
ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ Ammonium-N และ Nitrate-N	วิธี Steam Distillation สกัดดินด้วย KCl และนำไปไทเทรตกับ HCl (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ก.)
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus)	สกัดด้วยสารละลาย Bray II และหาปริมาณด้วยเครื่อง Spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ก.)
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium)	สกัดด้วยแอมโมเนียมอะซิเทต ตรวจวัดด้วยเครื่อง Flame photometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ก.)

†วิเคราะห์เฉพาะตัวอย่างดิน

3.5 การศึกษาการเจริญเติบโตของพืชและสมบัติของดินเมื่อใส่กากขี้แป้งเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี

3.5.1 วิธีการทดลอง

ทำการผสมดินตัวอย่างกับกากขี้แป้ง ในอัตรา 0% , 0.1% , 0.2% , 0.3% และ 0.4% โดยน้ำหนัก ซึ่งจากผลการวิจัยของศิราณี (2554) พบว่า การใส่กากขี้แป้งผสมกับดินอัตรา 0.2% (w/w) ทำให้ต้นข้าวโพดหวานมีความสูงมากที่สุด จึงนำอัตราส่วน 0.2% (w/w) มาใช้เป็นค่ากลางในการทดลองและผสมดินตัวอย่างโดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16:16:16 ในอัตรา 0.02% โดยน้ำหนัก โดยเติมเพียงครั้งเดียว จากนั้นบรรจุใส่กระถาง กระถางละ 1 กิโลกรัม และตั้งทิ้งไว้ 7 วัน เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดนำไปปลูกผักบุ้ง โดยปลูกกระถางละ 10 เมล็ด ทำการปลูกผักบุ้งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ แล้วนำมาทำการทดลอง 3 ซ้ำต่อหนึ่งอัตราส่วนที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การจัดสิ่งทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ สิ่งทดลอง(Treatment) คือดินที่ผสมกากขี้แป้งในแต่ละอัตราส่วน รวมทั้งดินที่ผสมปุ๋ยเคมี และมีชุดควบคุม (Control) 2 ประเภท คือ ดินที่ไม่เติมสิ่งใด (Negative Control) และดินที่เติมปุ๋ยเคมี (Positive Control) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.2 สิ่งทดลองถูกนำมาจัดวางด้วยวิธีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ดังแสดงในตารางที่ 3.3 เนื่องจากเป็นแผนการทดลองที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุด ใช้ได้ดีในกรณีที่หน่วยทดลองมีความสม่ำเสมอกันหรือเหมือนกัน รวมทั้งสามารถใช้กับการทดลองที่มีสิ่งทดลองจำนวนมากๆได้ และแต่ละสิ่งทดลองก็ไม่จำเป็นจะต้องใช้จำนวนหน่วยทดลองเท่ากันหรือจำนวนซ้ำเท่ากันก็ได้ (สิทธิชัย, 2542)

ตารางที่ 3.2 แผนการทดลองศึกษาการเจริญเติบโตของพืชและสมบัติของดินเมื่อใส่กากขี้แป้ง

สิ่งทดลอง	ตัวอย่าง	สัญลักษณ์
1	ดินตัวอย่างที่ไม่เติมสิ่งใด	NC†
2	ดินตัวอย่าง + กากขี้แป้ง 0.1% (w/w)	T0.1%
3	ดินตัวอย่าง + กากขี้แป้ง 0.2% (w/w)	T0.2%
4	ดินตัวอย่าง + กากขี้แป้ง 0.3% (w/w)	T0.3%
5	ดินตัวอย่าง + กากขี้แป้ง 0.4% (w/w)	T0.4%
6	ดินตัวอย่าง + ปุ๋ยเคมี (16:16:16)	PC‡

†NC = Negative Control, ‡PC = Positive Control

ตารางที่ 3.3 การวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design)

แถว (row)	ตำรับการทดลอง (Treatment)					
1	T0.3%	T0.4%	NC	T0.2%	T0.1%	PC
2	PC	NC	T0.4%	T0.1%	T0.2%	T0.3%
3	T0.1%	T0.4%	T0.3%	T0.2%	PC	NC
4	T0.4%	T0.3%	T0.1%	PC	NC	T0.2%
5	T0.1%	NC	T0.3%	T0.2%	PC	T0.4%
6	T0.3%	T0.4%	T0.1%	NC	T0.2%	PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้ง โดยวัดความสูงของต้นระดับจากพื้นดินจนถึงปลายใบทุกสัปดาห์ เมื่อครบเวลา 4 สัปดาห์ จะทำการเก็บเกี่ยว และตัดแยกพืชออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนรากและส่วนลำต้น นำพืชมาชั่งน้ำหนักสด จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ70 ° C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง น้ำหนักแห้งของพืชจะถูกนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของพืชตามวิธีวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3.4 (รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้วิเคราะห์สมบัติของพืช

พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์	วิธีการ/เครื่องมือวิเคราะห์
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	วิธี Kjedahl ไทเทรตกับ H_2SO_4 (Allen, S.E., 1974)
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P)	วิธี Digestion โดยใช้ HCl ตรวจวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Allen,S.E., 1974)
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K)	วิธี Digestion โดยใช้ HCl ตรวจวัดด้วยเครื่อง Flame photometer (Allen,S.E., 1974)

3.5.4 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

ตัวอย่างดินก่อนและหลังการปลูกพืช จะถูกนำไปวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

โครงงานพิเศษนี้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอากากขี้แป้งมาใช้เป็นวัสดุทดแทนปุ๋ยเพื่อปรับปรุงให้ดินทรายมีศักยภาพในการเพาะปลูกพืชเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งศึกษาผลของอัตราส่วนผสมระหว่างกากขี้แป้งที่ใส่ลงในดินต่อการเติบโตของพืช โดยพืชทดลองที่ใช้ คือ ผักบุ้งจีน ผลการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้

4.1 สมบัติของดินที่ใช้ในการศึกษา

ดินตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองทำการเก็บรวบรวมจากแปลงปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรในพื้นที่ อ.วังจันทร์ จ.ระยอง เมื่อนำดินที่ผึ่งแห้งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 10 mesh (2 มิลลิเมตร) มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	ค่าที่วัดได้[†]
สมบัติทางกายภาพ	
ความชื้น (%)	0.51±0.22
สัดส่วนอนุภาค (%)	
- ทราย (sand)	86.12±0.86
- ทรายแป้ง (silt)	2.48±0.76
- ดินเหนียว (clay)	11.40±0.09
ลักษณะเนื้อดิน	Loamy sand (ดินทรายปนร่วน)
สมบัติทางเคมี	
พีเอช	6.38±0.04
ค่าการนำไฟฟ้า (μS/cm)	10.77±1.27
ปริมาณอินทรียวัตถุ(%)	0.78±0.41
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cmol/kg)	2.14±0.10
ไนโตรเจนทั้งหมด (mg/kg)	488±30.81
ไนเตรท – ไนโตรเจน (mg/kg)	15.97±0.37
แอมโมเนียม – ไนโตรเจน (mg/kg)	21.36±5.04
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	40.88±1.58
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	69.97±12.34

[†] Mean ± S.D.; n=3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ดินตัวอย่างมีปริมาณอนุภาคทรายมากสุดถึงร้อยละ 86.12 รองลงไปคืออนุภาคดินเหนียว และทรายแป้งตามลำดับ เมื่อนำสัดส่วนปริมาณของอนุภาคดินไปเปรียบเทียบกับไดอะแกรมสามเหลี่ยมแสดงประเภทของเนื้อดินพบว่า ดินตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาจัดเป็นดินทรายปนร่วน (Loamy sand) จากการศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของดินตัวอย่างพบว่า ดินที่ใช้ในการศึกษามีค่าพีเอช เท่ากับ 6.38 ซึ่งจัดว่าเป็นกรดเล็กน้อยและเป็นค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ข) ไม่มีปัญหาเรื่องความเค็ม โดยมีค่าการนำไฟฟ้าที่อิ่มตัวด้วยน้ำเท่ากับ 10.77 µS/cm ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับที่ต่ำ โดยมีค่า 0.78% สัมพันธ์กับค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) อยู่ในระดับที่ต่ำมาก มีค่าเท่ากับ 2.14cmol/kg (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ก) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณขนาดอนุภาคดินทรายที่มีอยู่มาก สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินตัวอย่างพบว่า มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ต่ำมากมีค่าเท่ากับ 488 mg/kg ในขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์พบว่า มีค่าสูงถึง 40.88 mg/kg ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ก็มีค่าปานกลางมีค่าเท่ากับ 69.97 mg/kg (พัชรี, 2553) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

4.2 สมบัติของกากขี้แป้ง

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกากขี้แป้งดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกากขี้แป้งที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	ค่าที่วัดได้[†]
สมบัติทางกายภาพ	
ความชื้น (%)	28.67±4.91
สมบัติทางเคมี	
พีเอช	8.46±0.03
ค่าการนำไฟฟ้า(µS/cm)	323±19.98
ปริมาณอินทรียวัตถุ(%)	15.59±0.48
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก(cmol/kg)	11.49±0.39
ไนโตรเจนทั้งหมด(g/kg)	46.56±1.10
ไนเตรท -ไนโตรเจน (g/kg)	0.03±0.00
แอมโมเนียม – ไนโตรเจน (g/kg)	0.41±0.01
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(g/kg)	40.53±0.00
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้(g/kg)	0.40±0.00

[†] Mean ± S.D.; n=3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 พบว่า กากขี้แป้งซึ่งเก็บรวบรวมได้ จากโรงงานยางทอง อ.วังจันทร์ จ.ระยอง มีลักษณะเป็นของแข็ง สีขาวขุ่น มีเนื้อละเอียด มีปริมาณความชื้นสูงถึง 28.67% โดยน้ำหนัก มีค่าพีเอชอยู่ในช่วงระหว่าง 8.4-8.5 จัดว่าเป็นเบสตามปทานุกรมปฐพีวิทยา (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) และจัดเป็นช่วงที่ธาตุอาหารต่างๆจะเป็นประโยชน์ต่อการเติบโตของพืชได้ดี (สมภพ, 2527 อ้างถึงในวลัยพร, 2547) ไม่มีปัญหาเรื่องความเค็ม เนื่องจากมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในระดับต่ำกว่า 4 dS/m (ยงยุทธ, 2544) มีปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าเท่ากับ 15.59% ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูงมาก (ปิยะ, 2553 อ้างถึงในพัชรี, 2553) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) มีค่าเท่ากับ 11.49 cmol/kg ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ก) นอกจากนี้พบว่า กากขี้แป้งมีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืช โดยเฉพาะฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และไนโตรเจนทั้งหมดสะสมอยู่ในปริมาณสูงกว่าดินที่ใช้ในการศึกษา โดยมีปริมาณสูงถึง 40.53 , 0.40 และ 46.56 g/kg ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเติมกากขี้แป้งลงในดินจะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินทรายในแง่ของปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืช

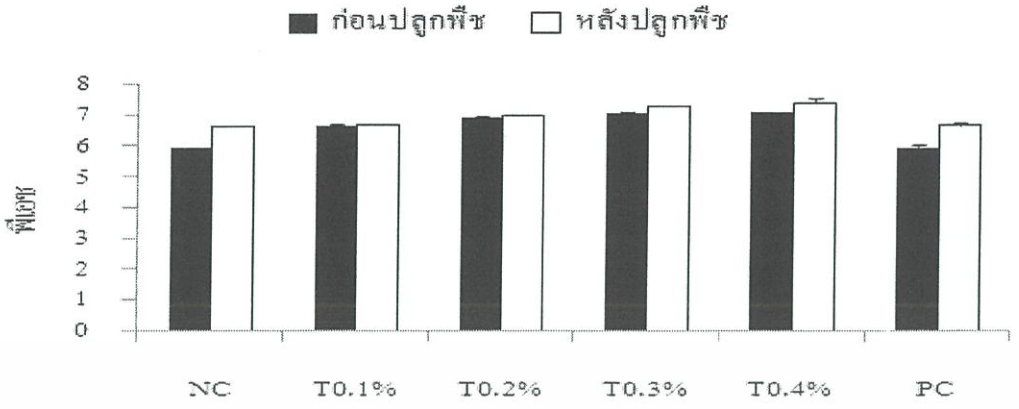
4.3 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินก่อนและหลังการปลูกพืชทดลอง

ดินตัวอย่างที่ผสมกับกากขี้แป้งในแต่ละอัตราส่วนได้แก่ 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3% และ0.4% โดยน้ำหนัก รวมทั้งดินตัวอย่างที่ผสมปุ๋ยเคมี ถูกนำมาวิเคราะห์สมบัติของดินทั้งก่อนและหลังการปลูกผักบุ้งจีน ผลการทดลองเป็นดังนี้

4.3.1 พีเอช (pH)

จากการวิเคราะห์หาค่าพีเอชของดินตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการปลูกพืชพบว่า ค่าพีเอชของดินก่อนปลูกผักบุ้งจีนที่มีการเติมกากขี้แป้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 6.66 เป็น 7.12 ตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้นจาก 0.1% เป็น 0.4% เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่เป็นดินตัวอย่างที่ไม่เติมกากขี้แป้ง (NC) ซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.94 (รูปที่ 4.1) นอกจากนี้พบว่า พีเอชของดินที่มีการเติมปุ๋ยเคมี (PC) มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 5.98 เช่นเดียวกับดินที่เติมกากขี้แป้ง ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของพีเอชในดินชุดทดลองและดินที่เติมปุ๋ยเคมีเทียบกับดินที่ไม่เติมสารใดๆ อาจเป็นผลเนื่องมาจากการที่กากขี้แป้งมีค่าพีเอชเป็นเบสเมื่อผสมกับดินจึงทำให้ดินมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นตามแนวโน้มการเติมกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่าพีเอชของดินที่มีการเติมกากขี้แป้งหรือเติมปุ๋ยเคมียังจัดว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเติบโตของพืช (ปิยะ, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 พีเอชของดินก่อนและหลังการปลูกพืช

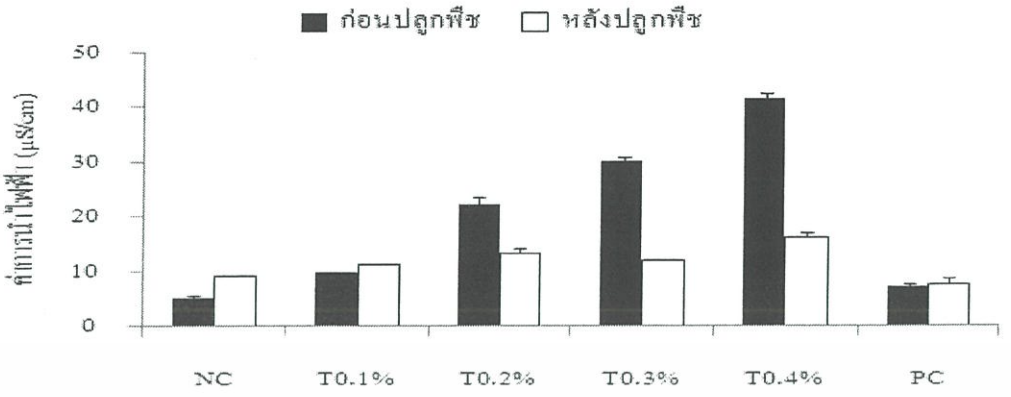
เมื่อ NC = ดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด TX% = ดินที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตราส่วน X% โดยน้ำหนัก PC = ดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี

เมื่อวิเคราะห์ค่าพีเอชของดินตัวอย่างภายหลังปลูกพืชพบว่า ดินทุกชุดการทดลองมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของศิราณี (2554) ที่พบว่า ชุดควบคุมที่เป็นดินตัวอย่างที่ไม่เติมสิ่งใด (NC) และดินที่ผสมกากขี้แป้งสัดส่วน 0.1% ถึง 0.3% (w/w) มีค่าพีเอชหลังปลูกข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากกากขี้แป้งได้มีการปลดปล่อยธาตุที่มีประจุบวกที่เป็นด่าง เช่น แคลเซียม หรือแมกนีเซียมลงสู่ดิน ส่งผลให้พีเอชของดินหลังปลูกพืชมีค่าสูงขึ้น

4.3.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

เมื่อพิจารณาค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนปลูกพบว่า ดินที่เติมกากขี้แป้งในสัดส่วนสูงขึ้นจาก 0% (NC) เป็น 0.4% มีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก 4.967 μS/cm เป็น 41.30 μS/cm (รูปที่ 4.2) แสดงถึงปริมาณเกลือและระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้นในสารละลายดินตามความเข้มข้นของกากขี้แป้ง ดังนั้นการนำกากขี้แป้งมาใช้ประโยชน์ในสัดส่วนที่สูงขึ้น ควรต้องระวังในเรื่องความเค็มต่อการเติบโตของพืช ในขณะที่ดินที่มีการเติมปุ๋ยเคมี (PC) มีค่าการนำไฟฟ้าใกล้เคียงกันกับดิน NC (รูปที่ 4.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนและหลังการปลูกพืช

เมื่อ NC = ดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด TX% = ดินที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตราส่วน X % โดยน้ำหนัก PC = ดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี

ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของดินหลังปลูกเมื่อเปรียบเทียบในชุดทดลองเดียวกันพบว่า ดินที่มีการเติมกากขี้แป้งในสัดส่วน 0.2%-0.4% มีค่าการนำไฟฟ้าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของศิราณี (2554) ค่าการนำไฟฟ้าที่ลดลงในดินหลังปลูกนี้อาจเกิดจากเกลือที่อยู่ในสารละลายดินถูกชะล้างไปกับการรดน้ำ ในกรณีของดินที่ไม่เติมกากขี้แป้ง (NC) และดินที่เติมปุ๋ยเคมี (PC) รวมไปถึงดินที่เติมกากขี้แป้ง 0.1 % (w/w) พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินหลังปลูกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

4.3.3 ลักษณะเนื้อดิน

จากการศึกษาลักษณะเนื้อดินของดินตัวอย่างหลังปลูกผักบุ้งจีนพบว่า อนุภาคของดินตัวอย่างในทุกชุดการทดลองประกอบด้วยอนุภาคทรายเป็นสัดส่วนหลักเกินกว่า 80% และมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน ดังแสดงในตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า การเติมกากขี้แป้งหรือปุ๋ยเคมีไม่มีส่วนช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินในแง่ของเนื้อดิน

ตารางที่ 4.3 ลักษณะเนื้อดินหลังการปลูกพืช

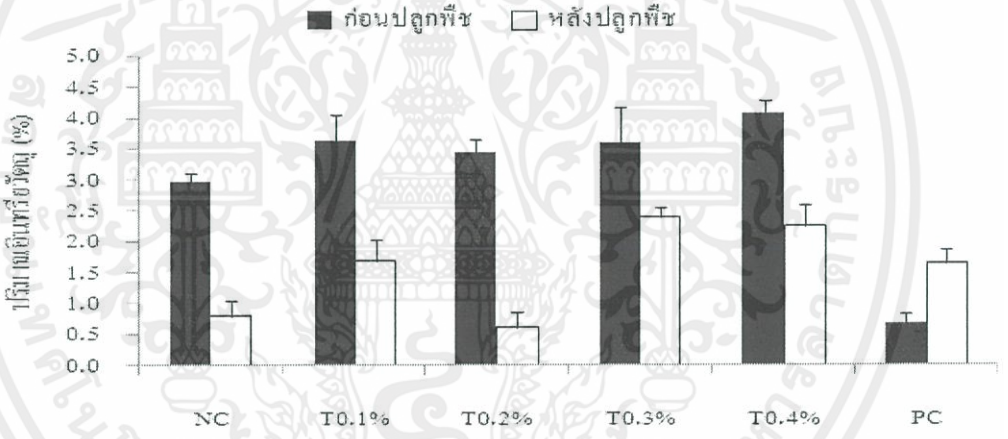
ชุดทดลอง	ลักษณะ	สัดส่วนอนุภาค (%)			ลักษณะเนื้อดิน
		ทราย (sand)	ทรายแป้ง (silt)	ดินเหนียว (clay)	
NC	ดินไม่เติมกากขี้แป้ง	88.58	1.92	10.10	ดินทรายปนร่วน
T0.1%	ดิน+กากขี้แป้ง 0.1%	87.19	3.75	9.06	ดินทรายปนร่วน
T0.2%	ดิน+กากขี้แป้ง 0.2%	86.99	3.82	9.18	ดินทรายปนร่วน
T0.3%	ดิน+กากขี้แป้ง 0.3%	88.28	3.08	8.64	ดินทรายปนร่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น การอ้างอิงถึงเอกสารนี้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

ชุดทดลอง	ลักษณะ	สัดส่วนอนุภาค (%)			ลักษณะเนื้อดิน
		ทราย (sand)	ทรายแป้ง (silt)	ดินเหนียว (clay)	
T0.4%	ดิน+กากขี้แป้ง 0.4%	89.96	3.18	6.93	ดินทรายปนร่วน
PC	ดิน+ปุ๋ยเคมี	86.79	2.83	10.37	ดินทรายปนร่วน

4.3.4 อินทรียวัตถุ (OM)

จากการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนการปลูกพืชพบว่า การเติมกากขี้แป้งมีส่วนช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินทรายปนร่วนที่ใช้ในการศึกษาดังจะเห็นได้จากปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่เติมกากขี้แป้ง 0.2% มีค่าสูงกว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ไม่เติมกากขี้แป้ง (NC) (รูปที่ 4.3) นอกจากนี้พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของกากขี้แป้งที่สูงขึ้นในดิน เมื่อพิจารณาดินที่มีการเติมปุ๋ยเคมี (PC) พบว่า มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำกว่าชุดควบคุม



รูปที่ 4.3 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนและหลังการปลูกพืช
เมื่อ NC = ดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด TX% = ดินที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตราส่วน X % โดยน้ำหนัก PC = ดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี

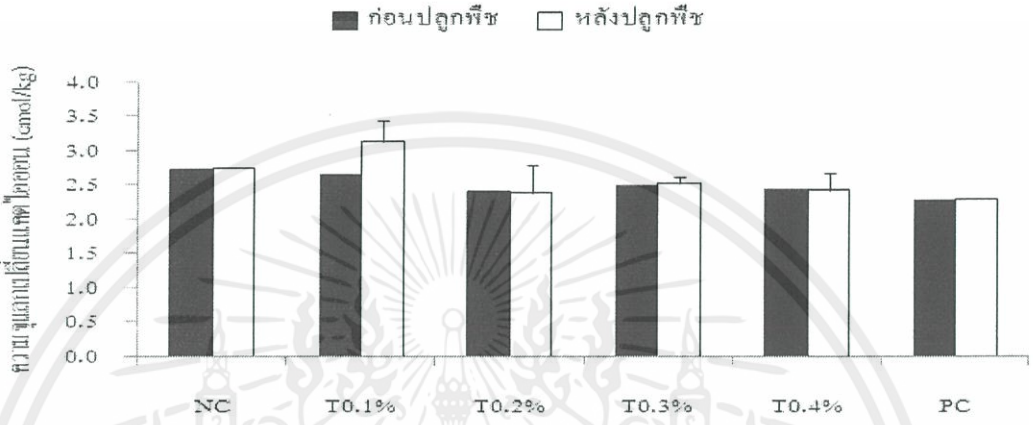
เมื่อเปรียบเทียบภายในชุดทดลองเดียวกันของดินก่อนปลูกพืชและดินหลังปลูกพืชพบว่าอินทรียวัตถุในดินหลังปลูกพืชมีปริมาณลดลง เนื่องจากพืชได้มีการนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ยกเว้นชุด PC ที่มีปริมาณอินทรียวัตถุของดินหลังปลูกพืชเพิ่มขึ้นจากดินก่อนปลูกพืช

4.3.5 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการปลูกพืช (CEC) ดังแสดงในรูปที่ 4.4พบว่า ค่า CEC มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าการเติมกากขี้แป้ง

หรือปุ๋ยเคมีไม่ส่งผลให้ดินเกิดความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนได้ดีขึ้น การแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินเกิดขึ้นได้เนื่องจากอนุภาคของสารคอลลอยด์ในดิน ซึ่งจะมีประจุลบอยู่เป็นจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่เป็นองค์ประกอบของดินนั้น (สมพร, ม.ป.ป.) ประกอบกับการเติมกากขี้แป้ง/ปุ๋ยเคมีไม่ส่งผลให้ลักษณะเนื้อดินเปลี่ยนไป ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ด้วยเหตุนี้ดินในทุกชุดการทดลองจึงมีค่า CEC ไม่แตกต่างกัน

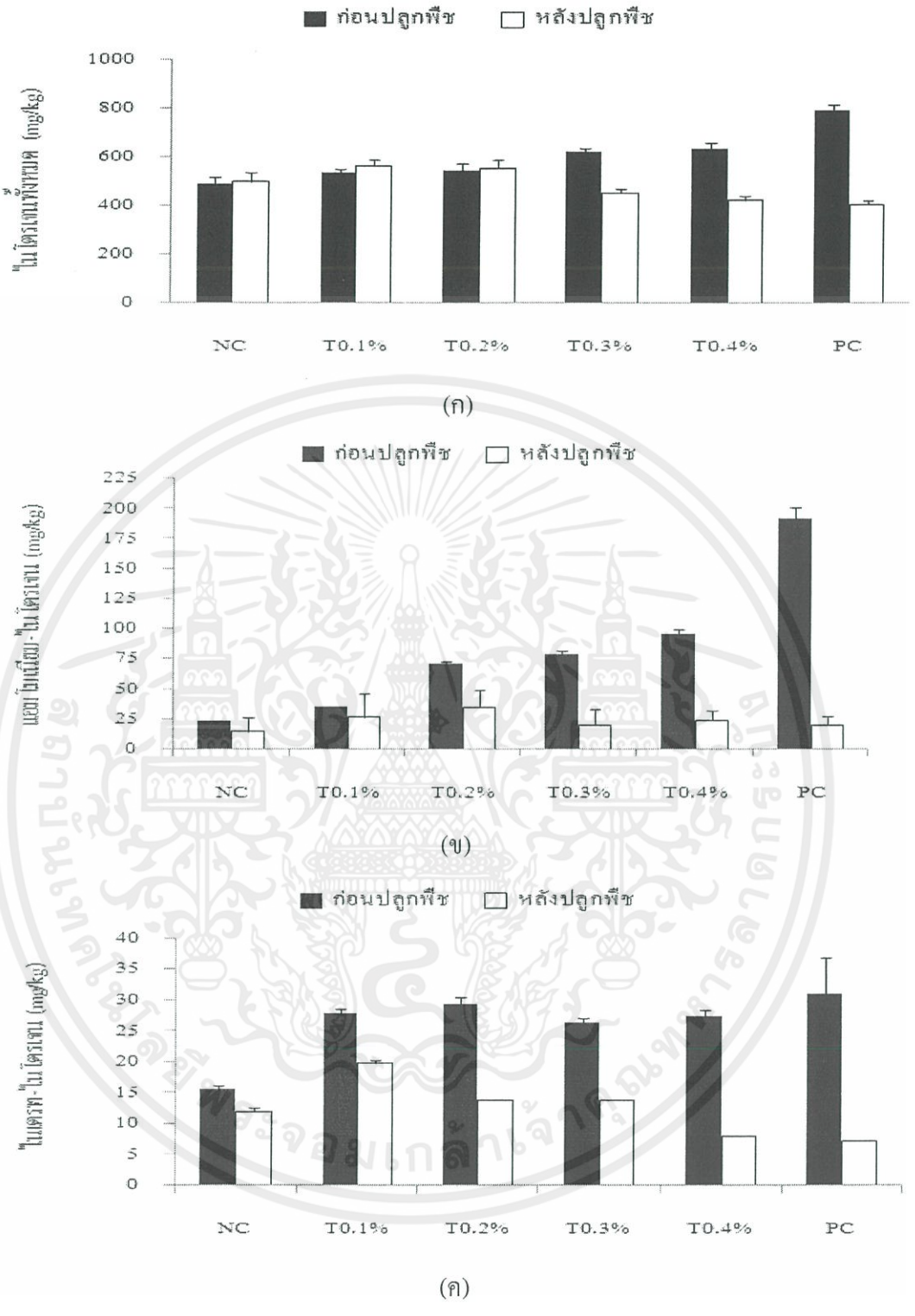


รูปที่ 4.4 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินก่อนและหลังการปลูกพืช เมื่อ NC = ดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด TX% = ดินที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตราส่วน X % โดยน้ำหนัก PC = ดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี

4.3.6 ไนโตรเจน

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินก่อนการปลูกพืชพบว่า การเติมกากขี้แป้งมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินตัวอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเติมในสัดส่วน 0.3% และ 0.4% (w/w) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่เติมกากขี้แป้ง (NC) ดังแสดงใน รูปที่ 4.5ก แสดงให้เห็นว่าการเติมกากขี้แป้งสามารถเพิ่มธาตุอาหารของพืชให้กับดินได้ อย่างไรก็ตามพบว่าการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในดินอาจมีไม่มากเท่ากับดินชุดควบคุมที่มีการเติมปุ๋ยเคมี (PC) ซึ่งอาจสัมพันธ์กับปริมาณปุ๋ยที่เติมในดินและเมื่อพิจารณาค่าไนโตรเจนในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ได้แก่แอมโมเนียม-ไนโตรเจน (รูปที่ 4.5ข) และไนเตรท-ไนโตรเจน (รูปที่ 4.5ค) พบว่า การเติมกากขี้แป้งในดินช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนทั้งสองรูปฟอร์ม โดยเฉพาะแอมโมเนียม-ไนโตรเจนเมื่อเทียบกับดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด (NC) นอกจากนี้พบว่า แอมโมเนียม-ไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของกากขี้แป้ง แต่มีค่าต่ำกว่าดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี (PC) (รูปที่ 4.5ข) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) เป็นแคตไอออนที่สามารถดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ไนโตรเจนในดินก่อนและหลังการปลูกพืช

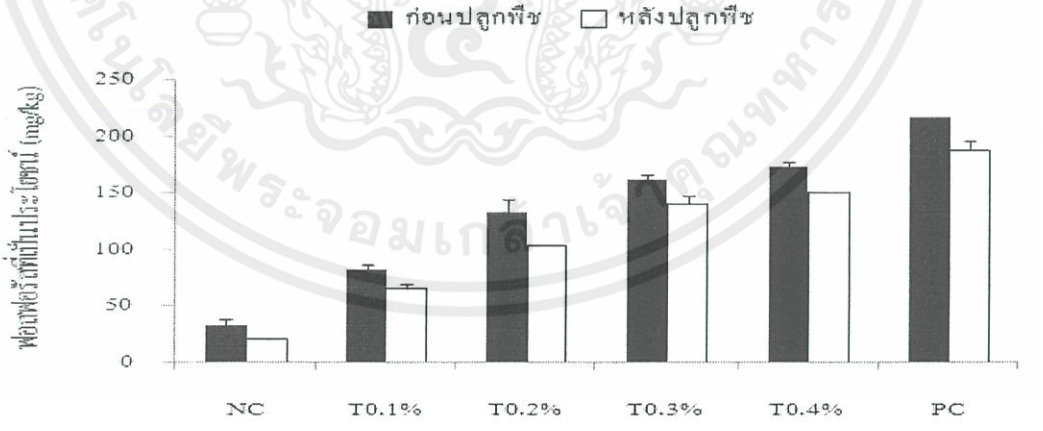
เมื่อ NC = ดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด TX% = ดินที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตราส่วน X % โดยน้ำหนัก PC = ดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ที่ผิวของสารคอลลอยด์ดิน ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนกับแคตไอออนอื่นๆในดิน ส่งผลให้ดินมีการสะสมแอมโมเนียม-ไนโตรเจนมากขึ้นเมื่อมีการเติมกากขี้แป้งในปริมาณสูงขึ้น ในกรณีของไนเตรท-ไนโตรเจนพบว่า การเติมกากขี้แป้งมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในดินเมื่อเทียบกับดินชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสิ่งใด (NC) แต่ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของกากขี้แป้ง (รูปที่ 4.5ค) อีกทั้งค่าที่เพิ่มขึ้นมีปริมาณใกล้เคียงกับกับดินชุดควบคุมที่มีการเติมปุ๋ยเคมี เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนในดินหลังปลูกพืชพบว่า ดินหลังปลูกพืชที่มีการเติมกากขี้แป้งในสัดส่วน 0.3% และ 0.4% (w/w) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนเหมือนกับในชุดทดลองที่มีการเติมปุ๋ยเคมี (PC) (รูปที่ 4.5ก) เช่นเดียวกับ ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน และปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในดินหลังปลูกพืชที่มีการเติมกากขี้แป้งมีค่าลดลงอย่างชัดเจนในทุกอัตราส่วน เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด (NC) แสดงถึงการที่พืชสามารถนำไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี

4.3.7 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนปลูกพืชพบว่า ดินที่เติมกากขี้แป้งมีการสะสมฟอสฟอรัสในดินมากกว่าดินชุดควบคุมซึ่งไม่เติมสิ่งใด (NC) แต่มีค่าต่ำกว่าดินชุดควบคุมที่มีการเติมปุ๋ยเคมี (PC) (รูปที่ 4.6) โดยการสะสมฟอสฟอรัสจะมากขึ้นเมื่อมีการเติมกากขี้แป้งในดินตัวอย่างเพิ่มขึ้นจาก 0.1% เป็น 0.4% (w/w) เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกพืช จะเห็นได้ว่าดินหลังปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลงในทุกชุดการทดลอง แสดงว่าพืชมีการนำฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไปใช้ในการเจริญเติบโต

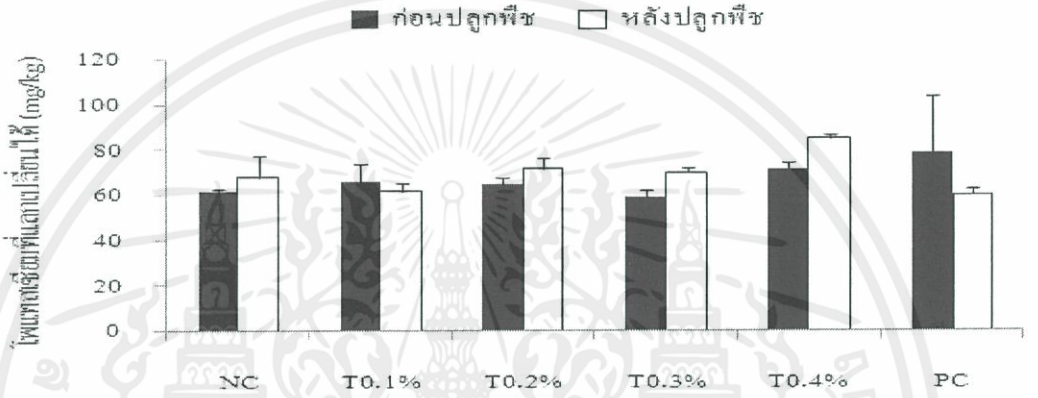


รูปที่ 4.6 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนและหลังการปลูกพืช
เมื่อ NC = ดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด TX% = ดินที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตราส่วน X % โดยน้ำหนัก PC = ดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.8 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium)

จากการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้พบว่า ดินก่อนปลูกพืชในทุกชุดทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.7) แสดงให้เห็นว่าการเติมกากขี้แป้งไม่เพิ่มการสะสมโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน นอกจากนี้พบว่า ในดินหลังปลูกพืชส่วนใหญ่มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นจากดินก่อนปลูก อาจเป็นเพราะปริมาณโพแทสเซียมในดินที่ถูกตรึงไว้ถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งพืชนำไปใช้ไม่หมด จึงทำให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ยังคงเหลืออยู่ในดิน



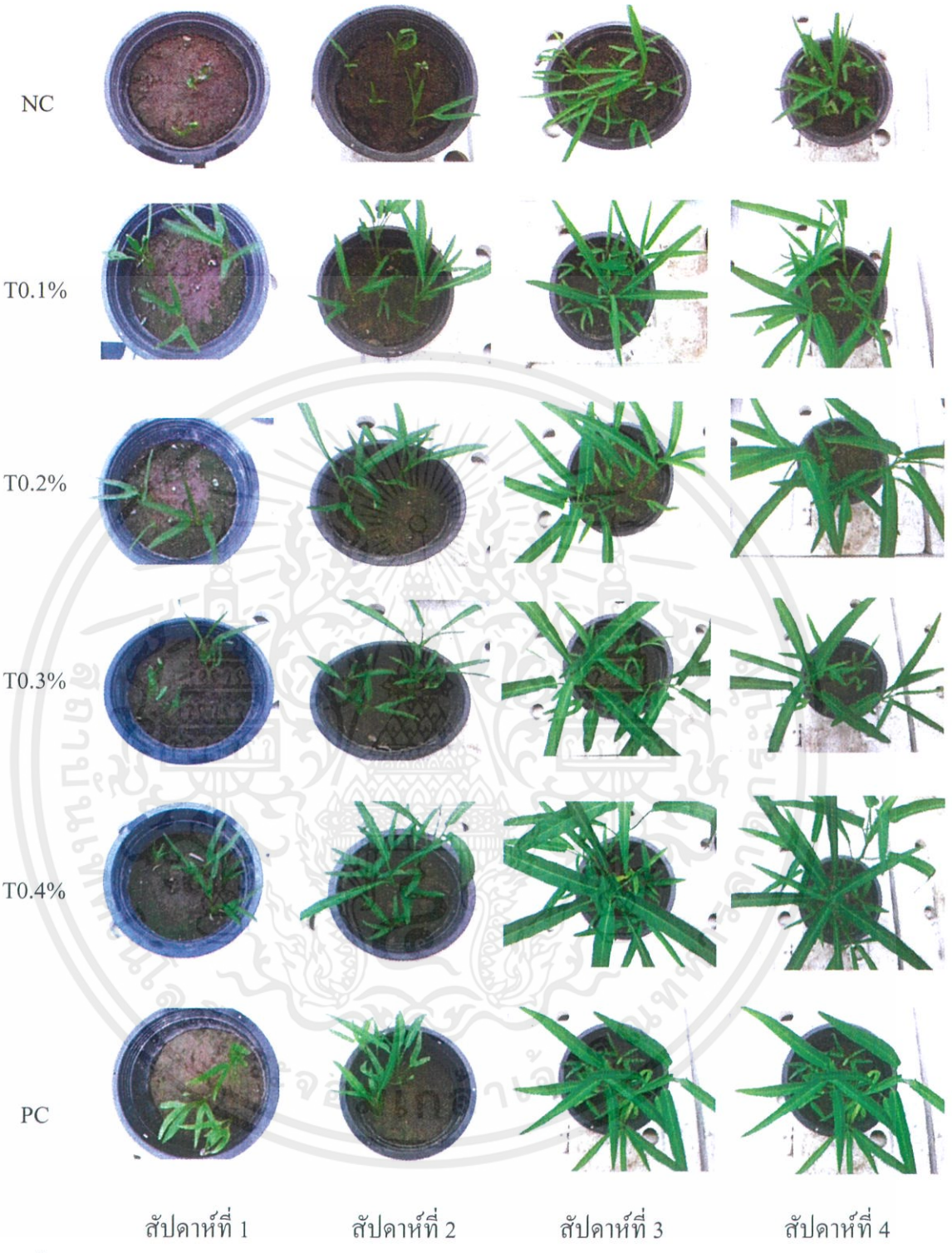
รูปที่ 4.7 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินก่อนและหลังการปลูกพืช
เมื่อ NC = ดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด TX% = ดินที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตราส่วน X % โดยน้ำหนัก PC = ดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี

4.4 ผลของอัตราส่วนกากขี้แป้งต่อการเจริญเติบโตของพืช

4.4.1 ความสูงและน้ำหนักของพืช

จากการศึกษาผลของกากขี้แป้งต่อการเติบโตของผักบุ้งจีนเทียบกับดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด (NC) และดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี (PC) พร้อมทั้งติดตามการเติบโตด้วยการวัดความสูงของต้นผักบุ้งจีนทุก 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์พบว่า การเติมกากขี้แป้งช่วยให้ผักบุ้งจีนมีการเติบโตดีขึ้น (รูปที่ 4.8) ดังจะเห็นได้จากผักบุ้งมีขนาดลำต้นสูง และจำนวนใบหนาแน่นคล้ายคลึงกับดินชุด PC ที่เติมปุ๋ยเคมี ในขณะที่ผักบุ้งจีนในชุดทดลอง NC ซึ่งเป็นชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด มีขนาดลำต้นเล็กและเตี้ย จำนวนใบน้อย

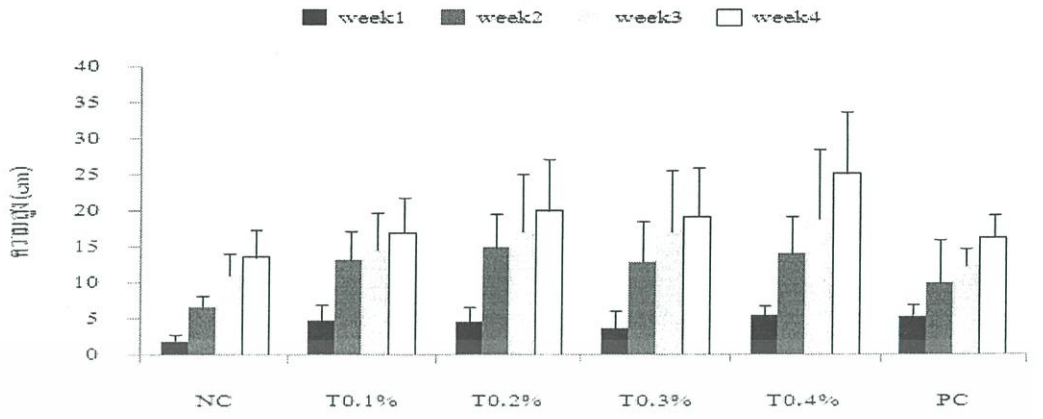
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ลักษณะการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนในชุดทดลองต่างๆ

เมื่อเปรียบเทียบความสูงของต้นผักบุ้งจีนในชุดทดลองที่มีการเติมกากขี้แป้งอัตราส่วนต่างๆ (TX%) เทียบกับดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด (NC) และดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี (PC) ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.8

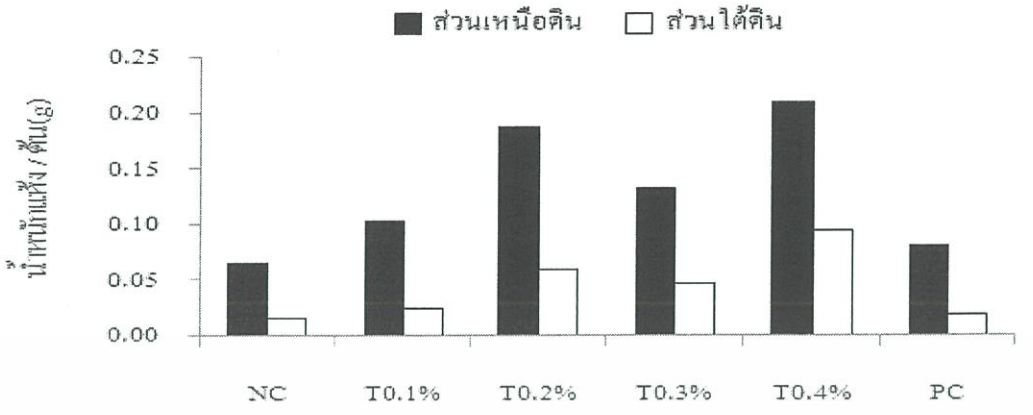
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ความสูงของต้นผักบุ้งตลอด 4 สัปดาห์ในชุดทดลองต่างๆ
เมื่อ NC = ดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด TX% = ดินที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตราส่วน X % โดยน้ำหนัก PC = ดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี

จากรูปที่ 4.9 พบว่า ความสูงของต้นผักบุ้งจีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกชุดทดลองตามระยะเวลาการเพาะปลูกที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบความสูงของผักบุ้งจีนในดินที่เติมกากขี้แป้งพบว่าผักบุ้งจีนที่ปลูกในดินที่เติมกากขี้แป้งมีความสูงโดยเฉลี่ยมากกว่าผักบุ้งจีนในดินชุดควบคุม โดยมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อปลูกนาน 4 สัปดาห์ในดินที่เติมกากขี้แป้ง 0.4% (w/w) ผลจากการชั่งน้ำหนักของลำต้นส่วนเหนือดินและน้ำหนักของรากผักบุ้งที่ปลูกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ดังแสดงในรูปที่ 4.10 พบว่า น้ำหนักแห้งของลำต้นส่วนเหนือดินในดินที่เติมกากขี้แป้งโดยส่วนใหญ่มีค่ามากกว่าในดินชุดควบคุมทั้งที่ไม่เติมสิ่งใด (NC) และที่เติมปุ๋ยเคมี (PC) นอกจากนี้พบว่า น้ำหนักแห้งของส่วนลำต้นเหนือดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนกากขี้แป้งที่ผสมในดิน ยกเว้นในดินที่เติมกากขี้แป้ง 0.3% (w/w)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 น้ำหนักแห้งของลำต้นส่วนเนื้อดินและน้ำหนักแห้งของรากผักบุ้งจีนที่ปลูกนานเป็นเวลา 4 สัปดาห์ในดินชุดทดลองต่างๆ

เมื่อ NC = ดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด TX% = ดินที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตราส่วน X % โดยน้ำหนัก PC = ดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี

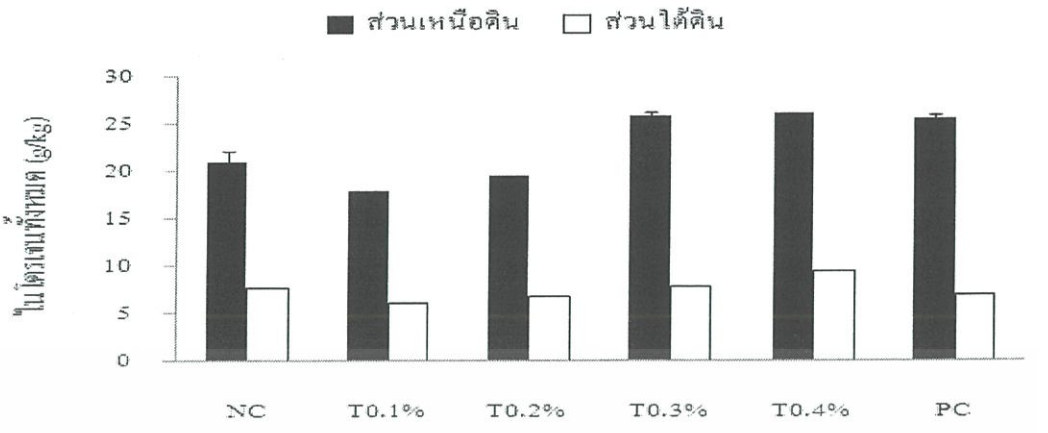
4.4.2 ปริมาณธาตุอาหารในผักบุ้ง

ผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดทดลองต่างๆ นาน 4 สัปดาห์ถูกนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในพืช ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียมทั้งหมด ผลการศึกษาสามารถอธิบายได้ดังนี้

4.4.2.1 ไนโตรเจนทั้งหมดในผักบุ้ง

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดพบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในส่วนของลำต้นเหนือดินมีค่าสูงกว่าในส่วนของรากในทุกชุดการทดลอง (รูปที่ 4.11) ทั้งนี้เพราะไนโตรเจนเป็นสารประกอบในคลอโรฟิลล์ ซึ่งจำเป็นสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช คลอโรฟิลล์เป็นสารที่สามารถดูดซับพลังงานแสงผ่านชุดปฏิกิริยาเคมีที่จะเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นวัตถุอาหาร (สัมฤทธิ์, 2538) ไนโตรเจนจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของส่วนยอดมากกว่าส่วนราก (มุกดา, 2544) นอกจากนี้พบว่า ผักบุ้งจีนที่ปลูกในดินที่เติมกากขี้แป้งมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของกากขี้แป้งในดิน โดยในดินที่เติมกากขี้แป้ง 0.3% และ 0.4%w/w มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใดและมีปริมาณไนโตรเจนใกล้เคียงกับส่วนของลำต้นเหนือดินที่ปลูกในดินที่เติมปุ๋ยเคมีแสดงว่า กากขี้แป้งมีประสิทธิภาพในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

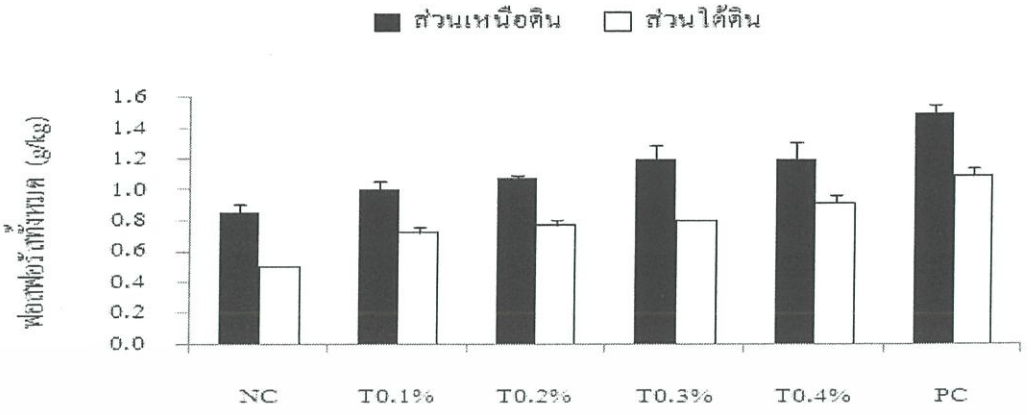


รูปที่ 4.11 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในผักบุ้งจีนที่ปลูกนาน 4 สัปดาห์ในชุดทดลองต่างๆ เมื่อ NC = ดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด TX% = ดินที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตราส่วน X % โดยน้ำหนัก PC = ดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี

4.4.2.2 ฟอสฟอรัสทั้งหมดในผักบุ้ง

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในส่วนของลำต้นเหนือดินมีค่าสูงกว่าในส่วนของรากในทุกชุดการทดลอง (รูปที่ 4.12) ทั้งนี้เพราะฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของสารที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการสังเคราะห์แสง (ยงยุทธ, 2544) นอกจากนี้พบว่า ผักบุ้งจีนที่ปลูกในดินที่เติมกากขี้แป้งมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของกากขี้แป้งในดิน โดยดินที่เติมกากขี้แป้งในทุกอัตราส่วนที่ทดสอบมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงกว่าดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด (NC) แต่มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนของลำต้นเหนือดินที่ปลูกในดินที่เติมปุ๋ยเคมี (PC) แสดงว่าในกากขี้แป้งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยกว่าปุ๋ยเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

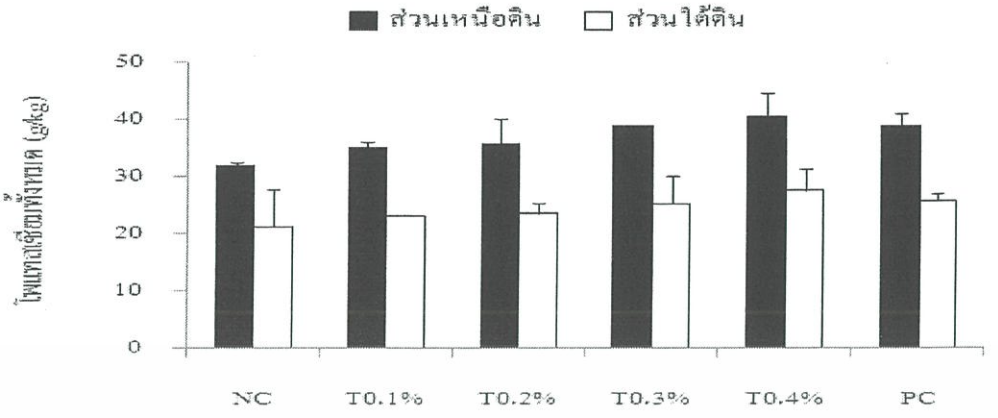


รูปที่ 4.12 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในผักบุ้งจีนที่ปลูกนาน 4 สัปดาห์ในชุดทดลองต่างๆ เมื่อ NC = ดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด TX% = ดินที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตราส่วน X % โดยน้ำหนัก PC = ดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี

4.4.2.3 โพแทสเซียมทั้งหมดในผักบุ้ง

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดพบว่า ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในส่วนของลำต้นเหนือดินมีค่าสูงกว่าในส่วนของรากในทุกชุดการทดลอง (รูปที่ 4.13) ทั้งนี้เพราะโพแทสเซียมมีส่วนร่วมส่งเสริมให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงมากขึ้น (มุกดา, 2544) นอกจากนี้พบว่า ผักบุ้งจีนที่ปลูกในดินที่เติมกากขี้แป้งมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของกากขี้แป้งในดิน โดยดินที่เติมกากขี้แป้งในทุกอัตราส่วนที่ทดสอบมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดสูงกว่าดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด (NC)และมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดใกล้เคียงกับส่วนของลำต้นเหนือดินที่ปลูกในดินที่เติมปุ๋ยเคมีแสดงว่า กากขี้แป้งมีประสิทธิภาพในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในผักบุ้งจีนที่ปลูกนาน 4 สัปดาห์ในชุดทดลองต่างๆ เมื่อ NC = ดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด TX% = ดินที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตราส่วน X % โดยน้ำหนัก PC = ดินชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงงานพิเศษนี้ทำการศึกษาการใช้กากขี้แป้งเป็นวัสดุทดแทนปุ๋ยเพื่อปรับปรุงให้ดินที่ใช้ในการศึกษามีศักยภาพในการเพาะปลูกพืชเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งศึกษาผลของอัตราส่วนผสมระหว่างกากขี้แป้งที่ใส่ลงในดินต่อการเติบโตของพืช ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ดินที่ใช้ในการศึกษาจัดเป็นดินทรายปนร่วน (loamy sand) มีลักษณะเนื้อดินหยาบ ปริมาณอินทรียวัตถุ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก รวมไปถึงธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในระดับต่ำ ซึ่งเป็นสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

2. กากขี้แป้งที่ใช้จัดว่ามีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ช่วยปรับปรุงดินและส่งเสริมการเติบโตของพืชในดิน มีพีเอชเป็นเบสอยู่ในช่วงระหว่าง 8.4-8.5 ไม่มีปัญหาเรื่องความเค็มมีอินทรียวัตถุสูงมากถึง 15.59% มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 46.56 g/kg ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าเท่ากับ 40.53 g/kg และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเท่ากับ 0.40 g/kg

3. การศึกษาสมบัติของดินก่อนและหลังการปลูกพืชทดลอง พบว่าการเติมกากขี้แป้งไม่ทำให้ลักษณะของเนื้อดินเปลี่ยนแปลง แต่ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ และธาตุอาหาร

4. การศึกษาการเติบโตของพืชทดลองในดินที่ผสมกากขี้แป้งในสัดส่วนตั้งแต่ 0.1%-0.4% (w/w) พิจารณาจากผลผลิตพืชที่ได้ในแง่ความสูงและน้ำหนักเทียบกับการปลูกพืชในดินชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด (negative control, NC) และดินที่เติมปุ๋ยเคมี (positive control, PC) พบว่าการเติมกากขี้แป้งช่วยให้พืชทดลองมีการเติบโตในดินได้ดีขึ้น โดยการผสมกากขี้แป้งในอัตราส่วน 0.4% (w/w) ทำให้ผักบุ้งจีนที่ปลูกนาน 4 สัปดาห์มีความสูงมากที่สุดคือ 25.16 เซนติเมตร ให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 0.2090 กรัม/ต้น น้ำหนักแห้งส่วนใต้ดินเท่ากับ 0.0945 กรัม/ต้นในขณะที่ผักบุ้งที่ปลูกในชุดควบคุมที่ไม่เติมสิ่งใด และชุดควบคุมที่เติมปุ๋ยเคมี มีความสูงเท่ากับ 13.60, 15.97 เซนติเมตร และให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเท่ากับ 0.0642,0.0806 กรัม/ต้น น้ำหนักแห้งส่วนใต้ดิน เท่ากับ 0.0159, 0.0185 กรัม/ต้น อีกทั้งพืชที่ปลูกในดินผสมกากขี้แป้ง 0.4% (w/w) มีปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมไว้ โดยเฉพาะไนโตรเจนและโพแทสเซียมไม่แตกต่างจากการปลูกในดินผสมปุ๋ยเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. อาจมีการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักเพิ่ม เช่น Zn เนื่องจากในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีการเติม ZnO เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในน้ำยาง

2. ควรมีการแปรผันอัตราส่วนของกากขี้แป้งที่ผสมกับดินให้มีความแตกต่างกันมากกว่านี้ เพื่อให้เห็นความแตกต่างของการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างชัดเจน

3. ในการผสมกากขี้แป้งกับดิน ควรคำนึงถึงคุณสมบัติด้านต่างๆ ของดิน เช่น พีเอช ค่าการนำไฟฟ้า เพราะ ถ้าใส่กากขี้แป้งมากเกินไปจะทำให้ดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2548. **แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมน้ำยางข้น**. กรุงเทพมหานคร.

กรมพัฒนาที่ดิน, สำนักงานวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547ก. **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 1**. กรุงเทพฯ : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน.

กรมพัฒนาที่ดิน, สำนักงานวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547ข. **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 2**. กรุงเทพฯ : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน.

เกศรินทร์ พิทักษ์ตุ้ม, นิสิต อูนากูลเจริญกิจ และศราวุฒิ ศีลทรงธรรม. 2554. **การใช้ประโยชน์ของสารฟอกสีที่ใช้แล้วจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันพืชในรูปวัสดุปรับปรุงดิน**. โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2554.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่9. กรุงเทพฯ :มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 189.

จำเป็น อ่อนทอง. 2550. **ดินมีปัญหาและการจัดการ**. คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนาและภัสรา ชวประดิษฐ์. 2539. **ผักบุ้งจีน**. [Online]. Available: http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb_gar/veget4.pdf เข้าถึงเมื่อวันที่ 12มิถุนายน2555.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2546. **เอกสารสอนชุดวิชา ดิน น้ำ และปุ๋ย หน่วยที่1-7**. พิมพ์ครั้งที่10. นนทบุรี: สำนักพิมพ์สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. หน้า 277-279.

นเรศวร์ ตรียงค์. ม.ป.ป. **แนวทางการนำกากขี้แป้งจากการผลิตน้ำยางข้นมาใช้ประโยชน์**.[Online]. Available : http://www.diw.go.th/hawk/job/เอกสารเผยแพร่.pdf เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2555

ดุสิต จิตตนูนท์. 2546. **เอกสารสอนชุดวิชา ดิน น้ำ และปุ๋ย หน่วยที่1-7**. พิมพ์ครั้งที่10. นนทบุรี: สำนักพิมพ์สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. หน้า 77.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2553. **สารปรับปรุงดิน**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 25-30.

พัชรี ธีรจินดาขจร. 2553. **การแปรผลค่าวิเคราะห์ดินเพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์**. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 9, 51-60.

มยุรี แจ้งประจักษ์. 2543. **การใช้อินทรีย์วัตถุในการปรับปรุงดินปลูกคื่นช่าย**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2543. หน้า 3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. **เอกสารประกอบการอบรมทางวิชาการ หลักสูตร "การจัดการดิน น้ำและปุ๋ยเพื่อการทำสวนเชิงธุรกิจ".** โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยี การจัดการดิน น้ำและปุ๋ย โดยการสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. หน้า 60-64.

รัตติกาล ว่องวิกย์การ. 2551. **คุณภาพของผักกาดหัวที่ปลูกในดินเหนียว ดินร่วน และดินทรายที่ได้รับการปรับสภาพต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2551. หน้า 8-11.

วลัยพร ผ่อนผัน. 2547. **การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในรูปสารบำรุงดิน**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2547.

ศิราณี วงศ์กระจ่าง. 2554. **ผลของการใช้กากขี้แป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น เพื่อใช้เป็นใช้เป็นวัสดุปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของชุดดินบ้านทอน**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2554.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538. **แร่ธาตุอาหารพืชสวน**. ขอนแก่น : โรงพิมพ์ศิราภัณฑ์ ออฟเซ็ท. หน้า 26

สิทธิชัย เจริญเศรษฐศิลป์. 2542. **การวางแผนการทดลอง**. ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 28-29.

สุรีรัตน์ แซ่ลิ้ม. 2546. **การวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ในผักบุ้งจีนที่รดด้วยสารต่างชนิดโดยวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี**. งานวิจัย ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมวิชาเคมี สถาบันราชภัฏนครปฐม พ.ศ. 2546. หน้า 6-7.

สมพร คนยงค์. ม.ป.ป. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. [Online]. Available : http://courseware.rmutl.ac.th/courses/53/unit000.htm เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2555.

สมพล ไวปัญญา, พิสุทธิ์ สุขเกษม และเกียรติสุรักษ์ โภคสวัสดิ์. **สถานะธาตุอาหารพืชที่มีต่อผลผลิตและความเข้มข้นของหญ้าซันกาดในชุดดินบ้านทอน**. [Online]. Available : http://www.dld.go.th/nutrition/exhibision/RESEARCH/research_full/2542/R4205.เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2555.

อรรณพ พุทธโส. 2546. **อิทธิพลของวัสดุดินเหนียว วัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยหมักต่อการปรับปรุงดินทรายที่เสื่อมโทรม**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2546. หน้า 1.

Allen, S.E. (ed.) 1974. **Chemical Analysis of Ecological Materials**. John Wiley and Sons, New York. หน้า1-4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jones, Jr. J.B. 1991. **Kjeldahl Method for Nitrogen Determination**. Micro-Macro Publishing, Athen Georgia. 79pp. หน้า4-6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมีและวิธีการวิเคราะห์

ก-1 วิธีวิเคราะห์ความชื้นในดิน

วิธีการทดลอง

1. นำกระจกนาฬิกามาชั่งน้ำหนัก (Wa)
2. ร่อนดิน/กากขี้แป้งผ่านตะแกรงร่อน ขนาด 10 mesh (2 mm.)
3. ชั่งน้ำหนักดิน/กากขี้แป้งที่ต้องการหาความชื้น (Gravimetric water content, w) โดยใส่ตัวอย่างดิน/กากขี้แป้งลงในกระจกนาฬิกาจำนวน 10 g น้ำหนักที่ชั่งได้คือ น้ำหนักดิน/กากขี้แป้ง+น้ำหนักน้ำ+น้ำหนักกระจกนาฬิกา เท่ากับ ($Wsw + Wa$)
4. นำตัวอย่างดิน/กากขี้แป้งไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. ทิ้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์
6. ชั่งน้ำหนักดิน+น้ำหนักกระจกนาฬิกา ($Ws + Wa$)

การคำนวณ

$$\text{ความชื้นของดินโดยน้ำหนัก } (\theta_m, \text{g/g}) = \frac{(Wsw + Wa) - (Ws + Wa)}{(Ws + Wa) - Wa}$$

ก-2 วิธีวิเคราะห์ค่าพีเอชของดิน (Soil pH) ดิน:น้ำ = 1:5

อุปกรณ์

เครื่องวัด pH

สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4 และ pH 7

วิธีการทดลอง

1. ทำการสอบเทียบ (standardize) เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter) โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4 และ pH 7
2. ร่อนดิน/กากขี้แป้งผ่านตะแกรงร่อน ขนาด 10 mesh (2 mm.)
3. ชั่งตัวอย่างดิน/กากขี้แป้ง 5 g ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 mL
4. เติมน้ำกลั่นลงไป 25 mL ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันหลายๆครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที
5. นำสารละลายดิน/กากขี้แป้งในข้อ 4 ไปวัด pH ด้วยเครื่องวัด pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-3 วิธีวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดิน อัตราส่วน ดิน:น้ำ = 1:5

อุปกรณ์ และเครื่องมือ

เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)

สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

1. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 0.01M

สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 0.7456 g ที่อบแห้งในน้ำกลั่น แล้วทำให้มีปริมาตร 1000 mL ใช้ปรับ Conductivity meter

2. น้ำกลั่น

วิธีการ

1. ชั่งดิน 10 g ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 mL

2. เติมน้ำกลั่น 50 mL เขย่าให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที ทิ้งค้างคืน รุ่งขึ้น กรอง

3. ก่อนนำสารละลายดินไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดการนำไฟฟ้า ต้องปรับเครื่องด้วยสารละลายมาตรฐาน KCl 0.01 M และ 0.1 M โดยสารละลายมาตรฐาน KCl 0.01 M เครื่องจะอ่านได้ประมาณ 1413 μScm^{-1} ที่อุณหภูมิ 25 °C หรือสารมาตรฐาน KCl 0.1 M เครื่องจะอ่านได้ประมาณ 129 $dScm^{-1}$ ที่อุณหภูมิ 25 °C

4.นำสารละลายดิน 1:5 ที่กรองได้ไปวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) ด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)

ก-4 วิธีวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดิน ด้วยวิธี Hydrometer method

อุปกรณ์

Hydrometer

สารเคมีและวิธีเตรียมสารเคมี

1. Hydrogen peroxide (H_2O_2) 30%

2. สารละลายคัลกอน (calgon) 5% ที่เตรียมโดยชั่งโซเดียมเฮกซะเมตะฟอสเฟต (Sodium hexametaphosphate) 35.7 g นำไปละลายในน้ำกลั่น 500 mL เติมโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate) 7.94 g คนให้เข้ากัน ปรับปริมาตรสารละลายให้เป็น 1,000 mLด้วยน้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

1. อบตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm. ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชม. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา

2. ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ที่ใช้ทดลองและบันทึกไว้ จากนั้นชั่งตัวอย่างดินในข้อที่ 1. ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 mL (ที่ทราบน้ำหนักแล้ว) 2 ใบๆ ละ100 g เติมน้ำกลั่น 100 mL ในบีกเกอร์ใบที่ 1 คนให้ดินและน้ำเข้ากันดี เติมสารละลาย 30% H_2O_2 ลงไปช้าๆ ครั้งละ 5-10 mL ดินจะมีปฏิกิริยา

(เกิดฟองแก๊ส) เติมจนดินสีจางลงและไม่แสดงปฏิกิริยาอีก ยกขึ้นตั้งบน Hot plate ไม่น้อยกว่า 1ชม. เพื่อไล่ H_2O_2 ที่เหลืออยู่จนหมด (ทำในตู้ดูดควัน) จากนั้นนำตัวอย่างใน Beaker ที่ 1 ไปอบที่อุณหภูมิ 105°C จนแห้ง นำไปชั่งหาน้ำหนักของดินที่ไล่อินทรียวัตถุออกหมดแล้ว (เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ)

3. นำบีกเกอร์ใบที่ 2 ไปเติมสารละลาย calgon ปริมาตร 100 mL จากนั้นเติมน้ำกลั่น 100 mL ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาทีเป็นอย่างต่ำ เพื่อให้ของเหลวแทรกซึมเข้าไปในดินได้ทั่วถึง ใช้แท่งแก้วกวนประมาณ 5 นาที แล้วถ่ายลงในกระบอกตวงขนาด 1,000 mL ล้างดินที่ติดในบีกเกอร์และถ่ายลงในกระบอกตวงด้วยน้ำกลั่น จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 1,000 mL ด้วยน้ำกลั่น

4. เติมสารละลาย calgon 100 mL ลงกระบอกตวงขนาด 1,000 mL จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 1,000 mL ด้วยน้ำกลั่น กวนสารลายในกระบอกตวงให้เข้ากันด้วยแท่งกวนแบบขึ้น-ลง จากนั้นหย่อน Hydrometer พร้อมกับเริ่มจับเวลา บันทึกค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer ที่เวลา 40 วินาที พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิของสารละลายด้วยเทอร์โมมิเตอร์

5. กวนสารแขวนลอยดินในข้อ 3 ด้วยแท่งกวนแบบขึ้น-ลง ประมาณ 20-25 ครั้ง จากนั้นหย่อน Hydrometer พร้อมกับเริ่มจับเวลา บันทึกค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer ที่เวลา 40 วินาที และวัดอุณหภูมิของสารแขวนลอยดิน บันทึกไว้

6. เมื่อครบเวลา 2ชั่วโมง อ่านค่าของสารแขวนลอยดิน และสารละลาย calgon (blank) ด้วย Hydrometer พร้อมทั้งบันทึกอุณหภูมิของสารละลายทั้งสอง

7. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคดินตามวิธีการด้านล่าง และนำไปเข้า Diagram สามเหลี่ยมเพื่อหาประเภทของเนื้อดิน

8. วิธีการคำนวณเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคดิน

8.1 การหาค่าอนุภาคของดิน (R's) ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer ของสารแขวนลอยดินเป็นค่าของอนุภาคดินที่แขวนลอยอยู่ และมีสารละลาย calgon รวมอยู่ด้วย จึงจำเป็นที่จะต้องหักค่าของสารละลาย calgon ออกเสียก่อน เพื่อที่จะได้ค่าของอนุภาคดินเท่านั้น ถ้าอุณหภูมิของสารละลาย calgon และอุณหภูมิของสารแขวนลอยดินต่างกันจะต้องปรับให้เท่ากันเสียก่อน

การคำนวณ

โดยใช้สูตร Rc =A-0.5(T-B)

เมื่อ Rc = ค่าที่ควรอ่านได้จาก Hydrometer ของสารละลาย calgon เท่ากับ T°C (g/L)

A = ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer ของสารละลาย calgon

T = อุณหภูมิของสารแขวนลอยดิน (วัดเป็น°C)

B = อุณหภูมิของสารละลาย calgon (วัดเป็น°C)

นำค่า Rc ไปหักออกจากค่าที่อ่านได้ในสารแขวนลอยดินจะได้ค่า R's ซึ่งเป็นค่าอนุภาคของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 การหาค่าอนุภาคดินที่อุณหภูมิ 20 °C (Rs)

ค่าอนุภาคดินจะเป็นค่าที่ถูกต้องเมื่ออุณหภูมิของสารแขวนลอยดินเท่ากับอุณหภูมิที่ระบุไว้ที่ก้านของ Hydrometer คือ 68 °F หรือ 20 °C

ดังนั้นจะต้องปรับค่า R's โดยใช้สูตร

Rs = R's + 0.36(T-L)

Rs = จำนวนกรัมที่ถูกต้องของอนุภาคดิน/L

R's= จำนวนกรัมของอนุภาคดิน/ลิตรที่วัดโดยตรงจาก Hydrometer

L = อุณหภูมิบนก้าน Hydrometer

8.3 การคำนวณสัดส่วนของอนุภาคชนิดต่างๆในดิน

$$\% \text{ (Silt + Clay)} = \frac{\text{Rs ที่ 40 วินาที x100}}{\text{น้ำหนักดิน}}$$

$$\% \text{ Clay} = \frac{\text{Rs ที่ 2ชม.x100}}{\text{น้ำหนักดิน}}$$

% Sand = 100-% (Silt + Clay)

% Sit = % (Silt + Clay) - % Clay

ก-5 วิธีวิเคราะห์อินทรียวัตถุในดิน (Organic Matter; OM)

วิธีวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอ้างอิงตามวิธีการของ Walkley และ Black (1947)

สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

1. สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium dichromate) 1 N เตรียมโดยชั่งโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ที่อบแห้งจำนวน 49.0 g ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1L ด้วยน้ำกลั่น

2. สารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous Ammonium Sulphate) 0.5 N เตรียมโดยละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) จำนวน 400 g ในน้ำกลั่นพอสมควร เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไป 50 mL ทำให้มีปริมาตร 2L ด้วยน้ำกลั่น

3. สารละลาย Barium Diphenylamine Sufonate Indicator 0.16% เตรียมโดยละลาย Barium Diphenylamine Sufonate 0.08 g ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 50 mL ด้วยน้ำกลั่น

4. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4)

วิธีการทดลอง

1. ร่อนดิน/กากขี้แป้งผ่านตะแกรงร่อน ขนาด 10 mesh (2 mm.)

2. ชั่งตัวอย่างดิน/กากขี้แป้ง 0.1 g ใส่ในขวดชมพู่ขนาด 250 mL

3. ปิเปตสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตเข้มข้น1 N ปริมาตร 10 mL ลงในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุดิน/กากขี้แป้ง แกว่ง flask เบาๆ เพื่อให้ดินและสารละลายผสมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 15 mL แกว่ง flask เบาๆ เป็นเวลา 1-2นาที และตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30นาที

5. เติมน้ำกลั่น 50 mL ทิ้งไว้ให้เย็น

6. หยด BDS indicator 5 หยด

7. ไทเทรตด้วยสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 N เพื่อหาปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมตที่เหลือจากปฏิกิริยาจนกระทั่งสีของสารละลายดิน/กากขี้แป้งเปลี่ยนจากสีม่วงปนน้ำเงินเป็นสีเขียวใสที่จุดยุติ

8. บันทึกปริมาณเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้

9. ทำ blank เช่นเดียวกันกับวิธีวิเคราะห์ดิน/กากขี้แป้ง

10. คำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และอินทรียวัตถุ

การคำนวณ

$$\% \text{ Organic carbon} = \frac{(B-T)N}{B} \times \frac{100}{77} \times 3 \times \frac{100}{10^3} \times \frac{10}{W}$$

$$\% \text{ Organic matter} = \% \text{ Organic carbon} \times 1.724$$

เมื่อ

N = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมต (นอร์มอล)

B = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียซัลเฟตที่ไทเทรตกับ blank (mL)

T = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ไทเทรตกับตัวอย่างดิน/กากขี้แป้ง (mL)

W = น้ำหนักดิน (g)

ก-6 วิธีวิเคราะห์ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation Exchange Capacity; CEC)

การวิเคราะห์ CEC จะใช้วิธีการแอมโมเนียมอะซิเตท 1N pH 7.0 โดย Buchner funnel filtration อ้างอิงวิธีการตาม Chapman (1965)

สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

1. สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท (NH_4OAc) 1N pH7 เตรียมได้โดยตวงกรดอะซิติกเข้มข้น (glacial acetic acid) 99.5% 114 mL ใส่ลงในน้ำกลั่นปริมาตรประมาณ 1L เติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น(conc.NH_4OH) ลงไป 136 mL เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรประมาณ 1,980 mL วัด pH ของสารละลาย แล้วปรับ pH ให้ได้ pH 7 ด้วยกรดอะซิติกหรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 2L

2. สารละลายแอมโมเนียมออกซาเลท ($(NH4)_2C_2O_4.H_2O$) 10% เตรียมได้โดย ละลายแอมโมเนียมออกซาเลท 10.004 g ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 100 mL

3. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) 50% เตรียมได้โดยตวงแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 mL เติมน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 100 mL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1N เตรียมได้โดยละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 53.5020 g ในน้ำกลั่น ปรับ pH ให้ได้ pH 7 ด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ทำให้มีปริมาตร 1L ด้วยน้ำกลั่น

5. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 0.25N เตรียมได้โดยละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 13.3755 g ในน้ำกลั่น ปรับ pH ให้ได้ pH 7 ด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ทำให้มีปริมาตร 1L ด้วยน้ำกลั่น

6. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) 0.1 N เตรียมได้โดยละลายซิลเวอร์ไนเตรท 1.6991 g ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

7. เอธิลแอลกอฮอล์ 95%

8. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Acidified, NaCl 10%) เตรียมได้โดยละลายโซเดียมคลอไรด์ 100.02 g ในน้ำกลั่น เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 mL เพื่อทำให้สารละลายเป็นกรด แล้วทำให้มีปริมาตร 1L ด้วยน้ำกลั่น

9. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 40% เตรียมได้โดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 400 g ในน้ำกลั่นทำให้มีปริมาตร 1L ด้วยน้ำกลั่น

10. สารละลายกรดบอริก (H_3BO_3) 3% เตรียมได้โดยละลายกรดบอริก (H_3BO_3) 30g ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1L ด้วยน้ำกลั่น

11. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.1N เตรียมได้โดยตวงกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 9 mL ลงในน้ำกลั่นทำให้มีปริมาตร 1L เทียบมาตรฐาน (Standardize) ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้หาความเข้มข้นที่แน่นอนแล้ว จากการไทเทรตกับโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (Potassium hydrogen phthalate; KHP) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) เป็นอินดิเคเตอร์ (indicator) คำนวณความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

12. อินดิเคเตอร์ผสม (mixed indicator) เตรียมได้โดยละลายโบโมกรีนซอลกรีน 0.2201g และเมธิลเรด 0.0756g ในเอธิลแอลกอฮอล์ 95% 96mL เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1N ลงไป 3.5mL

วิธีการ

1. ร่อนดิน/กากขี้แป้งผ่านตะแกรงร่อน ขนาด 10 mesh (2 mm.)

2. ชั่งตัวอย่างดิน/กากขี้แป้ง 10 g ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125mL เติมสารละลาย แอมโมเนียมอะซิเตท 1N ลงไป ประมาณ 60 mL ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ค้างคืน

3. กรองด้วยระบบสุญญากาศ

4. ชะล้างตัวอย่างดิน/กากขี้แป้งด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 1N จนกระทั่งไม่มีแคลเซียม เหลืออยู่ (ทดสอบได้โดยนำสารละลายส่วนใสที่ล้างดินแล้วมา 10 mL ใส่ในหลอดทดลองหยดแอมโมเนียมคลอไรด์1N 2-3หยด แอมโมเนียมออกซาเลท 10%และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 50% ต้มให้เดือด ถ้ามีแคลเซียมเหลืออยู่จะเกิดตะกอนหรือสารละลายจะขุ่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ชะตัวอย่างดิน/กากขี้แป้งต่อ ด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 1N 4ครั้ง ครั้งละ 30 mL และล้างด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.25 N จำนวน 30 mL จากนั้นล้างด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 95% ประมาณ 150-200 mL จนไม่มีคลอไรด์เหลืออยู่ (ทดสอบโดยนำสารละลายส่วนใสที่ล้างดินแล้วมาใส่ในหลอดทดลอง แล้วหยดสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 N ถ้ามีคลอไรด์เหลืออยู่จะเกิดตะกอนสีขาวขุ่น)

6. สำหรับสารละลายดิน/กากขี้แป้งที่ได้จากข้อ (5) ทิ้งไป และล้างตัวอย่างดิน/กากขี้แป้งต่อด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (acidified NaCl) 10% เพื่อให้ Na^+ ไล่ที่หรือแทนที่ NH_4^+ ในดินจนได้สารละลายดิน/กากขี้แป้งประมาณ 225 mL

7. เทสารละลายดิน/กากขี้แป้งที่กรองได้ใส่ลงในขวดกลั่น (kjeldahl flask)

8. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40% ลงไป 25 mL เพื่อให้สารละลายเป็นด่าง แอมโมเนียที่กลั่นได้จะถูกจับไว้ด้วยสารละลายกรดบอริก 3% จำนวน 50 mL ที่หยดอินดิเคเตอร์ผสม 5 หยด จะได้สารละลายสีชมพูปนม่วง

9. ทำการกลั่นสารละลายดิน/กากขี้แป้ง สารละลายจะเปลี่ยนจากสีชมพูปนม่วงเป็นสีเขียว แล้วนำสารละลายที่ได้จากการกลั่นมาไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน 0.1N จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพูปนม่วงที่จุดยุติ

10. ทำ blank กลั่นและไทเทรตเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน/กากขี้แป้ง

การคำนวณ CEC

$$CEC = \frac{(A-B)Nx100}{W}$$ มิลลิกรัมสมมูลต่อดิน 100 กรัม หรือ $cmolkg^{-1}$

เมื่อ

A = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้ ไทเทรตกับตัวอย่างดิน (mL)

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้ ไทเทรตกับ blank (mL)

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (นอร์มอล)

W = น้ำหนักของตัวอย่างดิน(g)

ก-7 วิธีวิเคราะห์ Total N โดยวิธี Kjeldahl

สารเคมี

1. Catalyst mixture:บด potassium sulfate (K_2SO_4) 200 g cupric sulfate pentahydrate ($CuSO_4.5H_2O$) 20 g และ Se powder 2 g ให้ละเอียดก่อนผสม หลังจากผสมกันแล้วบดส่วนประกอบทั้งหมดใน mortar ให้ละเอียด อย่าให้จับกันเป็นก้อน

2. กรด H_2SO_4เข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Sodium hydroxide (NaOH) 10 N : ละลาย NaOH 400 g ในน้ำกลั่น 400 mL คนให้ละลายทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1L (ควรเตรียมใน hood และวาง beaker ในอ่างน้ำเย็น เพราะสารละลายที่ได้จะร้อนมาก) เก็บสารละลายที่ได้ในขวดพลาสติกจุกเกลียว

4. Mixed indicator : ละลาย bromocresol green 0.099 g และ methyl red 0.066 g ใน ethanol 100 mL

5. Boric acid – indicator solution : ชั่ง boric acid (H_3BO_3) 20 g ใส่ลงใน beaker ขนาด 1 L เติมน้ำกลั่น 700 mL ตั้งไฟให้ร้อน คนจน H_3BO_3 ละลาย ทิ้งไว้ให้เย็น ถ่ายใส่ volumetric flask ขนาด 1 L เติม mixed indicator 20 mL และethanol 200 mL ปรับปริมาตรให้เป็นประมาณ 975 mL เติม 0.1 N NaOH ทีละน้อย จนได้สารละลายสีม่วงแดง (pH ประมาณ 5.0) แล้วปรับปริมาตรเป็น 1L ด้วยน้ำกลั่น

6. Standard H_2SO_4 หรือ HCl 0.01 N

วิธีการ

1.การ digest

1.1 ชั่งดินตัวอย่างที่บดผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh (0.15 mm.) จำนวน 0.5 – 1 g (หรือดินที่มีไนโตรเจนเท่ากับ 1 mg) ใน micro-Kjeldahl digestion flask

1.2 เติม catalyst mixture 1.1 g

1.3 เติม H_2SO_4 เข้มข้น 3 mL เขย่า flask เบาๆให้ดินผสมกับกรด

1.4 ตั้ง flask บนเตาสำหรับ digest ในระยะแรกให้ใช้ไฟอ่อน ประมาณ 150 °C เมื่อสีดำเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพิ่มไฟให้ร้อนขึ้น digest จนได้สารละลายใส และ digest ต่อไปอีกประมาณ 1 ชม. (ความร้อนที่เหมาะสมคือควันสีขาวของกรด H_2SO_4 จะขึ้นไปประมาณ 1/3 ของความสูงคอ flask) ในระหว่างการ digest ควรจะเขย่า flask เป็นระยะๆ เพื่อให้กรดละลายดินที่อาจติดอยู่ข้าง flask ลงมา

1.5 ยก flask ลงตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นประมาณ 20 mL อย่างช้าๆพร้อมทั้งแกว่ง flask ไปรอบๆเพื่อให้ของเหลวผสมกันดี ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจึงนำไปกลั่น

1.6 digest blank ในลักษณะเดียวกับตัวอย่าง

2.การกลั่น

2.1 เตรียมชุดกลั่นโดยการต้มน้ำ และเปิดน้ำให้ผ่าน condenser ให้พร้อม

2.2 ดูด boric acid 5 mL ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 50 mL นำ flask ไปตั้งใต้ condenser ให้ปลายของ condenser จุ่มใน H_3BO_3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เทสารละลายที่ได้จากการ digest ใส่ลงใน distillation flask , rinse flask อีก 3 ครั้ง แต่ละครั้งใช้น้ำประมาณ 3 mL ล้าง funnel ด้วยน้ำกลั่นอีกเล็กน้อย เติมสารละลาย NaOH 10 N จำนวน 20 mL แล้ว rinse funnel และ distillation flask ทันที

2.4 ต่อไอน้ำจากหม้อต้มเข้าเครื่องโดยการปิดข้อต่อต่างๆให้หมดทุกจุด กลั่นจนได้สารละลายทั้งหมดประมาณ 35 mL rinse ปลาย condenser ด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับ HCl หรือ H_2SO_4 0.01 N จนได้สารละลายที่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู

2.5 กลั่น blank แล้วนำไปไทเทรตเช่นเดียวกับตัวอย่าง

การคำนวณ

สมมติ ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกมาตรฐาน = X นอร์มอล

ปริมาตรกรดซัลฟิวริกมาตรฐานที่ใช้กับ blank = B mL

จำนวนปริมาตรกรดซัลฟิวริกมาตรฐานที่ใช้ = Y-B mL

ดิน A g มีปริมาตรไนโตรเจน = X (Y-B) มิลลิกรัมสมมูล

ดิน 100 g มีปริมาตรไนโตรเจน $= \frac{X(Y-B)x\ 100\ x\ 0.014}{A}$ g

$= \frac{1.4\ X\ (Y-B)}{A}$ %

$= \frac{1.4\ X\ (Y-B)}{A} \times 10^4$ mg/kg

ก-8 วิเคราะห์ไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช Ammonium-N และ Nitrate-Nโดยวิธี steam Distillation (Bremner, 1965)

สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

1. โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) เข้มข้น 2 N เตรียมได้โดยละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 149.00 g ในน้ำกลั่นแล้วปรับให้มีปริมาตร เป็น1L

2. แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เข้มข้น 12 เปอร์เซ็นต์ เตรียมได้โดยละลายแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 12.00 g ในน้ำกลั่นปรับให้มีปริมาตร ขนาด100 mL เขย่าให้เข้ากัน

3. เดวาดาแอลลอย (Devarda alloy) สารเดวาดา แอลลอย (Devarda alloy) ชนิดละเอียด ซึ่งสามารถร่อนผ่านตะแกรงลวด ขนาด 300 mech ได้อย่างน้อย 75%

4. อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator) ชั่งสารละลาย 0.330 g bromocresol green และ 0.165 g methyl red ใน ethanol จำนวน 500 mL

5. บอริกแอซิด อินดิเคเตอร์ (Boric acid indicator solution) เตรียมได้โดยละลายกรดบอริก (H_3BO_3)จำนวน 40 g ในน้ำร้อน 700 mL เมื่อสารละลายเย็น จึงถ่ายลงใน volumetric flask ขนาด 1L ซึ่งบรรจุ 200 mL ของethanol และ 20 mL ของmixed indicator หลังจากนั้นเขย่าให้สารละลายในขวดรูปชมพู่ให้เข้ากัน ค่อยๆเติม 0.05N NaOH ลงไปจนกระทั่งพบว่า เมื่อนำสารละลายนี้ 1mL สารละลายจะเปลี่ยนจากสีชมพูปนม่วงเป็นสีเขียว ปรับปริมาตรของสารละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้1L เขย่าสารละลายในขวดชมพู่ในเข้ากัน

6. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน 0.05N HCl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. ชั่งดิน 10 g ใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 mL

2. เติม 2 N KCl 50 mL แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า 1ชั่วโมง กรอง

3. ปิเปตสารละลายที่สกัดได้ 20 mL ใส่ลงใน distillation tube

4. เติม 12% MgO 5 mL

5. ทำการกลั่นโดยเก็บ NH_3ที่กลั่นได้ในขวดรูปชมพู่ ที่มีสารละลาย boric acid ผสม indicator บรรจุอยู่จำนวน 5 mL กลั่นจนได้สารละลาย ในขวดรูปชมพู่มีปริมาตร 30 mL จึงหยุดกลั่น เก็บสารละลายที่กลั่นได้นี้ไว้หาปริมาณ NH_4^+-N

6. เติมเดวาดา แอลลอย (Devarda alloy) 0.2 g ลงในdistillation tube

7. ทำการกลั่นต่อไปโดยเก็บ NH_3 ที่กลั่นได้ในขวดรูปชมพู่ ที่มีสารละลาย boric acid ผสม indicator 5 mL บรรจุอยู่ กลั่นจนได้สารละลายมีปริมาตรประมาณ 30 mL

8. ไทเทรต สารละลายที่กลั่นได้ทั้งสองครั้งด้วย 0.05 N HCl สารละลายที่กลั่นได้ในครั้งแรก คือ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4^+-N) ส่วนครั้งหลังซึ่งเติมเดวาดา แอลลอย (Devarda alloy) คือ ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3^--N)

9. ทำblank โดยใช้ 2 N KCl ดำเนินการเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน

การคำนวณ

$$NH_4^+\text{-N หรือ } NO_3\text{-N} = \frac{N(A-B)x\ D\ x\ 0.014\ x\ 10^6}{C\ x\ E}\ mg\ kg^{-1}$$

เมื่อ

ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน	N นอร์มอล
ปริมาณของสารสารละลายที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ HCl	A mL
ปริมาณของ blank ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ HCl	B mL
ปริมาณของสารละลายที่ดูดจากสารละลายที่สกัดได้	C mL
ปริมาณของสารละลายที่สกัดได้	D mL
น้ำหนักของตัวอย่างดิน	E g

ก-9 วิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช(Available Phosphorus; avail.P)

วิธีสารละลายสกัด BrayII (BrayและKurt, 1945)

อุปกรณ์ และเครื่องมือ

เครื่อง Spectrophotometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

1. สารละลายสกัด BrayII (0.03 N NH_4F, 0.1 N HCl) เตรียมได้โดยละลายแอมโมเนียฟลูออไรด์ (ammonium fluoride, NH_4F) 11.10 g ในน้ำกลั่น 8 L เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) ลงไป 86 mL แล้วปรับให้มีปริมาตร 10 L ปรับpH ให้อยู่ระหว่าง 1.5-1.6

2. Stock solution (Reagent A : Sulfuric-molybdate-tartrate solution เตรียมได้โดยละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต(ammonium molybdate,$((NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O)$)50g ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2 L เติมน้ำกลั่น 200 mL คนให้ละลาย ละลายแอนติโมนีโพแทสเซียมตาร์เตรท(antimony potassium tartrate, $KSbO.C_4H_4O_6$) 1.213 g ในน้ำกลั่น 50 mL (ถ้าไม่ละลายนำไปอุ่นต้องไม่เกิน 60°C) เมื่อละลายเข้ากันดีแล้ว เทใส่ในบีกเกอร์ที่ใส่แอมโมเนียมโมลิบเดต คนให้เข้ากันอีกครั้ง ค่อยๆเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น(conc.H_2SO_4) 700 mL ทิ้งไว้ให้เย็น เทลงในขวด Volumetric flask ขนาด 1L แล้วทำให้มีปริมาตร 1L ด้วยน้ำกลั่น เทเก็บไว้ในขวด polyethylene หรือขวด pyrex สีน้ำตาลและเก็บไว้ในที่มืดและเย็น สารละลายทิ้งไว้ได้นาน 6 เดือน

3. สารละลาย develop สี (Working solution, Reagent B) เตรียมได้โดยละลายascorbic acid 1.76g ในน้ำกลั่นประมาณ 1,600 mL เติมสารละลาย ข้อ 2 ลงไป 40 mL ทำให้มีปริมาตรเป็น2 L ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 2ชั่วโมง จึงนำมาใช้ สารละลายนี้เก็บได้ไม่เกิน 24ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง

4. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 50 mgL^{-1} เตรียมได้โดยละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (potassium dihydrogen phosphate, KH_2PO_4 ที่อบให้แห้งที่ 40°C นาน 2 ชั่วโมง) 0.2195 g ในน้ำกลั่น ปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟิวริก 1-2 หยด แล้วทำให้มีปริมาตร 1 L

5. นำสารละลายมาตรฐาน ข้อ4 มาทำ standard set ให้มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ15 $mg\ L^{-1}$ ด้วยสารละลายสกัด

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างดิน 1.0 g ใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด50 mL

2. เติมสารละลายสกัด BrayII 10 mL เขย่า 1นาที กรองด้วยกระดาษกรอง No.5ขนาด 11.0 cm

3. ปิเปตสารละลายที่สกัดได้ในข้อที่2อัตราส่วน 1ส่วนต่อ Working solution 16 ส่วน ลงในหลอดแก้ว ทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมง นำไปอ่านค่าความเข้มข้น(concentration)ด้วยเครื่องSpectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882nm

4. ทำblank และชุดของสารละลายมาตรฐาน (standard set) เช่นเดียวกับข้อ 3

การคำนวณ

$$\text{ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช(P)} = \frac{B \times df\ (sample) \times R}{A \times df\ (standard)}\ mg\ kg^{-1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

B = สารละลายสกัด (mL)

R = ค่าที่อ่านได้ เมื่อวัดค่าเทียบกับ standard set

df = อัตราส่วนการเจือจาง (dilution factor)

ดังนั้น ถ้าไม่มีการเจือจาง

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช(P) = $\frac{B \times R}{A}$ mg kg^{-1}

ก-10 วิธีวิเคราะห์หา Exchangeable Potassium

เครื่องมือและอุปกรณ์

Atomic absorption spectrophotometer

วิธีการเตรียมสารเคมี

1. 1 **N** NH_4OAc pH 7

ชั่ง NH_4OAc 77 g ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 L หรืออาจเตรียมโดยใช้ conc. CH_3COOH 57 g ใส่ในน้ำกลั่นประมาณ 600 mL เติม Conc. NH_4OH 69 mL (ทำในตู้ดูดควัน) เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 900-950 mL ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจึงปรับให้เป็น pH 7.0 โดยใช้ CH_3COOH และ NH_4OH แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 L ด้วยน้ำกลั่น

2. Stock standard solution (Std. 1000 ppm K)

ชั่ง KCl (A.R. grade อบที่อุณหภูมิ 105-110 °C นาน 2 ชั่วโมง และเก็บไว้ใน desiccators ให้เย็นก่อน) หนัก 1.9006 g ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 50 mL ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วเทผ่านกรวยกรองลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 mL ใช้ขวดฉีดน้ำกลั่นฉีดล้างสารที่ติดค้างในบีกเกอร์ ผ่านกรวยกรองลงขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตร

3. Intermidiate standard solution (100 ppm)

ปิเปตสารละลาย stock 1000 ppm ของ K (ใช้ Volumetric pipet) ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

4. Working standard solution

K : 0, 1, 1.5, 2 และ 3 ppm ปิเปตสารละลาย Intermidiate standard solution (100 ppm) (ใช้ Volumetric pipet) ตามความเข้มข้นที่กำหนดใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชั่งดิน (ที่ผึ่งให้แห้งในที่ร่มและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm) 2.5 g ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 50,125 mL

2. ปิเปตน้ำยาสกัด 1 **N** NH_4OAc pH 7 ปริมาตร 25 mL ใส่ตัวอย่างดิน

3. ปิดจุกยาง เขย่าด้วยเครื่อง 30 นาทีแล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 เก็บสารละลายไว้ในขวดพลาสติก

4. นำสารละลายที่กรองได้ไปตรวจวัดความเข้มของ K โดยเปรียบเทียบกับ Working standard solution ด้วย Atomic absorption spectrophotometer

การคำนวณ

$$\text{Exch. K} = \frac{ppm\ from\ curve \times \{Final\ volume\ (ml)\} \times Extractant\ (ml)}{\{aliq.(ml) \times wt.of\ soil\ (g)\}}$$

ก-11 การเผาตัวอย่างพืชด้วย (Muffle furnace)

เครื่องมือและอุปกรณ์

เตาย่อย

สารเคมี

กรดไฮโดรคลอริก 1 N (HCl)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งพืชที่อบและบดละเอียดแล้ว 0.25 g (ผ่านการอบที่ประมาณ105° C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง) ใส่ลงในครูซิเบิล

2. นำไปเผาด้วยเตาเผาความร้อนสูง (Muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 550° C นาน 5-6 ชั่วโมง

3. เติมกรดไฮโดรคลอริก 1N จำนวน 10 mL ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วเติมน้ำกลั่น จำนวน 10 mL ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืนใน Hood

4. กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้เทลงในขวดยาพลาสติก 4° C เพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารต่อไป

ก-12 วิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด(Total N)

การย่อยสลายพืชโดยวิธี Wet oxidation

การย่อยสลายโดยวิธี conventional Kjeldahl

สารเคมีสำหรับ digest

1. กรด H_2SO_4เข้มข้น

2. Salt mixture : ผสม K_2SO_4 หรือ Na_2SO_4 250 g กับ $CuSO_4.5H_2O$ 50 g และ metallic selenium 5 g (อัตราส่วน 50:10:1) บดให้ละเอียดด้วย mortar และ pastel ให้เข้ากันดี เก็บใส่ขวดไว้

วิธีย่อยสลาย

1. ชั่งตัวอย่างพืชจำนวน 200-400 mg ใส่ใน Kjeldahl flask ขนาด 100 mL

2. เติม salt mixture ปริมาณใกล้เคียงกับน้ำหนักพืชที่ใช้

3. เติมกรด H_2SO_4เข้มข้น 4 mL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำไปย่อยสลายบนเตาด้วยความร้อนต่ำ ๆ หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งถึง 350 °c เมื่อได้สารละลายใส digest ต่อไปอีก 1 ชั่วโมง แล้วยกลงตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

การกลั่นเพื่อวิเคราะห์ไนโตรเจน

สารเคมีสำหรับกลั่น

1. Mixed indicator : ละลาย 0.099 g bromocresol green และ 0.066 g methyl red ใน ethanol 90 % จำนวน 100 mL

2. Boric acid – indicator solution : ละลาย H_3BO_3 จำนวน 40 g ในน้ำร้อนจำนวน 700 mL เมื่อสารละลายเย็น ถ่ายลง volumetric flask ขนาด 1 L เติม mixed indicator จำนวน 20 mL หลังจากผสมสารละลายให้เข้ากันดีแล้วปรับปริมาตรเป็นประมาณ 950 mL แล้วค่อยๆเติม 0.1 N NaOH ลงไปทีละน้อย จนได้สารละลายสีม่วงแดง (pH ประมาณ 5.0 หรือทดสอบโดยนำสารละลายนี้ 1 mL มาผสมกับน้ำกลั่น 1 mL สารละลายจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเขียว) แล้วปรับปริมาตรสารละลายเป็น 1 L ด้วยน้ำกลั่น

3. Sodium hydroxide 40% : ละลาย NaOH 400 g ในน้ำกลั่น 600 mL (ควรทำใน fume hood และแช่ beaker ในน้ำเย็น เพราะ สารละลายที่ได้จะร้อน) เมื่อสารละลายเย็น เก็บไว้ในขวดพลาสติกฝาเกลียว

วิธีกลั่น

1. สารละลายที่ได้จากการ digest อาจ dilute เป็น 50 mL แล้วนำมากลั่นหรือนำสารละลายที่ได้มากลั่นโดยตรงก็ได้

2. ในกรณีที่การกลั่นสารละลายโดยตรง : เมื่อได้สารละลายใสแล้วเติมน้ำประมาณ 5 mL เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายเย็น เทใส่ใน distillation flask ล้าง digestion flask 2-3 ครั้ง โดยพยายามใช้น้ำกลั่นในปริมาณน้อยที่สุด เทน้ำที่ล้างใส่ใน distillation flask แล้วเติม NaOH 40 % 10 mL

3. เตรียมสารละลาย boric indicator acid 4% จำนวน 10 mL ใน Erlenmeyer flask วาง flask นี้สำหรับรองรับ NH_4OH ที่กลั่นได้ใต้ condenser ให้ปลาย condenser จุ่มลงในสารละลาย กลั่นจนได้สารละลายทั้งหมดประมาณ 40 mL rinse ปลาย condenser ด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายที่ได้ไป titrate ด้วยกรด H_2SO_4 หรือ HCl 0.1 N

4. ในกรณีที่ปรับปริมาตรของสารละลายที่ digest ก่อนกลั่น ปิเปตต์สารละลายใส่ใน distillation flask 10 mL และเติม NaOH 5 mL แทน และอาจใช้ boric acid indicator 5 mL ก็ได้ แล้ว titrate สารละลายด้วย H_2SO_4 หรือ HCl 0.02 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

หลักการคำนวณ : meq ของ NH_4^+ -N = Normality HCl X ml of HCl

แล้วเปลี่ยนค่าที่ได้เป็น g โดยใช้ atomic weight ของ N เท่ากับ 14

$$\text{N ในตัวอย่าง} = \frac{1.4 \text{ X } (Y-B)}{A} \% = \frac{1.4 \text{ X } (Y-B)}{A} \times 10 \text{ g/kg}$$

ก-13 วิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P)

เครื่องมือและอุปกรณ์

Spectrophotometer

สารเคมีและวิธีการเตรียม

1. น้ำยาที่ทำให้เกิดสี ammonium vanadomolybdate หรือ Barton 's reagent ประกอบด้วย

1.1 น้ำยา A เตรียมจากสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate $-(NH_4)_6 Mo_7O_{24} . 4H_2O$) 25 g ในน้ำบริสุทธิ์ 400 mL

1.2 น้ำยา B เตรียมจากแอมโมเนียมเมตาวานาเดต (ammoniummeta vanadate $- NH_4VO_3$) 1.25 g ในน้ำบริสุทธิ์ที่อุ่นให้ร้อน 300 mL ทิ้งให้เย็นแล้วเติมกรด HNO_3 เข้มข้นลงไป 250 mL

1.3 นำ A และ B มาผสมกัน ปรับปริมาตรเป็น 1 L

2. สารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน (Standard Phosphorus หรือ Stock Standard Solution) 50 mg L^{-1} เตรียมโดยชั่ง potassium dihydrogen phosphate – KH_2PO_4 ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยชั่ง 0.2195 g ละลายด้วยน้ำบริสุทธิ์ปรับปริมาตรให้เป็น 1 L จะได้สารละลาย ซึ่งมีฟอสฟอรัสอยู่ 50 mg L^{-1} หรือจะเตรียมเป็นสารละลายฟอสฟอรัส 1000 mg L^{-1} ก็ได้ โดยชั่ง KH_2PO_4 4.393 g ละลายด้วยน้ำบริสุทธิ์ปรับปริมาตรให้เป็น 1 L เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$ C เมื่อจะใช้เป็น working standard ก็เตรียมสารละลายฟอสฟอรัส 50 หรือ 100 mg L^{-1} โดยวิธีเจือจางได้ตามต้องการ

วิธีการทดลอง

1. การเตรียม working standard โดยปิเปต 0, 1, 2, 3 และ 4 mL จากสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 50 mg L^{-1} ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 mL เติมน้ำยา Barton 5 mL ปรับปริมาตรให้เป็น 25 mL ด้วยน้ำบริสุทธิ์เขย่าให้เข้ากัน เพื่อเตรียมความเข้มข้นของ P เป็น 0, 2, 4, 6, 8 mg L^{-1}

2. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (ได้จากการเผาตัวอย่างพืช) โดยดูดสารละลายตัวอย่าง 5 mL ปรับปริมาตรให้เป็น 25 mL ด้วยน้ำบริสุทธิ์ เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ให้การเกิดสีสมบูรณ์อย่างน้อย 30 นาที วัดความเข้มข้นของสีด้วย Spectrophotometer ปริมาณมากน้อยของความเข้มข้นของสีจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณมากน้อยของฟอสฟอรัสในตัวอย่าง (blank และตัวอย่างอ้างอิงก็ทำในทำนองเดียวกัน)

3. ก่อนการวัดอุ่นเครื่อง Spectrophotometer ไว้ประมาณ 30 นาที ที่ความยาวคลื่น 420 nm. โดยทำ Standard curve จาก working standard 0, 2 ,4 ,6, 8 mg L^{-1} ก่อนแล้วจึงวัด blank พร้อมทั้งตัวอย่างอ้างอิงและตัวอย่างพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\%\ P = \frac{r \times 20 \times d.f \times 100}{10^6\ S}$$

$$P\ (g/kg) = \%P \times 10$$

เมื่อ

r = ค่า mg L^{-1} ที่อ่านได้จากเครื่องจะต้องหักลบจาก blank

d.f = dilution factor อาจจะเป็น 25/5 หรือ 25/1

s = น้ำหนักตัวอย่างที่นำมา digest (g)

หมายเหตุ ถ้าต้องการวิเคราะห์ในรูปของ P_2O_5 ใช้factor 2.2914 คูณค่า P ที่ได้

ก-14 วิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K)

เครื่องมือและอุปกรณ์

Flame photometer

สารเคมี

1. KCl AR. Grade
2. conc. HNO_3

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียม Stock standard solution (1000 mg L^{-1}) ชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่ผ่านการอบแห้งที่ 110 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง 1.9067 g (ใช้เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 200 mL เติมกรดไนตริกเข้มข้น (Concentrated nitric acid) ลงไป 12 mL แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 L ด้วยน้ำกลั่น เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$ C เพื่อไว้เตรียม Standard solution ที่มีความเข้มข้นพอเหมาะกับการทำงาน (Intermediate solution) คือ 100 mg L^{-1} ลงใน volumetric flask 10ml ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียม Working standard solution ประกอบด้วยโพแทสเซียมที่มีความเข้มข้นเป็น 0, 1, 1.5, 2 และ 3 mg L^{-1} ซึ่งเตรียมโดย

ความเข้มข้นของ K เป็น mg L^{-1}	จำนวน mL ที่ pipette จาก standard K 100 mg L^{-1}
0	0
1	0.5
1.5	0.75
2	1.0
3	1.5

ปรับปริมาตรของทุก flask เป็น 50 mL ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันเพื่อใช้เป็น standard K ในความเข้มข้นต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวัดค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในตัวอย่าง เปิดเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ก่อนปฏิบัติงานประมาณ 30 นาที นำสารละลายตัวอย่างพืชมา dilute ด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1: 10 ทดลองวัดความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ K ในตัวอย่างก่อน ถ้าค่าที่อ่านได้จากตัวอย่างมีค่าเกิน standard ที่ทำไว้เป็น back ground ต้อง dilute ตัวอย่างใหม่เป็น 1:20 หรือมากกว่านั้นตามความเหมาะสม แต่ถ้าค่าที่อ่านได้จากสารละลายมาตรฐานก็ไม่จำเป็นต้อง dilute จากนั้นจึงนำสารละลายตัวอย่างมาอ่านค่า

การคำนวณ

$$\%\ K = \frac{r \times 20 \times d.f \times 100}{10^6\ S}$$

$$K\ (g/kg) = \%K \times 10$$

เมื่อ

r = ค่า mg L^{-1} ที่อ่านได้จากเครื่อง

d.f = dilution factor อาจจะเป็น 10/1 หรือ 20/1 หรือมากกว่า ถ้าไม่ได้ตัด dilute ตัด d.f ออก

s = น้ำหนักของพืชที่นำมา digest (g)

ก-15 การวิเคราะห์คำนวณการใส่ปุ๋ย

มีการใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตรที่ใช้ในการใส่ปุ๋ยคือ 16 - 16 – 16 ในอัตรา 50 kg/ 1 ไร่

ดิน 1 ไร่ จะมีน้ำหนักประมาณ 320,000 kg (กรมพัฒนาที่ดิน 2547 ก.)

ดิน 320,000 kg จะใส่ปุ๋ย 50 kg

ถ้าเกิดดิน 1 kg จะใส่ปุ๋ย $\frac{50\ kg \times 1\ kg}{320{,}000\ kg} = 0.000156\ kg$ หรือ $0.156\ g$

ประมาณ 0.2 g

ดิน 1000 g ใส่ปุ๋ย 0.2 g

ดิน 100 g ใส่ปุ๋ย 0.02 g = 0.02 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลดิบที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

ตารางที่ ข-1 ความชื้น (Moisture) ในดินตัวอย่าง กากขี้แป้ง และชุดทดลองดินผสมกากขี้แป้ง ก่อน – หลังการปลูกพืช

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนการปลูกพืช			หลังการปลูกพืช		
		น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	ความชื้น (%)	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	ความชื้น (%)
ดินที่ใช้ศึกษา	1	10.0067	9.9776	0.2908	-	-	-
	2	10.0056	9.9547	0.5087	-	-	-
	3	10.0059	9.9547	0.7216	-	-	-
กากขี้แป้ง	1	10.0063	7.7006	23.0425	-	-	-
	2	10.0070	6.7921	32.1265	-	-	-
	3	10.0050	6.9200	30.8346	-	-	-
NC	1	10.0004	9.9845	0.1590	10.0050	9.9879	0.1709
	2	10.0007	9.9840	0.1670	10.0028	9.9849	0.1790
	3	10.0009	9.9851	0.1580	10.0016	9.9823	0.1930
T0.1%	1	10.0034	9.9836	0.1979	10.0040	9.9861	0.1789
	2	10.0030	9.9830	0.1999	10.0016	9.9892	0.1240
	3	10.0023	9.9826	0.1970	10.0045	9.9904	0.1409
T0.2%	1	10.0026	9.9814	0.2119	10.0082	9.9917	0.1649
	2	10.0039	9.9820	0.2189	10.0038	9.9874	0.1639
	3	10.0033	9.9816	0.2169	10.0028	9.9838	0.1900
T0.3%	1	10.0054	9.9815	0.2389	10.0080	9.9875	0.2048
	2	10.0045	9.9810	0.2349	10.0066	9.9889	0.1769
	3	10.0059	9.9819	0.2399	10.0036	9.9883	0.1530
T0.4%	1	10.0078	9.9772	0.3058	10.0035	9.9879	0.1560
	2	10.0090	9.9769	0.3207	10.0041	9.9823	0.2179
	3	10.0083	9.9766	0.3167	10.0024	9.9836	0.1880
PC	1	10.0073	9.9895	0.1779	10.0086	9.9908	0.1779
	2	10.0068	9.9882	0.1859	10.0045	9.9890	0.1549
	3	10.0060	9.9876	0.1839	10.0042	9.9891	0.1509

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 พีเอช (pH) ในดินตัวอย่าง กากขี้แป้ง และชุดทดลองดินผสมกากขี้แป้งก่อน – หลังการปลูกพืช

ตัวอย่าง	ครั้งที่	พีเอช (ก่อนการปลูกพืช)	พีเอช (หลังการปลูกพืช)
ดินที่ใช้ศึกษา	1	6.35	-
	2	6.36	-
	3	6.42	-
กากขี้แป้ง	1	8.48	-
	2	8.48	-
	3	8.43	-
NC	1	5.97	6.64
	2	5.90	6.64
	3	5.94	6.65
T0.1%	1	6.62	6.69
	2	6.73	6.66
	3	6.63	6.67
T0.2%	1	6.94	6.97
	2	6.85	6.97
	3	6.95	7.00
T0.3%	1	7.14	7.27
	2	7.05	7.34
	3	7.05	7.26
T0.4%	1	7.13	7.61
	2	7.09	7.34
	3	7.13	7.26
PC	1	6.04	6.76
	2	5.97	6.62
	3	5.94	6.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 ค่าการนำไฟฟ้า ในดินตัวอย่าง กากขี้แป้ง และชุดทดลองดินผสมกากขี้แป้งก่อน – หลังการปลูกพืช

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนปลูกพืช		หลังปลูกพืช	
		น้ำหนัก (g)	ค่าการนำไฟฟ้า (µS/m)	น้ำหนัก (g)	ค่าการนำไฟฟ้า (µS/m)
ดินที่ใช้ศึกษา	1	10.1210	11.40	-	-
	2	10.0901	9.30	-	-
	3	10.0630	11.60	-	-
กากขี้แป้ง	1	10.0220	300.00	-	-
	2	10.0181	336.00	-	-
	3	10.1213	333.00	-	-
NC	1	10.0701	5.60	10.0051	9.40
	2	10.0570	4.30	10.0085	8.80
	3	10.0560	5.00	10.0046	9.10
T0.1%	1	10.0819	9.90	10.0005	11.50
	2	10.0661	9.40	10.0003	11.10
	3	10.0510	9.70	10.0009	11.10
T0.2%	1	10.0302	22.70	10.0039	12.30
	2	10.0203	20.60	10.0014	14.10
	3	10.0500	23.00	10.0034	13.50
T0.3%	1	10.0511	30.90	10.0068	12.40
	2	10.0207	29.10	10.0011	12.00
	3	10.0230	29.80	10.0068	11.70
T0.4%	1	10.0311	42.40	10.0057	16.20
	2	10.0000	41.40	10.0041	16.90
	3	10.0310	40.10	10.0046	15.50
PC	1	10.0661	6.40	10.0036	8.80
	2	10.0210	7.40	10.0082	6.90
	3	10.0212	7.60	10.0059	6.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 สัดส่วนของขนาดอนุภาคดินและลักษณะเนื้อดิน (Soil Texture) ในดินที่ใช้ในการศึกษา

ตัวอย่าง	น้ำหนักดิน (g)†	เวลา 40 วินาที					เวลา 2 ชั่วโมง				
		อุณหภูมิที่อ่านได้ (°C)	ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer	Rc	R's	Rs	อุณหภูมิที่อ่านได้ (°C)	ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer	Rc	R's	Rs
Blank	0	30.5	1				30.5	1			
ดินตัวอย่าง											
-ครั้งที่ 1	99.18	30.0	12.0	1.25	10.75	14.35	30.5	8.0	0.5	7.5	11.28
-ครั้งที่ 2	99.82	29.5	11.0	1.50	9.50	12.92	30.5	8.0	0.5	7.5	11.28
-ครั้งที่ 3	98.90	29.5	12.0	1.50	10.50	13.92	30.5	8.0	0.5	7.5	11.28

†น้ำหนักดินที่ไล่อินทรียวัตถุแล้ว

<u>ตัวอย่างวิธีการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว</u>

$$\% \text{ (Silt + Clay)} = \frac{\text{Rs ที่ 40 วินาที x100}}{\text{น้ำหนักดิน}} = \frac{14.35 \times 100}{99.18} = 14.47$$

$$\% \text{ Clay} = \frac{\text{Rs ที่ 2ชม.x100}}{\text{น้ำหนักดิน}} = \frac{11.28 \times 100}{99.18} = 11.37$$

% Sand = 100-% (Silt + Clay) = 100 – 14.47 = 85.53

% Sit = % (Silt + Clay) - % Clay = 14.47 – 11.37 = 3.10

∴Textural ครั้งที่ 1 Loamy sand (ดินทรายปนร่วน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-5 สัดส่วนของขนาดอนุภาคดินและลักษณะเนื้อดิน (Soil Texture) ในดินตัวอย่างหลังการปลูกพืช

ตัวอย่าง	น้ำหนักดิน(g)†	เวลา 40 วินาที					เวลา 2 ชั่วโมง				
		อุณหภูมิที่อ่านได้ (°C)	ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer	Rc	R's	Rs	อุณหภูมิที่อ่านได้ (°C)	ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer	Rc	R's	Rs
Blank	0	30.0	2.0	-	-	-	31.0	1.0	-	-	-
NC											
-ครั้งที่ 1	98.84	30.0	10.0	2.00	8.00	11.60	31.0	7.0	1.00	8.00	11.96
-ครั้งที่ 2	98.31	30.0	8.0	2.00	6.00	9.60	31.0	6.0	1.00	5.00	8.96
-ครั้งที่ 3	98.64	30.0	11.0	2.00	9.00	12.60	31.0	8.0	1.00	7.00	10.96
T0.1%											
-ครั้งที่ 1	98.63	30.5	9.0	1.75	7.25	11.03	30.0	6.0	1.50	4.50	8.10
-ครั้งที่ 2	98.56	30.5	12.0	1.75	10.25	14.03	30.0	7.5	1.50	6.00	9.60
-ครั้งที่ 3	98.67	30.5	11.0	1.75	9.25	12.85	30.0	7.0	1.50	5.50	9.10
T0.2%											
-ครั้งที่ 1	98.86	29.5	12.5	2.25	10.25	13.67	28.8	8.0	2.10	5.90	9.07
-ครั้งที่ 2	98.64	29.5	11.0	2.25	8.75	12.17	28.8	8.0	2.10	5.90	9.07
-ครั้งที่ 3	98.75	29.5	11.0	2.25	8.75	12.17	28.8	8.0	2.10	5.90	9.07

† น้ำหนักดินที่ไล่อินทรียวัตถุแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

ตัวอย่าง	น้ำหนักดิน(g)†	เวลา 40 วินาที					เวลา 2 ชั่วโมง				
		อุณหภูมิที่อ่านได้ (°C)	ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer	Rc	R's	Rs	อุณหภูมิที่อ่านได้ (°C)	ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer	Rc	R's	Rs
T0.3%											
-ครั้งที่ 1	98.77	29.0	10.5	2.50	8.00	11.24	30.5	6.0	1.25	4.75	8.53
-ครั้งที่ 2	98.52	29.0	11.0	2.50	8.50	11.74	30.5	6.0	1.25	4.75	8.53
-ครั้งที่ 3	98.90	29.0	11.0	2.50	8.50	11.74	30.5	6.0	1.25	4.75	8.53
T0.4%											
-ครั้งที่ 1	98.73	29.0	7.0	3.00	4.00	7.24	30.0	5.5	1.50	4.00	7.60
-ครั้งที่ 2	98.83	29.0	10.0	3.00	7.00	10.24	30.0	6.0	1.50	4.50	8.10
-ครั้งที่ 3	99.62	29.0	10.5	3.00	7.50	10.74	30.0	6.0	1.50	4.50	8.10
PC											
-ครั้งที่ 1	98.69	30.5	10.0	2.50	7.75	11.17	29.0	7.5	2.00	5.50	8.75
-ครั้งที่ 2	98.86	30.5	12.0	2.50	9.75	13.17	29.0	8.5	2.00	6.50	9.75
-ครั้งที่ 3	98.45	30.5	11.0	2.50	8.75	12.17	29.0	8.0	2.00	6.00	9.24

† น้ำหนักดินที่ไล่อินทรียวัตถุแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-6 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter) ในดินตัวอย่าง กากขี้แป้ง และชุดทดลองดินผสมกากขี้แป้งก่อน – หลังการปลูกพืช

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนการปลูกพืช				หลังการปลูกพืช			
		น้ำหนัก(g)	ปริมาตรFAS (ml)	%OC	%OM†	น้ำหนัก (g)	ปริมาตรFAS (ml)	%OC	%OM†
Blank	1	-	19.80	-	-	-	-	-	-
ดินที่ใช้ศึกษา	1	0.1015	19.60	0.1968	0.3393	-	-	-	-
	2	0.1054	19.10	0.6634	1.1437	-	-	-	-
	3	0.1020	19.30	0.4896	0.8441	-	-	-	-
กากขี้แป้ง	1	0.1005	10.50	9.2428	15.9346	-	-	-	-
	2	0.1019	10.90	8.7237	15.0397	-	-	-	-
	3	0.1003	10.60	9.1617	15.7947	-	-	-	-
NC	1	0.1005	18.10	1.6895	2.9128	0.1007	19.3	0.4959	0.8550
	2	0.1045	17.90	1.8160	3.1308	0.1021	19.2	0.5870	1.0119
	3	0.1012	18.10	1.6779	2.8926	0.1021	19.5	0.2935	0.5060
T0.1%	1	0.1011	17.90	1.8771	3.2361	0.1056	19.0	0.7567	1.3045
	2	0.1009	17.40	2.3758	4.0959	0.1058	18.6	1.1329	1.9531
	3	0.1015	17.70	2.0665	3.5627	0.1041	18.7	1.0554	1.8196

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนการปลูกพืช				หลังการปลูกพืช			
		น้ำหนัก(g)	ปริมาตรFAS (ml)	%OC	%OM†	น้ำหนัก(g)	ปริมาตรFAS (ml)	%OC	%OM†
T0.2%	1	0.1042	17.80	2.0130	3.4704	0.1035	19.3	0.4825	0.8319
	2	0.1060	17.80	1.8846	3.2490	0.1018	19.4	0.3925	0.6766
	3	0.1040	17.90	2.1129	3.6426	0.1019	19.6	0.196	0.3380
T0.3%	1	0.1036	18.00	1.7354	2.9918	0.1015	18.4	1.3777	2.3751
	2	0.1032	17.40	2.3228	4.0046	0.1007	18.5	1.2894	2.2230
	3	0.1024	17.50	2.2434	3.8677	0.1004	18.3	1.4923	2.5727
T0.4%	1	0.1023	17.50	2.2456	3.8715	0.1022	18.7	1.075	1.8534
	2	0.1006	17.30	2.4822	4.2792	0.1014	18.3	1.4775	2.5473
	3	0.1006	17.40	2.3829	4.1081	0.1025	18.4	1.3642	2.3520
PC	1	0.1016	19.50	0.2949	0.5084	0.1002	19.0	0.7975	1.3748
	2	0.1010	19.30	0.4945	0.8525	0.1021	18.7	1.0761	1.8552
	3	0.1027	19.40	0.3890	0.6707	0.1016	18.8	0.9831	1.6948

† %Organic matter = %Organic carbon × 1.724

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-7 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (CEC)ในดินตัวอย่าง กากขี้แป้ง และชุดทดลองดินผสมกากขี้แป้งก่อน – หลังการปลูกพืช

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนการปลูกพืช				หลังการปลูกพืช			
		น้ำหนัก (g)	ความเข้มข้นของ HCl (N)	ปริมาณ HCl ที่ใช้ (ml)	CEC (cmol/kg)	น้ำหนัก (g)	ความเข้มข้นของ HCl (N)	ปริมาณ HCl ที่ใช้ (ml)	CEC (cmol/kg)
Blank		0	0.0971	0.00	0	-	-	-	-
ดินที่ใช้ศึกษา	1	10.0034		2.30	2.1355	-	-	-	-
	2	10.0022		2.20	2.0387	-	-	-	-
	3	10.0030		2.40	2.2326	-	-	-	-
กากขี้แป้ง	1	10.0020		12.30	11.8438	-	-	-	-
	2	10.0025		12.00	11.5520	-	-	-	-
	3	10.0031		11.50	11.0660	-	-	-	-
NC	1	10.0009		2.95	2.7671	10.0032	0.0971	2.90	2.7179
	2	10.0009		2.90	2.7186	10.0037		2.90	2.7178
	3	10.0010		2.85	2.6700	10.0038		3.00	2.8148
T0.1%	1	10.0011		2.60	2.4272	10.0063		3.20	3.0082
	2	10.0005		3.00	2.8158	10.0078		3.10	2.9107
	3	10.0005		2.90	2.7187	10.0083		3.70	3.4927

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-7 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนการปลูกพืช				หลังการปลูกพืช			
		น้ำหนัก (g)	ความเข้มข้นของ HCl (N)	ปริมาณ HCl ที่ใช้ (ml)	CEC (cmol/kg)	น้ำหนัก (g)	ความเข้มข้นของ HCl (N)	ปริมาณ HCl ที่ใช้ (ml)	CEC (cmol/kg)
T0.2%	1	10.0018	0.0971	2.60	2.4271	10.0029	0.0971	2.90	2.7180
	2	10.0012		2.60	2.4272	10.0028		2.70	2.5239
	3	10.0011		2.55	2.3787	10.0022		2.10	1.9416
T0.3%	1	10.0010		2.60	2.4273	10.0060		2.60	2.4260
	2	10.0014		2.70	2.5242	10.0059		2.80	2.6202
	3	10.0010		2.70	2.5243	10.0074		2.70	2.5227
T0.4%	1	10.0022		2.60	2.4370	10.0067		2.70	2.5229
	2	10.0032		2.50	2.3297	10.0063		2.80	2.6200
	3	10.0024		2.70	2.5240	10.0059		2.30	2.1349
PC	1	10.0002		2.40	2.2333	10.0051		2.40	2.2322
	2	10.0003		2.40	2.2332	10.0044		2.50	2.3294
	3	10.0012		2.50	2.3301	10.0048		2.50	2.3293

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-8 ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ในดินตัวอย่าง กากขี้แป้ง และชุดทดลองดินผสมกากขี้แป้ง ก่อน – หลังการปลูกพืช

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนการปลูกพืช				หลังการปลูกพืช			
		น้ำหนัก (g)	Blank (mL)	H_2SO_4 (mL)	N (mg/kg)	น้ำหนัก (g)	Blank (mL)	H_2SO_4 (mL)	N (mg/kg)
กากขี้แป้ง†	1	0.2910		17.85	46.9938	-		-	-
	2	0.2550		15.78	47.3776	-		-	-
	3	0.2711		16.04	45.3025	-		-	-
NC	1	1.0207		0.77	512.9813	1.0196		0.70	460.6709
	2	1.0180		0.69	453.8310	1.0226		0.77	512.0282
	3	1.0198		0.75	498.3330	1.0210		0.79	527.9138
T0.1%	1	0.8941		0.73	551.1688	0.9115		0.75	557.5425
	2	0.9108		0.72	532.6087	0.8955		0.78	593.2998
	3	0.9016		0.70	520.9627	0.9175		0.73	541.5385
T0.2%	1	0.9089		0.74	550.6656	0.9065		0.78	586.1004
	2	0.9178	0.09	0.70	511.7673	0.9018	0.09	0.70	520.8472
	3	0.9065		0.76	569.1120	0.9175		0.75	553.8965
T0.3%	1	0.9053		0.80	603.8882	1.0006		0.70	469.4183
	2	0.8998		0.82	624.6944	1.0129		0.69	456.1161
	3	0.8864		0.82	634.1381	1.0074		0.66	435.6760
T0.4%	1	0.9460		0.84	610.4651	1.0043		0.67	444.6878
	2	0.9314		0.88	653.1029	1.0068		0.62	405.3437
	3	0.9601		0.90	649.6198	1.0197		0.64	415.3182
PC	1	0.8339		0.95	794.1000	1.0169		0.62	401.3177
	2	0.8387		0.98	817.0979	1.0080		0.60	389.5833
	3	0.8314		0.92	768.7034	1.0162		0.65	424.3259

หมายเหตุ : † กากขี้แป้ง (g/kg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-9 ไนเทรต-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen) และแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (Ammonium-Nitrogen) ในดินตัวอย่าง กากขี้แป้ง และชุดทดลองดินผสมกากขี้แป้งก่อนการปลูกพืช

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนการปลูกพืช								
		น้ำหนัก (g)	ปริมาตรสารละลายที่สกัดได้ (ml)	ความเข้มข้นของHCl (N)	NH_4^+ ปริมาตร HClที่ใช้(ml)		NO_3^- ปริมาตร HClที่ใช้ (ml)		NH_4^+-N (mg/kg)	NO_3^--N (mg/kg)
					Blank	Sample	Blank	Sample		
ดินที่ใช้ศึกษา	1	10.0203	50	0.0463	0.20	0.35	0.20	0.30	24.2583	16.1722
	2	10.0069	48			0.30		0.30	15.5461	15.5461
	3	10.0117	50			0.35		0.30	24.2791	16.1861
กากขี้แป้ง†	1	10.0218	43			3.20		0.40	0.4172	0.0278
	2	10.0301	42			3.20		0.40	0.4071	0.0271
	3	10.0306	43			3.20		0.40	0.4168	0.0278
N C	1	10.0057	48			0.35	0.10	0.20	23.3219	15.5479
	2	10.0054	46			0.35		0.20	22.3508	14.9006
	3	10.0065	50			0.35		0.20	24.2917	16.1945
T0.1%	1	10.0078	43			0.45		0.30	34.8136	27.8509
	2	10.0061	42			0.45		0.30	34.0098	27.2078
	3	10.0063	44			0.45		0.30	35.6286	28.5028

หมายเหตุ : †กากขี้แป้ง (g/kg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-9 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนการปลูกพืช								
		น้ำหนัก (g)	ปริมาตรสารละลายที่สกัดได้ (ml)	ความเข้มข้นของ HCl (N)	NH_4^+ ปริมาตร HClที่ใช้ (ml)		NO_3^- ปริมาตร HClที่ใช้ (ml)		NH_4^+-N (mg/kg)	NO_3^--N (mg/kg)
					Blank	Sample	Blank	Sample		
T0.2%	1	10.0063	47	0.0463	0.20	0.65	0.10	0.30	68.5040	30.4462
	2	10.0087	44			0.70		0.30	71.2400	28.4960
	3	10.0091	45			0.70		0.30	72.8562	29.1425
T0.3%	1	10.0109	40			0.80		0.30	77.6993	25.8998
	2	10.0104	40			0.80		0.30	77.7032	25.9011
	3	10.0112	42			0.80		0.30	81.5818	27.1939
T0.4%	1	10.0080	42			0.90		0.30	95.2092	27.2026
	2	10.0098	41			0.90		0.30	92.9256	26.5502
	3	10.0086	44			0.90		0.30	99.7370	28.4963
PC	1	10.0200	46			1.45		0.30	185.9855	29.7577
	2	10.0203	48			1.40		0.30	186.3034	31.0506
	3	10.0215	50			1.45		0.30	202.1279	32.3405

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-10 ไนเทรต-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen) และแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (Ammonium-Nitrogen) ในดินตัวอย่าง กากขี้แป้ง และชุดทดลองดินผสมกากขี้แป้ง หลังการปลูกพืช

ตัวอย่าง	ครั้งที่	หลังการปลูกพืช								
		น้ำหนัก (g)	ปริมาตรสารละลายที่สกัดได้ (ml)	ความเข้มข้นของ HCl (N)	NH_4^+ ปริมาตร HClที่ใช้ (ml)		NO_3^- ปริมาตร HClที่ใช้ (ml)		NH_4^+-N (mg/kg)	NO_3^--N (mg/kg)
					Blank	Sample	Blank	Sample		
N C	1	10.0085	46	0.0463	0.15	0.25	0.20	0.28	14.8959	11.9168
	2	10.0086	44			0.25		0.28	14.2481	11.3985
	3	10.0098	43			0.25		0.29	13.9227	12.5304
T0.1%	1	10.0045	40			0.35		0.35	25.9163	19.4373
	2	10.0054	42			0.35		0.35	27.2097	20.4073
	3	10.0039	40			0.35		0.35	25.9179	19.4384
T0.2%	1	10.0067	41			0.40		0.30	33.1980	13.2792
	2	10.0054	43			0.40		0.30	34.8219	13.9288
	3	10.0050	44			0.40		0.30	35.6332	14.2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-10 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ครั้งที่	หลังการปลูกพืช								
		น้ำหนัก (g)	ปริมาตรสารละลายที่สกัดได้ (ml)	ความเข้มข้นของ HCl (N)	NH_4^+ ปริมาตร HClที่ใช้ (ml)		NO_3^- ปริมาตร HClที่ใช้ (ml)		NH_4^+-N (mg/kg)	NO_3^--N (mg/kg)
					Blank	Sample	Blank	Sample		
T0.3%	1	10.0037	41	0.0463	0.15	0.30	0.20	0.30	19.9248	13.2832
	2	10.0048	41			0.30		0.30	19.9226	13.2817
	3	10.0042	40			0.30		0.30	19.4378	12.9586
T0.4%	1	10.0056	50			0.30		0.25	24.2939	8.0980
	2	10.0070	49			0.30		0.25	23.8047	7.9349
	3	10.0068	49			0.30		0.25	23.8052	7.9351
PC	1	10.0058	46			0.28		0.25	19.3699	7.4500
	2	10.0047	43			0.28		0.25	18.1087	6.9649
	3	10.0037	44			0.30		0.25	21.3827	7.1276

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-11 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus) ในดินตัวอย่าง กากขี้แป้ง และชุดทดลองดินผสมกากขี้แป้งก่อน – หลังการปลูกพืช

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนการปลูกพืช					หลังการปลูกพืช				
		น้ำหนัก (g)	ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ (ml)	ค่าดูดกลืนแสง	ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จากกราฟ† (mg/L)	Available P (mg/kg)	น้ำหนัก(g)	ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ (ml)	ค่าดูดกลืนแสง	ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จากกราฟ‡ (mg/L)	Available P (mg/kg)
ดินที่ใช้ศึกษา	1	1.0050	10	0.148	3.95	39.3035	-	10	-	-	-
	2	1.0054		0.154	4.11	40.8793	-		-	-	-
	3	1.0058		0.160	4.27	42.4538	-		-	-	-
กากขี้แป้ง*	1	1.0068		0.305	8.16	40.5244	-		-	-	-
	2	1.0068		0.306	8.16	40.5244	-		-	-	-
	3	1.0079		0.306	8.19	40.5298	-		-	-	-
NC	1	1.0059		0.109	2.91	28.9293	1.0058		0.063	1.98	19.6858
	2	1.0046		0.146	3.89	38.7219	1.0073		0.073	2.09	20.7485
	3	1.0057		0.112	2.99	29.7305	1.0065		0.070	2.01	19.9702
T0.1%	1	1.0070		0.290	7.73	76.7627	1.0042		0.216	6.19	61.6411
	2	1.0075		0.313	8.35	82.8784	1.0036		0.245	7.02	69.9482
	3	1.0077		0.321	8.56	84.9459	1.0065		0.221	6.33	62.8912

หมายเหตุ : กากขี้แป้ง (g/kg)

*สารละลายที่สกัดถูกเจือจาง 500 เท่าก่อนนำไปวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-11 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนการปลูกพืช					หลังการปลูกพืช				
		น้ำหนัก (g)	ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ (ml)	ค่าดูดกลืนแสง	ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จากกราฟ† (mg/L)	Available P (mg/kg)	น้ำหนัก (g)	ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ (ml)	ค่าดูดกลืนแสง	ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จากกราฟ‡ (mg/L)	Available P (mg/kg)
T0.2%**	1	1.0101	10	0.227	6.05	119.7901	1.0071	10	0.180	5.16	102.4724
	2	1.0106		0.250	6.67	132.0008	1.0033		0.177	5.07	101.0665
	3	1.0109		0.272	7.25	143.4365	1.0085		0.185	5.30	105.1066
T0.3%***	1	1.0048		0.124	3.30	164.2118	1.0086		0.103	2.95	146.2423
	2	1.0040		0.117	3.12	155.3785	1.0043		0.099	2.84	141.3920
	3	1.0047		0.123	3.28	163.2328	1.0040		0.092	2.63	130.9761
T0.4%***	1	1.0043		0.134	3.57	177.7357	1.0035		0.104	2.98	148.4803
	2	1.0032		0.128	3.42	170.4545	1.0055		0.108	3.09	153.6549
	3	1.0032		0.128	3.41	169.9561	1.0016		0.103	2.96	147.7636
PC	1	1.0107		0.412	10.99	217.4730	1.0076		0.341	9.10	180.6272
	2	1.0100		0.408	10.87	215.2475	1.0060		0.370	9.87	196.2227
	3	1.0103		0.405	10.80	213.7979	1.0051		0.345	9.21	183.2653

**สารละลายที่สกัดถูกเจือจาง 2 เท่าก่อนนำไปวัด

***สารละลายที่สกัดถูกเจือจาง 5 เท่าก่อนนำไปวัด

†ฟังก์ชันสมการที่ใช้ในการคำนวณคือ $y = 0.03750X$; $R^2 = 0.99961$

‡ฟังก์ชันสมการที่ใช้ในการคำนวณคือ $y = 0.03492X$; $R^2 = 0.99610$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-12 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium) ในดินตัวอย่าง กากขี้แป้ง และชุดทดลองดินผสมกากขี้แป้งก่อน – หลังการปลูกพืช

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนการปลูกพืช				หลังการปลูกพืช			
		น้ำหนัก (g)	ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ (ml)	ค่าความเข้มที่ที่อ่านได้จากกราฟ ppm	Exch.K (mg/kg)	น้ำหนัก (g)	ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ (ml)	ค่าความเข้มที่ที่อ่านได้จากกราฟ ppm	Exch.K (mg/kg)
ดินที่ใช้ศึกษา	1	2.5002	25	1.528	76.3938	-	25	-	-
	2	2.5004		1.556	77.7875				
	3	2.5003		1.115	55.7433				
กากขี้แป้ง*	1	2.5004		2.382	0.3970	-		-	-
	2	2.5003		2.405	0.4009				
	3	2.5000		2.411	0.4019				
NC**	1	2.503		1.264	63.1240	2.5048		1.5080	75.2555
	2	2.5036		1.199	59.8678	2.5046		1.4240	71.0692
	3	2.5032		1.226	61.2216	2.5052		1.1530	57.5303
T0.1%**	1	2.5006		1.401	70.9858	2.5014		1.3070	65.1779
	2	2.5135		1.42	70.0360	2.5005		1.1750	61.5675
	3	2.5086		1.122	56.0821	2.5008		1.2380	58.5486

หมายเหตุ : กากขี้แป้ง (g/kg) *สารละลายที่สกัดถูกเจือจาง 16.67 เท่าก่อนนำไปวัด **สารละลายที่สกัดถูกเจือจาง 5 เท่าก่อนนำไปวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-12 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนการปลูกพืช				หลังการปลูกพืช			
		น้ำหนัก(g)	ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ (ml)	ค่าความเข้มข้นที่ที่อ่านได้จากกราฟ ppm	Exch.K (mg/kg)	น้ำหนัก (g)	ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ (ml)	ค่าความเข้มข้นที่ที่อ่านได้จากกราฟ ppm	Exch.K (mg/kg)
T0.2%**	1	2.5098	25	1.251	62.5325	2.5007	25	1.5400	76.6993
	2	2.5091		1.282	64.0846	2.5006		1.3800	68.7498
	3	2.5059		1.355	67.7175	2.5012		1.3870	69.1867
T0.3%**	1	2.5091		1.236	61.7802	2.5008		1.3870	69.0985
	2	2.5010		1.188	59.3644	2.5015		1.3650	68.2227
	3	2.5031		1.288	56.3909	2.5004		1.4450	72.1605
T0.4%**	1	2.509		1.456	72.7883	2.5004		1.6650	82.9514
	2	2.5073		1.475	73.7441	2.5002		1.6970	84.6030
	3	2.5021		1.316	67.7868	2.5005		1.7410	86.9769
PC**	1	2.5004		2.098	104.6332	2.5021		1.1600	57.9513
	2	2.5005		1.542	77.0846	2.5056		1.2000	60.2151
	3	2.5001		1.096	54.7978	2.5033		1.2510	62.4675

สูตรการคำนวณ Exch. K (mg/kg) = $\frac{ppm\ from\ curve \times \{Final\ volume\ (ml)\} \times Extractant\ (ml)}{\{aliq.(ml) \times wt.of\ soil\ (g)\}}$

**สารละลายที่สกัดถูกเจือจาง 5 เท่าก่อนนำไปวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-13 ความชื้น (Moisture) ในพืชชุดทดลอง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ส่วนเหนือดิน			ส่วนใต้ดิน		
		น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	(%) ความชื้น	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	(%) ความชื้น
NC	1	1.0042	0.2949	70.6333	1.0081	0.5107	49.3403
	2	1.0078	0.2929	70.9367	1.0079	0.4918	51.2055
	3	1.0059	0.2932	70.8520	1.0070	0.4954	50.8044
T0.1%	1	1.0065	0.3210	68.1073	1.0080	0.5511	45.3274
	2	1.0063	0.4284	57.4282	1.0090	0.5110	49.3558
	3	1.0071	0.3466	65.5844	1.0094	0.5287	47.6224
T0.2%	1	1.0013	0.3317	66.8731	1.0064	0.5099	49.3343
	2	1.0006	0.4161	58.4150	1.0054	0.5316	47.1255
	3	1.0010	0.3529	64.7453	1.0045	0.5401	46.232
T0.3%	1	1.0068	0.3321	68.0771	1.0048	0.4939	50.8459
	2	1.0066	0.3177	68.4383	1.0067	0.5300	47.3527
	3	1.0071	0.2959	70.6186	1.0061	0.5190	48.4147
T0.4%	1	1.0036	0.3045	69.6592	1.0079	0.4600	54.3606
	2	1.0044	0.3878	61.3899	1.0076	0.4308	57.2449
	3	1.0032	0.4006	60.0678	1.0072	0.4289	57.4166
PC	1	1.0067	0.3445	65.7793	1.0057	0.5339	46.9126
	2	1.0071	0.2840	71.8002	1.0027	0.4616	53.9643
	3	1.0062	0.3138	68.8134	1.0044	0.5176	48.4668

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-14 ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ในพืชชุดทดลอง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ส่วนเหนือดิน				ส่วนใต้ดิน			
		น้ำหนัก (g)	Blank (mL)	H_2SO_4 (mL)	Total N (g/kg)	น้ำหนัก (g)	Blank (mL)	H_2SO_4 (mL)	Total N (g/kg)
NC	1	0.1017	0.09	2.94	21.5782	0.1469	0.09	1.55	7.6528
	2	0.0528		1.62	22.3125	0.1705		1.81	7.7677
	3	0.0771		1.98	18.8755	0.1538		1.62	7.6599
T0.1%	1	0.1670		3.95	17.7976	0.2192		1.82	6.0771
	2	0.1751		4.23	18.2056	0.2117		1.77	5.8559
	3	0.1748		4.13	17.7963	0.2154		1.80	6.1128
T0.2%	1	0.1559		3.96	19.1142	0.2594		2.43	6.9460
	2	0.1477		3.85	19.6019	0.2600		2.32	6.6042
	3	0.1490		3.89	19.6376	0.2596		2.39	6.8220
T0.3%	1	0.1055		3.62	25.7640	0.1699		1.80	7.7499
	2	0.0903		3.06	25.3256	0.1717		1.84	7.8480
	3	0.0988		3.47	26.3421	0.1708		1.81	7.7541
T0.4%	1	0.2072		7.10	26.0507	0.2527		3.24	9.5983
	2	0.2081		7.20	26.3080	0.2501		3.10	9.2671
	3	0.2079		7.18	26.2593	0.2513		3.18	9.4680
PC	1	0.1414		4.70	25.1040	0.1610		1.54	6.9348
	2	0.1282		4.37	25.7067	0.1880		1.83	7.1266
	3	0.1327		4.56	25.9375	0.1802		1.63	6.5805

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-15 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ในพืชชุดทดลอง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ส่วนเหนือดิน				ส่วนใต้ดิน			
		น้ำหนัก (g)	ค่าการดูดกลืนแสง	r† (mg/L)	P (g/kg)	น้ำหนัก (g)	ค่าการดูดกลืนแสง	r† (mg/L)	P (g/kg)
NC*	1	0.2544	0.221	4.61	0.9061	0.2535	0.313	6.5400	0.5160
	2	0.2548	0.207	4.33	0.8497	0.2521	0.299	6.2400	0.4950
	3	0.2523	0.195	4.07	0.8066	0.2542	0.296	6.1900	0.4870
T0.1%*	1	0.2559	0.254	5.31	1.0375	0.2522	0.184	3.8400	0.7613
	2	0.2509	0.226	4.72	0.9406	0.2539	0.167	3.4800	0.6853
	3	0.2536	0.250	5.22	1.0292	0.2198	0.151	3.1600	0.7188
T0.2%*	1	0.2551	0.256	5.35	1.0486	0.2512	0.189	3.9600	0.7882
	2	0.2510	0.258	5.39	1.0737	0.2546	0.179	3.7400	0.7345
	3	0.2527	0.264	5.52	1.0922	0.2529	0.191	3.9800	0.7869

*เจือจาง 2.5 เท่าก่อนนำไปวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-15 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ส่วนเหนือดิน				ส่วนใต้ดิน			
		น้ำหนัก (g)	ค่าการดูดกลืนแสง	r † (mg/L)	P (g/kg)	น้ำหนัก (g)	ค่าการดูดกลืนแสง	r † (mg/L)	P (g/kg)
T0.3%*	1	0.2527	0.271	5.65	1.1179	0.2567	0.195	4.0700	0.7928
	2	0.2522	0.267	5.58	1.1063	0.2537	0.198	4.1400	0.8159
	3	0.2506	0.307	6.40	1.2769	0.2537	0.193	4.0200	0.7923
T0.4%*	1	0.2529	0.321	6.70	1.3246	0.2553	0.224	4.6700	0.9146
	2	0.2557	0.282	5.88	1.1498	0.2528	0.233	4.8700	0.9632
	3	0.2555	0.272	5.68	1.1116	0.2511	0.208	4.3400	0.8642
PC*	1	0.2559	0.372	7.77	1.5182	0.2508	0.264	5.5100	1.0985
	2	0.2518	0.370	7.73	1.5349	0.2578	0.253	5.2800	1.0241
	3	0.2539	0.348	7.27	1.4317	0.2553	0.277	5.7900	1.1340

*เจือจาง 2.5 เท่าก่อนนำไปวัด

†ฟังก์ชันสมการเส้นตรงที่ใช้คำนวณ คือ $y = 0.04787x$; $R^2 = 0.99594$

สูตรคำนวณ $\%P = \frac{r \times 20 \times d.f \times 100}{10^6 \times s}$

$P\ (g/kg) = \%P \times 10$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-16 โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K) ในพืชชุดทดลอง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ส่วนเหนือดิน				ส่วนใต้ดิน			
		น้ำหนัก (g)	ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ (mL)	ค่าความเข้มที่ที่อ่านได้จากกราฟ ppm	K (g/kg)	น้ำหนัก (g)	ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ (mL)	ค่าความเข้มที่ที่อ่านได้จากกราฟ ppm	K (g/kg)
NC*	1	0.2529	20	1.582	31.2772	0.2508	20	1.342	17.8366
	2	0.2557		1.660	32.4600	0.2578		2.221	28.7179
	3	0.2555		1.635	31.9961	0.2553		1.305	17.0391
T0.1%*	1	0.2544		1.842	36.2028	0.2535		1.161	22.8994
	2	0.2548		1.759	34.5173	0.2521		1.167	23.1456
	3	0.2523		1.728	34.2449	0.2542		1.170	23.0134
T0.2%*	1	0.2551		2.071	40.5919	0.2522		1.0830	21.4711
	2	0.2510		1.608	32.0319	0.2539		1.2200	24.0252
	3	0.2527		1.744	34.5073	0.2198		1.1010	25.0455

*เจือจาง 250 เท่าก่อนนำไปวัด, หมายเหตุ : NCของส่วนใต้ดินเจือจาง 166.67 เท่าก่อนนำไปวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-16 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ส่วนเหนือดิน				ส่วนใต้ดิน			
		น้ำหนักพืช (g)	ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ (mL)	ค่าความเข้มที่ที่อ่านได้จากกราฟ ppm	K (g/kg)	น้ำหนักพืช (g)	ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ (mL)	ค่าความเข้มที่ที่อ่านได้จากกราฟ ppm	K (g/kg)
T0.3%*	1	0.2559	20	1.968	38.4525	0.2567	20	1.559	30.3662
	2	0.2509		1.946	38.7804	0.2537		1.048	20.6543
	3	0.2536		1.984	39.1167	0.2537		1.247	24.5763
T0.4%*	1	0.2559		1.825	35.6389	0.2553		1.622	31.7666
	2	0.2518		2.164	42.9706	0.2528		1.335	26.4043
	3	0.2539		2.167	42.6743	0.2511		1.229	24.4723
PC*	1	0.2527		2.051	40.5817	0.2512		1.291	25.6967
	2	0.2522		1.847	36.6178	0.2546		1.370	26.9050
	3	0.2506		1.971	39.3256	0.2529		1.254	24.7924

*เจือจาง 250 เท่าก่อนนำไปวัด

สูตรคำนวณ $\%K = \frac{r \times 20 \times d.f \times 100}{10^6 \times s}$

$K\ (g/kg) = \%K \times 10$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ ข-17 การเจริญเติบโตของต้นผักบุ้งที่ปลูกในดินผสมกากขี้แป้ง

สัปดาห์ที่ 1

ชุดทดลอง	แถว						ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	
NC	0.40	-	2.60	1.50	2.30	-	1.70
T0.1%	5.00	6.07	-	-	0.40	4.45	3.98
T0.2%	5.85	5.80	3.53	-	2.30	-	4.37
T0.3%	4.60	5.33	0.40	-	-	3.50	3.46
T0.4%	6.65	5.65	5.80	2.50	5.30	2.50	4.73
PC	6.13	-	-	4.67	-	-	5.40

สัปดาห์ที่ 2

ชุดทดลอง	แถว						ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	
NC	7.13	4.95	6.93	7.15	6.95	5.70	6.47
T0.1%	13.70	17.37	10.20	-	10.20	12.55	12.80
T0.2%	15.85	17.33	14.45	-	-	6.20	13.46
T0.3%	14.90	15.33	5.75	-	-	14.60	12.65
T0.4%	17.63	11.85	11.80	13.90	17.70	8.90	13.63
PC	14.90	-	-	10.67	1.20	-	8.92

สัปดาห์ที่ 3

ชุดทดลอง	แถว						ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	
NC	9.97	8.20	12.53	14.30	12.65	10.60	11.38
T0.1%	16.95	21.90	12.13	9.77	15.73	14.23	15.12
T0.2%	18.40	23.87	20.33	5.00	15.03	10.05	15.45
T0.3%	22.60	20.53	16.75	1.00	7.10	27.20	15.86
T0.4%	26.60	22.40	17.80	15.67	17.43	13.70	18.93
PC	19.40	8.90	10.23	16.00	7.10	6.70	11.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-17 การเจริญเติบโตของต้นผักบุ้งที่ปลูกในดินผสมกากขี้แป้ง

สัปดาห์ที่ 4

ชุดทดลอง	แถว						ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	
NC	11.80	13.00	14.87	15.47	13.40	13.07	13.60
T0.1%	16.10	21.60	12.97	14.57	18.40	17.93	16.93
T0.2%	19.83	26.20	22.30	12.10	17.87	14.30	18.77
T0.3%	23.93	22.63	18.17	11.80	15.45	15.23	17.87
T0.4%	27.87	27.07	24.25	23.50	27.92	20.37	25.16
PC	20.27	14.70	15.27	18.50	15.85	11.25	15.97

ตารางที่ ข-18 ข้อมูลน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของผักบุ้ง

ลำดับที่	น้ำหนักแห้ง/ต้น(g)		
	ชุดทดลอง	ส่วนเหนือดิน	ส่วนใต้ดิน
1	NC	0.0642	0.0159
2	T0.1%	0.1028	0.0244
3	T0.2%	0.1872	0.0596
4	T0.3%	0.1325	0.0468
5	T0.4%	0.2090	0.0945
6	PC	0.0806	0.0185

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้