การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมน้ำยางพารา เพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืชในชุดดินคอหงษ์

Utilization of the Centrifuged Sludge from Para-rubber Latex Industries for Enriching Plant Nutrient in Khohong Soil Series

นงนภัส สันตกิจ

Nongnapat Santakit

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Environmental Management Prince of Songkla University

2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ว

เลขหมู่ TS1920 ง23 2554 ฉ.2

Bib Key 352922

21 พ.ย. 2554

ชื่อวิทยานิพนธ์	การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมน้ำยางพาราเพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืชในชุดดินคอหงษ์
ผู้เขียน	นางสาวนงนภัส สันตกิจ
สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประวิทย์ โตวัฒนะ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.จำเป็น อ่อนทอง)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี สุขสาโรจน์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิไลรัตน์ ชีวเศรษฐธรรม)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประวิทย์ โตวัฒนะ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จำเป็น อ่อนทอง)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ ทองลิมปี)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมน้ำยางพาราเพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืชในชุดดินคอหงษ์
ผู้เขียน	นางสาวนงนภัส สันตกิจ
สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมน้ำยางพาราเพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืชในชุดดินคอหงษ์ โดยการเก็บตัวอย่างกากขี้แป้งซึ่งคาดว่ามีอายุ 1 วัน, 1-2 ปี, 2-3 ปี, 3-4 ปี และมากกว่า 20 ปี จากองค์การสวนยาง อ.นาบอน จ.นครศรีธรรมราช มาวิเคราะห์ค่า EC_e, pH, Total N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn และ Zn พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามอายุของกากขี้แป้ง โดยปริมาณธาตุอาหารส่วนใหญ่จะลดลงเมื่อกากขี้แป้งอายุเพิ่มขึ้น และกากขี้แป้งอายุ 1-2 ปี ยังคงมีธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่อยู่ในปริมาณสูงใกล้เคียงกับกากขี้แป้งอายุ 1 วัน ผลจากการทดลองใส่กากขี้แป้ง (อายุ 1-2 ปี) ในอัตราส่วน 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% ผสมกับชุดดินคอหงษ์ (Coarse-loamy, kaolinitic, isohyperthermic Typic Kandiudults) แล้วทดลองปลูกข้าวโพดหวาน (*Zea mays L. var. saccharata*) พบว่าข้าวโพดเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อใส่กากขี้แป้ง 0.2% โดยน้ำหนัก และตายเมื่อใส่กากขี้แป้งมากกว่า 0.2% โดยน้ำหนักเนื่องจากระดับความเค็มของกากขี้แป้ง และจากผลการทดลองนี้พบว่าข้าวโพดแสดงอาการขาด Ca (ปลายใบของยอดอ่อนม้วนตัว) อันเป็นผลมาจากปริมาณ Mg ที่มีอยู่มากในกากขี้แป้ง ทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช (สัดส่วนระหว่าง Ca กับ Mg) ดังนั้นจึงมีการใส่ยิปซัมในอัตรา 1 กรัม/ดิน 1 กิโลกรัม ในทุกการทดลองเพื่อแก้ไขปัญหาข้าวโพดแสดงอาการขาดแคลเซียม

ผลจากการศึกษาหาชนิดของวัสดุปลูกที่เหมาะสมเพื่อช่วยในการดูดซับความเค็ม (แกลบดิบ แกลบเผาและขุยมะพร้าว) พบว่าข้าวโพดเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อใส่กากขี้แป้ง 0.3% โดยน้ำหนัก ร่วมกับแกลบดิบ 0.8% โดยน้ำหนัก และพบว่าในสิ่งทดลองที่ใส่ขุยมะพร้าวร่วมกับกากขี้แป้ง ข้าวโพดจะเจริญเติบโตต่ำสุด เนื่องจากการขุยมะพร้าวจะไปเพิ่มความเค็มให้แก่ดิน

ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์กากขี้แป้งสำหรับทำดินกระถางจำหน่ายโดยทดลองปลูกข้าวโพดหวาน แพงพวย (*Catharanthus roseus (L.) G. Don*) และบานไม่รู้โรย (*Gomphrena globosa L.*) ทดลองเปรียบเทียบกับดินสำเร็จรูปในท้องตลาด จาก 2 บริษัท (ดินบริษัทที่ 1 = ดินกระถาง 1 และดินบริษัทที่ 2 = ดินกระถาง 2) พบว่า เมื่อนำแกลบดิบ 8% โดยน้ำหนัก มาผสมกับกากขี้แป้ง

0.3% โดยน้ำหนัก ข้าวโพดสามารถเจริญเติบโตได้ดีใกล้เคียงกับดินกระถาง 2 สำหรับแพงพวย พบว่าเมื่อนำแกลบดิบ 8% โดยน้ำหนัก มาผสมกับกากขี้แป้ง 0.1% โดยน้ำหนัก แพงพวยสามารถเจริญเติบโตได้ดีใกล้เคียงกับดินกระถาง2 และพบว่าเมื่อนำแกลบเผา 8% โดยน้ำหนัก มาผสมกับกากขี้แป้ง 0.3% โดยน้ำหนัก บานไม่รู้โรยสามารถเจริญเติบโตได้ดีใกล้เคียงกับดินกระถาง2 เช่นเดียวกัน

ผลการศึกษาธาตุอาหารพืชในดินก่อนและหลังปลูกข้าวโพดพบว่า ปริมาณ N ทั้งหมด ปริมาณ P ที่เป็นประโยชน์และปริมาณ Mg ที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่าดินที่ไม่ใส่กากขี้แป้ง โดยเฉพาะดินที่ใส่กากขี้แป้งจะมี P ที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินกระถาง 1 แต่ต่ำกว่าดินกระถาง 2 ในขณะที่ปริมาณ N ทั้งหมดของดินที่ใส่กากขี้แป้งจะมีปริมาณต่ำกว่าดินกระถางทั้งสองชนิด และมีปริมาณ Mg ที่แลกเปลี่ยนได้ใกล้เคียงกับดินกระถาง 2 แสดงให้เห็นว่ากากขี้แป้งมีศักยภาพเป็นแหล่ง N, P และ Mg ให้แก่ดินได้ในปริมาณมากพอสมควร นอกจากนี้พบว่า กากขี้แป้งเป็นแหล่ง N, P และ Mg ที่สำคัญแก่พืช และมีปริมาณ N, P และ Mg ใกล้เคียงกับดินกระถาง 2 และมากกว่าดินกระถาง 1 จึงแสดงให้เห็นว่ากากขี้แป้งมีศักยภาพในการใช้เป็นแหล่งเพิ่มธาตุ N, P และ Mg ให้แก่ดินและพืชได้

Thesis Title	Utilization of the Centrifuged Sludge from Para-rubber Latex Industries for Enriching Plant Nutrient in Khohong Soil Series
Author	Miss Nongnapat Santakit
Major Program	Environmental Management
Academic Year	2010

ABSTRACT

A study in utilization of the centrifuged sludge from para-rubber latex industries for enriching plant nutrient in Khohong soil series was carried out by collecting the samples of different ages (1day, 1-2 year, 2-3 year, 3-4 year and over 20 year old sludge) from the concentrated latex industry of Rubber Organization at Naborn District, NaKhon Si Thammarat Province. The samples were analyzed for pH, electrical conductivity (EC), total N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn and Zn. The result revealed that the amounts of plant nutrient elements mostly decreased with time. The 1-2 year old sludge was most suitable for being used as soil conditioner since the sludge was decomposed at the level that released no toxic gas and no harmful heat to plant roots and still had considerable amounts of plant nutrient elements close to those of the 1 day old sludge. The experimental result of mixing sludge with the Kohong soil series (coarse-loamy, kaolinitic, isohyperthermic Typic Kandiudults) at rate of 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% and 2% by weight for growing corn showed that the highest height of corns (*Zea mays L. var. saccharata*) was observed in the treatment with 0.2% sludge by weight. They were death in the treatments with higher than 0.2% sludge by weight caused by salinity from sludge. The result also revealed that corns had Ca-deficiency symptom (curling tip of young corn leaf). This was probably caused by considerable amount of Mg present in the sludge resulting in imbalance of plant nutrient elements (unsuitable Ca/Mg ratio in soils). Therefore, the application of 1 gram/ 1 kg soil was applied to all the treatments for solving the Ca-deficiency problem.

The results of the study for identifying the suitable plant growing materials (rice husk, burned rice husk and coconut fiber) for absorbing salinity from the sludge indicated that the highest height of corn was observed in the treatment with 0.3% sludge, mixed with 8% rice husk

by weight. The applied coconut fiber mixed with sludge gave lowest height of corns attributed to an increase in soil salinity by coconut fiber.

The study in utilization of sludge for making commercial pot soil by using corn, jussiaea (*Catharanthus roseus (L.) G. Don f.*) and globe amaranth (*Gomphrena glolosa L.*) was compared with two commercial pot soil brands named "No1"and "No.2". The result revealed that the treatment with 8% rice husk mixed with 0.3% sludge by weight gave the highest height of corns close to the commercial pot soil brand 2. The treatment with 8% rice husk mixed with 0.1% sludge by weight gave the highest height of jussiaea close to the commercial pot soil brand 2. The treatment with 8% burned rice husk mixed with 0.3% sludge by weight gave the highest height of globe amaranth close to the commercial pot soil brand 2.

The results of investigation of plant nutrient elements in soil before and after growing corns showed that the treatment with sludge had higher available P and exchangeable Mg than those without sludge. The treatment with sludge also had higher available P and exchangeable Mg than commercial pot soil No. 1 and lower than commercial pot soil brand 2. The amounts of total N in the treatments with sludge were lower than those of the commercial pot soils of both brands. This indicated that the sludge had the high potentiality for being P, N and Mg sources for soil. The study result of plant nutrient elements (N, P, K, Ca, Mg and S) in corn also confirmed that the sludge was the high potential source of P, N and Mg sources for plants, Their amounts available in the sludge was close to the commercial pot soils No.2 and higher than the commercial pot soils No.1. The sludge is the potential source of P, N and Mg sources for soil and plant.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องด้วยการช่วยเหลือสนับสนุน คำแนะนำและกำลังใจจากบุคคลหลายฝ่ายด้วยกัน ผู้วิจัยยังตระหนักถึงความมีพระคุณอันเป็นองค์ประกอบของความสำเร็จนี้อยู่เสมอ และใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

รองศาสตราจารย์ ดร. ประวิทย์ โตวัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ให้คำปรึกษา กำลังใจ และความช่วยเหลือทุกด้าน ตลอดการทำวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. จำเป็น อ่อนทอง และ ผศ.ดร. ธันวดี เตชะภัททวรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ให้คำแนะนำและติดตามความก้าวหน้าวิทยานิพนธ์อยู่เสมอ ตลอดถึงคณาจารย์คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม และคณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์ ที่อบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่ผู้วิจัย และเจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายที่ช่วยอำนวยความสะดวกด้วยดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณประธานการสอบวิทยานิพนธ์และกรรมการสอบผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้เกียรติสละเวลาในการตรวจทานและให้คำแนะนำเพื่อแก้ไขให้วิทยานิพนธ์ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) และองค์การสวนยาง (อสย.) ผู้ให้การสนับสนุนทางด้านงบประมาณตลอดการทำวิจัย และสำนักงานฝ่ายโรงงาน 2 (กรุงหยัน) จังหวัดนครศรีธรรมราช ผู้ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างกากขี้แป้งและให้ข้อมูลในการศึกษาวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่เล็งเห็นความสำคัญและให้โอกาสทางการศึกษา และขอขอบคุณ รุ่นน้องและรุ่นพี่ ตลอดจนมิตรสหายทุกท่านที่ผลัดเปลี่ยนกันมาให้คำแนะนำช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ความดีและประโยชน์อันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บุพการี ผู้มีพระคุณ และคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยจนมีวันนี้

นงนภัส สันตกิจ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(13)
บทที่	
1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
ตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	16
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	16
2 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	17
3 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	28
ศึกษาหาสัดส่วนกากขี้แป้งที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช	28
การศึกษาหาวัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการดูดซับความเค็มของกากขี้แป้ง	37
การศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุอินทรีย์	41
การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก เปรียบเทียบกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด	51
การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของกากขี้แป้งตามช่วงอายุ	69
4 สรุปและข้อเสนอแนะ	77
บรรณานุกรม	79
ภาคผนวก	84
ประวัติผู้เขียน	130

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกากขี้แป้ง	7
2	ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างกากขี้แป้งจากตัวแทนโรงงานน้ำยางข้นภายในจังหวัดสงขลา (เดือนธันวาคม 2541 - มกราคม 2542)	8
3	สมบัติทางเคมีของกากขี้แป้งของบริษัทน้ำยางข้นต่างๆ	9
4	พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในกากขี้แป้ง	19
5	พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในชุดดินคอหงษ์	20
6	สิ่งทดลองเพื่อศึกษาอัตราส่วนของดินผสมกากขี้แป้งที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช	20
7	การศึกษาวัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการดูดซับความเค็มของกากขี้แป้ง	22
8	สิ่งทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก	23
9	พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในดินผสมกากขี้แป้ง	24
10	สิ่งทดลองเพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูกเปรียบเทียบกับดินกระถางสำเร็จรูป	25
11	พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในดินผสมก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน	26
12	พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในต้นข้าวโพดหวาน	26
13	สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในตัวอย่างกากขี้แป้ง	28
14	สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในชุดดินคอหงษ์	29
15	ค่าเฉลี่ยของความสูงของต้นข้าวโพดหวานแต่ละสัปดาห์เมื่อปลูกในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2%โดยน้ำหนัก)	30

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดหวาน อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน เมื่อปลูกในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% โดยน้ำหนัก)	32
17	สมบัติทางเคมีบางประการของดินผสมในสิ่งทดลองต่าง ๆ ก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% โดยน้ำหนัก)	36
18	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัว 25 องศาเซลเซียสของดินผสมในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงส์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1% 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนักร่วมกับวัสดุปลูกและยิปซัม)	38
19	ค่าเฉลี่ยของความสูงต้นข้าวโพดหวานแต่ละสัปดาห์ เมื่อปลูกในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1% 0.3%และ 0.5% โดยน้ำหนัก ร่วมกับวัสดุปลูกและยิปซัม)	39
20	ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดหวาน อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน เมื่อปลูกในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1% 0.3%และ 0.5% โดยน้ำหนัก ร่วมกับวัสดุปลูกและยิปซัม)	40
21	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)	42
22	ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)	44
23	ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)	46

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
24	ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)	48
25	ค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)	50
26	การเปรียบเทียบความเป็นกรดเป็นด่างและการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสมก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	51
27	การเปรียบเทียบค่าไนโตรเจนทั้งหมดของดินผสมก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	52
28	การเปรียบเทียบค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินผสมก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	53
29	การเปรียบเทียบค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินผสมก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	54
30	การเปรียบเทียบปริมาณอินทรียวัตถุของดินผสมก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	55
31	การเปรียบเทียบปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์ของดินผสมก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	56
32	การเปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินผสมก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	57
33	การเปรียบเทียบปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินผสมก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	58
34	ความสูงของข้าวโพดหวานที่ระยะเวลาต่างๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกากขี้แป้งในอัตราส่วน 0%, 0.1%และ0.3%โดยน้ำหนัก ร่วมกับวัสดุปลูกและยิปซัม ดินกระถาง 1 และดินกระถาง 2)	59

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
35	ความสูงของแพงพวยที่ระยะเวลาต่างๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกากขี้แป้งในอัตราส่วน 0%, 0.1% และ 0.3% โดยน้ำหนัก ร่วมกับวัสดุปลูกและยิปซัม ดินกระถาง 1และดินกระถาง 2)	61
36	ความสูงของบานไม่รู้โรยที่ระยะเวลาต่างๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกากขี้แป้งในอัตราส่วน 0%, 0.1%และ0.3%โดยน้ำหนัก ร่วมกับวัสดุปลูกและยิปซัม ดินกระถาง 1 และดินกระถาง 2)	62
37	น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานที่อายุ 6 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกากขี้แป้งในอัตราส่วน 0%, 0.1%และ0.3% โดยน้ำหนัก ร่วมกับวัสดุปลูกและยิปซัม ดินกระถาง 1 และดินกระถาง 2)	63
38	น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและจำนวนดอกของแพงพวยที่อายุ 5 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกากขี้แป้งในอัตราส่วน 0%, 0.1% และ 0.3%โดยน้ำหนัก ร่วมกับวัสดุปลูกและยิปซัม ดินกระถาง 1 และดินกระถาง 2)	64
39	น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและจำนวนดอกของบานไม่รู้โรยที่อายุ 6 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกากขี้แป้งในอัตราส่วน 0%, 0.1% และ0.3%โดยน้ำหนัก ร่วมกับวัสดุปลูกและยิปซัม ดินกระถาง 1 และดินกระถาง 2)	65
40	ปริมาณธาตุอาหารพืชในต้นข้าวโพดหวานที่อายุ 6 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกากขี้แป้งในอัตราส่วน 0%, 0.1%และ0.3%โดยน้ำหนัก ร่วมกับวัสดุปลูกและยิปซัม ดินกระถาง 1 และดินกระถาง 2)	66

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	แสดงกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	4
2	ปริมาณน้ำเสียในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น	7
3	หน้าตัดชุดดินคอหงษ์	14
4	การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน อายุ 6 สัปดาห์ ที่ปลูกในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2%โดยน้ำหนัก)	31
5	รากของข้าวโพดหวาน อายุ 45 วัน ที่ปลูกในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1% และ 0.2%โดยน้ำหนัก)	31
6	อาการผิดปกติของข้าวโพดหวาน	32
7	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นเป็นด่างในสิ่งทดลองต่าง ๆ ก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2%โดยน้ำหนัก)	34
8	ค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัว 25 องศาเซลเซียส ในสิ่งทดลองต่าง ๆ ก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2%โดยน้ำหนัก)	34
9	ค่าการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดเป็นด่างของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)	41
10	ค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส ของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)	43
11	ค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสิ่งทดลอง ที่ระยะเวลาต่างๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)	45
12	ค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)	47

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
13	ค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)	49
14	ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดเป็นด่างของกากขี้แป้งในแต่ละช่วงอายุ	70
15	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส ของกากขี้แป้งในแต่ละช่วงอายุ	70
16	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของกากขี้แป้งในแต่ละช่วงอายุ	71
17	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของกากขี้แป้งในแต่ละช่วงอายุ	71
18	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของกากขี้แป้งในแต่ละช่วงอายุ	72
19	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกำมะถันทั้งหมดของกากขี้แป้งในแต่ละช่วงอายุ	73
20	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมทั้งหมดของกากขี้แป้งในแต่ละช่วงอายุ	74
21	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดของกากขี้แป้งในแต่ละช่วงอายุ	74
22	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กทั้งหมดของกากขี้แป้งในแต่ละช่วงอายุ	75
23	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมงกานีสทั้งหมดของกากขี้แป้งในแต่ละช่วงอายุ	76
24	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีทั้งหมดของกากขี้แป้งในแต่ละช่วงอายุ	76

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

อุตสาหกรรมแปรรูปยางพารา เป็นอุตสาหกรรมหลักที่สำคัญอุตสาหกรรมหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราเป็นอันดับสองของโลก ส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้และกระจายอยู่ในภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ รวม 42 จังหวัด มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 16.89 ล้านไร่ (สถาบันวิจัยการยาง, 2551) รองจากประเทศอินโดนีเซียซึ่งมีพื้นที่ปลูกประมาณ 20 ล้านไร่ โรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปยางพาราจึงเกิดขึ้นมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น ซึ่งมีวิธีการผลิตน้ำยางข้นในเชิงการค้าหลายวิธี วิธีหนึ่งที่มีความสำคัญและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การปั่นแยก (Centrifugation) วิธีนี้มีการเติมสารเคมีลงในน้ำยางสดก่อนการปั่นแยก สารเคมีที่ใช้เติม ได้แก่ สารละลาย Ammonia Tetra methyl triuram disulfide (TMTD) Zinc oxide (ZnO) และ Diammonium phosphate (DAP) เพื่อรักษาสภาพน้ำยางสดและเพื่อทำให้แมกนีเซียม (Mg) ตกตะกอน ซึ่ง TMTD จัดเป็นสารเคมีอันตราย TMTD เป็นสารตั้งต้นในการเกิด Nitrosamine ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (ศศิวิมล, 2548) ทำลายกิจกรรมการสังเคราะห์สารพันธุกรรม (DNA) ในเซลล์ (Paolo, 2005) นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลงและยาฆ่าเชื้อในเมล็ดพืช ตลอดจนใช้ในการไล่นกและสัตว์ต่างๆ สำหรับอุตสาหกรรมน้ำยางข้นจะเติม TMTD เพื่อเร่งการจับตัวของโมเลกุลยาง (กรมควบคุมมลพิษ, 2544) ของเสียที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นประเภทหนึ่งคือกากขี้แป้ง ซึ่งเป็นของเสียที่ได้จากการตกตะกอนในถังพักน้ำยางที่รวบรวมน้ำยางสดและจากกระบวนการปั่นน้ำยางสด กากขี้แป้งมีลักษณะเป็นสีขาวหรือสีเหลือง กากขี้แป้งนี้จะเกิดขึ้นประมาณ 1%โดยน้ำหนักของน้ำยางสดที่นำมาใช้ในการผลิตน้ำยางข้น (วันชัย, 2540 และ วราศรี, 2543) และเนื่องจากแต่ละโรงงานจะมีการนำน้ำยางสดมาผลิตน้ำยางข้นประมาณ 39.91-157.56 ตันต่อวัน จึงมีของเสียในรูปกากขี้แป้งเกิดขึ้นในแต่ละโรงงานผลิตน้ำยางข้นระหว่าง 0.39-1.58 ตันต่อวัน โดยเฉลี่ย 0.99 ตันต่อวัน ถ้าปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานน้ำยางข้นที่จดทะเบียนอย่างถูกต้องตามกฎหมายประมาณ 77 โรงงาน (จักรี, 2548) ประเทศไทยจะมีกากขี้แป้งที่เกิดจากโรงงานเหล่านี้ ประมาณ $77 \times 0.99 = 76.23$ ตัน/วัน ซึ่งนับว่ามีปริมาณกากขี้แป้งมากพอสมควร ในทางปฏิบัติโรงงานจะนำกากขี้แป้งเหล่านี้ไปใช้ถมพื้นที่ ถมถนน ตลอดจนเผาทิ้งหรือทิ้งรวมกับขยะอื่น (วราศรี, 2543) ซึ่งวิธีการจัดการของเสียดังกล่าวเป็นวิธีการที่อาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้

กากขี้แป้งมีองค์ประกอบของธาตุอาหารพืช ได้แก่ ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม ไนโตรเจน สังกะสี โพแทสเซียมและกำมะถัน อยู่ในปริมาณหนึ่ง ซึ่งอาจนำมาใช้ประโยชน์เป็นสารปรับปรุงดินสำหรับการเพาะปลูกพืชได้ และอาจช่วยประหยัดต้นทุนของเกษตรกรในการซื้อปุ๋ยฟอสเฟตซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาหาแนวทางในการจัดการนำเอากากขี้แป้งดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ให้เหมาะสมโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้จริงในทางปฏิบัติ คือ การนำกากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมน้ำยางพารามาเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับชุดดินคอหงษ์ ซึ่งพบกระจายอยู่ทั่วไปในเขตฝนตกชุกเช่นภาคใต้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดสงขลา มีพื้นที่ทั้งหมด 64,509 ไร่ ให้กับชุดดินคอหงษ์เป็นชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำและนิยมใช้ปลูกยางพารา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) จึงเหมาะสมที่จะทดลองใช้กากขี้แป้งเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน ซึ่งอาจเป็นแนวทางในการนำของเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยลดมลพิษที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้อีกทางหนึ่ง โดยทดลองปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ (*Zea mays L. var. saccharata*) ซึ่งเป็นพืชที่นิยมใช้ในการทดลองด้านธาตุอาหารพืช (คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์, 2554) เนื่องจากเป็นพืชที่เจริญเติบโตง่ายและมีการตอบสนองไวต่อธาตุอาหารพืช นอกจากนี้ยังทดลองปลูกไม้ดอกที่นิยมปลูกเพื่อจำหน่ายเป็นไม้กระถางประดับภายนอกอาคารในท้องตลาดอีก 2 ชนิด คือ แพงพวย (*Catharanthus roseus (L.) G. Don f.*) และบานไม่รู้โรย (*Gomphrena glolosa L.*) ซึ่งเป็นพืชที่โตไว มีโรคและศัตรูพืชน้อย

ตรวจเอกสาร

<u>1. อุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น</u>

1.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น

น้ำยางสดที่ได้จากการกรีดต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวขุ่นคล้ายน้ำนม มีอนุภาคขนาด 0.05-0.5 ไมครอน ในน้ำยางสดมีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณร้อยละ 25-45 ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุ ฤดูกาล และกรรมวิธีกรีดยาง โดยทั่วไปน้ำยางสดประกอบด้วยสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดร้อยละ 36 เนื้อยางแห้งร้อยละ 33 โปรตีนและไขมันร้อยละ1.0-1.2 คาร์โบไฮเดรตและเถ้าร้อยละ 1.0 ความหนาแน่นประมาณ 0.975-0.980 กรัม/มิลลิลิตร และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.5-7.0 ซึ่งต้องนำมาแปรรูปให้อยู่ในรูปของน้ำยางข้น เพื่อให้เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ และมีคุณภาพที่สม่ำเสมอกว่าน้ำยางสด

น้ำยางข้น คือ น้ำยางที่มีเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content: DRC) ไม่ต่ำกว่า 60% การผลิตน้ำยางข้นสามารถทำได้ 4 วิธี คือ วิธีระเหยด้วยน้ำ วิธีทำให้เกิดครีม วิธีปั่นแยก และวิธีแยกด้วย

ไฟฟ้า ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ในประเทศไทยคือ วิธีการปั่นแยกด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง ซึ่งมีรายละเอียดการผลิตแสดงดังภาพประกอบ 1

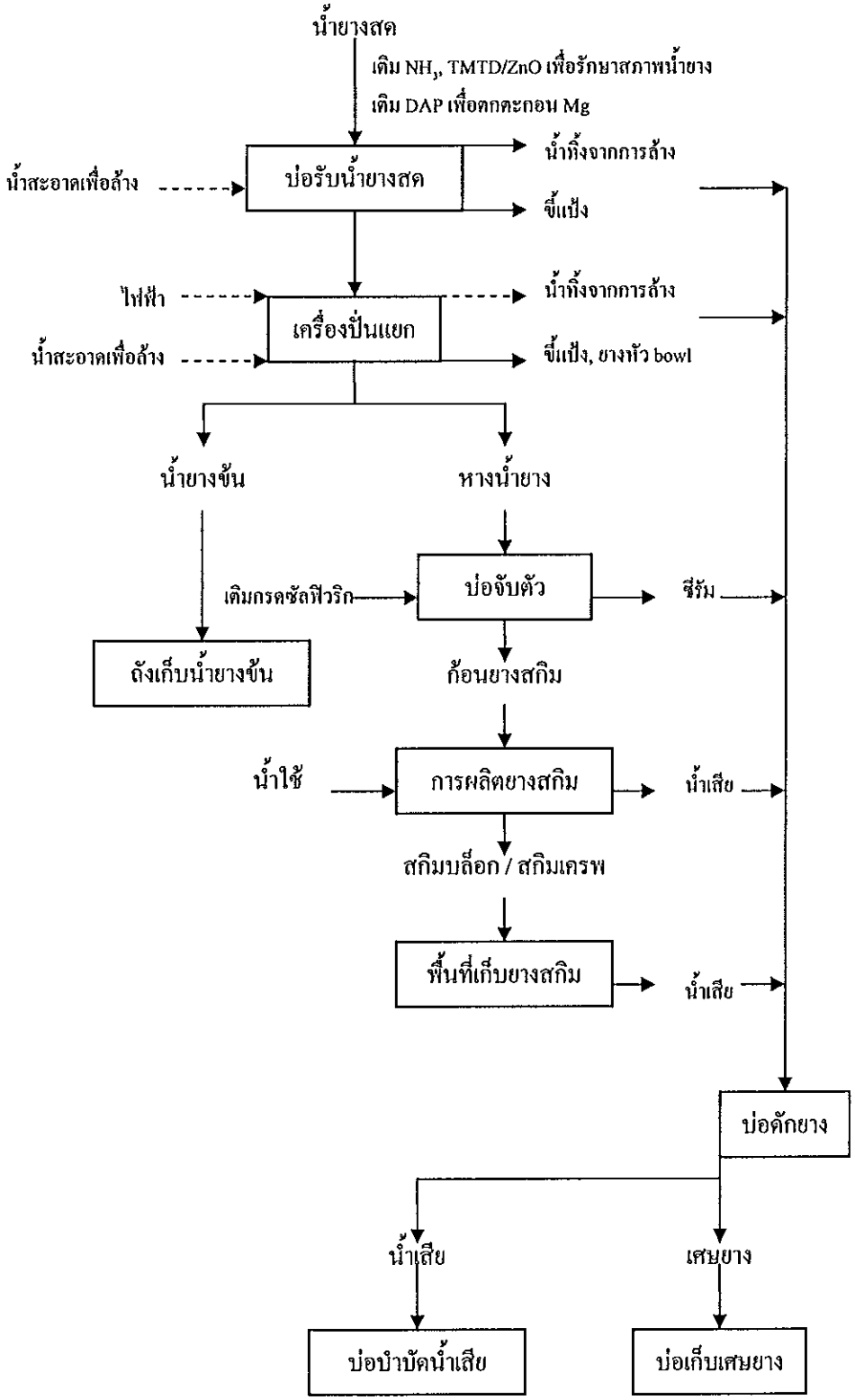
กระบวนการผลิตน้ำยางข้น มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การรับน้ำยางสด น้ำยางสดจะถูกรักษาสภาพไม่ให้จับตัว ด้วยแอมโมเนียและ TMTD/ZnO และถูกถ่ายผ่านตะแกรงกรองลงสู่รางรับน้ำยางสด จากนั้นน้ำยางสดจะไหลจากรางรับน้ำยางสดลงสู่บ่อรับน้ำยางสด ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเกิดกลิ่นเหม็นของไอระเหยแอมโมเนียเนื่องจากเกิดการฟุ้งกระจายของแอมโมเนียระหว่างการถ่ายน้ำยางสด เนื่องจากมีการเติมสารเคมีช่วยในการตกตะกอนแมกนีเซียม และมีการจับตัวของยางที่ผนังบ่อ ซึ่งอาจทำให้น้ำยางสดมีการปนเปื้อนได้

2. การเตรียมน้ำยางสด ต้องมีการปรับสภาพน้ำยางสดให้เหมาะสมต่อกระบวนการปั่นแยกด้วยการเติมแอมโมเนีย เพื่อให้น้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียเกินกว่า 0.4% โดยน้ำหนักและเติม Diammonium hydrogen phosphate (DAP) ทิ้งไว้ 1คืนเพื่อให้แมกนีเซียมตกตะกอนเป็นกากขี้แป้ง สำหรับน้ำยางที่มีแมกนีเซียมสูง เพราะน้ำยางที่จะนำมาปั่นแยก ควรมีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm และเมื่อปั่นแล้วไม่ควรเกิน 20 ppm นอกจากนี้ ปริมาณกรด (Volatile Fatty Acid :VFA) ไม่ควรเกิน 0.05% หากมีปริมาณกรดมากกว่านี้ ต้องนำไปผสมกับน้ำยางสดที่มีค่าไม่เกิน 0.05%

3. การปั่นแยก อาศัยหลักการคือ น้ำยางธรรมชาติเป็นสารละลายคอลลอยด์ ที่ประกอบด้วยส่วนอนุภาคของยางแขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในซีรั่ม และเนื่องจากอนุภาคยางเหล่านี้เบากว่าซีรั่มจึงลอยตัวสู่ผิวหน้าน้ำยางและมีการเคลื่อนไหวแบบบราวเนี่ยน ซึ่งอัตราการเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก ดังนั้นการปั่นจะช่วยเพิ่มแรงดึงดูดและเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางซึ่งช่วยแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกจากส่วนซีรั่ม ในการปั่นแยกน้ำยางสดจะได้น้ำยาง 2 ส่วน คือ หางน้ำยาง และน้ำยางข้น โดยน้ำยางข้นจะมีเนื้อยางแห้งประมาณ 60% เครื่องปั่นยางขนาดเล็ก สามารถป้อนน้ำยางสดได้ประมาณ 150 ลิตร/ชั่วโมง ส่วนเครื่องขนาดใหญ่สามารถป้อนน้ำยางสดได้ประมาณ 400-600 ลิตร/ชั่วโมง และในการปั่นแยกยางจะมีการล้างเครื่องปั่นยางทุกๆ 2 - 3 ชั่วโมง เนื่องจากการอุดตันของยางและกากขี้แป้งบริเวณหัวโบว์ลของเครื่องปั่นยาง โดยในการล้างแต่ละครั้งจะใช้เวลาในการล้างนานประมาณ 10-15 นาที

4. การไล่แอมโมเนียในหางน้ำยาง หางน้ำยางที่ได้จากกระบวนการปั่นยางจะถูกนำไปไล่แอมโมเนียออกเพื่อลดปริมาณการใช้กรดซัลฟิวริกในการตกตะกอนเพื่อผลิตยางสกิม เนื่องจากถ้าหางน้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียสูง จะต้องใช้กรดในการตกตะกอนเป็นปริมาณมาก ดังนั้นจึงมีการไล่แอมโมเนียในหางน้ำยาง ด้วยการใช้ถาดไล่แอมโมเนียหรือเครื่องกวน



ภาพประกอบ 1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2548)

5. การผลิตยางสกิม หางน้ำยางที่ผ่านการไล่แอมโมเนียแล้ว จะถูกเติมด้วยกรดซัลฟิวริก เพื่อให้เนื้อยางจับตัวกันในขั้นตอนนี้จะได้ก้อนยางสกิมที่จับตัวกันและสามารถนำไปจำหน่ายได้ นอกจากนี้ก้อนยางสกิมนี้สามารถนำไปผลิตยางสกิมเครพหรือสกิมบล็อกต่อไป

6. การดักยาง (แยกยางจากบ่อ) เป็นการดักเนื้อยางที่ปะปนมากับน้ำเสียจากขบวนการต่างๆ เช่น การตกค้างในบ่อรับน้ำยางสดเครื่องปั่นยาง และบ่อเก็บน้ำยางข้น ด้วยการเติมโพลิเมอร์ต่างๆ หรือจากบ่อดักยางซึ่งยางที่ได้จะสามารถนำไปจำหน่ายในราคาที่ต่ำเนื่องจากมีคุณภาพไม่ดี

7. การเตรียมสารละลายแอมโมเนีย ในกรณีที่โรงงานไม่ได้ใช้แอมโมเนียในรูปของแอมโมเนียแห้งหรือแอมโมเนียเหลว แต่ใช้ในรูปสารละลายแอมโมเนียหรือน้ำแอมโมเนีย โรงงานจะต้องเตรียมสารละลายแอมโมเนีย ให้อยู่ในรูปสารละลายเข้มข้นประมาณ 10% ซึ่งในการเตรียมสารละลายแอมโมเนียผสมกับน้ำจะเกิดความร้อน และส่งผลให้แอมโมเนียระเหยออกจากสารละลายได้ง่ายขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้น

1.2 ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548)ได้รวบรวมของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นที่เป็นปัญหามลพิษกับสิ่งแวดล้อมไว้ดังนี้

1.2.1 มลพิษทางอากาศและกลิ่น

ปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางข้น คือ

1) กลิ่นแอมโมเนีย โดยแหล่งที่มาของกลิ่น คือ

- ถังบรรจุแอมโมเนีย จากการหกล้นระหว่างการถ่ายน้ำยางและระหว่างการเตรียมสารละลายแอมโมเนียอันเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำกับแอมโมเนีย
- การเติมสารละลายแอมโมเนียที่มีความเข้มข้นสูงในกระบวนการปั่นยาง
- การไล่แอมโมเนียในหางน้ำยางจากถาดไล่แอมโมเนียในกระบวนการสกิม

2) กลิ่นเหม็นภายในโรงงาน เป็นกลิ่นเหม็นที่ผสมปนกับก๊าซชนิดต่างๆ โดยมากแล้วเป็นก๊าซที่มีองค์ประกอบของสารประกอบซัลเฟอร์และไนโตรเจน โดยแหล่งที่มาของกลิ่นเหม็น คือ

- ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เอมีน และก๊าซอื่นๆ จากน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสีย
- การดักยางที่ไม่ดีพอและมีระยะเวลากักเก็บนานเกินไป
- มีการเก็บเศษยางและขี้ยางในพื้นที่หรือบริเวณที่เก็บนานทำให้เกิดการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย
- น้ำซีรั่มที่มีระยะเวลากักเก็บนานทำให้เกิดปฏิกิริยาการหมักของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต

3) ไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงงานที่มีการใช้เตาอบในการผลิตยางสกิมเครพและสกิมบล็อก

1.2.2 น้ำเสีย

น้ำเสียจากสายการผลิตมีแหล่งที่มาแตกต่างกันดังนี้

1) บ่อรับน้ำยางสด ได้แก่

- น้ำล้างทำความสะอาดรถบรรทุกน้ำยางสดของชาวสวน น้ำล้างบ่อรับน้ำยางและน้ำล้างหัวปั่นน้ำยางซึ่งต้องล้างทุกๆ 2-3 ชั่วโมง เนื่องจากการอุดตันของหัวปั่นน้ำยางและการอุดตันของขี้ยางที่ท่อจ่ายน้ำยาง

- น้ำเสียจากการล้างน้ำยาง ที่ล้นจากเครื่องปั่นน้ำยาง ระหว่างกระบวนการปั่นยาง น้ำเสียที่ได้จากการล้างทำความสะอาดน้ำยางสดบริเวณพื้น

2) การปั่นยาง ได้แก่

- น้ำล้างหัวปั่นน้ำยาง ซึ่งต้องล้างทุก 2-3 ชั่วโมง เนื่องจากการอุดตันของหัวปั่นน้ำยางและการอุดตันของขี้ยางที่ท่อจ่ายน้ำยาง

- น้ำเสียจากการล้างน้ำยาง ที่ล้นจากเครื่องปั่นน้ำยาง ระหว่างกระบวนการปั่นยาง

3) กระบวนการสกิม ได้แก่

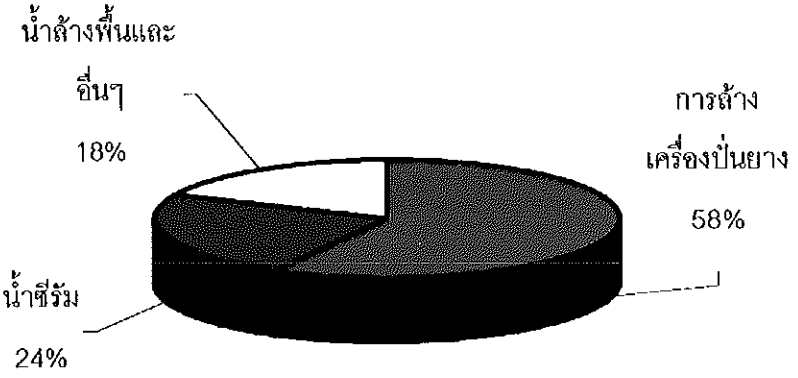
- หางน้ำยาง ซึ่งมีปริมาณเนื้อยาง DRC 4-6 % ส่วนประกอบที่เหลือเป็นน้ำ หลังจากตกตะกอนยางสกิมแล้ว จะถูกปล่อยลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย

- น้ำจากเครื่องรีดยาง เป็นน้ำที่ฉีดพ่นในการรีดยาง เพื่อล้างกรดซัลฟิวริกที่ติดอยู่ที่ยางสกิมเพื่อให้ยางสกิมที่ได้มีคุณภาพดี

- น้ำล้างจากการทำยางฝอย เป็นน้ำที่ฉีดสู่ถาดรับยางฝอยเพื่อรักษาสภาพยางฝอยให้เหมาะก่อนเข้าถาดอบแห้ง

4) ถังน้ำยางข้น ได้แก่

- น้ำจากการล้างทำความสะอาดถัง เพื่อลดการปนเปื้อนของน้ำยางข้น สัดส่วนของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น ดังแสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ปริมาณน้ำเสียในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2548) (อ้างจาก กรมควบคุมมลพิษ,2545)

1.2.3 กากของเสีย

กากของเสียในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น คือ กากขี้แป้ง เป็นของเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการตกตะกอนของแมกนีเซียมในน้ำยางสด โดยทางโรงงานกำจัดโดยการนำไปถมถนนในโรงงาน และส่วนที่เหลือก็เผาทิ้ง (วราศรี, 2543)

2. กากขี้แป้ง

2.1 คุณลักษณะและสมบัติของกากขี้แป้ง

กากขี้แป้ง เป็นของเสียอินทรีย์ที่มีปริมาณธาตุอาหารพืชอยู่มากในปริมาณหนึ่ง ดังแสดงในตารางที่ 1, 2 และ 3

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกากขี้แป้ง

ลักษณะ	กากขี้แป้ง	
	ถังพักน้ำยาง	เครื่องปั่นยาง
ความชื้น (%)	63.72	58.40
ของแข็งระเหยได้ (%ของน้ำหนักแห้ง)	51.11	57.09
ไนโตรเจน (N ,%ของน้ำหนักแห้ง)	1.91	2.30
ฟอสฟอรัส(P_2O_5 ,%ของน้ำหนักแห้ง)	19.50	21.69
โพแทสเซียม(K_2O ,%ของน้ำหนักแห้ง)	1.79	2.11
แมกนีเซียม(Mg ,%ของน้ำหนักแห้ง)	6.69	6.18
สังกะสี(Zn ,%ของน้ำหนักแห้ง)	0.71	0.81

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2548) (อ้างจาก วราศรี เถกประสิทธิ์, 2543)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างกากขี้แป้งจากตัวแทนโรงงานน้ำยางข้นภายในจังหวัดสงขลา (เดือนธันวาคม 2541 - มกราคม 2542)

	พารามิเตอร์	กากขี้แป้งจากถังพักน้ำยาง		กากขี้แป้งจากถังปั่นน้ำยาง	
		range	average±SD.	range	average±SD.
ตัวอย่างสด	MC (%)	55.6-62.0	58.93±3.21	54.6-57.9	56.5±1.71
	SC (%)	38.0-44.4	41.07±3.21	42.1-45.5	43.50±1.71
	pH	8.29-9.20	8.72±0.46	8.31-8.82	8.54±0.26
	Density (ton/m^3)	1.0239-1.0556	1.0355±0.02	1.0396-1.0966	1.0598±0.03
	N (%wet wt.)	1.79-2.52	2.04±0.42	2.45-3.43	2.87±0.50
ตัวอย่างแห้ง	VS (%dry wt.)	44.8-57.2	49.83±6.52	55.7-57.3	56.27±0.90
	N (%dry wt.)	1.60-2.33	1.88±0.40	1.82-3.20	2.41±0.71
	P as P_2O_5 (%dry wt.)	19.7-23.6	21.17±2.12	21.4-22.6	22.07±0.61
	K as K_2O (%dry wt.)	1.31-2.33	1.99±0.59	1.76-2.50	2.24±0.41
	Mg (%dry wt.)	7.66-8.05	7.69±0.22	6.72-7.73	7.33±0.54
	Zn (%dry wt.)	0.24-0.59	0.43±0.18	0.36-0.18	0.59±0.22

หมายเหตุ MC : ปริมาณความชื้น
SC : ปริมาณของแข็งทั้งหมด
VS : ปริมาณของแข็งระเหยได้

ที่มา : วราศรี (2543)

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีของกากขี้แป้งของบริษัทน้ำยางข้นต่างๆ

ก) สมบัติทางเคมีของกากขี้แป้งจากบริษัทเซาท์แลนด์ลาแท็กซ์ จำกัด จังหวัดสงขลา มีรายละเอียดดังนี้

สมบัติทางเคมี	ค่าวิเคราะห์
pH (กากขี้แป้ง:น้ำ ; 1:5)	6.94
ความเค็ม (electrical conductivity,กากขี้แป้ง:น้ำ ; 1:5)	2.91 dS m^{-1}
อินทรียวัตถุ (OM)	26.34%
ไนโตรเจนทั้งหมด (N)	1.28%
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (P)	2.84%
โพแทสเซียมทั้งหมด (K)	0.34%
แคลเซียมทั้งหมด (Ca)	0.12%
แมกนีเซียมทั้งหมด (Mg)	2.18%
ซัลเฟอร์ทั้งหมด (S)	0.23%
สารหนู (As)	Trace*
แคดเมียม (Cd)	0.17 มก./กก.
โครเมียม (Cr)	1.18 มก./กก.

* ปริมาณน้อยมากไม่สามารถวัดได้

ที่มา : ชัยรัตน์ และ นิทัศน์ (2549)

ข) สมบัติทางเคมีของกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น จังหวัดสุราษฎ์ธานี มีรายละเอียดดังนี้

สมบัติทางเคมี	ค่าวิเคราะห์
pH (กากขี้แป้ง:น้ำ ; 1:5)	7.89
Organic-C (%)	12.55
Organic-matter (%)	21.64
Total nitrogen (mg/kg)	28,160.14
Ammonium nitrogen (mg/kg)	3,794.10
Available phosphorus (mg/kg)	30,400.87
Exchangeable potassium (mg/kg)	1,785.09
Available Zn (mg/kg)	84.00
Available Mg (mg/kg)	1,276.67
Available Ca (mg/kg)	2,563.90
Available Na (mg/kg)	546.87
Available Fe (mg/kg)	0.30
Available Mn (mg/kg)	0.034

* ปริมาณน้อยมากไม่สามารถวัดได้

ที่มา : วลัยพร (2547)

ค) สมบัติทางเคมีของกากขี้แป้งจากโรงงานน้ำยางข้น 3 แห่ง ได้แก่ บริษัท ถาวรอุตสาหกรรม จำกัด บริษัท ฉลองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด จังหวัดสงขลา และบริษัทปัตตานีอุตสาหกรรม จำกัด จังหวัดปัตตานี มีรายละเอียดดังนี้

สมบัติทางเคมี	ค่าวิเคราะห์
pH (กากขี้แป้ง:น้ำ ; 1:5)	7.38-7.74
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	3.07-3.65
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)	14.22-15.17
โพแทสเซียมทั้งหมด (%)	0.79-1.20
แมกนีเซียมทั้งหมด (%)	11.69-12.88
สังกะสีทั้งหมด (%)	0.37-0.98
แคลเซียมทั้งหมด (%)	0.01-0.06

ที่มา : เสาวนีย์ และ คณะ (2546)

2.2 การใช้ประโยชน์จากกากขี้แป้ง

กากขี้แป้ง เป็นของเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นที่ทางโรงงานต้องกำจัด หากมีการนำกากขี้แป้งที่เหลือทิ้งดังกล่าวนี้มาใช้ประโยชน์เป็นสารปรับปรุงดินได้ ก็จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อการปลูกพืช หรือใส่ในพื้นที่ของแปลงปลูกพืชทั่วไปที่มีอินทรียวัตถุหรือความอุดมสมบูรณ์ต่ำก็จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตของเกษตรกรได้ นอกจากนี้ การนำวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ ก็สามารถช่วยลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น และเป็นการนำของเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีกทางหนึ่งด้วย

3. การใช้ประโยชน์กากของเสียอุตสาหกรรมในการทำวัสดุปรับปรุงดิน

เนื่องจากในแต่ละวันจะมีของเสียจากอุตสาหกรรมต่างๆ เกิดขึ้นในปริมาณมาก หากไม่มีการจัดการที่ดีก็อาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้ การใช้ประโยชน์ของเสียอุตสาหกรรมที่เป็นวัสดุอินทรีย์เหลือใช้เพื่อใช้เป็นปุ๋ยหรือวัสดุปรับปรุงดินนั้น นอกจากจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตของเกษตรกรได้แล้ว ยังช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีได้ด้วย การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถทำให้ผลผลิตพืชอยู่ในระดับที่น่าพอใจได้ บางครั้งจึงจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วย หากใช้

ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวก็มีผลเสียต่อโครงสร้างของดิน ทำให้ดินแน่นทึบ การระบายน้ำและอากาศในดินไม่ดีเท่าที่ควร อาจส่งผลเสียระยะยาวในการปลูกพืช (ดำริ และ จันจิรา, 2534) การนำกากของเสียจากอุตสาหกรรมที่เป็นวัสดุอินทรีย์ มาใช้เป็นปุ๋ยหรือวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตของพื้นที่เกษตรที่มีอยู่อย่างจำกัดนั้น ทำให้มีการใช้ทรัพยากรดินอย่างคุ้มค่าและยั่งยืน ลดการบุกรุกพื้นที่ทำลายทรัพยากรป่าไม้ และลดปัญหามลภาวะที่อาจจะเกิดจากการกำจัดของเสียอย่างไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ การนำของเสียจากอุตสาหกรรมที่เป็นวัสดุอินทรีย์ มาใช้เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินเสื่อมโทรม จะนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตที่ยั่งยืน เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และลดการนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ในการนำกากของเสียอุตสาหกรรมมาใช้ก็จะต้องคำนึงถึงธาตุโลหะหนักที่เจือปนอยู่ด้วย การนำกากตะกอนมาใช้ในการปลูกพืช อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง แต่เมื่อพิจารณาถึงความปลอดภัยแล้ว ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ปลูกพืชเพื่อรับประทาน ควรนำไปใช้กับการปลูกไม้กระถางหรือไม้ประดับ และการปลูกหญ้าสนาม เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเกี่ยวกับความเป็นพิษจากธาตุโลหะหนักที่อาจเกิดขึ้นในภายหลัง

ฟ้าไพลิน (2549) ได้ทดลองศึกษาอิทธิพลของเถ้าหนักจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด พบว่า การใส่เถ้าหนักทำให้การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตเมล็ดเพิ่มขึ้น และไม่มีการสะสมของธาตุโลหะหนักพวก Cr, Ni, Co, Pb และ Cd ในดินและพืช แม้จะทดลองปลูกในกระถาง จึงควรทำการศึกษาทดลองในภาคสนามต่อไป นอกจากนี้ การใส่เถ้าหนักในอัตราที่สูง ทำให้อัตราส่วนของ Ca:Mg ratio ในดินกว้างมากขึ้น และอาจทำให้ความเป็นประโยชน์และการดูดใช้แมกนีเซียมลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับพืชที่ปลูกในกระถางซึ่งมีปริมาณดินอยู่อย่างจำกัด เช่นเดียวกับในการศึกษาทดลองนี้ ซึ่งตัวอย่างกากขี้แป้งมีอัตราส่วนของ Ca:Mg ratio กว้าง เมื่อใส่ลงไปในดิน อาจทำให้ความเป็นประโยชน์และการดูดใช้แคลเซียมลดลงได้ ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาหาแนวทางแก้ไขเบื้องต้นก่อนทดลองขั้นต่อไป

การนำกากของเสียมาเป็นวัสดุปรับปรุงดิน เป็นแนวทางหนึ่งในการนำของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ใหม่ เนื่องจากกากตะกอนที่ผ่านการบำบัดแล้ว จะประกอบไปด้วยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะไนเตรท ซึ่งพบเป็นปริมาณมากในกากตะกอนแห้ง (Tarrasóna และคณะ, 2006) นอกจากนี้ยังพบว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากถึง 516 ชนิด (Ellen Z. และคณะ, 2005) เมื่อนำกากตะกอนมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เช่น ดินทรายหรือดินเหนียว จะช่วยเพิ่มค่า pH ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแคลเซียม ในการนำกากตะกอนมาทำปุ๋ยหมัก ไม่จำเป็นต้องตรวจหาค่า

C/N ratio เนื่องจากในกากตะกอน มีปริมาณไนโตรเจนและคาร์บอนมากเพียงพอกับความต้องการของแบคทีเรีย ในการนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์

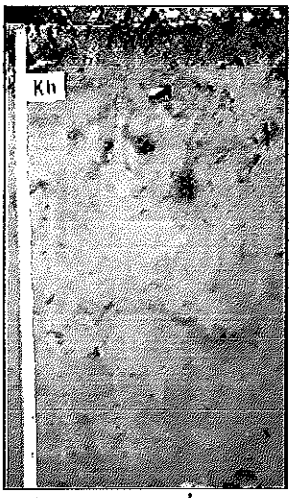
Linping และ คณะ (2000) ได้ทำการทดลองศึกษาประสิทธิภาพของกากตะกอนที่ได้จากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 พบว่า กากตะกอนสามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินได้ดีใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี แต่จำเป็นต้องใช้เวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนี้จากการทดลองนำกากขี้แป้งมาใช้เป็นปุ๋ยปลูกหญ้าของวราศรี (2543) พบว่า ต้นหญ้าที่ได้รับธาตุอาหารพืชจากกากขี้แป้งมีลักษณะสวยงามและสมบูรณ์กว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว จึงสามารถลดต้นทุนในการผลิตลงได้ และการทดลองของวลัยพร (2547) ซึ่งพบว่า เมื่อปลูกพืชในอัตราส่วนดิน:กากขี้แป้ง:กากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานไก่สดแช่แข็ง เท่ากับ 1:3:1 ช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดีไม่แตกต่างกับการปลูกพืชโดยใช้ปุ๋ยเคมี และนอกจากนี้พบว่ายังมีการสะสมธาตุอาหารในดินไว้เป็นแหล่งธาตุอาหารในฤดูการปลูกต่อไปไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมีอีกด้วย แต่การใช้กากขี้แป้งต้องใช้ในปริมาณที่มากกว่าปุ๋ย ในทางปฏิบัติอาจทำให้มีค่าใช้จ่ายอื่นๆเกิดขึ้นอีก เช่น ค่าแรงงาน ค่าขนส่ง เป็นต้น

จากการศึกษาการเตรียมสารปรับปรุงดินจากกากขี้แป้งของสาเราะ (2553) พบว่าเมื่อเตรียมสารปรับปรุงดินจากอัตราส่วน กากขี้แป้ง:กากอินทรีย์:EM เท่ากับ 4:3:1 ผสมกับดินสัดส่วน 1:3 ปลูกต้นทานตะวันแล้วเจริญเติบโตได้ดีใกล้เคียงกับกลุ่มที่มีการเติมปุ๋ย ซึ่งสอดคล้องกันกับการศึกษาของอภิรัฐ (2553) พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมวัสดุปรับปรุงดินจาก กากขี้แป้ง:มูลสุกร:ขี้เถ้าแกลบ คือ 5:75:25 น้ำหนักเปียก ช่วยให้ต้นกระถินเทพาเจริญเติบโตได้ดีและพบว่ากากขี้แป้งสามารถเพิ่มธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสให้กับดินได้ดีกว่าในชุดดินผสมปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอีกด้วย

<u>4. ชุดดินคอหงษ์</u>

ชุดดินคอหงษ์ (Coarse-loamy, kaolinitic, isohyperthermic Typic Kandiudults) จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 39 เกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางใกล้ๆ โดยแรงโน้มถ่วงของหินทรายหรือหินในกลุ่มในพื้นที่ที่มีการเกลี่ยผิวแผ่นดินให้ต่ำลง สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนชัน มีความลาดชัน 2-12 % ดินที่พบเป็นดินร่วนหยาบลึกมาก ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย มีสีน้ำตาล ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง อาจพบดินร่วนเหนียวปนทรายในดินล่างชั้นถัดไป ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินค่อนข้างเป็นทรายและสภาพพื้นที่มีความลาดชัน

หน้าดินง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลาย มีศักยภาพในการปลูกไม้ผล ปาล์มน้ำมัน ไม้ยืนต้น พืชไร่ รวมทั้งสามารถพัฒนาพื้นที่เป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ชุดดินที่คล้ายคลึงกันคือชุดดินนาทวี



ภาพประกอบ 3 หน้าตัดชุดดินคอหงษ์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

5. วัสดุปรับปรุงดิน

เนื่องด้วยชุดดินคอหงษ์ มีเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ดังนั้นการใส่วัสดุปรับปรุงดินที่เป็นของเหลือใช้จากการเกษตรที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นบางชนิด เช่น แกลบดิบ แกลบเผา และขุยมะพร้าว สามารถช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพ ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินให้ดีขึ้น ลดการชะล้างและสูญหายของธาตุอาหารที่ใส่ลงไป (อุไรวรรณ, 2545) และลดระดับความเค็มที่ละลายออกมาจากกากขี้แป้งที่จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ในเป็นวัสดุปรับปรุงดิน นอกจากจะเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินแล้ว ยังเป็นการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ ลดการใช้ปุ๋ยเคมี ลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร นำไปสู่การเกษตรอย่างยั่งยืน และเป็นการใช้ทรัพยากรทางการเกษตรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย

กัญจนัสม์ (2548) ได้ทำการศึกษาวัสดุปรับปรุงดินที่เหมาะสมในการดูดซับความเค็มของดินนากุ้งร้าง โดยทดลองใส่วัสดุปลูกชนิดต่างๆในดินนากุ้งร้าง ทดลองปลูกข้าโพดหวาน พบว่าเมื่อใส่แกลบดิบ 6% สามารถดูดซับความเค็มได้ดีที่สุด รองลงมาคือขุยมะพร้าว ส่วนอุไรวรรณ (2545) ได้ทดลองใช้กากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเล มาปรับปรุงดินเหมืองแร่ร้าง พบว่าในชุดการทดลองที่ใส่กากตะกอน 1% โดยน้ำหนัก ร่วมกับขุยมะพร้าว 15% ทำให้ข้าวโพดมีความสูงและน้ำหนักสดสูงสุด และจากการศึกษาของชูสิน (2541)

พบว่า ดินบ่อเลี้ยงกุ้งร้างที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่น 25 ลิตร/ดิน 3 กิโลกรัม ผสมกับยิปซัมและแกลบ 8 % โดยน้ำหนัก สามารถลดความเค็มได้ดีที่สุด ดังนั้น ในการศึกษานี้ จึงเลือกใช้วัสดุวัสดุอินทรีย์ในอัตราส่วน 8% โดยน้ำหนัก และจากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าเป็นปริมาณที่ไม่มากและไม่น้อยเกินไป ซึ่งวัสดุที่เลือกใช้ดูดซับความเค็มมี 3 ชนิดคือ

1) **แกลบดิบ** เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวเปลือก หรือตำข้าวเปลือก เป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาถูก น้ำหนักเบา ง่ายต่อการนำมาใช้ แกลบมีประโยชน์ในการปรับปรุงโครงสร้างของดินซึ่งจะทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุย ช่วยให้น้ำและอากาศถ่ายเทหมุนเวียนได้สะดวก นอกจากนี้แกลบยังสามารถช่วยลดความเค็มของดินได้เพราะแกลบจะทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น ซึ่งจะช่วยลดการระเหยของน้ำใต้ดินที่มีความเค็มไม่ให้ขึ้นมาสู่ผิวดิน (ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์, 2532) เมื่อแกลบสลายตัวจะให้ธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะซิลิกามีมากถึง 15% ในแกลบ ซึ่งช่วยให้พืชไม่ล้มง่ายและต้านทานต่อโรคและแมลง นอกจากนี้แกลบยังมีปริมาณไนโตรเจน 0.36% ฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 0.09% และโพแทสเซียมในรูป K_2O 1.08% อีกด้วย (อิทธิสุนทร,2549)

2) **แกลบเผา** เป็นผลพลอยได้จากการเผาเปลือกข้าว หรือแกลบดิบ เป็นวัสดุเหลือใช้อีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาทำเป็นสารปรับปรุงดิน เนื่องจากมีธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปออกไซด์ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดี ทำให้พืชดูดไปใช้ได้ง่าย แตกต่างจากแกลบดิบ ที่ต้องใช้เวลาในการย่อยสลายพอสมควรกว่าที่ธาตุอาหารพืชในแกลบดิบจะอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดนำไปใช้ประโยชน์ได้

3) **ขุยมะพร้าว** เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเส้นใยมะพร้าวที่ได้จากการทุบหรือใช้เครื่องจักรตีเอาเฉพาะส่วนของเส้นใยของกาบมะพร้าวไปใช้ประโยชน์ ขุยมะพร้าวมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย คือมี pH ประมาณ 6.2 มีปริมาณโพแทสเซียมค่อนข้างสูง แต่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกชนิดอื่นๆ คือ มีปริมาณไนโตรเจน 0.36% ฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 0.05% และโพแทสเซียมในรูป K_2O 2.94% (พิทยากรและฉวีวรรณ, 2540) เมื่อขุยมะพร้าวผ่านกระบวนการสลายตัวจะมีสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุมีค่าสูง ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้งต่ำ ขุยมะพร้าวช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินให้ร่วนซุย มีความยืดหยุ่นสูง ผุเปื่อยช้า รากพืชเจริญเติบโตได้ดี นอกจากนี้ยังช่วยในการอุ้มน้ำและดูดซับธาตุอาการพืชไว้ได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของกากขี้แป้งจากโรงงานน้ำยางข้น
2. เพื่อศึกษาหาแนวทางในการนำกากขี้แป้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ประโยชน์เป็นสารเพิ่มธาตุอาหารพืชในดิน
3. ศึกษาผลของการใช้กากขี้แป้งต่อสมบัติทางเคมีบางประการของดิน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบสมบัติทางเคมีและศักยภาพของกากขี้แป้ง
2. ได้แนวทางจัดการนำกากขี้แป้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมาใช้ประโยชน์ใหม่ในรูปของวัสดุปรับปรุงดิน

บทที่ 2

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้แก่

1. ดิน

ดินที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นดินชุดคอหงษ์ โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร โดยใช้วิธี Composite sampling (William H. L., 1998) เพื่อให้ได้ตัวอย่างดินนั้นเป็นตัวแทนของชุดดินคอหงษ์ จากพื้นที่บริเวณตำบลคอหงษ์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา นำตัวอย่างดินที่เก็บได้มาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 เซนติเมตร

2. กากขี้แป้ง

ตัวอย่างกากขี้แป้งได้รับความอนุเคราะห์จากองค์การสวนยางพารา ฝ่ายโรงงาน 2 (กรุงหยัน) อ.ทุ่งใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช ซึ่งเก็บด้วยวิธีเดียวกับการเก็บตัวอย่างดินจากกองกากขี้แป้งที่ทางเจ้าหน้าที่อาวุโสของโรงงานได้เป็นผู้นำไปเก็บตัวอย่างกากขี้แป้งและให้ข้อมูลเรื่องช่วงอายุของกากขี้แป้งแต่ละกอง โดยทั้งหมดคาดว่าอยู่ในช่วงอายุต่างๆ ได้แก่ ในช่วงอายุ 1วัน, 1-2 ปี, 2-3 ปี, 4-5 ปี และ มากกว่า 20 ปี ซึ่งทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เพื่อเป็นตัวแทนเพียงบางส่วนของทั้งหมดที่คาดว่าอยู่ในช่วงอายุดังกล่าว และนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณปริมาณธาตุอาหารพืช

3. วัสดุปลูก ได้แก่ แกลบดิบ แกลบเผาและขุยมะพร้าว จากร้านจำหน่ายต้นไม้ หน้าห้างแมคโคร ถนนกาญจนวณิชย์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

4. ดินกระถางสำเร็จรูปจำนวน 2 บริษัท จากร้านจำหน่ายต้นไม้ หน้าห้างแมคโคร ถนนกาญจนวณิชย์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

5. เมล็ดพันธุ์พืช จากร้านจำหน่ายต้นไม้ หน้าห้างแมคโคร ถนนกาญจนวณิชย์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาได้แก่

   4.1 ข้าวโพดหวาน พันธุ์ซูการ์73 จากบริษัท ซินเจนทาซีดส์ จำกัด

   4.2 แพงพวย พันธุ์แปซิฟิคา มิกซ์ จากบริษัท ที.อาร์.กรีน จำกัด

   4.3 บานไม่รู้โรย พันธุ์สตอเบอร์รี่เรด จากบริษัท ที.อาร์.กรีน จำกัด

6. ถุงพลาสติกขนาด 8×12 นิ้ว ใช้สำหรับใส่ดินปลูก

7. สารเคมีที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ดินละพืช ได้แก่

7.1 Potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$)

7.2 Ferrous Ammonium Sulfate Hexahydrate ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$)

7.3 Sulfuric acid (H_2SO_4)

7.4 Catalyst mixture (K_2SO_4:$CuSO_4$:Se, 100:10:1)

7.5 Boric acid (H_3BO_3)

7.6 Sodium hydroxide (NaOH)

7.7 Bray II reagent

7.8 Calcium Dihydrogen Phosphate ($Ca(H_2PO_4).2H_2O$)

7.9 Ammonium acetate (NH_4OAc)

7.10 Potassium chloride (KCl)

7.11 Sodium chloride (NaCl)

7.12 Strontium chloride hexahydrate ($SrCl_2.6H_2O$)

7.13 Nitric-perchloric acid (HNO_3-$HClO_4$ อัตราส่วน 3:1)

7.14 Vanadomolybdate reagent

8. เครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ดินละพืช ได้แก่

8.1 ตะแกรงร่อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 และ 0.5 เซนติเมตร

8.2 เครื่องชั่ง ความละเอียด 2 ตำแหน่ง (Sartorius BP 221 S)

8.3 เครื่องชั่ง ความละเอียด 4 ตำแหน่ง (Sartorius BP 221 S)

8.4 Mortar (ครกบด)

8.5 Shaking machine (Fisher scientific 231)

8.6 Hot air oven (Memmert UM600)

8.7 pH meter (Russel RL-150)

8.8 Electrical Conductivity Meter (WTW LF323)

8.9 Nitrogen Distillation Apparatus (Gerhardt Vapodest 2)

8.10 Visible Spectrophotometer (SHIMADZU UV – 1201)

8.11 Flame Photometer (410 CORNING)

8.12 Atomic Absorption Spectrophotometer (PERKIN – ELMER 4000)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การหาสัดส่วนกากขี้แป้งที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช

1.1 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินคอหงษ์ และกากขี้แป้งซึ่งคาดว่าอยู่ในช่วงอายุ 1วัน, 1-2 ปี, 2-3 ปี, 4-5 ปี และ มากกว่า 20 ปี ก่อนทดลองปลูก เพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4 และ 5

1.2 ศึกษาหาสัดส่วนกากขี้แป้งที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช โดยเลือกใช้กากขี้แป้งช่วงอายุใดอายุหนึ่ง ที่มีปริมาณธาตุอาหารเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการกากขี้แป้งในช่วงอายุต่างๆ (การทดลองที่ 1.1) และในการศึกษานี้ได้เลือกใช้กากขี้แป้งที่ช่วงอายุประมาณ 1-2 ปี เนื่องจากยังคงมีปริมาณธาตุอาหารพืชใกล้เคียงกับกากขี้แป้งอายุประมาณ 1 วัน (ตารางที่ 13) และผ่านการย่อยสลายตัวของอินทรียวัตถุโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ มีการปลดปล่อยก๊าซพิษ และคายความร้อนออกบ้างแล้ว จึงไม่เป็นอันตรายต่อรากพืช ทดลองปลูกข้าวโพดหวาน ทำการเก็บตัวอย่างดินผสมก่อนและหลังปลูกมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลาย 25 องศาเซลเซียส (EC_e)ในห้องปฏิบัติการ และเก็บข้อมูลความสูงของต้นข้าวโพดหวานทุก 7 วัน ซึ่งมีสิ่งทดลองทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในกากขี้แป้ง (จำเป็น, 2547)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
pH	pH meter (ดิน:น้ำ,1:5)
EC_e	Electrical Conductivity meter (ดิน:น้ำ,1:5)
Total Nitrogen (N)	Kjeldahl method
Total Phosphorus (P)	Yellow molybdovanadophosphoric acid method, Visible Spectrophotometer
Total Potassium (K)	HNO_3-$HClO_4$, Flame Photometer
Total Calcium (Ca)	HNO_3-$HClO_4$, Atomic Absorption Spectrophotometer
Total Magnesium (Mg)	HNO_3-$HClO_4$, Atomic Absorption Spectrophotometer
Total Zinc (Zn)	HNO_3-$HClO_4$, Atomic Absorption Spectrophotometer
Total Iron (Fe)	HNO_3-$HClO_4$, Atomic Absorption Spectrophotometer
Total Manganese (Mn)	HNO_3-$HClO_4$, Atomic Absorption Spectrophotometer
Total Sulfur (S)	HNO_3-$HClO_4$, Turbidimetric method

สำนักหอสมุดการเรียนรู้กุนกลิงกลาง มหาวิทยาลัยบูรพา

ตารางที่ 5 พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในชุดดินคอหงษ์ (จำเป็น,2547)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
pH	pH meter (ดิน:น้ำ,1:5)
EC_e	Electrical Conductivity meter (ดิน:น้ำ,1:5)
Organic Matter (OM)	Walkey and Black method
Total N	Kjeldahl method
Available P	Bray II, Molybdenum blue method
Available S	$Ca(H_2PO_4)_2$, Turbidimetric method
Exchangable K	NH_4OAc, Flame Photometer
Exchangable Ca	NH_4OAc, Atomic Absorption Spectrophotometer
Exchangable Mg	NH_4OAc, Atomic Absorption Spectrophotometer

ตารางที่ 6 สิ่งทดลองเพื่อศึกษาอัตราส่วนของดินผสมกากขี้แป้งที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	% ดินผสม (โดยน้ำหนัก)	
		ดิน	กากขี้แป้ง
1	S (Control)	100	0
2	S+0.1%	99.9	0.1
3	S+0.2%	99.8	0.2
4	S+0.3%	99.7	0.3
5	S+0.5%	99.5	0.5
6	S+1.0%	99.0	1.0
7	S+1.5%	98.5	1.5
8	S+2.0%	98.0	2.0

หมายเหตุ 1. กำหนดการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD)
2. ทุกสิ่งทดลองทำ 4 ซ้ำ
3. น้ำหนักรวมทั้งหมด 5 กิโลกรัม

2. การศึกษาหาวัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการดูดซับความเค็มของกากขี้แป้ง โดยเลือกวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ได้แก่ แกลบดิบ แกลบเผาและขุยมะพร้าว มาผสมกับดินและกากขี้แป้งในอัตราส่วนที่เหมาะสม ซึ่งได้จากการศึกษาหาสัดส่วนกากขี้แป้งที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช (การทดลองที่ 1.2) โดยเลือกใส่วัสดุปลูกในอัตราส่วน 8% โดยน้ำหนัก และจากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าต้นข้าวโพดในบางตำรับการทดลองที่ใส่กากขี้แป้งมีอาการผิดปกติคือ ปลายใบของยอดอ่อนม้วนงอและไหม้ ลำต้นเป็นพุ่มเตี้ย และมีอาการเหลืองซีดระหว่างเส้นใบร่วมด้วย ซึ่งอาการผิดปกติเหล่านี้ อาจเกิดจากภาวะการขาดแคลนแคลเซียม เนื่องจากอัตราส่วนที่กว้างเกินไปของ Ca:Mg ratio ในกากขี้แป้ง คือ 0.4:7.11 ซึ่งในดินปกติควรมีค่า Ca:Mg ratio อยู่ระหว่าง 4:1 ถึง 7:1 (Craig, 2009) จึงส่งผลให้ความเป็นประโยชน์และการดูดซึมแคลเซียมลดลง และจากการทดสอบสมมติฐานเบื้องต้นโดยทดลองใส่ยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$) ในอัตราส่วนต่างๆ และทดลองปลูกข้าวโพด พบว่า ข้าวโพดมีการตอบสนอง คือ ไม่พบอาการผิดปกติของยอดอ่อนที่งอกใหม่ ปลายใบของยอดอ่อนไม่ม้วนงอและไม่พบอาการเหลืองซีดระหว่างเส้นใบ ดังนั้น ในการทดลองต่อไปจึงทำการใส่ยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$) 5 กรัม/5 กิโลกรัมดิน ในทุกสิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้งด้วย (ตารางที่ 7) เพื่อป้องกันอาการผิดปกติของต้นข้าวโพดที่อาจเกิดจากภาวการณ์ขาดแคลนแคลเซียม จากนั้นจะทำการรดน้ำพรวนดินทุกวันเป็นเวลา 7 วัน ก่อนปลูกข้าวโพดหวาน และเก็บข้อมูลความสูงของต้นข้าวโพดทุก 1 สัปดาห์ เมื่อครบ 6 สัปดาห์ ตัดส่วนเหนือดินชั่งน้ำหนักสด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสก่อนนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวานเพื่อศึกษาค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างดินที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส (EC_e) ของดินผสมในห้องปฏิบัติการ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าของดิน คำนวณได้จากสูตร (สมศักดิ์, 2537 อ้างโดย จำเป็น, 2547)

$EC_e = (EC_t \times 6) / (1 + 0.02 (t - 25))$

EC_e = ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส (Saturation water extract)

EC_t = ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิ t องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วน ดิน: น้ำ เป็น 1:5

t = อุณหภูมิของสารแขวนลอย มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ตารางที่ 7 การศึกษาวัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการดูดซับความเค็มของกากขี้แป้ง

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	% ดินผสม (โดยน้ำหนัก)					ยิปซัม
		ดิน [S]	กากขี้แป้ง	แกลบดิบ	แกลบเผา	ขุยมะพร้าว	(g)
1	S (control)	100.0	-	-	-	-	-
2	Control+G	100.0	-	-	-	-	5
3	S+H+G	92.0	-	8	-	-	5
4	S+BH+G	92.0	-	-	8	-	5
5	S+CF+G	92.0	-	-	-	8	5
6	S+0.1%+H+G	91.9	0.1	8	-	-	5
7	S+0.1%+BH+G	91.9	0.1	-	8	-	5
8	S+0.1%+CF+G	91.9	0.1	-	-	8	5
9	S+0.3%+H+G	91.7	0.3	8	-	-	5
10	S+0.3%+BH+G	91.7	0.3	-	8	-	5
11	S+0.3%+CF+G	91.7	0.3	-	-	8	5
12	S+0.5%+H+G	91.5	0.5	8	-	-	5
13	S+0.5%+BH+G	91.5	0.5	-	8	-	5
14	S+0.5%+CF+G	91.5	0.5	-	-	8	5

หมายเหตุ : S = S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (5 กรัม/ดินผสม 5 กิโลกรัม)

หมายเหตุ
1. กำหนดการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD)
2. ทุกสิ่งทดลองทำ 4 ซ้ำ
3. น้ำหนักรวมทั้งหมด 5 กิโลกรัม/สิ่งทดลอง (กระถาง) ไม่รวมยิปซัม (G)

3. การศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก โดยใช้อัตราส่วนในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 8 ทำการบ่มดินไว้เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยรดน้ำพรวนดินทุกวัน และทุกๆ 2 สัปดาห์ จะเก็บตัวอย่างดินผสมไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืชและสมบัติทางเคมีบางประการในห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 สิ่งทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	% ดินผสม (โดยน้ำหนัก)				
		ดิน	กากขี้แป้ง	แกลบดิบ	แกลบเผา	ขุยมะพร้าว
1	S (control)	100.0	-	-	-	-
2	S+H	92.0	-	8	-	-
3	S+BH	92.0	-	-	8	-
4	S+CF	92.0	-	-	-	8
5	S+0.1%+H	91.9	0.1	8	-	-
6	S+0.1%+BH	91.9	0.1	-	8	-
7	S+0.1%+CF	91.9	0.1	-	-	8
8	S+0.3%+H	91.7	0.3	8	-	-
9	S+0.3%+BH	91.7	0.3	-	8	-
10	S+0.3%+CF	91.7	0.3	-	-	8
11	S+0.5%+H	91.5	0.5	8	-	-
12	S+0.5%+BH	91.5	0.5	-	8	-
13	S+0.5%+CF	91.5	0.5	-	-	8

หมายเหตุ : S = S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก

<u>หมายเหตุ</u> 1. กำหนดการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD)
2. ทุกสิ่งทดลองทำ 4 ซ้ำ
3. น้ำหนักรวมทั้งหมด 5 กิโลกรัม/สิ่งทดลอง (กระถาง)

ตารางที่ 9 พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในดินผสมกากขี้แป้ง (จำเป็น, 2547)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
pH	pH meter (ดิน:น้ำ = 1:5)
EC_e	Electrical Conductivity meter (ดิน:น้ำ = 1:5) (Saturation water extract)
Total N	Kjeldahl method
Available P	Bray II, Molybdenum blue method
Exchangable K	HNO_3-$HClO_4$ (3:1), Flame Photometer

4. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก เปรียบเทียบกับดินกระถางสำเร็จรูป ทดลองปลูกข้าวโพดหวาน แพงพวยและบานไม่รู้โรย เปรียบเทียบกับดินผสมในอัตราส่วนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 10 เก็บข้อมูลความสูงทุก 1 สัปดาห์และนับจำนวนดอกของแพงพวยและบานไม่รู้โรย เมื่อครบ 6 สัปดาห์ ตัดส่วนเหนือดินชั่งน้ำหนักสด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวานมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืชและสมบัติทางเคมีบางประการ (ตารางที่ 11) และนำต้นข้าวโพดหวานมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืชร่วมด้วย (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 10 สิ่งทดลองเพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูกเปรียบเทียบกับดินกระถางสำเร็จรูป

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	% ดินผสม (โดยน้ำหนัก)					ยิปซัม
		ดิน	กากขี้แป้ง	แกลบดิบ	แกลบเผา	ขุยมะพร้าว	(g)
1	S (control)	100.0	-	-	-	-	-
2	S+H+G	92.0	-	8	-	-	5
3	S+BH+G	92.0	-	-	8	-	5
4	S+CF+G	92.0	-	-	-	8	5
5	S+0.1%+H+G	91.9	0.1	8	-	-	5
6	S+0.1%+BH+G	91.9	0.1	-	8	-	5
7	S+0.1%+CF+G	91.9	0.1	-	-	8	5
8	S+0.3%+H+G	91.7	0.3	8	-	-	5
9	S+0.3%+BH+G	91.7	0.3	-	8	-	5
10	S+0.3%+CF+G	91.7	0.3	-	-	8	5
11	ดินกระถาง1	100.0	-	-	-	-	-
12	ดินกระถาง2	100.0	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : S = S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (5 กรัม/ดินผสม 5 กิโลกรัม)

<u>หมายเหตุ</u>
1. กำหนดการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD)
2. ทุกสิ่งทดลองทำ 3 ซ้ำ
3. น้ำหนักรวมทั้งหมด 5 กิโลกรัม/สิ่งทดลอง (กระถาง) ไม่รวมยิปซัม (G)

ตารางที่ 11 พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในดินผสมก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (จำเป็น, 2547)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
pH	pH meter (ดิน:น้ำ,1:5)
EC_e	Electrical Conductivity meter (ดิน:น้ำ,1:5)
Organic Matter (OM)	Walkey and Black method
Total N	Kjeldahl method
Available P	Bray II, Molybdenum blue method
Available S	$Ca(H_2PO_4)_2$, Turbidimetric method
Exchangable K	NH_4OAc, Flame Photometer
Exchangable Ca	NH_4OAc, Atomic Absorption Spectrophotometer
Exchangable Mg	NH_4OAc, Atomic Absorption Spectrophotometer

ตารางที่ 12 พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในต้นข้าวโพดหวาน (จำเป็น, 2547)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
Nitrogen (N)	Kjeldahl method
Phosphorus (P)	Yellow molybdovanadophosphoric acid method, Visible Spectrophotometer
Potassium (K)	HNO_3-$HClO_4$, Flame Photometer
Calcium (Ca)	HNO_3-$HClO_4$, Atomic Absorption Spectrophotometer
Magnesium (Mg)	HNO_3-$HClO_4$, Atomic Absorption Spectrophotometer
Sulfur (S)	HNO_3-$HClO_4$, Turbidimetric method

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้สำหรับคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA) เพื่อทดสอบว่าแต่ละชนิดมีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หรือไม่ ถ้าแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ของตัวแปรนั้น

สถานที่ทำวิจัย

1. ทำการทดลองปลูกพืชในเรือนกระจกของคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
2. สถานที่วิเคราะห์ตัวอย่างดิน กากขี้แป้งและธาตุอาหารในพืช ได้แก่

2.1 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

2.2 ศูนย์เครื่องมือวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

2.3 ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ศึกษาหาสัดส่วนกากขี้แป้งที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช โดยมีขั้นตอนการทดลองต่าง ๆ ดังนี้

1.1 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของกากขี้แป้ง ที่คาดว่าเป็นตัวแทนจากกองกากขี้แป้งซึ่งคาดว่ามีอายุ 1วัน, 1-2 ปี, 2-3 ปี, 4-5 ปี และ มากกว่า 20 ปี และชุดดินคอหงษ์ก่อนทดลองปลูก พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารพืช ดังแสดงในตารางที่ 13 และ 14

ตารางที่ 13 สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในตัวอย่างกากขี้แป้ง

อายุกากขี้แป้ง / สมบัติทางเคมี	1 วัน	1-2 ปี	2-3 ปี	3-4 ปี	>20 ปี
pH (1:5)	7.80	7.65	7.07	6.85	6.62
EC_e (dS m^{-1})	8.13	13.96	15.88	3.98	4.52
N (%)	9.13	8.91	2.25	1.31	1.30
P (%)	8.07	9.10	11.41	11.43	11.73
K (%)	0.09	0.09	0.11	0.01	0.01
Ca (%)	0.33	0.40	0.27	0.57	0.32
Mg (%)	6.32	7.11	8.84	8.87	9.10
Zn (mg kg^{-1})	3,345.96	4,447.78	6,903.34	10,143.51	8,058.83
Fe (mg kg^{-1})	258.89	229.25	371.93	301.84	381.98
Mn (mg kg^{-1})	53.73	57.68	65.41	80.75	59.50
S (mg kg^{-1})	57.95	174.34	10.83	9.84	2.47

EC = Electrical Conductivity หรือค่า EC วัดโดย Electrical Conductivity meter แล้วแปลงเป็น EC_e = ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ โดยใช้สูตร EC_e = (EC×6.0)/[((1+0.02(t-25)], T คือ อุณหภูมิของสารละลายดิน (คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์, 2550)

กระบวนการเกิดของกากขี้แป้งในขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้น เริ่มจากปรับสภาพน้ำยางสด ด้วยการเติมสารละลายแอมโมเนีย ให้ในน้ำยางสดมีปริมาณแอมโมเนียเกินกว่า 0.4% โดยน้ำหนัก และเติมไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (DAP) เพื่อให้แมกนีเซียม (Mg) ตกตะกอนรวมตัวเป็นกากขี้แป้ง เนื่องจากน้ำยางที่จะนำมาปั่นแยก ควรมีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 mg kg^{-1} และเมื่อปั่นแล้วไม่ควรเกิน 20 mg kg^{-1} นอกจากนี้ ปริมาณกรด (Volatile Fatty Acid :VFA) ไม่ควรเกิน 0.05% ดังนั้นจึงส่งผลให้ แมกนีเซียมส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ในกากขี้แป้ง และจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นจะส่งผลให้กากขี้แป้ง มีระดับ pH ที่สูง สำหรับค่าการนำไฟฟ้าหรือสภาพการนำไฟฟ้าของสารเกิดจากการที่สารนั้น แตกตัวให้แคตไอออนและแอนไอออน โดยค่าการนำไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของไอออน และจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งจะแสดงถึงความมากน้อยของเกลือที่ละลายได้หากมีปริมาณเกลือมากก็จะทำให้ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้มีระดับที่สูง

สำหรับพืชระดับของเกลือที่ละลายอยู่ในดินจะมีผลโดยตรงต่อการดูดใช้ธาตุอาหารและน้ำของพืช และจะส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและผลผลิต จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของกากขี้แป้ง จะเห็นได้ว่า กากขี้แป้งมีค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) อยู่ในระดับที่สูงคือ 8.13±0.08, 13.96±0.14, 15.96±0.11, 3.98±0.13 และ 4.52±0.05 dS m^{-1} สำหรับกากขี้แป้งอายุ 1 วัน, 1-2 ปี, 2-3 ปี, 3-4, ปี และมากกว่า 20 ปี ตามลำดับ ซึ่งอาจมีผลต่อการเพิ่มระดับของค่าการนำไฟฟ้าของดินโดยตรงหากมีการนำกากขี้แป้งมาผสมในดิน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำกากขี้แป้ง ไปผสมกับดินในการทดลองปลูกพืช โดยคำนึงถึงค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ของดินผสมจะต้องมีค่าไม่เกิน 2 dS m^{-1} เนื่องจากเป็นระดับที่พืชโดยทั่วไปสามารถเจริญเติบโตได้ หากมีค่าสูงกว่านี้จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกออกผลของพืช (สมชาย, 2549) นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของกากขี้แป้ง พบว่าในกากขี้แป้งมีปริมาณธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบอยู่ในระดับหนึ่งโดยเฉพาะ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ดังแสดงในตารางที่ 13

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และกายภาพบางประการของชุดดินคอหงษ์ (ตารางที่ 14) พบว่าเป็นดินร่วนหยาบลึกมาก ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วน ระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ที่ 5.02 มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมต่ำ จัดว่าเป็นชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน , 2540)

ตารางที่ 14 สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในชุดดินคอหงษ์

สมบัติทางเคมี	ค่าวิเคราะห์
pH (1:5)	5.02
EC_e (dS m^{-1})	0.18
Total N (g kg^{-1})	1.42
Available P (mg kg^{-1})	7.65
Exchangeable K ($cmol_c$ kg^{-1})	18.20
Exchangeable Ca ($cmol_c$ kg^{-1})	0.19
Exchangeable Mg ($cmol_c$ kg^{-1})	0.06
Total Zn (mg kg^{-1})	0.52
Total Fe (mg kg^{-1})	101.01
Total Mn (mg kg^{-1})	4.18
Available S (mg kg^{-1})	0.26
Organic matter (g kg^{-1})	6.82

1.2 ศึกษาหาสัดส่วนกากขี้แป้งที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช

จากการทดลองเบื้องต้นได้ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของกากขี้แป้งในช่วงอายุ 1วัน, 1-2 ปี, 2-3 ปี, 4-5 ปี และ มากกว่า 20 ปี พบว่ากากขี้แป้งอายุ 1-2 ปี ยังมีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe และ Mn) และไม่มีก๊าซพิษที่จุลินทรีย์ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุในกากขี้แป้ง เช่น NH_3, CH_4 และ H_2S (อรอนงค์ และคณะ, 2549) และเมื่อนำมาทดลองปลูกข้าวโพดหวานในอัตราส่วนที่คาดว่าพืชจะสามารถเจริญเติบโตได้ โดยพิจารณาจากค่าการนำไฟฟ้าของดินผสมในสิ่งทดลองจะต้องมีค่าไม่เกิน 2 dS m^{-1} พบว่า ในสิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้งตั้งแต่ 0.3 % โดยน้ำหนัก เป็นต้นไป ข้าวโพดหวานไม่สามารถเจริญเติบโตได้และเริ่มตายตั้งแต่สัปดาห์ที่สองและสี่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระดับค่าการนำไฟฟ้าที่สูงเกินไป (ตารางที่ 17)

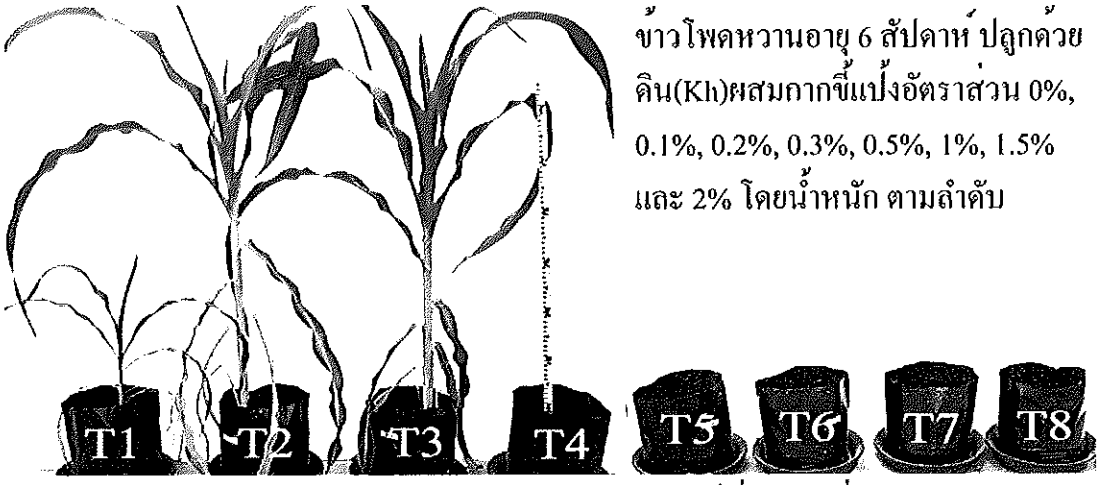
เมื่อปลูกข้าวโพดหวานในสิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้ง 0.1 % และ 0.2 % โดยน้ำหนัก พบว่า ระดับความสูงของต้นข้าวโพดหวานที่ปลูกมีค่าเฉลี่ยสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (67.5 เซนติเมตร และ 63.3 เซนติเมตร ตามลำดับ) แต่แตกต่างจากชุดควบคุม (0%) ซึ่งมีความสูงเพียง 29 เซนติเมตร อย่างชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 15 (ภาพประกอบ 4)

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยของความสูงของต้นข้าวโพดหวานแต่ละสัปดาห์เมื่อปลูกในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2%โดยน้ำหนัก)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)					
		1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์	6 สัปดาห์
1	S (Control)	8.10^{ab}	9.83^{bc}	10.33^{b}	11.00^{b}	15.83^{b}	29.00^{b}
2	S+0.1%	7.67^{bc}	12.67^{a}	21.00^{a}	29.17^{a}	38.67^{a}	63.33^{a}
3	S+0.2%	8.97^{a}	10.77^{ab}	16.5^{a}	28.00^{a}	38.00^{a}	67.50^{a}
4	S+0.3%	6.80^{c}	8.00^{c}	20.00^{a}	ตาย	ตาย	ตาย
5	S+0.5%	4.17^{d}	4.77^{d}	5.00^{c}	ตาย	ตาย	ตาย
6	S+1.0%	3.33^{de}	ตาย	ตาย	ตาย	ตาย	ตาย
7	S+1.5%	2.33^{e}	ตาย	ตาย	ตาย	ตาย	ตาย
8	S+2.0%	2.50^{e}	3.5^{d}	ตาย	ตาย	ตาย	ตาย
F-Test		**	**	**	**	**	**
C.V. (%)		10.61	12.47	10.36	9.54	5.03	7.32

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

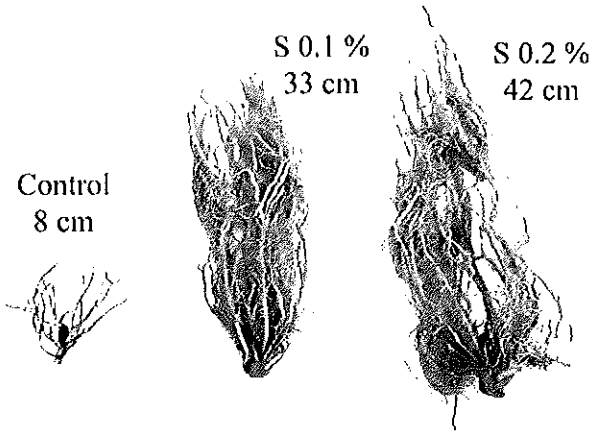
S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก



ข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ ปลูกด้วยดิน(Kh)ผสมกากขี้แป้งอัตราส่วน 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

ภาพประกอบ 4 การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ ที่ปลูกในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2%โดยน้ำหนัก)

สำหรับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดหวาน พบว่า ในสิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้ง 0.2 % โดยน้ำหนัก ข้าวโพดหวานมีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง สูงสุดคือ 170.60 กรัม และ 23.17 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 16) รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้ง 0.1 % โดยน้ำหนัก คือมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง 142.67 กรัม และ 20.17 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุม ซึ่งมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง 14.80 กรัม และ 1.48 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % นอกจากนี้ ยังพบว่ากากขี้แป้ง ช่วยให้ระบบรากของข้าวโพดหวานเจริญเติบโตได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในสิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้ง 0.2 % โดยน้ำหนัก ทำให้รากข้าวโพดหวานแผ่ขยายได้กว้างและยาวกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้ง 0.1 % โดยน้ำหนัก และในชุดควบคุม ดังแสดงในภาพประกอบที่ 5



ภาพประกอบ 5 รากของข้าวโพดหวาน อายุ 45 วัน ที่ปลูกในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0, 0.1% และ 0.2%โดยน้ำหนัก)

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดหวาน อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน เมื่อปลูกในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2%โดยน้ำหนัก)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	น้ำหนัก (กรัม)	
		น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
1	S (Control)	14.80^{c}	1.48^{c}
2	S+0.1%	142.67^{b}	20.17^{b}
3	S+0.2%	170.60^{a}	23.17^{a}
4	S+0.3%	ตาย	ตาย
5	S+0.5%	ตาย	ตาย
6	S+1.0%	ตาย	ตาย
7	S+1.5%	ตาย	ตาย
8	S+2.0%	ตาย	ตาย
F-Test		**	**
C.V. (%)		5.74	6.75

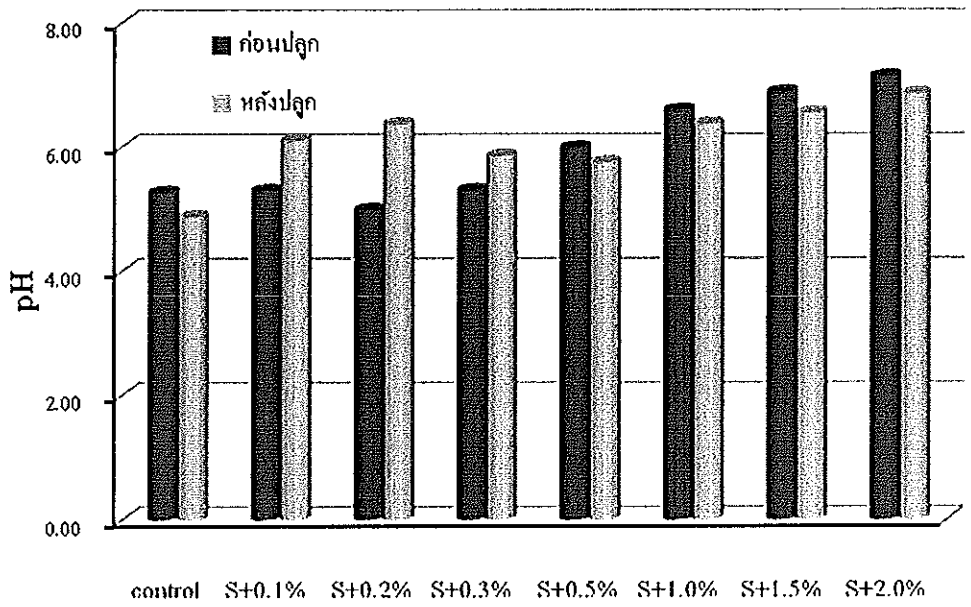
หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)
S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก

นอกจากนี้ การทดลองนี้ได้พบอาการผิดปกติของต้นข้าวโพดหวานในสิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้งตั้งแต่ 0.3% โดยน้ำหนักเป็นต้นไป คือ มีปลายใบของยอดอ่อนของข้าวโพดม้วนงอและไหม้ ลำต้นเป็นพุ่มเตี้ย และเหลืองซีดระหว่างเส้นใบร่วมด้วย ดังแสดงในภาพประกอบที่ 6

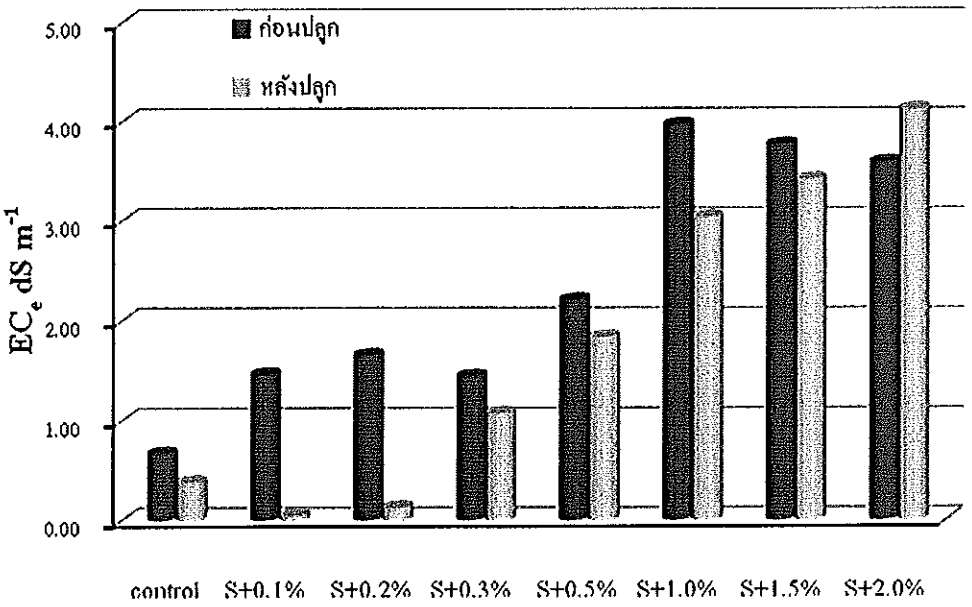
ภาพประกอบ 6 อาการผิดปกติของข้าวโพดหวาน

อาการเหล่านี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากภาวะการขาดแคลเซียม เนื่องจากอัตราส่วนที่กว้างเกินไปของ Ca:Mg ในกากขี้แป้ง (ตารางที่ 13) ส่งผลให้ความเป็นประโยชน์และการดูดซึมแคลเซียมลดลง เนื่องจากแมกนีเซียมที่มีปริมาณมากเกินไปจะแย่งที่แคลเซียมในการรวมตัวกับโปรตีนในเซลพืช และทำให้โปรตีนในเซลล์พืชขาดเสถียรภาพ ซึ่งอาจทำให้พืชเกิดอาการขาดแคลเซียม (ยงยุทธ, 2546) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรักษาสมดุลของธาตุทั้งสองธาตุนี้ให้เหมาะสม โดยการใส่ยิปซัม 5 กรัม/ดิน 5 กิโลกรัม ในทุกสิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้ง เพื่อป้องกันอาการผิดปกติของต้นข้าวโพดหวานที่อาจเกิดจากการขาดแคลนแคลเซียม เนื่องจากยิปซัมมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย

ในการศึกษาจะมีการวัดระดับค่า pH และวัดระดับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัว 25 องศาเซลเซียส (EC_e) โดยใช้สัดส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 ทั้งในดินก่อนปลูกข้าวโพดหวาน และหลังปลูกข้าวโพดหวาน ซึ่งพบว่าระดับ pH ของดินก่อนปลูก จะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามปริมาณของกากขี้แป้งที่เพิ่มมากขึ้นซึ่งเกิดจากตัวของกากขี้แป้งมี pH ที่สูง จึงส่งผลให้เมื่อเติมกากขี้แป้งลงไปในดินจึงทำให้ค่า pH ของดินสูงขึ้นด้วย และจากสมบัติของกากขี้แป้งที่มีระดับ EC_e ค่อนข้างสูงจึงส่งผลให้ระดับของ EC_e ในดินที่ใส่กากขี้แป้งเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่ใส่ และหลังจากที่มีการปลูกพืชแล้วระดับ EC_e จะลดลงซึ่งเป็นผลมาจากการที่ปริมาณเกลือที่อยู่ในสารละลายดินถูกพืชดูดไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสิ่งทดลองที่ข้าวโพดหวานเจริญเติบโตได้ดี (สิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้ง 0.1% และ 0.2% โดยน้ำหนัก) จะมีค่า EC_e หลังปลูกลดลงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับ EC_e ก่อนปลูก ดังจะสังเกตได้จากภาพประกอบที่ 7 และ 8



ภาพประกอบ 7 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างในสิ่งทดลองต่าง ๆก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2%โดยน้ำหนัก)



ภาพประกอบ 8 ค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัว 25 องศาเซลเซียสในสิ่งทดลองต่าง ๆ ก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2%โดยน้ำหนัก)

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของดินผสมในสิ่งทดลองต่าง ๆ ก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 17) พบว่า กากขี้แป้งช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชให้แก่ดินอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม หากสังเกตปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ในสิ่งทดลองที่ 1 จะสังเกตเห็นว่าปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สำหรับในสิ่งทดลองที่ 2 และ 3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังปลูกมีปริมาณลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรเจนในดินก่อนปลูกเนื่องจากต้นข้าวโพดหวานสามารถเจริญเติบโตได้ดีและดูดใช้ในโตรเจนในดิน สำหรับในสิ่งทดลองที่ 4 ถึงสิ่งทดลองที่ 8 พบว่าปริมาณไนโตรเจนมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการตรึงไนโตรเจนจากอากาศในดินให้กลับมาเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของสารในรูปแอมโมเนีย โดยใช้เอนไซม์ไนโตรจีเนสคอมเพลกซ์ ของจุลินทรีย์ดินจำพวก Azotobactor ที่มีอยู่ในดิน (บุญเสน, 2548) เนื่องจากในสิ่งทดลองดังกล่าวต้นข้าวโพดจะเริ่มตายตั้งแต่ในสัปดาห์ที่ 4 จึงไม่มีพืชดูดไนโตรเจนไปใช้ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสในสิ่งทดลองที่ 1 ถึง 3 จะมีปริมาณลดลงเนื่องจากพืชมีความต้องการใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณมาก แต่ในสิ่งทดลองที่ 4 ถึง 8 ฟอสฟอรัสมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น แม้ว่าต้นพืชในสิ่งทดลองดังกล่าวจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ซึ่งอาจจะเกิดจากระดับ pH ที่สูงขึ้นของดินจนอยู่ในระดับใกล้เคียง pH=7 จะส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินให้ย่อยสลายกากขี้แป้งได้ดีขึ้น ทำให้ปลดปล่อยธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆที่อยู่ในกากขี้แป้งให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น แต่กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินก็ยังสามารถดำเนินต่อไปได้และเปลี่ยนฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์กับพืชให้มาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ แต่หากทำให้ระดับ pH ของดินเพิ่มขึ้นจนสูงกว่า 7 ก็อาจทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปสารประกอบของแคลเซียมได้ ซึ่งจะทำให้ค่าวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าลดลง และจะสังเกตได้ว่า โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 สมบัติทางเคมีบางประการของดินผสมในสิ่งทดลองต่าง ๆ ก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
(ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2%โดยน้ำหนัก)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	pH		EC_e (dS m^{-1})		Total N (g kg^{-1})		Avai. P (mg kg^{-1})		Exch. K ($cmol_c$ kg^{-1})	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
1	Control (S 0%)	5.27±0.20^{b}	4.88±0.19^{c}	0.68±0.32^{c}	0.39±0.21^{c}	0.42±0.04^{d}	0.49±0.01^{c}	0.10±0.03^{f}	0.09±0.01^{e}	0.44±0.02^{e}	0.51±0.05^{d}
2	S+0.1%	5.30±0.18^{b}	6.10±0.19^{cd}	1.47±0.23^{bc}	0.05±0.014^{c}	0.50±0.02^{cd}	0.43±0.03^{c}	1.40±0.10^{ef}	0.73±0.54^{de}	0.62±0.04^{de}	0.38±0.06^{d}
3	S+0.2%	4.99±1.19^{b}	6.37±0.13^{ab}	1.66±0.19^{bc}	0.13±0.06^{c}	0.54±0.03^{cd}	0.40±0.03^{c}	2.40±0.04^{de}	1.46±0.22^{de}	0.74±0.05^{cd}	0.39±0.05^{d}
4	S+0.3%	5.31±0.33^{b}	5.86±0.16^{d}	1.45±0.80^{bc}	1.08±0.59^{c}	0.51±0.03^{cd}	0.68±0.07^{c}	4.13±0.83^{cd}	3.41±0.51^{cd}	0.86±0.11^{bc}	1.31±0.45^{c}
5	S+0.5%	5.99±0.16^{ab}	5.75±0.05^{d}	2.21±0.24^{b}	1.84±0.75^{bc}	0.60±0.04^{c}	0.80±0.04^{bc}	5.52±0.38^{c}	5.69±1.48^{c}	1.04±0.13^{b}	1.87±0.42^{c}
6	S+1.0%	6.59±0.08^{a}	6.37±0.13^{ab}	3.97±0.39^{a}	3.04±0.29^{ab}	0.82±0.09^{b}	1.21±0.12^{ab}	9.50±1.26^{b}	11.59±1.38^{b}	1.77±0.16^{a}	2.60±0.30^{b}
7	S+1.5%	6.88±0.05^{a}	6.54±0.29^{ab}	3.77±0.58^{a}	3.42±0.67^{ab}	0.86±0.03^{b}	1.25±0.24^{ab}	10.26±1.22^{b}	12.48±1.34^{ab}	1.80±0.14^{a}	2.66±0.25^{b}
8	S+2.0%	7.13±0.06^{a}	6.85±0.06^{a}	3.59±0.10^{a}	4.12±1.79^{a}	1.09±0.14^{a}	1.66±0.26^{a}	14.20±0.92^{a}	15.05±2.13^{a}	1.89±0.04^{a}	3.56±0.16^{a}
F-Test		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)		7.63	2.74	17.75	16.94	9.46	21.68	12.99	18.59	8.74	15.95

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{ab,cd,ef} ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก

2. การศึกษาหาวัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการดูดซับความเค็มของกากขี้แป้ง

จากการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาปริมาณวัสดุอินทรีย์ที่จะนำมาใช้ในการทดลอง โดยพิจารณาจากการศึกษาของชูสิน (2541) โดยทดลองใส่วัสดุปลูกชนิดต่าง ๆซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์ เพื่อดูดซับความเค็มในดินนากุ้งร้างแล้วทดลองปลูกข้าวโพดหวาน พบว่า เมื่อใส่แกลบดิบ 8% โดยน้ำหนัก สามารถดูดซับความเค็มได้ดีที่สุด ดังนั้น ในการทดลองนี้ จึงเลือกใช้วัสดุวัสดุอินทรีย์ที่ช่วยดูดซับความเค็ม 3 ชนิด คือ แกลบดิบ แกลบเผาและขุยมะพร้าว ซึ่งเป็นวัสดุที่มีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย โดยใส่วัสดุอินทรีย์ชนิดละ 8% โดยน้ำหนักในแต่ละสิ่งทดลอง เนื่องจากเมื่อนำมาทำเป็นดินผสมสำหรับปลูกข้าวโพดหวานแล้วเป็นปริมาณที่ไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป

เมื่อเพิ่มวัสดุอินทรีย์ลงในดินผสมแล้วทดลองปลูกข้าวโพดหวาน พบว่า ในสิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้ง มีแนวโน้มทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการนำไฟฟ้าของดินผสมสูงขึ้น เนื่องจากกากขี้แป้งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการนำไฟฟ้าสูง และยังพบว่า สิ่งทดลองในกลุ่มที่ผสมแกลบเผามีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าแกลบดิบ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการเผาแกลบทำให้ธาตุอาหารพืชที่อยู่ในรูปของอินทรียสารกลายเป็นธาตุอาหารพืชที่อยู่ในรูปออกไซด์ ทำให้ละลายน้ำได้ง่ายกว่า จึงทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินผสมหลังปลูกพืชของแกลบเผาสูงกว่าแกลบดิบ

สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ถึงแม้ว่าสิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้งจะทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าในสิ่งทดลองที่ไม่ใส่กากขี้แป้ง แต่เนื่องจากกากขี้แป้งมีสารประกอบหรือเกลืออยู่หลายชนิด จึงทำให้มีสมบัติเป็น Buffer ที่ช่วยควบคุมไม่ให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสิ่งทดลองต่างๆที่ใส่กากขี้แป้งมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย จึงทำให้สิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้งเกือบทั้งหมด มีค่าการเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัว 25 องศาเซลเซียส ของดินผสมในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5%โดยน้ำหนัก ร่วมกับวัสดุปลูกและยิปซัม)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	pH		EC_e (dS m^{-1})	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
1	S (Control)	5.65±0.31^{abc}	4.72±0.26^{cd}	0.53±0.08^{e}	0.43±0.14^{d}
2	Control+G	4.62±0.08^{d}	4.57±0.10^{d}	2.58±0.25^{cd}	0.96±0.21^{cd}
3	S+H+G	4.57±0.09^{d}	4.64±0.25^{d}	3.75±0.93^{abc}	1.50±0.25^{cd}
4	S+BH+G	5.24±0.07^{c}	5.16±0.06^{bcd}	2.01±0.59^{d}	1.35±0.10^{cd}
5	S+CF+G	5.82±0.12^{a}	5.92±0.20^{ab}	2.74±0.49^{bcd}	3.17±0.99^{abc}
6	S+0.1%+H+G	4.82±0.16^{d}	5.25±0.21^{abcd}	4.53±0.92^{a}	3.93±0.13^{abcd}
7	S+0.1%+BH+G	5.36±0.37^{bc}	5.16±1.23^{a}	3.80±1.06^{abc}	3.32±3.12^{abc}
8	S+0.1%+CF+G	5.81±0.19^{a}	5.86±0.27^{ab}	3.60±0.91^{abcd}	4.30±0.69^{ab}
9	S+0.3%+H+G	5.34±0.16^{bc}	5.59±0.25^{abc}	4.12±0.31^{abc}	1.14±0.72^{cd}
10	S+0.3%+BH+G	5.36±0.07^{bc}	5.88±0.14^{ab}	3.28±0.47^{abcd}	1.81±0.26^{bcd}
11	S+0.3%+CF+G	5.80±0.07^{a}	5.91±0.16^{ab}	3.12±0.55^{abcd}	4.39±1.16^{ab}
12	S+0.5%+H+G	5.62±0.04^{abc}	5.91±0.22^{ab}	4.31±0.63^{ab}	1.88±0.28^{abcd}
13	S+0.5%+BH+G	5.73±0.09^{ab}	5.79±0.26^{ab}	3.58±0.51^{abcd}	3.32±1.33^{abc}
14	S+0.5%+CF+G	5.67±0.06^{ab}	5.85±0.06^{ab}	4.28±0.58^{ab}	4.50±0.37^{a}
	F-test	**	**	**	**
	C.V. (%)	3.05	6.91	19.7	29.88

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

S = S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (5 กรัม/ดินผสม 5 กิโลกรัม)

สำหรับค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดหวานในสัปดาห์ที่ 6 พบว่า ในสิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้ง 0.1% ผสมแกลบเผา ต้นข้าวโพดมีความสูงมากสุด คือ 86.33 เซนติเมตร รองลงมา คือในสิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้ง 0.1% ผสมแกลบดิบ ต้นข้าวโพดมีความสูง 84.66 เซนติเมตร และในสิ่งทดลองที่ใส่กากขี้แป้ง 0.3% ผสมแกลบดิบ ต้นข้าวโพดมีความสูง 84.33 เซนติเมตร นอกจากนี้ พบว่า ในสิ่งทดลองกลุ่มที่ใส่กากขี้แป้ง ข้าวโพดมีความสูงมากกว่าสิ่งทดลองชุดควบคุม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยของความสูงต้นข้าวโพดหวานแต่ละสัปดาห์ เมื่อปลูกในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5%โดยน้ำหนัก ร่วมกับวัสดุปลูกและยิปซัม)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)					
		1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์	6 สัปดาห์
1	S (control)	10.50^{def}	10.83^{h}	16.66^{f}	21.66^{gh}	28.33^{f}	33.67^{ef}
2	Control+G	9.66^{def}	10.83^{h}	13.33^{g}	18.00^{h}	24.33^{f}	26.67^{f}
3	S+H+G	12.16^{cdef}	14.50^{efg}	26.33^{bc}	41.00^{ab}	58.33^{ab}	62.33^{d}
4	S+BH+G	12.66^{abcd}	12.50^{fgh}	26.33^{bc}	30.66^{f}	45.00^{df}	62.00^{d}
5	S+CF+G	14.00^{abc}	16.60^{bcde}	23.66^{cd}	25.33^{g}	31.33^{f}	37.33^{e}
6	S+0.1%+H+G	15.33^{a}	19.50^{ab}	32.33^{a}	39.25^{ab}	60.66^{a}	84.66^{a}
7	S+0.1%+BH+G	15.30^{a}	21.33^{a}	26.66^{bc}	42.33^{ab}	51.33^{bcd}	86.33^{a}
8	S+0.1%+CF+G	8.00^{f}	19.00^{abc}	24.66^{bcd}	37.33^{bcd}	53.66^{abc}	68.00^{cd}
9	S+0.3%+H+G	11.00^{cdef}	15.33^{def}	28.33^{b}	33.00^{def}	57.33^{ab}	84.33^{a}
10	S+0.3%+BH+G	14.66^{ab}	17.00^{bcde}	27.00^{bc}	36.00^{cde}	47.66^{cde}	80.33^{ab}
11	S+0.3%+CF+G	11.83^{bcde}	18.16^{bcd}	26.00^{bc}	35.33^{cdef}	50.66^{bcd}	73.00^{bc}
12	S+0.5%+H+G	9.00^{ef}	10.33^{h}	20.00^{e}	32.00^{ef}	43.66^{d}	61.33^{d}
13	S+0.5%+BH+G	11.00^{cdef}	11.83^{gh}	21.33^{de}	31.00^{ef}	40.00^{e}	62.66^{d}
14	S+0.5%+CF+G	12.00^{bcde}	16.16^{cde}	26.00^{bc}	32.00^{ef}	51.00^{bcd}	74.33^{bc}
F-Test		**	**	**	**	**	**
C.V. (%)		14.00	11.16	7.91	8.39	9.65	7.79

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

S = S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (5 กรัม/ดินผสม 5 กิโลกรัม)

ส่วนน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวาน พบว่า ถ้าใส่ปริมาณกากขี้แป้งเท่ากันแล้ว ในสิ่งทดลองที่ใช้ขุยมะพร้าวนั้น ข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโตต่ำสุด เนื่องจากขุยมะพร้าวประกอบด้วยเส้นใยประเภทลิกนินและเซลลูโลสสูง (ไพทิพย์, 2551) มีการย่อยสลายตัว

ตามธรรมชาติโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน จึงมีการคายความร้อนออกมา ซึ่งส่งผลกระทบต่อรากพืช ทำให้ข้าวโพดหวานเจริญเติบโตต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในสิ่งทดลองที่ 5 ข้าวโพดหวานมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกับชุดควบคุม (สิ่งทดลองที่ 1 และ 2) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ ยังพบว่า สิ่งทดลองที่ 6 และ 7 ข้าวโพดหวานมีความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 3, 14, 11, 9 และ 10 ตามลำดับ

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดหวาน อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน เมื่อปลูกในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก ร่วมกับวัสดุปลูกและยิปซัม)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	น้ำหนัก (กรัม)	
		น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
1	S (Control)	37.87±0.82^{e}	4.95±0.51^{e}
2	Control+G	25.33±0.55^{e}	2.98±0.26^{e}
3	S+H+G	269.16±0.96^{ab}	26.37±0.16^{a}
4	S+BH+G	148.43±0.22^{d}	17.76±0.20^{cd}
5	S+CF+G	37.27±0.19^{e}	4.85±0.54^{e}
6	S+0.1%+H+G	280.51±0.12^{ab}	24.33±0.34^{ab}
7	S+0.1%+BH+G	219.87±0.94^{abcd}	24.24±0.^{15ab}
8	S+0.1%+CF+G	162.88±0.40^{cd}	18.60±0.03^{bcd}
9	S+0.3%+H+G	288.11±0.19^{a}	21.91±0.58^{abc}
10	S+0.3%+BH+G	252.02±0.62^{abc}	27.39±0.95^{a}
11	S+0.3%+CF+G	209.30±0.54^{abcd}	14.95±0.17^{d}
12	S+0.5%+H+G	189.66±0.61^{abcd}	14.65±0.30^{d}
13	S+0.5%+BH+G	182.29±0.10^{cd}	16.83±0.12^{cd}
14	S+0.5%+CF+G	281.88±0.15^{ab}	19.26±0.44^{bcd}
	F-test	**	**
	C.V. (%)	4.13	3.57

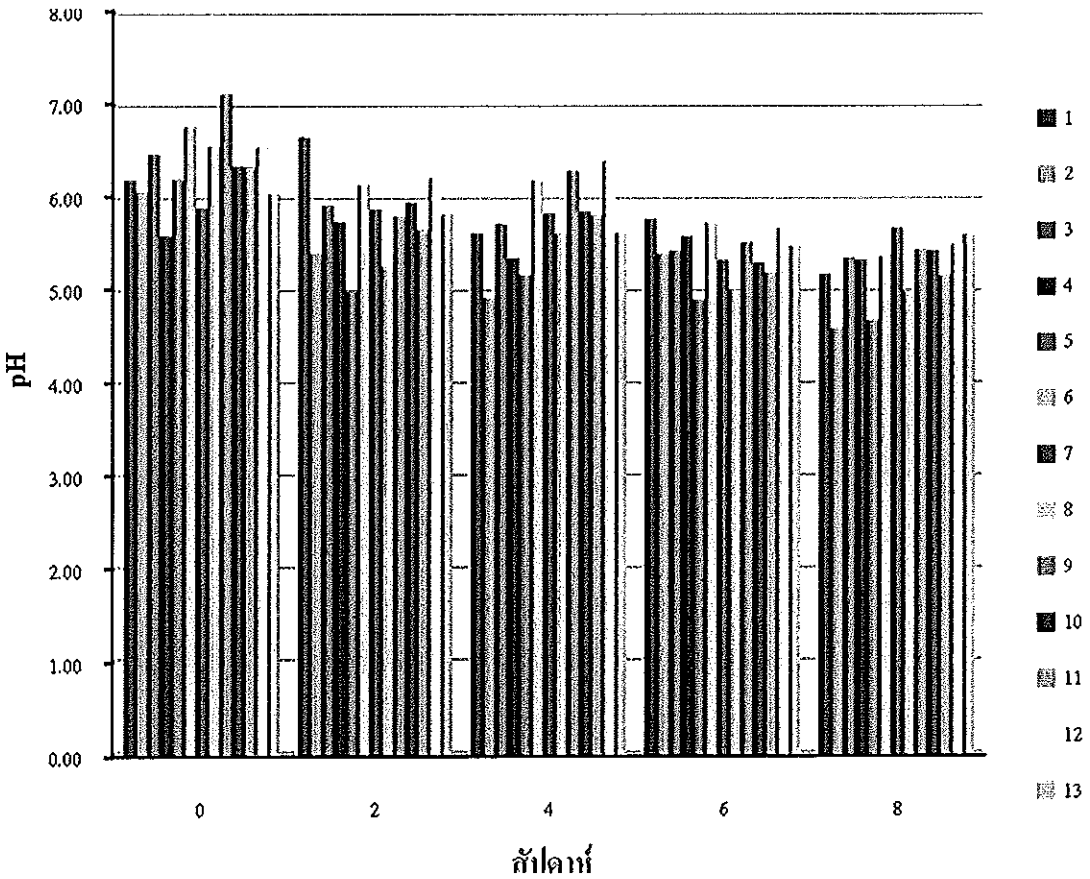
หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

S = S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (5 กรัม/ดินผสม 5 กิโลกรัม)

3. การศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก

3.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสิ่งทดลองต่าง ๆ (ตารางที่ 8) และการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินผสม (ภาพประกอบ 9 และตารางที่ 21) หลังจากบ่มไว้ 8 สัปดาห์ พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่วัดได้ลดลงตลอดระยะเวลาการบ่ม เนื่องจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน กากขี้แป้งและวัสดุปลูก โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งจะได้ Fulvic acid และ Humic acid จึงทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง (Chandrika, 2002) และนอกจากนี้ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดจากการบ่ม ได้รวมตัวกับน้ำในดินกลายเป็นกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) จึงทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงอีกด้วย (William และ Robert, 1992)



ภาพประกอบ 9 ค่าการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดเป็นด่างของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ชุดดินดอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)

ตารางที่ 21 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)

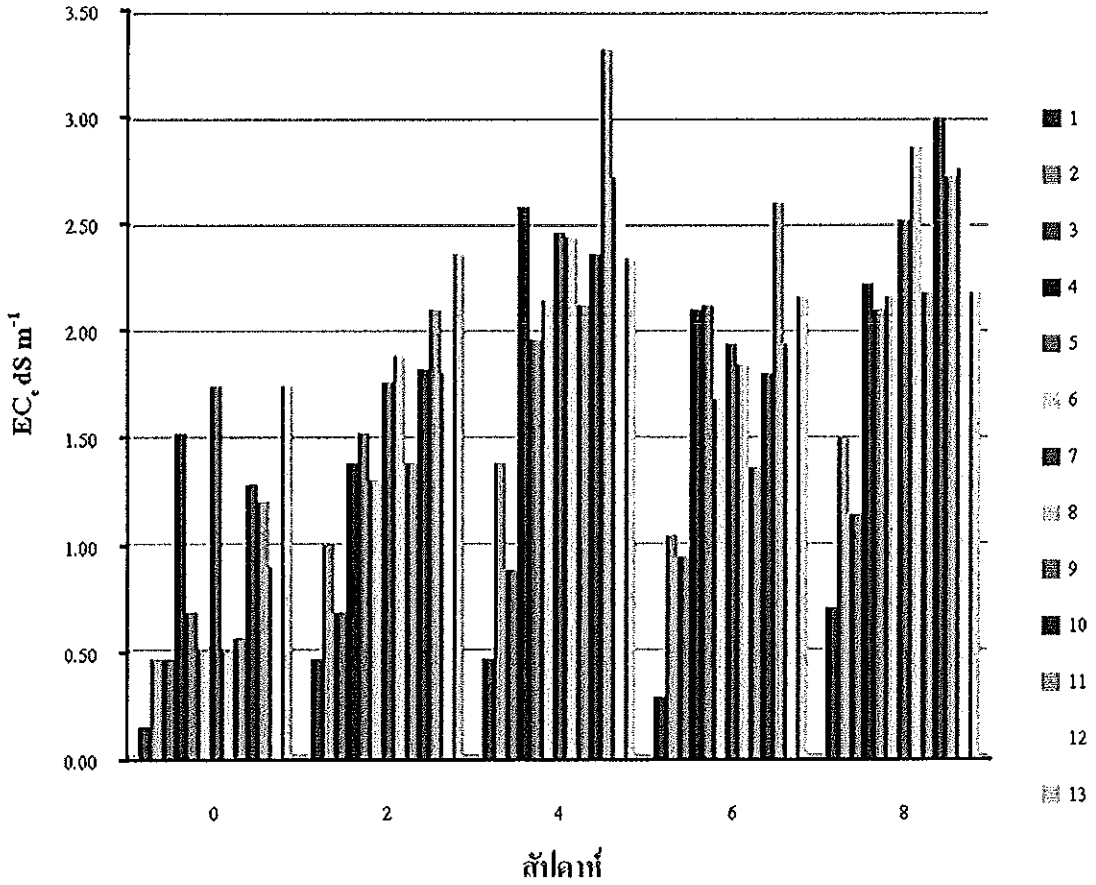
pH													
สิ่งทดลอง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
กรรมวิธี / สัปดาห์	S (control)	S+H	S+BH	S+CF	S+0.1%+H	S+0.1%+BH	S+0.1%+CF	S+0.3%+H	S+0.3%+BH	S+0.3%+CF	S+0.5%+H	S+0.5%+BH	S+0.5%+CF
0	6.12±0.01^{b}	6.06±0.08^{a}	6.47±0.08^{a}	5.59±0.09^{a}	6.20±0.04^{a}	6.76±0.05^{a}	5.89±0.17^{a}	6.55±0.03^{a}	7.11±0.03^{a}	6.34±0.02^{a}	6.33±0.14^{a}	6.54±0.07^{a}	6.04±0.06^{a}
2	6.65±0.09^{a}	5.40±0.11^{b}	5.91±0.18^{b}	5.74±0.14^{a}	5.00±0.07^{c}	6.14±0.16^{b}	5.87±0.04^{a}	5.25±0.07^{c}	5.80±0.16^{c}	5.94±0.07^{b}	5.65±0.05^{c}	6.22±0.02^{b}	5.81±0.08^{b}
4	5.61±0.14^{c}	4.92±0.03^{e}	5.72±0.11^{bc}	5.34±0.07^{b}	5.16±0.03^{b}	6.18±0.12^{b}	5.83±0.04^{a}	5.61±0.01^{b}	6.29±0.04^{b}	5.85±0.02^{b}	5.81±0.05^{b}	6.39±0.12^{ab}	5.62±0.03^{c}
6	5.77±0.05^{c}	5.39±0.17^{b}	5.43±0.04^{cd}	5.58±0.04^{a}	4.89±0.08^{c}	5.72±0.06^{c}	5.32±0.17^{b}	45.00±0.02^{d}	5.51±0.03^{d}	5.29±0.13^{c}	5.18±0.02^{d}	5.66±0.09^{c}	5.47±0.05^{d}
8	5.17±0.13^{d}	4.58±0.06^{d}	5.34±0.28^{d}	5.32±0.01^{b}	4.67±0.06^{d}	5.36±0.13^{d}	5.67±0.13^{a}	4.99±0.07^{d}	5.43±0.11^{d}	5.43±0.08^{c}	5.15±0.06^{d}	5.49±0.07^{d}	5.59±0.04^{c}
F-Test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	1.61	1.90	2.74	1.52	1.22	1.89	2.21	1.18	1.57	1.34	1.38	1.38	1.09

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,cd} ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

S = S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก

3.2 ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส ของสิ่งทดลองต่าง ๆ (ตารางที่ 8) และการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสม (ภาพประกอบ 10 และตารางที่ 22) หลังจากบ่มไว้ 8 สัปดาห์ พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้ในสิ่งทดลองต่างๆส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการบ่ม เนื่องจากการย่อยสลายตัวของสารอินทรีย์ โดยกระบวนการจุลินทรีย์ ทำให้สารอินทรีย์ต่าง ๆ ถูกย่อยสลายตัวและปลดปล่อยออกมาในรูปแคตไอออนและแอนไอออนต่าง ๆ ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าอย่างดี (Markus, 2008)



ภาพประกอบ 10 ค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)

ตารางที่ 22 ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)

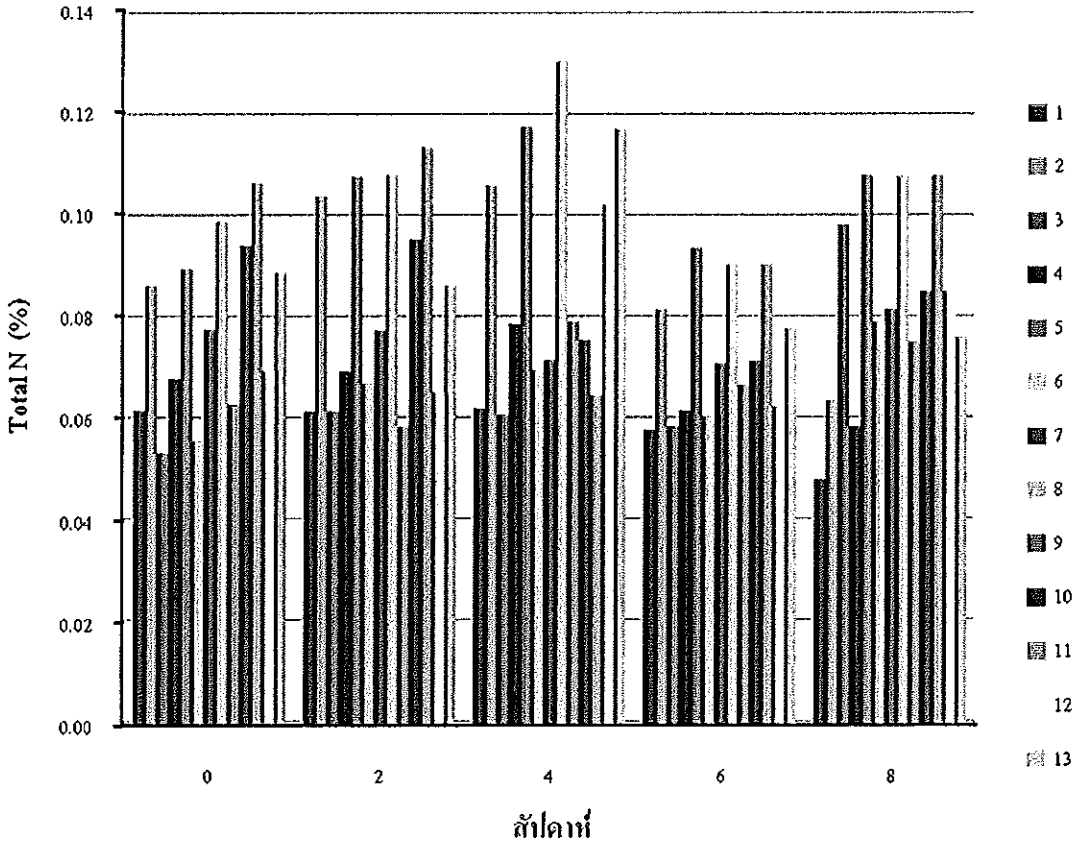
EC_e (dS m^{-1})													
สิ่งทดลอง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
กรรมวิธี / สัปดาห์	S (control)	S+H	S+BH	S+CF	S+0.1%+H	S+0.1%+BH	S+0.1%+CF	S+0.3%+H	S+0.3%+BH	S+0.3%+CF	S+0.5%+H	S+0.5%+BH	S+0.5%+CF
0	0.14±0.02^{c}	0.46±0.07^{c}	0.46±0.03^{c}	1.52±0.55^{bc}	0.68±0.07^{c}	0.50±0.15^{c}	1.74±0.51^{b}	0.50±0.16^{c}	0.56±0.15^{c}	1.28±0.19^{a}	1.20±0.10^{c}	0.90±0.27^{c}	1.74±0.77^{a}
2	0.46±0.12^{ab}	1.00±0.03^{b}	0.68±0.06^{bc}	1.38±0.50^{c}	1.52±0.06^{b}	1.30±0.12^{b}	1.76±0.33^{b}	1.88±0.15^{b}	1.38±0.15^{b}	1.82±0.03^{bc}	2.10±0.53^{bc}	1.80±0.44^{b}	2.36±0.44^{b}
4	0.46±0.07^{ab}	1.38±0.15^{ab}	0.88±0.25^{ab}	2.58±0.23^{a}	1.96±0.19^{a}	2.14±0.20^{a}	2.46±0.26^{a}	2.44±0.30^{ab}	2.12±0.17^{a}	2.36±0.07^{ab}	3.32±0.68^{a}	2.72±0.48^{a}	2.34±0.29^{c}
6	0.28±0.06^{bc}	1.04±0.43^{ab}	0.94±0.17^{ab}	2.10±0.24^{abc}	2.12±0.07^{a}	1.68±0.47^{ab}	1.94±0.15^{ab}	1.84±0.24^{b}	1.36±0.03^{b}	1.80±0.30^{bc}	2.60±0.53^{b}	1.94±0.12^{b}	2.16±0.35^{d}
8	0.70±0.24^{a}	4.58±0.06^{a}	1.14±0.13^{a}	2.22±0.18^{ab}	2.10±0.15^{a}	2.16±0.13^{a}	2.52±0.18^{a}	2.86±0.54^{a}	2.18±0.36^{a}	3.00±0.76^{a}	2.72±0.69^{b}	2.76±0.26^{a}	2.18±0.15^{c}
F-Test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	31.96	19.93	18.90	18.88	7.06	16.00	15.10	16.36	13.32	18.43	21.20	16.83	20.95

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

S = S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก

3.3 ไนโตรเจน

จากการศึกษาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสิ่งทดลองต่าง ๆ (ตารางที่ 8) และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินผสม (ภาพประกอบ 11 และตารางที่ 23) หลังจากบ่มไว้ 8 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสิ่งทดลองต่าง ๆ มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในสิ่งทดลองที่ 3, 5, 6, 7, 9, 11, 12 และ 13 อาจเนื่องมาจากปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาจาจากการย่อยสลายตัวของอินทรียวัตถุ (กากขี้แป้งและวัสดุปลูก) กับปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปละลายน้ำได้ซึมลงสู่ดินด้านล่างในปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสิ่งทดลองไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเวลาผ่านไป



ภาพประกอบ 11 ค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่างๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)

ตารางที่ 23 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)

Total N (%)													
สิ่งทดลอง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
กรรมวิธี / สัปดาห์	S (control)	S+H	S+BH	S+CF	S+0.1%+H	S+0.1%+BH	S+0.1%+CF	S+0.3%+H	S+0.3%+BH	S+0.3%+CF	S+0.5%+H	S+0.5%+BH	S+0.5%+CF
0	0.06±0.12^{a}	0.09±0.12^{ab}	0.06±0.04^{a}	0.06±0.07^{c}	0.09±0.10^{c}	0.09±0.01^{a}	0.08±0.08^{b}	0.01±0.11^{ab}	0.01±0.04^{bc}	0.08±0.21^{ab}	0.11±0.09^{a}	0.11±0.06^{a}	0.09±0.15^{b}
2	0.07±0.11^{a}	0.09±0.24^{a}	0.06±0.07^{a}	0.07±0.07^{b}	0.11±0.09^{ab}	0.07±0.03^{b}	0.08±0.05^{b}	0.01±0.13^{ab}	0.01±0.02^{c}	0.09±0.12^{a}	0.11±0.07^{a}	0.06±0.03^{b}	0.08±0.17^{bc}
4	0.07±0.06^{a}	0.11±0.19^{a}	0.06±0.04^{a}	0.08±0.09^{a}	0.12±0.10^{a}	0.07±0.08^{b}	0.08±0.08^{b}	0.12±0.30^{a}	0.08±0.06^{a}	0.08±0.06^{b}	0.06±0.11^{c}	0.12±0.26^{a}	0.12±0.01^{a}
6	0.07±0.09^{a}	0.10±0.37^{a}	0.06±0.01^{a}	0.07±0.16^{b}	0.10±0.06^{bc}	0.06±0.04^{b}	0.07±0.04^{c}	0.01±0.14^{b}	0.07±0.08^{abc}	0.08±0.09^{b}	0.08±0.19^{b}	0.06±0.05^{b}	0.08±0.07^{c}
8	0.04±0.12^{b}	0.06±0.08^{b}	0.01±0.11^{b}	0.06±0.08^{c}	0.10±0.14^{bc}	0.07±0.19^{b}	0.09±0.09^{a}	0.11±0.10^{a}	0.07±0.08^{ab}	0.08±0.06^{b}	0.11±0.03^{a}	0.08±0.11^{b}	0.07±0.06^{c}
F-Test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	9.47	12.57	6.60	10.53	6.88	6.33	5.72	9.29	6.66	5.53	6.82	10.50	7.98

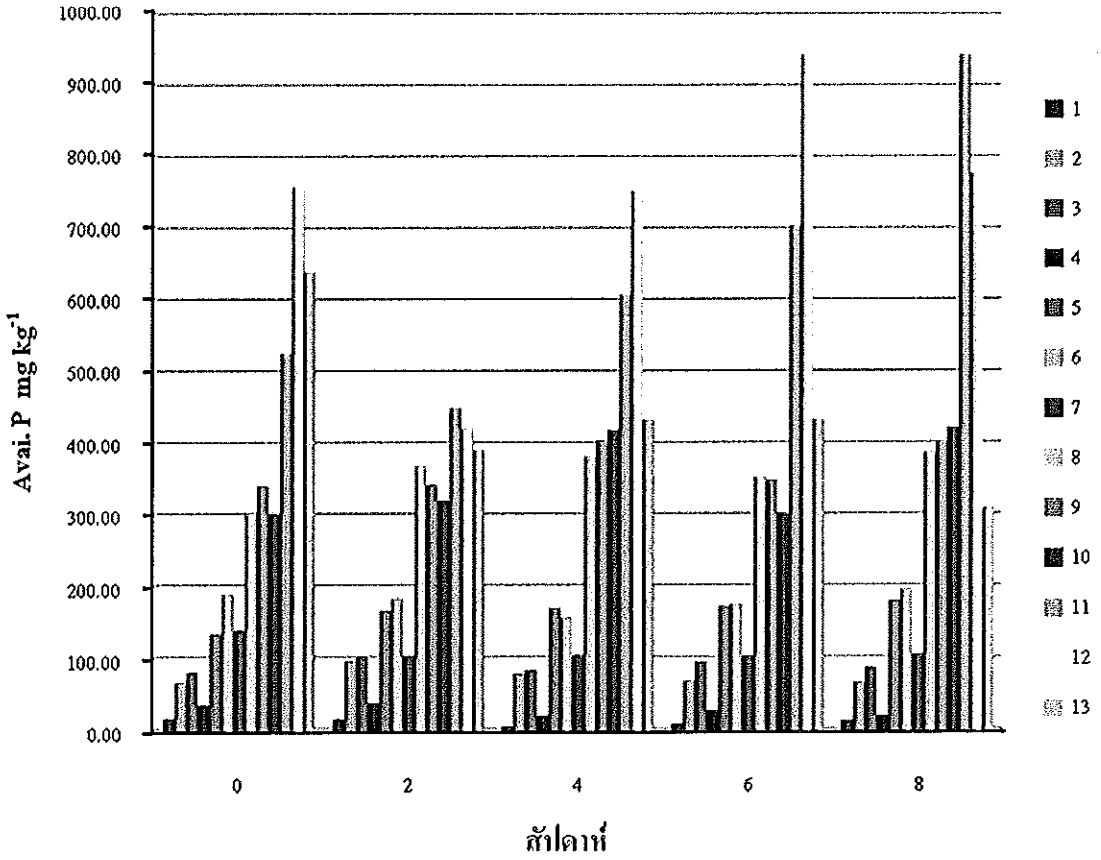
หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก

3.4 ฟอสฟอรัส

จากการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของสิ่งทดลองต่าง ๆ (ตารางที่ 8) และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินผสม (ภาพประกอบ 12 และตารางที่ 24) หลังจากบ่มไว้ 8 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณความฟอสฟอรัสของสิ่งทดลองต่าง ๆ มีแนวโน้มคงที่ เนื่องจากฟอสฟอรัสจะถูกตรึงไว้ในรูปของสารประกอบฟอสเฟตซึ่งตกตะกอนและละลายน้ำได้ยาก จึงยังคงอยู่ในกากขี้แป้ง ทำให้ ปริมาณความฟอสฟอรัสของสิ่งทดลองต่าง ๆ มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง



ภาพประกอบ 12 ค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)

ตารางที่ 24 ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกับกากขี้แป้งในอัตราส่วนระหว่าง 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)

Avai. P ($mg\ kg^{-1}$)													
สิ่งทดลอง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
กรรมวิธี / สัปดาห์	S (control)	S+H	S+BH	S+CF	S+0.1%+H	S+0.1%+BH	S+0.1%+CF	S+0.3%+H	S+0.3%+BH	S+0.3%+CF	S+0.5%+H	S+0.5%+BH	S+0.5%+CF
0	16.09±3.15^{a}	66.75±13.71^{c}	80.72±14.72^{c}	34.54±3.44^{a}	133.10±15.85^{b}	188.21±59.19^{b}	138.15±30.91^{a}	301.13±94.40^{c}	339.17±73.45^{b}	300.36±79.24^{b}	523.49±66.38^{bc}	756.72±85.70^{b}	636.81±62.66^{a}
2	14.96±2.27^{a}	95.50±20.40^{a}	102.05±8.55^{ab}	37.26±2.82^{a}	165.65±19.25^{a}	181.88±45.24^{b}	102.67±13.35^{b}	367.49±72.13^{b}	340.78±32.84^{b}	318.52±95.67^{b}	447.85±64.58^{c}	419.35±81.48^{c}	389.10±64.23^{b}
4	4.63±1.36^{b}	78.04±18.73^{b}	82.93±19.45^{b}	19.96±3.62^{b}	169.18±7.82^{a}	156.19±6.23^{d}	103.85±44.77^{b}	380.37±70.99^{a}	402.29±61.46^{a}	417.26±36.00^{a}	605.16±43.37^{b}	749.59±48.34^{b}	431.25±44.88^{b}
6	7.79±0.02^{b}	68.21±0.01^{c}	94.71±0.01^{b}	26.78±0.01^{a}	171.91±0.03^{a}	174.77±0.01^{c}	102.81±0.02^{b}	351.29±0.07^{b}	347.03±0.08^{b}	300.80±0.08^{b}	700.75±0.10^{b}	939.12±0.04^{a}	431.25±0.07^{b}
8	12.54±0.05^{a}	65.74±0.02^{c}	86.60±0.02^{bc}	19.46±0.01^{b}	179.72±0.02^{a}	195.20±0.02^{a}	105.30±0.03^{b}	385.63±0.06^{a}	400.07±0.08^{a}	420.30±0.68^{a}	939.20±0.15^{a}	774.07±0.5^{b}	307.70±0.05^{b}
F-Test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	10.58	12.75	11.72	12.97	9.87	11.73	36.31	11.31	12.31	10.23	12.21	7.5	8.69

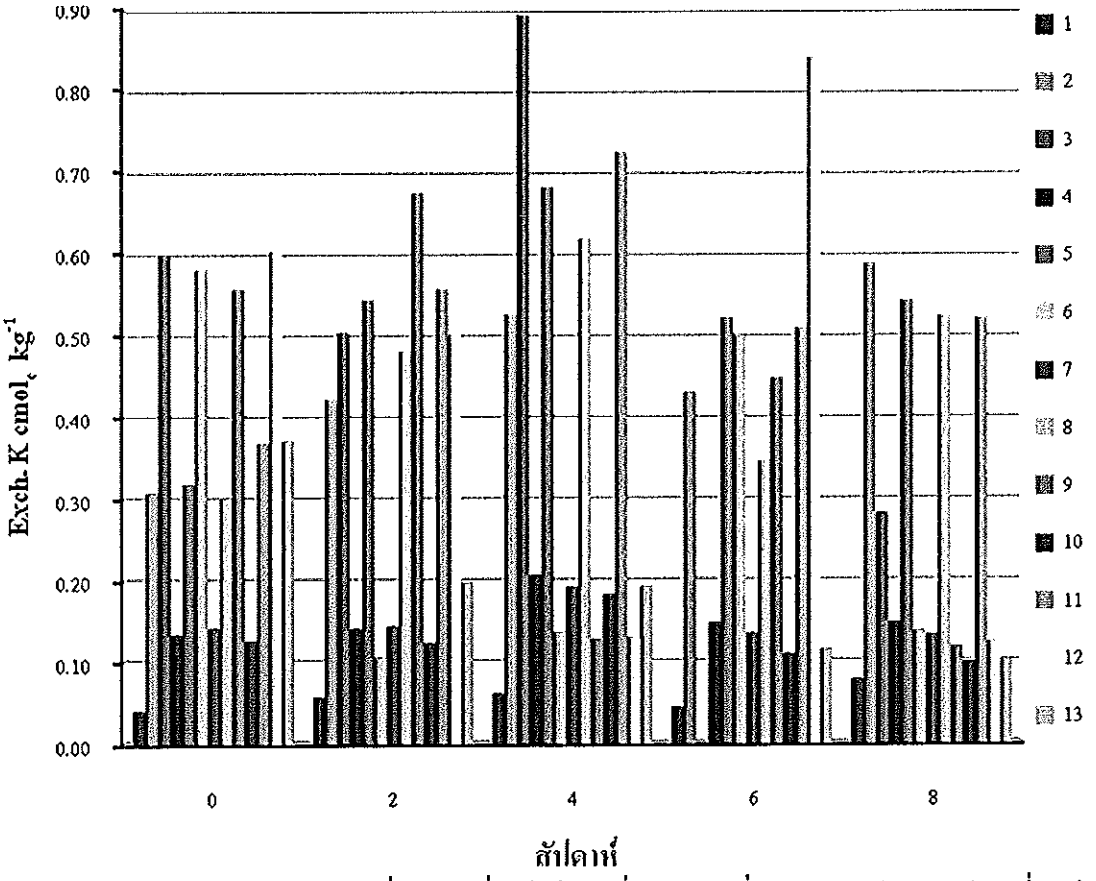
หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก

3.5 โพแทสเซียม

จากการศึกษาค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของสิ่งทดลองต่าง ๆ (ตารางที่ 8) และการเปลี่ยนแปลงของค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินผสม (ภาพประกอบ 13 และตารางที่ 25) หลังจากบ่มไว้ 8 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในสิ่งทดลองต่างๆไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อาจเนื่องมาจากปริมาณกากขี้แป้งมีปริมาณโพแทสเซียมไม่มากนัก ซึ่งเป็นผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินผสมไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาที่เปลี่ยนไป



ภาพประกอบ 13 ค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย±ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ชุดดินคอหงษ์ผสมกากขี้แป้งในอัตราส่วน 0%, 0.1%, 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนัก)

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ได้ใช้กากขี้แป้งจากองค์การสวนยาง อ.นาบอน จ.นครศรีธรรมราช โดยการเก็บตัวอย่างกากขี้แป้งซึ่งเป็นของเสียที่ได้จากกระบวนการปั่นน้ำยางข้น และจากการตกตะกอนของน้ำยาง โดยตัวอย่างที่เก็บได้คาดว่าอยู่ในช่วงอายุ 1 วัน, 1-2 ปี, 2-3 ปี, 3-4 ปี และมากกว่า 20 ปี หลังจากทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารพืชแล้วพบว่า ปริมาณธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่ในกากขี้แป้งจะลดน้อยลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น โดยกากขี้แป้งอายุ 1-2 ปี มีความเหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้เพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน เนื่องจากยังคงมีปริมาณธาตุอาหารหลงเหลืออยู่ใกล้เคียงกับกากขี้แป้งอายุ 1 วัน แต่เป็นประโยชน์กับพืชมากกว่าเนื่องจากมีการเว้นระยะให้สารอินทรีย์ในกากขี้แป้งได้ถูกย่อยสลายตัวโดยจุลินทรีย์จนอยู่ในระดับที่ไม่ปลดปล่อยความร้อนและก๊าซที่เป็นอันตรายต่อรากพืช นอกจากนี้ยังเปลี่ยนสภาพจากยางสดเป็นเศษยางที่แห้งจนสามารถทุบให้ละเอียดได้ ในการศึกษานี้จึงทดลองใส่กากขี้แป้งอายุ 1 ปี ในอัตราส่วนต่างๆ คือ 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 1.0%, 1.5% และ 2.0% โดยน้ำหนัก พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมของกากขี้แป้งผสมกับดินคอหงษ์สำหรับทดลองปลูกข้าวโพดหวานคือ 0.2% โดยน้ำหนัก เมื่อใส่กากขี้แป้งมากกว่านี้จะทำให้ข้าวโพดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เนื่องจากปัญหาเรื่องความเค็มและความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืชในกากขี้แป้ง(ขาดแคลเซียม) ซึ่งทำให้ยอดอ่อนข้าวโพดหวานม้วนตัวเข้าหากัน ไม่คลี่ออก จึงแก้ปัญหาความเค็มโดยเพิ่มวัสดุอินทรีย์ และแก้ปัญหาความไม่สมดุลของธาตุอาหารโดยการใส่ยิปซัม

วัสดุอินทรีย์ที่เลือกใช้มี 3 ชนิด ได้แก่ แกลบดิบ แกลบเผา และขุยมะพร้าว ซึ่งจะใส่ในอัตราส่วน 8% โดยน้ำหนัก เมื่อผสมกับดิน ยิปซัม และกากขี้แป้งในอัตราส่วนต่างๆแล้วทดลองปลูกข้าวโพดหวาน พบว่า สัดส่วนที่เหมาะสมของกากขี้แป้งและชนิดวัสดุปลูกที่ทำให้ข้าวโพดหวานสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดคือ เมื่อใช้กากขี้แป้ง 0.3% โดยน้ำหนัก ผสมกับแกลบดิบหรือแกลบเผา จะทำให้ข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโตสูงสุด

นอกจากนี้ เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของกากขี้แป้ง นอกจากปลูกข้าวโพดหวานแล้วยังทดลองปลูกไม้ดอกเพิ่มอีก 2 ชนิด คือ แพงพวยและบานไม่รู้โรย ในดินกระถางที่มีวางจำหน่ายดินสำเร็จรูปตามท้องตลาด จำนวน 2 บริษัท และจากผลการศึกษาพบว่า ข้าวโพดที่ปลูกด้วยดินที่ผสมกากขี้แป้ง 0.3% โดยน้ำหนัก ผสมแกลบดิบ 8% โดยน้ำหนัก ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตด้านความสูงและน้ำหนักสดไม่แตกต่างทางสถิติกับข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินกระถาง

2 แต่เจริญเติบโตได้ดีแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดควบคุมและในดินกระถาง 1 ส่วนแพงพวยที่ปลูกด้วยดินผสมกากขี้แป้ง 0.1% โดยน้ำหนัก ผสมกับแกลบดิบ 8% โดยน้ำหนัก แพงพวยมีการเจริญเติบโตด้านความสูง น้ำหนักสด และจำนวนดอกไม่แตกต่างทางสถิติกับแพงพวยที่ปลูกในดินกระถาง 2 แต่เจริญเติบโตได้ดีแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับแพงพวยที่ปลูกในชุดควบคุมและในดินกระถาง 1 ส่วนบานไม่รู้โรยที่ปลูกด้วยดินผสมกากขี้แป้ง 0.3% โดยน้ำหนัก ผสมกับแกลบเผา 8% โดยน้ำหนัก บานไม่รู้โรยมีการเจริญเติบโตด้านความสูงและจำนวนดอกไม่แตกต่างทางสถิติกับบานไม่รู้โรยที่ปลูกในดินกระถาง 2 แต่เจริญเติบโตได้ดีแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับบานไม่รู้โรยที่ปลูกในชุดควบคุมและในดินกระถาง 1

จากการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในต้นข้าวโพดหวานพบว่า กากขี้แป้งสามารถเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมที่สำคัญแก่ดินและพืช และสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งธาตุฟอสฟอรัสและไนโตรเจนทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้ แต่เนื่องจากกากขี้แป้งมีข้อจำกัดในเรื่องความเค็มและมีปัญหาเรื่องความไม่สมดุลของธาตุอาหาร ดังนั้นจึงต้องใส่ในปริมาณน้อยและต้องเพิ่มธาตุแคลเซียมให้แก่ดินโดยใช้ยิปซัมในอัตรา 1 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัมร่วมด้วย แต่ทั้งนี้ไม่สนับสนุนให้ใช้กากขี้แป้งในการปลูกพืชสำหรับรับประทาน เนื่องจากในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นนั้นมีการเติมสารเคมีได้แก่ Tetra methyl triuram disulfide (TMTD) และ Zinc oxide (ZnO) ลงไปด้วย ซึ่ง TMTD จัดเป็นสารตั้งต้นในการเกิด Nitrosamine ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ซึ่งใช้เป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลงในการไล่นกและสัตว์ต่างๆ และยังใช้คลุกเมล็ดพืชก่อนปลูกเพื่อป้องกันมดและแมลงกัดกิน แต่เนื่องจากใช้ในปริมาณน้อยและสลายตัวไปกับน้ำจึงอาจไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค แต่ทั้งนี้ก็ยังคงเป็นเรื่องที่ต้องมีการศึกษาวิจัยกันต่อไป จึงขอสนับสนุนให้ใช้กากขี้แป้งเพื่อการปลูกไม้ดอกไม้ประดับ เนื่องจากมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง สามารถนำมาใช้ทดแทนการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการนำเข้าแม่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้กับเกษตรกรได้ในอนาคต

บรรณานุกรม

กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2543. **การปลูก การดูแลรักษาและการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าว**. องค์ความรู้เรื่องข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นจาก : http://www.brrd.in.th/rkb/data_004/rice_xx2-04_manage_003-2.html [1 มีนาคม 2554].

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2544. **เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์**. สืบค้นจาก : http://msds.pcd.go.th/searchName.asp?vID=796 [1 มีนาคม 2554].

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548. **กระบวนการผลิตน้ำยางข้น**. *ใน* แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษ อุตสาหกรรมน้ำยางข้น. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ เล่มที่ 6/8. มกราคม 2548. หน้า 3.

กรมพัฒนาที่ดิน, 2540. **ชุดดินคอหงษ์ (Kho Hong soil series : Kh)**. สืบค้นจาก : http://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/south/Kh.htm [1 มีนาคม 2554].

กัญจนัสม์ พาพล, 2548. **ผลของสารปรับปรุงดินต่อคุณสมบัติของดินนากุ้งร้างและการเติบโตของพืช (Effects of soil amendments on abandoned shrimp farm soil properties and plant growth)**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จักรี เลื่อนราม, 2548. **เส้นทางน้ำยางสดสู่โรงงานน้ำยางข้น**. ว.กสิกร. 80, 1: 45-48.

จำเป็น อ่อนทอง, 2547. **คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชุมพล คุณวาสี, 2550. **สารอาหารของพืช**. เอกสารประกอบการสอนวิชา 2303 107 General Biology. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 3.

ชูสิน วรเดช, 2541. **การฟื้นฟูดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างสำหรับการปลูกหญ้ามอริซัส (หญ้าขน) (Soil Reclamation of Abandoned Shrimp Ponds for Cultivation of Mauritius Grass (*Brachiaria mutica*))**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม.

ชัยรัตน์ นิลนนท์ และ นิทัศน์ สองศรี, 2549. **รายงานการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ขี้แป้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นเป็นสารปรับปรุงดิน.** สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ดำริ ถาวรมาศ และ จันทิรา อริยธัช, 2534. **ปุ๋ยอินทรีย์.** ว.อนุรักษ์ดินและน้ำ. 7: 29-35.

บุญแสน เตียวนุกูลธรรม, 2548. **เอกสารประกอบการสอนวิชาปฐพีวิทยา.** คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์, 2532. **แกลบกับการปรับปรุงบำรุงดิน.** ว.พัฒนาที่ดิน. 27: 33-34.

พิทยากร ลิ่มทอง และ ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์, 2540. **ระดับธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมัก.** *ใน* การปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ. โครงการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนา ที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: 75-87.

ไพทิพย์ ธีรเวชญาณ, 2551. **การกำจัดเอทิลีนไกลคอล โดยใช้เถ้าลอยขี้เถ่า.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน.

ฟ้าไพลิน ไชยวรรณ, 2549. **ผลของเถ้าหนักต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตของพืชและสิ่งแวดล้อม (Effect of Bottom Ash on Crop Growth Yield and Environment).** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยงยุทธ โอสถสภา, 2546. **ธาตุอาหารพืช.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. หน้า 226.

วราศรี เถกประสิทธิ์, 2543. **การนำกากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นมาใช้ประโยชน์เพื่อทำเป็นวัสดุปรับปรุงดิน (The Utilization of the Centifuged Residue from Concentrated Latex Industry as a Soil Conditioner).** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม.

วลัยพร ผ่อนผัน, 2547. **การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในรูปสารบำรุงดิน. (Utilization of The Lutoid of Rubber Latex Industry in Term of Soil Conditioner).** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันชัย แก้วยอด, 2540. **การตรวจสอบการจัดการน้ำเสียโรงงานยาง: กรณีศึกษาในจังหวัดสงขลา (The Investigation of Rubber Westwater Management: A Case Study of Changwat Songkhla).** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศศิวิมล ผดุงกัน, สุรพิชญ ลอยกุลนันท์, ฉวีวรรณ คงแก้ว และ อรพินท์ ชัยกำพลเลิศ, 2548. **นวัตกรรมการรักษาสภาพน้ำยางข้น.** ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย.

สาเราะ นิยมเดชา, 2553. **การเตรียมสารปรับปรุงดินจากกากขี้แป้งน้ำยางข้นโดยใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Preparation of Soil Amendments from Concentrated Latex Sludge using Effective Microorganisms).** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สถาบันวิจัยการยาง, 2551. **น้ำยางพารา.** ว.ยางพารา. 3, 3: 4.

สมชาย ชดตระการ, 2549. **การตอบสนองต่อความเค็มระดับต่างๆต่อการเจริญเติบโตของผักโขม (Response of different salinity levels on growth of *Amaranthus dubius*).** ว.เกษตร 22, 2: 147-159.

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, วิไลรัตน์ ชีวเศรษฐธรรม, ณัฐพงศ์ นิธิอุทัย และธนธรณ์ นวลปาน, 2546. **การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการเตรียมปุ๋ยเหลวจากกากขี้แป้งน้ำยางข้น.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รายงานการศึกษาของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

โสภิตา คำหาญ, 2546, **แหล่งแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการผลิตถั่วลิสงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** รายงานวิชา 1212-780 สัมมนา 1. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

อรอนงค์ ผิวนิล, เกษม จันทร์แก้ว, ไพบูลย์ ประพฤติธรรม และ นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์, 2549. **การศึกษาก๊าซที่ปลดปล่อยจากขยะชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี.** โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี.

อภิรัฐ จูทอง, 2553. **วัสดุปรับปรุงดินจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นและมูลสุกรสำหรับปลูกกระถินเทพา (Soil Conditioner from Concentrated Latex Industry Sludge and Pig Manure for *Acacia mangium* Plantation).** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2549. **การปลูกพืชในวัสดุปลูก.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์, 2545. **การใช้ประโยชน์กากตะกอนของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลสำหรับเป็นปุ๋ยอินทรีย์และสารปรับปรุงดิน (Utilization of Sewage Sludge from Sea Food Industry as an Organic Fertilizer and Soil Amendment).** วิทยานิพนธ์วิทยา

ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Chandrika, V., Ajijul, H. M., Nayak, D. and Kunal G., 2002. **Clay- humus complexation: Effect of pH and the nature of bonding.** J. Soil Biology and Biochemistry. 26, 9: p. 1145-1149.

Craig Dick, 2009. **Calcium Magnesium Ratio.** สืบค้นจาก : http://blog.calciumproducts.com/posts/calcium-magnesium-ratio.cfm [2 มีนาคม 2554].

Ellen, Z. H., Oakesa, S. R., Hysella, M. and Hayb, A., 2005. **Cornell Waste Management Institute.** Department of Crop and Soil Sciences. Rice Hall. Ithaca. United States.

Gao, P., Tang, X., Tong, Y. and Chen, Y., 2007. **Application of Sewage Sludge Next Term Compost on Highway Embankments.** College of Environment and Resource. Huajiachi. Zhejiang University. China.

Linping, K., Farida, D., and Willy, V., 2000. **Sludge treatment and reuse as soil conditioner for small rural communities Original Research Article.** J. Bioresource Technology. 73, 3: p. 213-219.

Markus, A., Siswantoa, A. B. and Subandiono, R. E., 2008. **Properties of Organic and Acid Sulfate Soils and Water of A 'reclaimed' Tidal Backswamp in Central Kalimantan, Indonesia.** J. Geoderma. 149, 1-2: p. 54-65.

Monique, C. and Ineson, P., 1999. **Environmental Factors Controlling NO_3^- Leaching, N_2O Emissions and Numbers of NH_4^+ Oxidizers in A coniferous Forest Soil.** J. Soil Biology and Biochemistry. 31, 7: p. 979-990.

Paolo, P., Santucci, M. A., Campani, A. G. and Forti, G. C., 2005, **Toxic and DNA-damaging Activities of The Fungicides Mancozeb and Thiram (TMTD) on Human Lymphocytes in Vitro.** J. Teratogenesis Carcinogenesis and Mutagenesis. 9: p. 75-81.

Paton, T.R., 1978. **The Formation of Soil Material.** p.143. London: Geeorge Allen & Unwin Ltd.

Priestley, D.A., 1986. **Seed Aging: Implication for Seed Storage and Persistence in The Soil.** p. 304. London: Comstock Publishing Associates.

Tarrasona, D., Ojeda, G., Ortizaand, O. and Alcaniza, J. M., 2006. **Differences on Nitrogen Availability in a Soil Next Term Amended With Fresh, Composted And Thermally-**

Dried Sewage Previous Term Sludge Next Term. Department of Animal Plant Biology and Ecology. Autonomous University of Barcelona. Spain.

Tisdale, S. L., W. L. and Beaton, J. D., 1985. **Soil Fertility and Fertilizers.** 4th edition. p. 754. Macmillal. London.

William, A. W. and Robert, M. D., 1992. **Interactions of pH, Carbon Dioxide, Alkalinity and Hardness in Fish Ponds.** Southern Regional Aquaculture Center. Kentucky State University. SRAC Publication No. 464 p. 49. New York: Academic Press.

William H. L., 1998. **Composite Sampling.** National Environmental Health Forum Monographs Soil Series No. 3. Department of Human Services. The National Environmental Health Forum. New York: Glenelg Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเจริญเติบโตของพืช

ตารางภาคผนวก ก 1 ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ของข้าวโพดหวาน ที่ปลูกในสิ่งทดลองต่างๆ ในการศึกษาหาสัดส่วนกากขี้แป้งที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)						น้ำหนัก (กรัม)	
		1	2	3	4	5	6	สด	แห้ง
S (Control)	1	7.00	9.00	9.50	10.00	15.50	23.00	10.22	0.83
	2	9.30	9.50	10.00	11.00	16.50	32.00	16.90	1.91
	3	8.00	11.00	11.50	12.00	15.50	32.00	17.28	1.71
	4	8.10	9.80	10.30	11.00	15.80	29.00	14.80	1.48
S+0.1%	1	7.50	13.50	21.00	27.50	38.00	65.00	140.93	20.48
	2	8.50	13.00	22.00	28.00	38.00	63.00	137.64	19.48
	3	7.00	11.50	20.00	32.00	40.00	62.00	149.34	20.54
	4	7.70	12.70	21.00	29.20	38.70	63.30	142.64	20.17
S+0.2%	1	8.80	12.00	18.00	26.00	36.00	70.00	167.39	24.18
	2	9.00	9.00	9.50	-	-	-	-	-
	3	8.80	11.30	22.00	30.00	40.00	65.00	173.81	22.17
	4	8.90	10.80	16.50	28.00	38.00	67.50	170.60	23.18
S+0.3%	1	7.00	7.00	7.50	-	-	-	-	-
	2	6.00	8.00	8.00	-	-	-	10.61	0.67
	3	7.40	9.00	9.00	-	-	-	5.81	0.32
	4	6.00	8.00	8.20	-	-	-	8.21	0.50

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)						น้ำหนัก (กรัม)	
		1	2	3	4	5	6	สด	แห้ง
S+0.3%	1	7.00	7.00	7.50	-	-	-	-	-
	2	6.00	8.00	8.00	-	-	-	10.61	0.67
	3	7.40	9.00	9.00	-	-	-	5.81	0.32
	4	6.00	8.00	8.20	-	-	-	8.21	0.50
S+0.5%	1	4.00	5.00	5.50	-	-	-	-	-
	2	4.00	4.00	4.00	-	-	-	-	-
	3	4.50	5.30	5.50	-	-	-	-	-
	4	4.70	4.80	5.00	-	-	-	-	-
S+1.0%	1	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	2	3.50	-	-	-	-	-	-	-
	3	3.50	-	-	-	-	-	-	-
	4	2.70	-	-	-	-	-	-	-
S+1.5%	1	2.00	-	-	-	-	-	-	-
	2	2.50	-	-	-	-	-	-	-
	3	3.50	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-
S+2.0%	1	2.50	-	-	-	-	-	-	-
	2	2.50	-	-	-	-	-	-	-
	3	2.50	3.50	-	-	-	-	-	-
	4	2.50	3.50	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก

ตารางภาคผนวก ก 2 ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ของข้าวโพดหวาน ที่ปลูกในสิ่งทดลองต่างๆ ในการทดลองศึกษาหาวัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการดูดซับความเค็มของกากขี้แป้ง

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)						น้ำหนัก (กรัม)	
		1	2	3	4	5	6	สด	แห้ง
S (control)	1	10.5	11.4	16.0	20.4	26.5	31.0	37.89	4.95
	2	10.5	11.4	16.0	20.4	26.5	31.0	37.81	4.89
	3	10.5	11.2	16.0	20.3	27.0	30.0	38.30	5.13
	4	10.5	11.5	16.0	20.4	26.0	32.0	37.56	4.83
Control+G	1	9.1	10.1	14.2	19.3	25.5	27.5	25.34	2.98
	2	9.2	10.1	14.3	19.2	25.5	27.5	25.33	2.98
	3	9.0	10.2	14.2	19.1	25.9	28.0	25.64	3.11
	4	9.2	10.1	14.2	19.5	25.1	27.0	25.06	2.84
S+H+G	1	11.6	15.8	29.0	39.5	54.8	78.8	269.24	26.38
	2	11.5	15.9	29.0	38.8	54.5	79.3	268.11	25.83
	3	11.4	15.8	29.0	40.0	54.8	78.2	271.38	26.57
	4	12.0	15.5	29.0	39.6	55.0	78.8	268.24	26.75
S+BH+G	1	11.6	13.4	25.3	28.8	43.8	60.3	148.46	17.79
	2	11.6	13.4	25.3	29.2	44.0	60.3	149.07	17.53
	3	11.5	13.5	25.5	28.4	43.6	60.5	148.56	18.18
	4	11.8	13.2	25.0	28.7	43.8	60.0	147.76	17.66
S+FC+G	1	13.5	15.3	22.5	27.5	35.1	42.0	37.29	4.85
	2	13.5	15.5	22.5	27.5	35.0	42.0	37.25	4.79
	3	13.5	15.5	22.5	28.0	35.0	42.0	37.56	4.99
	4	13.5	15.0	22.5	27.0	35.2	42.0	37.07	4.76

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)						น้ำหนัก (กรัม)	
		1	2	3	4	5	6	สด	แห้ง
S+0.1%+H+G	1	14.2	18.6	30.0	39.3	56.8	80.5	280.49	24.39
	2	14.0	18.6	30.0	40.0	56.8	80.5	280.51	24.31
	3	14.5	18.5	30.0	38.8	57.0	81.0	281.24	25.22
	4	14.0	18.6	30.0	39.0	56.5	80.0	279.73	23.64
S+0.1%+BH+G	1	14.1	19.0	27.5	37.8	53.8	81.5	219.87	24.25
	2	14.1	19.0	27.5	38.0	53.8	81.0	219.54	24.32
	3	14.0	19.0	27.5	38.5	54.0	82.0	220.48	24.37
	4	14.2	19.0	27.5	37.0	53.5	81.5	219.58	24.07
S+0.1%+FC+G	1	9.6	18.8	26.3	37.0	49.2	61.8	162.89	18.61
	2	9.6	18.8	26.3	37.0	49.5	61.8	162.85	18.87
	3	9.5	18.6	26.0	37.4	49.0	61.5	163.37	18.73
	4	9.8	19.1	26.5	36.6	49.2	62.0	162.46	18.22
S+0.3%+H+G	1	11.8	15.5	26.3	34.8	52.7	77.8	288.10	21.92
	2	11.8	15.5	26.3	34.8	52.4	77.8	288.01	21.91
	3	11.5	16.0	26.4	35.0	53.2	78.6	288.68	22.65
	4	12.0	15.0	26.2	34.6	52.5	77.0	287.62	21.21
S+0.3%+BH+G	1	14.3	17.4	26.5	34.8	49.3	77.3	252.01	27.37
	2	14.2	17.4	26.5	34.5	49.3	77.3	251.90	27.69
	3	14.4	17.5	26.6	34.8	49.5	77.5	251.88	27.51
	4	14.2	17.2	26.5	35.0	49.0	77.0	252.24	26.90

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)						น้ำหนัก (กรัม)	
		1	2	3	4	5	6	สด	แห้ง
S+0.3%+FC+G	1	12.6	17.5	27.6	37.5	54.5	79.0	209.33	14.96
	2	12.6	17.4	27.8	37.5	54.5	79.0	209.30	14.95
	3	12.5	17.6	27.5	37.4	54.0	78.0	209.47	15.05
	4	12.8	17.5	27.6	37.6	55.0	80.0	209.21	14.88
S+0.5%+H+G	1	8.0	10.6	20.3	31.5	42.5	64.0	189.65	14.67
	2	8.0	10.6	20.3	31.5	42.5	64.0	189.74	14.65
	3	8.0	10.8	20.6	32.0	42.3	63.8	190.16	15.02
	4	8.0	10.5	20.0	31.0	42.6	64.1	189.04	14.33
S+0.5%+BH+G	1	10.5	12.9	19.8	27.5	35.5	52.5	182.29	16.85
	2	10.5	12.9	19.8	27.5	35.5	52.5	181.84	16.89
	3	10.5	12.8	20.0	27.0	35.6	52.5	182.84	16.99
	4	10.5	13.0	19.5	28.0	35.4	52.5	182.18	16.66
S+0.5%+FC+G	1	12.7	17.1	27.5	35.0	55.3	78.5	281.86	19.29
	2	12.8	17.1	27.5	35.0	55.3	78.5	281.80	19.22
	3	12.6	17.0	27.4	34.0	55.4	79.0	282.15	19.08
	4	12.8	17.2	27.6	36.0	55.2	78.0	281.63	19.57

หมายเหตุ : S = S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (5 กรัม/ดินผสม 5 กิโลกรัม)

ตารางภาคผนวก ก 3 ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ของข้าวโพดหวาน ที่ปลูกในสิ่งทดลองต่างๆ ในการทดลองศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูกเปรียบเทียบกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)						น้ำหนัก (กรัม)	
		1	2	3	4	5	6	สด	แห้ง
S (control)	1	8.0	9.0	10.0	18.0	25.5	33.0	36.38	2.07
	2	9.0	9.5	9.5	17.0	22.5	28.0	35.57	1.76
	3	7.0	9.3	10.5	17.0	23.5	30.0	36.56	2.10
	4	8.0	9.3	10.0	17.3	23.8	30.3	36.17	1.98
S+H+G	1	9.0	15.3	21.5	32.5	48.8	65.0	129.09	5.57
	2	10.0	17.0	24.0	35.0	52.5	70.0	151.23	5.84
	3	9.0	16.5	24.0	41.0	55.5	40.0	123.11	5.34
	4	9.3	16.3	23.2	36.2	52.3	58.3	134.48	5.58
S+BH+G	1	8.0	14.5	21.0	27.0	43.5	60.0	140.36	4.35
	2	10.0	16.5	22.0	26.5	43.3	75.0	146.52	4.48
	3	11.0	17.0	27.0	30.0	52.5	60.0	126.21	4.01
	4	9.7	16.0	23.3	27.8	46.4	65.0	137.70	4.28
S+FC+G	1	9.0	13.5	18.0	33.0	49.0	45.0	52.24	1.95
	2	9.0	14.0	19.0	28.0	45.5	65.0	78.40	2.28
	3	10.0	17.0	24.0	32.5	46.3	63.0	75.75	2.12
	4	9.3	14.8	20.3	31.2	46.9	57.7	68.80	2.12
S+0.1%+H+G	1	10.0	16.8	23.5	32.0	51.0	70.0	240.38	4.73
	2	11.0	16.3	23.5	36.0	63.0	90.0	242.09	4.68
	3	10.0	16.5	23.0	31.0	52.5	74.0	251.21	4.83
	4	10.3	16.5	23.3	33.0	55.5	78.0	244.56	4.75

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)						น้ำหนัก (กรัม)	
		1	2	3	4	5	6	สด	แห้ง
S+0.1%+BH+G	1	9.0	16.5	24.0	32.5	61.3	90.0	246.11	4.36
	2	10.0	16.5	23.0	32.5	65.3	98.0	228.45	4.11
	3	10.0	15.0	21.0	37.0	61.5	86.0	259.10	4.55
	4	9.7	16.0	22.7	34.0	62.7	91.3	244.55	4.34
S+0.1%+FC+G	1	11.0	15.8	23.0	32.0	53.0	75.0	237.20	3.37
	2	11.0	16.3	21.5	32.5	58.8	70.0	197.03	3.13
	3	9.0	16.5	22.0	33.5	59.3	85.0	217.16	3.21
	4	10.3	16.2	22.2	32.7	57.0	76.7	217.13	3.24
S+0.3%+H+G	1	8.0	16.0	24.0	33.5	66.8	100.0	261.17	3.96
	2	9.0	16.5	24.0	32.0	66.0	100.0	320.12	4.38
	3	9.0	14.5	20.0	33.0	59.0	85.0	238.88	3.98
	4	8.7	15.7	22.7	32.8	63.9	95.0	273.39	4.11
S+0.3%+BH+G	1	11.0	16.3	21.5	40.0	61.5	105.0	281.40	2.65
	2	10.0	16.5	23.0	36.0	72.5	90.0	265.49	2.42
	3	8.0	15.0	22.0	31.0	63.0	85.0	254.77	2.36
	4	9.7	15.9	22.2	35.7	65.7	93.3	267.22	2.48
S+0.3%+FC+G	1	7.0	12.3	17.5	27.0	27.5	25.0	48.68	2.09
	2	8.5	13.8	19.0	24.0	27.0	30.0	25.03	1.85
	3	7.0	12.8	18.5	27.0	46.0	65.0	222.37	2.20
	4	7.5	12.9	18.3	26.0	33.5	40.0	98.69	2.05

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)						น้ำหนัก (กรัม)	
		1	2	3	4	5	6	สด	แห้ง
ดินกระถาง1	1	6.0	7.0	8.0	9.0	9.5	10	1.42	0.38
	2	7.0	7.3	7.5	9.0	9.5	10	1.09	0.37
	3	8.0	8.3	8.5	9.5	9.8	10	1.33	0.38
	4	7.0	7.5	8.0	9.2	9.6	10.0	1.28	0.38
ดินกระถาง2	1	12.0	13.5	15.0	43.0	75.5	108.0	347.45	4.20
	2	14.0	14.5	19.0	40.0	77.5	115.0	303.66	4.16
	3	10.0	13.5	15.0	38.0	75.5	115.0	336.67	4.18
	4	12.0	13.8	16.3	40.3	76.2	112.7	329.26	4.18

หมายเหตุ : S = S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้เป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (5 กรัม/ดินผสม 5 กิโลกรัม)

ตารางภาคผนวก ก 4 ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ของแพงพวย ที่ปลูกในสิ่งทดลองต่างๆ ในการทดลองศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก เปรียบเทียบกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)					น้ำหนัก (กรัม)		จำนวนดอก
		1	2	3	4	5	สด	แห้ง	
S (control)	1	6.0	13.0	19.0	32.0	35.0	17.99	1.97	0
	2	6.0	14.0	25.0	31.0	36.0	20.58	2.43	0
	3	6.0	15.0	24.0	31.0	37.0	17.80	2.00	0
	4	6.0	14.0	22.7	31.3	36.0	18.79	2.13	0
S+H+G	1	7.0	19.0	32.0	41.0	52.0	47.66	6.28	8
	2	7.0	18.0	33.0	42.0	50.0	45.06	5.34	18
	3	6.0	19.0	30.0	45.0	55.0	56.79	7.07	14
	4	6.7	18.7	31.7	42.7	52.3	49.84	6.23	13
S+BH+G	1	6.0	20.0	31.0	41.0	45.0	31.66	3.60	24
	2	7.0	21.0	28.0	37.0	55.0	30.44	5.06	23
	3	7.0	21.0	29.0	39.0	55.0	40.69	5.07	26
	4	6.7	20.7	29.3	39.0	51.7	34.26	4.58	24
S+FC+G	1	6.0	11.0	16.0	35.0	42.0	26.63	2.66	11
	2	6.0	15.0	24.0	31.0	30.0	27.27	2.32	5
	3	6.0	12.0	18.0	23.0	38.0	25.96	2.63	0
	4	6.0	12.7	19.3	29.7	36.7	26.62	2.54	5
S+0.1%+H+G	1	8.0	18.0	25.0	38.0	46.0	43.64	4.21	12
	2	8.0	18.0	26.0	42.0	50.0	42.44	6.01	17
	3	8.0	18.0	27.0	45.0	54.0	32.22	5.72	18
	4	8.0	18.0	26.0	41.7	50.0	39.43	5.31	16

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)					น้ำหนัก (กรัม)		จำนวนดอก
		1	2	3	4	5	สด	แห้ง	
S+0.1%+BH+G	1	8.0	14.0	27.0	38.0	48.0	43.86	3.96	10
	2	8.0	14.0	25.0	37.0	46.0	48.79	5.16	15
	3	8.0	14.0	26.0	40.0	47.0	44.99	5.33	21
	4	8.0	14.0	26.0	38.3	47.0	45.88	4.82	15
S+0.1%+FC+G	1	8.0	10.0	17.0	34.0	40.0	36.85	2.63	13
	2	8.0	10.0	19.0	33.0	42.0	41.56	4.53	9
	3	7.0	9.0	18.0	28.0	40.0	41.55	3.19	8
	4	7.7	9.7	18.0	31.7	40.7	39.99	3.45	10
S+0.3%+H+G	1	9.0	17.0	26.0	34.0	43.0	25.99	2.26	6
	2	9.0	17.0	32.0	40.0	46.0	27.11	4.75	12
	3	8.0	20.0	24.0	32.0	50.0	25.35	2.95	14
	4	8.7	18.0	27.3	35.3	46.3	26.15	3.32	11
S+0.3%+BH+G	1	9.0	16.0	26.0	31.0	40.0	21.55	2.16	6
	2	10.0	17.0	24.0	30.0	38.0	35.27	2.59	0
	3	9.0	16.0	25.0	33.0	40.0	25.31	2.00	4
	4	9.3	16.3	25.0	31.3	39.3	27.38	2.25	3
S+0.3%+FC+G	1	8.0	10.0	15.0	19.0	26.0	15.51	1.65	5
	2	8.0	9.0	13.0	13.0	26.0	14.71	1.65	5
	3	7.0	8.0	11.0	11.0	28.0	20.12	2.38	4
	4	7.7	9.0	13.0	14.3	26.7	16.78	1.89	5

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)					น้ำหนัก (กรัม)		จำนวนดอก
		1	2	3	4	5	สด	แห้ง	
ดินกระถาง1	1	4.0	4.0	4.0	5.0	6.0	0.69	0.58	0
	2	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	0.66	0.56	0
	3	4.0	5.0	5.0	6.0	6.0	0.68	0.56	0
	4	4.0	4.3	4.3	5.7	6.0	0.68	0.57	0
ดินกระถาง2	1	9.0	21.0	29.0	37.0	48.0	46.61	5.57	13
	2	9.0	23.0	26.0	38.0	45.0	46.62	5.14	5
	3	10.0	25.0	32.0	34.0	45.0	40.66	4.98	3
	4	9.3	23.0	29.0	36.3	46.0	44.63	5.23	7

หมายเหตุ : S = S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้เปลี้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (5 กรัม/ดินผสม 5 กิโลกรัม)

ตารางภาคผนวก ก 5 ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ของบานไม่รู้โรย ที่ปลูกในสิ่งทดลองต่างๆ ในการทดลองศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินผสมกากขี้เป้งและวัสดุปลูกเปรียบเทียบกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)					น้ำหนัก (กรัม)		จำนวนดอก
		1	2	3	4	5	สด	แห้ง	
S (control)	1	3.0	8.0	11.0	17.0	24.0	10.43	0.59	1
	2	3.0	6.0	10.0	14.0	35.0	10.81	1.27	1
	3	4.0	8.0	14.0	19.0	40.0	9.43	1.06	1
	4	3.3	7.3	11.7	16.7	33.0	10.22	0.97	1
S+H+G	1	3.0	5.0	10.0	15.0	25.0	36.17	3.10	7
	2	2.0	5.0	9.0	12.5	33.0	26.26	3.05	8
	3	3.5	9.0	18.0	26.0	49.0	26.67	3.16	6
	4	2.8	6.3	12.3	17.8	35.7	29.70	3.10	7
S+BH+G	1	4.0	7.5	13.0	21.0	47.0	6.67	4.11	3
	2	2.5	6.0	9.0	14.0	39.0	48.87	4.74	5
	3	3.0	5.0	7.0	12.0	30.0	45.69	3.38	4
	4	3.2	6.2	9.7	15.7	38.7	33.74	4.08	4
S+FC+G	1	3.5	5.0	10.0	16.0	43.0	27.36	2.81	0
	2	3.5	6.0	11.0	18.0	41.0	11.51	1.81	1
	3	3.0	6.0	10.0	11.0	37.0	53.09	9.32	0
	4	3.3	5.7	10.3	15.0	40.3	30.65	4.65	0
S+0.1%+H+G	1	5.0	7.0	16.0	28.0	42.0	73.13	6.95	9
	2	3.5	6.0	13.0	24.0	55.0	100.21	10.17	8
	3	4.5	6.0	10.0	20.0	47.0	102.34	4.12	10
	4	4.3	6.3	13.0	24.0	48.0	91.89	7.08	9

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)					น้ำหนัก (กรัม)		จำนวนดอก
		1	2	3	4	5	สด	แห้ง	
S+0.1%+BH+G	1	3.5	6.0	11.0	17.0	41.0	79.15	8.39	9
	2	4.0	7.0	14.0	18.0	58.0	97.57	9.96	11
	3	5.5	7.0	19.0	28.0	50.0	61.71	10.42	10
	4	4.3	6.7	14.7	21.0	49.7	79.48	9.59	10
S+0.1%+FC+G	1	3.0	7.0	12.0	22.0	50.0	65.67	6.73	1
	2	2.5	6.0	10.0	15.0	38.0	52.20	4.82	2
	3	4.0	7.0	10.0	19.0	49.0	43.58	6.37	0
	4	3.2	6.7	10.7	18.7	45.7	53.82	5.97	1
S+0.3%+H+G	1	4.0	5.5	13.0	22.0	50.0	73.12	7.50	11
	2	4.0	6.0	19.0	25.0	56.0	60.07	7.92	12
	3	4.5	6.0	14.0	23.0	50.0	76.62	9.10	10
	4	4.2	5.8	15.3	23.3	52.0	69.94	8.17	11
S+0.3%+BH+G	1	5.5	6.0	14.0	22.0	60.0	71.21	7.93	11
	2	3.0	7.0	13.0	20.0	47.0	70.84	8.17	14
	3	4.0	6.0	14.0	23.0	57.0	81.87	11.25	12
	4	4.2	6.3	13.7	21.7	54.7	74.64	9.12	12
S+0.3%+FC+G	1	3.0	5.0	9.0	15.0	45.0	63.48	5.21	2
	2	4.0	8.0	13.0	20.0	47.0	59.90	6.03	2
	3	4.0	7.0	11.0	17.0	45.0	44.75	4.31	3
	4	3.7	6.7	11.0	17.3	45.7	56.04	5.18	2

กรรมวิธี	ซ้ำ	ความสูง (เซนติเมตร) ที่ระยะเวลา (สัปดาห์)					น้ำหนัก (กรัม)		จำนวนดอก
		1	2	3	4	5	สด	แห้ง	
ดินกระถาง1	1	4.0	6.0	10.0	10.0	17.0	4.40	0.14	0
	2	2.5	6.0	9.0	11.0	15.0	4.28	0.40	1
	3	3.0	6.0	8.0	11.5	15.0	3.30	0.89	0
	4	3.2	6.0	9.0	10.8	15.7	3.99	0.48	0
ดินกระถาง2	1	5.0	5.0	14.0	21.0	49.0	90.16	2.38	13
	2	3.5	5.0	10.0	25.0	47.0	116.59	10.74	12
	3	6.5	5.0	13.0	29.0	40.0	133.47	12.97	15
	4	5.0	5.0	12.3	25.0	45.3	113.41	8.70	13

หมายเหตุ : S = S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้เปลี้ยโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (5 กรัม/ดินผสม 5 กิโลกรัม)

ภาคผนวก ข

สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืช

ตารางภาคผนวก ข 1 สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในสิ่งทดลองของดินผสมต่างๆ ในการศึกษาหาสัดส่วนกากขี้แป้งที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช

กรรมวิธี	ซ้ำ	pH		EC_e (dS/m)		Total N (g/kg)		Avai. P (mg/kg)		Exch. K ($cmol_c$/kg)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S (Control)	1	5.5	4.73	0.49	0.53	0.38	0.49	0.13	0.08	0.45	0.55
	2	5.11	4.81	0.51	0.49	0.44	0.50	0.09	0.10	0.41	0.51
	3	5.27	4.88	0.68	0.39	0.42	0.49	0.10	0.09	0.44	0.51
	4	5.21	5.09	1.05	0.15	0.45	0.48	0.08	0.08	0.45	0.46
S+0.1%	1	5.25	5.08	1.54	0.05	0.49	0.42	1.44	0.11	0.66	0.43
	2	5.15	4.89	1.21	0.06	0.52	0.40	1.28	0.96	0.62	0.38
	3	5.5	5.12	1.65	0.05	0.48	0.45	1.47	1.12	0.58	0.32
	4	5.3	5.16	1.47	0.05	0.50	0.43	1.40	0.73	0.62	0.38

กรรมวิธี	ซ้ำ	pH		EC_e (dS/m)		Total N (g/kg)		Avai. P (mg/kg)		Exch. K ($cmol_c$/kg)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S+0.2%	1	5.14	3.62	1.53	0.16	0.55	0.37	2.37	1.68	0.78	0.43
	2	5.38	5.56	1.58	0.17	0.51	0.42	2.38	1.24	0.76	0.34
	3	5.52	5.79	1.88	0.07	0.56	0.40	2.45	1.47	0.69	0.40
	4	4.76	4.99	1.66	0.13	0.54	0.40	2.40	1.46	0.74	0.39
S+0.3%	1	5.71	5.35	1.77	1.57	0.48	0.69	3.54	3.76	0.76	1.33
	2	5.84	4.97	0.54	1.25	0.52	0.74	5.08	3.65	0.97	1.74
	3	6.02	5.62	2.05	0.43	0.54	0.61	3.77	2.83	0.86	0.85
	4	5.86	5.31	1.45	1.08	0.51	0.68	4.13	3.41	0.86	1.31
S+0.5%	1	5.86	5.8	2.29	1.40	0.61	0.46	5.08	4.92	1.04	1.49
	2	6.17	5.7	2.41	1.40	0.63	0.75	5.76	7.40	1.16	2.32
	3	5.95	5.75	1.94	2.70	0.55	1.18	5.72	4.75	0.91	1.79
	4	5.99	5.75	2.21	1.84	0.60	0.80	5.52	5.69	1.04	1.87

กรรมวิธี	ซ้ำ	pH		EC_e (dS/m)		Total N (g/kg)		Avai. P (mg/kg)		Exch. K ($cmol_c$/kg)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S+1%	1	6.59	6.25	4.04	3.24	0.85	1.31	10.89	11.05	1.81	2.63
	2	6.67	6.35	3.55	2.71	0.72	1.07	8.44	10.56	1.59	2.28
	3	6.51	6.5	4.32	3.18	0.88	1.24	9.16	13.15	1.90	2.88
	4	6.59	6.37	3.97	3.04	0.82	1.21	9.50	11.59	1.77	2.60
S+1.5%	1	6.85	6.71	3.74	2.69	0.84	0.98	8.88	10.93	1.87	2.47
	2	6.94	6.7	3.20	4.00	0.86	1.32	10.72	13.21	1.64	2.58
	3	6.85	6.2	4.36	3.58	0.90	1.44	11.19	13.30	1.88	2.94
	4	6.68	6.54	3.77	3.42	0.86	1.25	10.26	12.48	1.80	2.66
S+2%	1	7.18	6.88	5.30	3.47	0.93	1.37	15.26	12.89	1.92	3.41
	2	7.06	6.89	5.01	3.66	1.18	1.88	13.66	15.13	1.90	3.72
	3	7.15	6.78	2.064	3.63	1.17	1.74	13.69	17.14	1.85	3.56
	4	7.13	6.85	4.12	3.59	1.09	1.66	14.20	15.05	1.89	3.56

หมายเหตุ : S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก

ตารางภาคผนวก ข 2 สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในสิ่งทดลองของดินผสมต่างๆ ในการศึกษาหาสัดส่วนกากขี้แป้งที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช

กรรมวิธี	pH		EC_e (dS/m)	
	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S (Control)	6.00	4.48	0.46	0.57
	5.49	5.00	0.51	0.43
	5.65	4.72	0.53	0.43
	5.45	4.68	0.62	0.30
Control+G	4.69	4.45	2.86	1.19
	4.62	4.64	2.44	0.77
	4.62	4.57	2.58	0.97
	4.54	4.62	2.43	0.93
S+H+G	4.54	4.44	4.48	1.43
	4.57	4.64	3.75	1.50
	4.50	4.55	4.08	1.77
	4.67	4.92	2.71	1.29
S+HB+G	5.19	5.09	1.61	1.29
	5.24	5.16	2.01	1.35
	5.22	5.17	1.73	1.28
	5.32	5.21	2.68	1.46
S+FC+G	5.82	5.92	2.74	3.17
	5.95	6.10	2.18	2.09
	5.72	5.70	3.08	4.04
	5.80	5.97	2.95	3.39

กรรมวิธี	pH		EC_e (dS/m)	
	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S+0.1%+H+G	5.01	5.22	5.58	2.07
	4.82	5.25	4.53	1.93
	4.72	5.47	4.19	1.88
	4.73	5.06	3.83	1.83
S+0.1%+BH+G	4.96	5.39	3.14	1.96
	5.36	6.16	3.80	3.32
	5.42	5.51	5.02	1.11
	5.70	7.57	3.23	6.88
S+0.1%+FC+G	6.02	5.58	2.56	5.06
	5.81	5.86	3.60	4.30
	5.67	5.90	4.15	4.16
	5.74	6.11	4.11	3.70
S+0.3%+H+G	5.41	5.45	4.15	1.55
	5.34	5.59	4.12	1.14
	5.16	5.44	4.41	0.30
	5.45	5.87	3.80	1.56
S+0.3%+BH+G	5.44	5.95	2.86	2.10
	5.36	5.88	3.28	1.81
	5.33	5.97	3.79	1.61
	5.32	5.71	3.19	1.70

กรรมวิธี	pH		EC_e (dS/m)	
	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S+0.3%+CF+G	5.74	6.01	3.57	3.63
	5.80	5.91	3.12	4.39
	5.87	5.73	2.51	5.73
	5.80	5.99	3.28	3.81
S+0.5%+H+G	5.60	5.74	3.83	2.19
	5.62	5.91	4.31	1.88
	5.67	6.16	4.08	1.66
	5.60	5.83	5.02	1.79
S+0.5%+BH+G	5.75	5.97	3.60	2.33
	5.73	5.79	3.58	3.32
	5.81	5.50	4.08	4.84
	5.64	5.91	3.06	2.80
S+0.5%+CF+G	5.67	5.85	4.28	4.50
	5.67	5.79	3.66	4.12
	5.61	5.86	4.81	4.54
	5.73	5.90	4.37	4.86

หมายเหตุ : S = S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (ยิปซัม) 5 g/ดิน 5 kg

ตารางภาคผนวก ข 3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในสิ่งทดลองของดินผสมต่างๆ ในการศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก

กรรมวิธี	ซ้ำ	สัปดาห์				
		0	2	4	6	8
S (control)	1	6.20	6.73	5.81	5.72	5.06
	2	6.19	6.70	5.52	5.75	5.10
	3	6.19	6.65	5.61	5.77	5.17
	4	6.17	6.52	5.51	5.83	5.35
S+H	1	6.15	5.54	4.91	5.62	4.64
	2	6.06	5.27	4.88	5.34	4.50
	3	6.06	5.40	4.92	5.39	4.58
	4	5.96	5.38	4.96	5.21	4.60
S+BH	1	6.38	5.71	5.63	5.43	5.03
	2	6.45	5.89	5.65	5.38	5.30
	3	6.47	5.91	5.72	5.43	5.34
	4	6.57	6.14	5.87	5.47	5.70
S+CF	1	5.49	5.92	5.44	5.64	5.31
	2	5.57	5.71	5.30	5.55	5.33
	3	5.59	5.74	5.34	5.58	5.32
	4	5.71	5.59	5.29	5.54	5.33
S+0.1%+H	1	6.16	5.09	5.14	5.00	4.76
	2	6.18	4.99	5.14	4.88	4.62
	3	6.20	5.00	5.16	4.89	4.67
	4	6.25	4.91	5.21	4.80	4.63
S+0.1%+BH	1	6.70	6.36	6.34	5.77	5.53
	2	6.76	6.07	6.17	5.76	5.31
	3	6.76	6.14	6.18	5.72	5.36
	4	6.83	5.98	6.04	5.64	5.23

หมายเหตุ S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก

กรรมวิธี	ซ้ำ	สัปดาห์				
		0	2	4	6	8
S+0.1%+CF	1	6.12	5.83	5.87	5.53	5.48
	2	5.84	5.93	5.77	5.32	5.78
	3	5.89	5.87	5.83	5.32	5.67
	4	5.71	5.86	5.85	5.12	5.75
S+0.3%+H	1	6.51	5.34	5.61	5.00	5.01
	2	6.57	5.25	5.62	5.02	5.07
	3	6.55	5.25	5.61	5.00	4.99
	4	6.58	5.17	5.61	4.97	4.89
S+0.3%+BH	1	7.10	5.57	6.27	5.55	5.34
	2	7.16	5.88	6.35	5.47	5.36
	3	7.11	5.80	6.29	5.51	5.43
	4	7.08	5.94	6.25	5.52	5.59
S+0.3%+CF	1	6.36	5.87	5.85	5.39	5.54
	2	6.34	6.04	5.87	5.38	5.34
	3	6.34	5.94	5.85	5.29	5.43
	4	6.32	5.92	5.82	5.10	5.40
S+0.5%+H	1	6.14	5.64	5.87	5.20	5.22
	2	6.39	5.71	5.75	5.20	5.14
	3	6.33	5.65	5.81	5.18	5.15
	4	6.47	5.60	5.80	5.15	5.08
S+0.5%+BH	1	6.44	6.20	6.47	5.54	5.43
	2	6.59	6.21	6.22	5.68	5.44
	3	6.54	6.22	6.39	5.66	5.49
	4	6.60	6.24	6.48	5.77	5.59
S+0.5%+CF	1	5.96	5.70	5.65	5.54	5.63
	2	6.04	5.87	5.59	5.46	5.61
	3	6.04	5.81	5.62	5.47	5.59
	4	6.11	5.87	5.61	5.42	5.54

ตารางภาคผนวก ข 4 ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส (dS/m) ในสิ่งทดลองของดินผสมต่างๆ ในการศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก

กรรมวิธี	ซ้ำ	สัปดาห์				
		0	2	4	6	8
S (control)	1	0.18	0.60	0.48	0.36	0.84
	2	0.12	0.48	0.54	0.24	0.90
	3	0.14	0.46	0.46	0.28	0.70
	4	0.12	0.30	0.36	0.24	0.36
S+H	1	0.36	1.02	1.56	0.60	1.38
	2	0.48	1.02	1.38	0.90	1.68
	3	0.46	1.00	1.38	1.04	1.50
	4	0.54	0.96	1.20	1.62	1.44
S+BH	1	0.48	0.60	0.60	0.96	1.08
	2	0.42	0.72	1.20	0.72	1.32
	3	0.46	0.68	0.88	0.94	1.14
	4	0.48	0.72	0.84	1.14	1.02
S+CF	1	2.28	0.84	2.34	2.10	2.46
	2	1.26	1.26	2.88	2.40	2.04
	3	1.52	1.38	2.58	2.10	2.22
	4	1.02	2.04	2.52	1.80	2.16
S+0.1%+H	1	0.66	1.56	1.86	2.22	1.92
	2	0.78	1.56	1.80	2.10	2.28
	3	0.68	1.52	1.96	2.12	2.10
	4	0.60	1.44	2.22	2.04	2.10
S+0.1%+BH	1	0.30	1.14	1.86	1.38	1.98
	2	0.66	1.32	2.28	1.32	2.22
	3	0.50	1.30	2.14	1.68	2.16
	4	0.54	1.44	2.28	2.34	2.28

หมายเหตุ S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก

กรรมวิธี	ซ้ำ	สัปดาห์				
		0	2	4	6	8
S+0.1%+CF	1	1.02	2.22	2.22	1.74	2.70
	2	2.16	1.62	2.82	2.10	2.58
	3	1.74	1.76	2.46	1.94	2.52
	4	2.04	1.44	2.34	1.98	2.28
S+0.3%+H	1	0.36	1.68	2.76	1.50	3.18
	2	0.72	2.04	2.52	1.98	2.10
	3	0.50	1.88	2.44	1.84	2.86
	4	0.42	1.92	2.04	2.04	3.30
S+0.3%+BH	1	0.72	1.56	2.10	1.32	1.68
	2	0.60	1.38	2.34	1.38	2.34
	3	0.56	1.38	2.12	1.36	2.18
	4	0.36	1.20	1.92	1.38	2.52
S+0.3%+CF	1	1.02	1.80	2.34	1.38	2.46
	2	1.38	1.86	2.28	1.98	4.08
	3	1.28	1.82	2.36	1.80	3.00
	4	1.44	1.80	2.46	2.04	2.46
S+0.5%+H	1	1.20	2.82	4.86	1.86	3.60
	2	1.08	1.92	4.74	2.88	1.92
	3	1.20	2.10	4.32	2.60	2.72
	4	1.32	1.56	3.36	3.06	2.64
S+0.5%+BH	1	1.20	2.40	3.00	2.10	2.52
	2	0.54	1.62	3.12	1.80	3.12
	3	0.90	1.80	2.72	1.94	2.76
	4	0.96	1.38	2.04	1.92	2.64
S+0.5%+CF	1	2.82	2.40	2.34	2.04	2.22
	2	1.32	2.88	2.70	2.64	1.98
	3	1.74	2.36	2.34	2.16	2.18
	4	1.08	1.80	1.98	1.80	2.34

ตารางภาคผนวก ข 5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (g/kg) ในสิ่งทดลองของดินผสมต่างๆ ในการศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก

กรรมวิธี	ซ้ำ	สัปดาห์				
		0	2	4	6	8
S (control)	1	0.60	0.67	0.68	0.66	0.41
	2	0.56	0.73	0.62	0.63	0.66
	3	0.51	0.57	0.53	0.47	0.42
	4	0.78	0.48	0.64	0.54	0.42
S+H	1	0.77	0.78	0.79	0.27	0.57
	2	0.86	1.34	1.07	0.97	0.73
	3	1.03	1.09	1.12	0.91	0.66
	4	0.78	0.94	1.24	1.11	0.57
S+BH	1	0.58	0.59	0.64	0.58	0.85
	2	0.54	0.53	0.61	0.58	1.06
	3	0.52	0.69	0.55	0.59	1.07
	4	0.49	0.63	0.62	0.58	0.93
S+CF	1	0.67	0.69	0.70	0.52	0.66
	2	0.73	0.73	0.91	0.44	0.57
	3	0.73	0.59	0.73	0.74	0.47
	4	0.58	0.75	0.80	0.76	0.63
S+0.1%+H	1	0.82	1.14	1.20	0.85	0.97
	2	1.03	1.02	1.29	0.96	0.95
	3	0.81	1.15	1.15	0.95	1.26
	4	0.92	0.97	1.05	0.97	1.12
S+0.1%+BH	1	0.55	0.63	0.65	0.60	0.66
	2	0.54	0.70	0.71	0.60	0.68
	3	0.55	0.66	0.79	0.65	1.06
	4	0.57	0.68	0.62	0.56	0.76

หมายเหตุ S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก

กรรมวิธี	ซ้ำ	สัปดาห์				
		0	2	4	6	8
S+0.1%+CF	1	0.80	0.74	0.70	0.66	0.77
	2	0.82	0.84	0.74	0.69	0.91
	3	0.66	0.74	0.62	0.74	0.70
	4	0.83	0.77	0.80	0.74	0.87
S+0.3%+H	1	0.90	0.89	1.22	0.86	1.18
	2	0.93	1.19	1.74	0.87	0.96
	3	1.14	1.15	1.20	0.77	1.12
	4	0.97	1.08	1.04	1.09	1.03
S+0.3%+BH	1	0.59	0.57	0.85	0.62	0.72
	2	0.59	0.61	0.84	0.58	0.87
	3	0.65	0.58	0.73	0.68	0.68
	4	0.67	0.57	0.75	0.77	0.73
S+0.3%+CF	1	0.84	0.88	0.82	0.59	0.81
	2	0.88	0.87	0.76	0.73	0.81
	3	1.24	0.89	0.75	0.80	0.94
	4	0.79	1.16	0.68	0.73	0.83
S+0.5%+H	1	1.17	1.22	0.62	0.80	1.12
	2	1.06	1.06	0.53	0.75	1.06
	3	1.06	1.16	0.64	0.88	1.06
	4	0.96	1.10	0.79	1.17	1.07
S+0.5%+BH	1	0.62	0.70	1.07	0.69	0.75
	2	0.71	0.65	1.12	0.60	0.95
	3	0.76	0.64	1.24	0.61	0.93
	4	0.68	0.62	0.64	0.59	0.76
S+0.5%+CF	1	1.07	1.08	1.18	0.83	0.79
	2	0.93	0.81	1.16	0.76	0.70
	3	0.71	0.68	1.16	0.69	0.71
	4	0.83	0.87	1.17	0.83	0.83

ตารางภาคผนวก ข 6 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (g/kg) ในสิ่งทดลองของดินผสมต่างๆ ในการศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก

กรรมวิธี	ซ้ำ	สัปดาห์				
		0	2	4	6	8
S (control)	1	18.63	15.99	3.83	0.12	0.27
	2	16.92	14.17	4.93	0.10	0.24
	3	11.49	12.22	3.33	0.07	0.16
	4	17.31	17.47	6.41	0.11	0.20
S+H	1	85.37	95.49	51.91	0.00	0.11
	2	68.30	107.08	77.37	0.10	0.13
	3	58.99	66.82	89.25	0.07	0.09
	4	54.33	112.59	93.64	0.10	0.12
S+BH	1	79.16	95.74	109.16	0.12	0.14
	2	60.54	96.47	62.37	0.13	0.13
	3	90.03	101.78	82.06	0.12	0.16
	4	93.13	114.22	78.14	0.12	0.18
S+CF	1	31.04	36.49	18.34	0.04	0.03
	2	38.81	39.54	25.06	0.03	0.03
	3	35.70	33.59	16.71	0.03	0.04
	4	32.60	39.40	19.74	0.03	0.03
S+0.1%+H	1	155.22	166.65	160.26	0.19	0.39
	2	127.28	143.64	169.72	0.22	0.34
	3	117.97	190.39	179.22	0.26	0.38
	4	131.94	161.90	167.53	0.24	0.36
S+0.1%+BH	1	263.88	158.55	155.75	0.23	0.32
	2	206.45	168.19	161.87	0.25	0.33
	3	136.60	151.80	159.48	0.22	0.34
	4	145.91	248.98	147.64	0.22	0.36

หมายเหตุ S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก

กรรมวิธี	ซ้ำ	สัปดาห์				
		0	2	4	6	8
S+0.1%+CF	1	94.69	105.25	51.83	0.13	0.15
	2	139.70	120.53	158.00	0.15	0.22
	3	152.12	92.16	89.16	0.15	0.17
	4	166.09	92.74	116.42	0.10	0.18
S+0.3%+H	1	234.39	235.42	429.36	0.38	0.41
	2	257.67	619.71	524.11	0.46	0.32
	3	440.84	289.87	363.76	0.46	0.26
	4	271.64	324.97	492.23	0.54	0.34
S+0.3%+BH	1	530.87	302.69	491.72	0.45	0.50
	2	420.66	241.83	385.53	0.36	0.24
	3	133.49	306.87	380.29	0.47	0.31
	4	271.64	311.74	351.61	0.53	0.34
S+0.3%+CF	1	312.00	297.48	272.87	0.35	0.19
	2	530.87	286.78	267.64	0.35	0.23
	3	262.33	4244.00	346.05	0.32	1.53
	4	96.24	445.82	782.49	0.18	0.10
S+0.5%+H	1	627.10	805.59	558.95	0.66	0.70
	2	608.48	166.59	668.21	0.65	0.40
	3	378.75	408.05	606.64	0.84	0.38
	4	479.64	411.16	586.82	0.81	0.49
S+0.5%+BH	1	794.75	432.89	693.23	0.64	0.50
	2	450.15	375.67	804.50	0.62	0.58
	3	734.21	341.20	770.55	0.64	0.47
	4	1047.76	527.59	730.09	0.56	0.49
S+0.5%+CF	1	681.43	483.82	395.10	0.60	0.30
	2	738.87	349.13	417.27	0.47	0.23
	3	731.11	349.31	496.84	0.50	0.22
	4	395.82	374.13	415.78	0.45	0.32

ตารางภาคผนวก ข 7 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ($cmol_c/kg$) ในสิ่งทดลองของดินผสมต่างๆ ในการศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก

กรรมวิธี	ซ้ำ	สัปดาห์				
		0	2	4	6	8
S (control)	1	0.05	0.06	0.06	0.05	0.09
	2	0.04	0.05	0.07	0.05	0.08
	3	0.03	0.05	0.06	0.03	0.06
	4	0.04	0.06	0.06	0.04	0.09
S+H	1	0.39	0.43	0.56	0.54	0.60
	2	0.28	0.46	0.48	0.39	0.60
	3	0.30	0.37	0.57	0.32	0.71
	4	0.26	0.43	0.49	0.47	0.45
S+BH	1	0.62	0.86	0.82	0.00	0.13
	2	0.47	0.10	0.95	0.00	0.10
	3	0.64	0.94	0.83	0.00	0.72
	4	0.68	0.11	0.96	0.00	0.17
S+CF	1	0.16	0.14	0.23	0.18	0.21
	2	0.15	0.13	0.18	0.15	0.11
	3	0.10	0.13	0.22	0.13	0.14
	4	0.12	0.16	0.20	0.14	0.13
S+0.1%+H	1	0.33	0.48	0.74	0.35	0.45
	2	0.31	0.48	0.71	0.48	0.45
	3	0.29	0.68	0.59	0.53	0.67
	4	0.34	0.53	0.69	0.73	0.61
S+0.1%+BH	1	0.62	0.10	0.12	0.85	0.11
	2	0.62	0.11	0.14	0.92	0.10
	3	0.61	0.10	0.17	0.12	0.20
	4	0.47	0.11	0.11	0.11	0.14

หมายเหตุ S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก

กรรมวิธี	ซ้ำ	สัปดาห์				
		0	2	4	6	8
S+0.1%+CF	1	0.10	0.14	0.16	0.12	0.14
	2	0.17	0.15	0.20	0.13	0.12
	3	0.10	0.12	0.13	0.14	0.13
	4	0.20	0.16	0.27	0.16	0.13
S+0.3%+H	1	0.33	0.39	0.52	0.35	0.67
	2	0.34	0.54	0.82	0.43	0.48
	3	0.26	0.49	0.52	0.00	0.41
	4	0.28	0.50	0.60	0.60	0.53
S+0.3%+BH	1	0.51	0.11	0.17	0.81	0.11
	2	0.41	0.96	0.15	0.81	0.14
	3	0.63	0.86	0.10	0.12	0.10
	4	0.68	0.77	0.10	0.05	0.12
S+0.3%+CF	1	0.12	0.13	0.16	0.09	0.11
	2	0.19	0.13	0.15	0.11	0.18
	3	0.10	0.12	0.22	0.08	0.13
	4	0.09	0.11	0.21	0.15	0.14
S+0.5%+H	1	0.31	0.69	0.84	0.44	0.57
	2	0.35	0.49	0.81	0.41	0.53
	3	0.38	0.53	0.58	0.58	0.48
	4	0.44	0.52	0.67	0.61	0.50
S+0.5%+BH	1	0.69	0.11	0.14	0.88	0.09
	2	0.61	0.92	0.13	0.85	0.16
	3	0.61	0.89	0.12	0.83	0.13
	4	0.50	0.10	0.13	0.79	0.11
S+0.5%+CF	1	0.17	0.26	0.17	0.15	0.13
	2	0.55	0.17	0.18	0.12	0.08
	3	0.56	0.21	0.22	0.08	0.08
	4	0.20	0.15	0.21	0.11	0.11

ตารางภาคผนวก ข 8 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลาย 25 องศาเซลเซียส ในดินผสมของสิ่งทดลองต่างๆ ในการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก เปรียบเทียบกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

กรรมวิธี	ซ้ำ	pH		ECe (dS/m)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S (control)	1	5.43	5.11	0.32	0.25
	2	5.26	4.76	0.36	0.27
	3	5.33	4.81	0.42	0.22
	4	5.34	4.89	0.37	0.25
S+H+G	1	5.06	4.42	0.91	0.86
	2	5.12	4.91	0.88	0.80
	3	5.18	4.64	0.99	0.90
	4	5.12	4.66	0.93	0.85
S+BH+G	1	5.44	5.23	0.98	0.85
	2	5.53	5.36	1.01	0.93
	3	5.54	5.49	0.96	0.91
	4	5.49	5.38	0.97	0.91
S+CF+G	1	5.45	5.22	1.87	1.52
	2	5.13	4.97	1.66	1.33
	3	5.42	4.95	1.81	1.60
	4	5.33	5.05	1.78	1.48
S+0.1%+H+G	1	5.21	4.71	1.66	0.95
	2	5.18	4.86	1.34	0.77
	3	5.03	4.91	1.19	0.86
	4	5.14	4.83	1.40	0.86

กรรมวิธี	ซ้ำ	pH		ECe (dS/m)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S+0.1%+BH+G	1	6.22	5.88	1.62	1.11
	2	6.04	5.98	1.55	1.16
	3	6.13	5.93	1.38	1.07
	4	6.11	5.95	1.52	1.11
S+0.1%+CF+G	1	5.86	5.60	2.64	1.68
	2	5.94	5.36	2.58	1.71
	3	5.73	5.64	2.63	1.83
	4	5.84	5.53	2.62	1.74
S+0.3%+H+G	1	5.39	5.10	1.89	1.64
	2	5.42	4.83	1.91	1.76
	3	5.28	5.07	1.88	1.61
		5.36	5.00	1.89	1.67
S+0.3%+BH+G	1	6.22	6.20	2.07	1.66
	2	6.15	5.81	2.13	1.90
	3	6.39	5.89	2.00	1.79
	4	6.25	5.97	2.07	1.78
S+0.3%+CF+G	1	6.12	5.26	3.02	1.77
	2	5.79	5.37	2.95	1.85
	3	5.90	5.66	2.91	1.93
	4	5.94	5.43	2.96	1.85
ดินกระถาง 1	1	6.13	6.00	3.22	2.98
	2	6.31	6.11	2.84	2.66
	3	6.2	6.04	3.17	2.75
	4	6.21	6.05	3.08	2.80

กรรมวิธี	ซ้ำ	pH		ECe (dS/m)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
ดินกระถาง 2	1	5.39	4.86	1.33	1.32
	2	5.43	4.95	1.42	1.18
	3	5.57	5.03	1.58	1.20
	4	5.46	4.95	1.44	1.23

หมายเหตุ S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (ยิปซัม) 5 g/ดิน 5 kg

ตารางภาคผนวก ข 9 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินผสมของสิ่งทดลองต่างๆ ในการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก เปรียบเทียบกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

กรรมวิธี	ซ้ำ	Total N (g/kg)		Avai. P (mg/kg)		Exch. K (cmol$_c$/kg)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S (control)	1	0.39	0.37	5.43	2.01	0.04	0.02
	2	0.40	0.35	5.72	2.39	0.05	0.01
	3	0.40	0.38	6.02	3.12	0.03	0.02
	4	0.41	0.36	5.74	2.13	0.04	0.02
S+H+G	1	0.65	0.47	19.12	22.59	0.31	0.02
	2	0.61	0.55	15.51	22.90	0.24	0.01
	3	0.74	0.50	15.51	25.75	0.23	0.02
	4	0.66	0.50	15.09	12.29	0.26	0.02
S+BH+G	1	0.44	0.32	20.05	10.33	0.88	0.04
	2	0.45	0.32	18.83	9.12	0.94	0.05
	3	0.45	0.32	23.73	7.91	0.91	0.03
	4	0.44	0.32	22.82	10.03	0.91	0.04
S+CF+G	1	0.61	0.59	15.17	8.76	1.52	1.27
	2	0.64	0.55	12.75	9.94	1.45	1.23
	3	0.59	0.58	12.75	7.58	1.46	1.24
	4	0.60	0.58	15.80	9.35	1.48	1.25
S+0.1%+H+G	1	0.86	0.55	87.56	32.38	0.25	0.02
	2	0.82	0.57	87.56	36.12	0.21	0.03
	3	0.89	0.40	121.26	33.62	0.19	0.03
	4	0.85	0.61	106.13	35.81	0.22	0.03

กรรมวิธี	ซ้ำ	Total N (g/kg)		Avai. P (mg/kg)		Exch. K ($cmol_c$/kg)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S+0.1%+BH+G	1	0.64	0.37	102.24	51.23	1.36	0.25
	2	0.65	0.39	114.43	62.75	1.48	0.28
	3	0.49	0.48	95.54	46.16	1.45	0.28
	4	0.59	0.38	112.87	64.26	1.43	0.27
S+0.1%+CF+G	1	0.75	0.55	74.41	37.36	1.49	1.13
	2	0.81	0.66	60.17	34.87	1.40	1.11
	3	0.73	0.58	137.86	31.14	1.37	1.19
	4	0.71	0.59	106.93	32.70	1.42	1.14
S+0.3%+H+G	1	0.92	0.66	201.06	167.56	0.31	0.11
	2	0.72	0.70	269.51	140.65	0.42	0.09
	3	0.96	0.65	428.40	133.68	0.39	0.10
	4	0.86	0.63	352.89	137.38	0.37	0.10
S+0.3%+BH+G	1	0.74	0.54	264.82	253.96	0.97	0.24
	2	0.59	0.35	275.78	90.21	1.02	0.18
	3	0.55	0.38	365.08	119.89	0.97	0.19
	4	0.62	0.42	377.81	121.80	0.99	0.20
S+0.3%+CF+G	1	0.98	0.67	317.28	170.44	1.08	1.26
	2	0.67	0.60	252.42	146.26	1.05	1.21
	3	0.64	0.52	244.73	90.21	1.04	1.24
	4	0.66	0.60	235.64	104.80	1.06	1.24
ดินกระถาง1	1	2.07	1.86	36.12	33.62	4.65	5.05
	2	2.48	2.01	65.32	36.12	4.72	5.09
	3	2.70	2.05	70.51	36.12	4.67	5.11
	4	2.41	1.97	49.65	35.29	4.68	5.08

กรรมวิธี	ซ้ำ	Total N (g/kg)		Avai. P (mg/kg)		Exch. K (cmol$_c$/kg)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S (control)	1	3.85	1.60	211.85	83.60	2.04	0.87
	2	3.70	1.60	224.98	61.16	2.02	0.88
	3	3.81	1.58	210.23	67.09	2.05	0.86
	4	3.78	1.59	218.01	74.83	2.04	0.87

หมายเหตุ S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้เเป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (ยิปซัม) 5 g/ดิน 5 kg

ตารางภาคผนวก ข 10 ปริมาณอินทรียวัตถุและกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินผสมของสิ่งทดลองต่างๆ ในการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก เปรียบเทียบกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

กรรมวิธี	ซ้ำ	OM (%)		Avai. S (mg/kg)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S (control)	1	2.23	1.18	15.44	16.96
	2	1.77	1.14	15.66	13.92
	3	1.89	1.07	16.11	15.19
	4	1.96	1.13	15.91	14.85
S+H+G	1	3.40	2.11	142.34	91.14
	2	3.64	2.73	137.95	54.01
	3	3.57	2.51	144.51	114.92
	4	3.54	2.45	131.60	100.02
S+BH+G	1	2.11	1.24	154.15	121.22
	2	2.26	0.90	138.51	103.43
	3	2.11	1.12	171.29	136.06
	4	2.16	1.09	154.65	120.23
S+CF+G	1	2.98	2.99	161.72	223.81
	2	4.09	3.98	125.04	154.11
	3	3.83	3.94	138.02	111.94
	4	3.63	3.64	141.59	129.95
S+0.1%+H+G	1	3.13	4.86	220.83	126.85
	2	2.55	2.16	200.35	105.53
	3	2.68	2.71	188.59	92.82
	4	2.79	3.24	203.26	108.40

กรรมวิธี	ซ้ำ	OM (%)		Avai. S (mg/kg)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S+0.1%+BH+G	1	2.08	1.04	148.6	85.68
	2	1.87	0.99	154.32	209.06
	3	1.93	0.83	123.04	124.16
	4	1.96	0.95	141.99	106.30
S+0.1%+CF+G	1	3.71	4.57	153.71	162.71
	2	4.79	4.23	180.24	131.79
	3	4.38	5.17	148.78	213.74
	4	4.29	4.66	185.56	144.76
S+0.3%+H+G	1	2.64	1.96	189.74	137.32
	2	3.13	1.73	163.25	182.28
	3	2.34	1.71	221.44	119.63
	4	2.70	1.80	197.82	140.07
S+0.3%+BH+G	1	1.87	1.10	243.13	90.43
	2	1.64	1.17	163.63	31.05
	3	1.58	0.85	134.57	36.58
	4	1.70	1.04	180.44	52.69
S+0.3%+CF+G	1	3.78	2.04	115.77	184.69
	2	3.84	4.69	109.73	137.60
	3	3.74	4.21	162.01	182.20
	4	3.79	3.65	176.30	121.03
ดินลำดวน	1	2.34	5.43	328.59	277.01
	2	3.35	4.34	224.28	428.27
	3	3.23	4.78	308.30	348.60
	4	2.97	4.85	355.05	283.30

กรรมวิธี	ซ้ำ	OM (%)		Avai. S (mg/kg)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
ดินกระถาง2	1	8.77	7.79	226.25	167.86
	2	8.61	4.47	166.36	125.04
	3	9.37	7.91	119.66	115.10
	4	8.59	7.05	186.82	119.93

หมายเหตุ S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้แป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (ยิปซัม) 5 g/ดิน 5 kg

ตารางภาคผนวก ข 11 ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินผสมของสิ่งทดลองต่างๆ ในการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก เปรียบเทียบกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

กรรมวิธี	ซ้ำ	Exch. Ca ($cmol_c/kg$)		Exch. Mg ($cmol_c/kg$)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S (control)	1	0.0352	0.0677	0.0016	0.0010
	2	0.0483	0.0606	0.0017	0.0012
	3	0.0798	0.0590	0.0019	0.0011
	4	0.0537	0.0622	0.0011	0.0007
S+H+G	1	0.5758	0.3165	0.0206	0.0043
	2	0.2455	0.2620	0.0143	0.0052
	3	0.2850	0.2905	0.0115	0.0043
	4	0.3691	0.2896	0.0103	0.0031
S+BH+G	1	0.3570	0.3075	0.0121	0.0050
	2	0.4078	0.4417	0.0129	0.0087
	3	0.4954	0.5742	0.0123	0.0097
	4	0.4403	0.4201	0.0083	0.0061
S+CF+G	1	0.2977	0.2283	0.0190	0.0199
	2	0.2836	0.2838	0.0176	0.0121
	3	0.2864	0.2174	0.0161	0.0113
	4	0.2473	0.2877	0.0117	0.0096
S+0.1%+H+G	1	0.2794	0.4612	0.0312	0.0148
	2	0.4389	0.5512	0.0358	0.0113
	3	0.2977	0.4720	0.0290	0.0178
	4	0.3392	0.3367	0.0213	0.0098

กรรมวิธี	ซ้ำ	OM (%)		Avai. S (mg/kg)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S+0.1%+BH+G	1	0.2144	0.1890	0.0152	0.0096
	2	0.3612	0.1629	0.0100	0.0142
	3	0.2429	0.2255	0.0140	0.0105
	4	0.3110	0.1925	0.0165	0.0107
S+0.1%+CF+G	1	0.0747	0.3168	0.0149	0.0094
	2	0.2370	0.3409	0.0141	0.0152
	3	0.0664	0.3569	0.0131	0.0194
	4	0.3262	0.3214	0.0170	0.0073
S+0.3%+H+G	1	0.1001	0.1782	0.0375	0.0206
	2	0.0755	0.2110	0.0292	0.0210
	3	0.3160	0.2165	0.0275	0.0143
	4	0.1373	0.1690	0.0157	0.0193
S+0.3%+BH+G	1	0.0623	0.1005	0.0362	0.0188
	2	0.1062	0.1026	0.0270	0.0166
	3	0.0804	0.1036	0.0197	0.0147
	4	0.0803	0.1024	0.0138	0.0183
S+0.3%+CF+G	1	0.1133	0.3368	0.0238	0.0366
	2	0.1440	0.3267	0.0212	0.0371
	3	0.2050	0.3380	0.0288	0.0287
	4	0.3443	0.3440	0.0123	0.0171
ดินกระถาง1	1	0.3100	0.2683	0.0086	0.0057
	2	0.3655	0.3165	0.0084	0.0060
	3	0.3108	0.2691	0.0073	0.0070
	4	0.3292	0.2853	0.0144	0.0031

กรรมวิธี	ซ้ำ	Exch. Ca ($cmol_c/kg$)		Exch. Mg ($cmol_c/kg$)	
		ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
S (control)	1	0.0352	0.0677	0.0016	0.0010
	2	0.0483	0.0606	0.0017	0.0012
	3	0.0798	0.0590	0.0019	0.0011
	4	0.0778	0.0711	0.0015	0.0014

หมายเหตุ S = Soil (ชุดดินกอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้เเป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (ยิปซัม) 5 g/ดิน 5 kg

ตารางภาคผนวก ข 12 ปริมาณธาตุอาหารพืชในต้นข้าวโพดหวานที่ปลูกในสิ่งทดลองต่างๆ ในการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก เปรียบเทียบกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

กรรมวิธี	ซ้ำ	N (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Ca (%)	Mg (%)
S (control)	1	1.47	0.12	0.80	0.0935	0.3704	1.1331
	2	1.48	0.12	0.82	0.0935	0.3704	1.1331
	3	1.52	0.14	0.79	0.0935	0.3704	1.1331
	4	1.49	0.13	0.80	0.09	0.37	1.13
S+H+G	1	1.01	0.45	1.34	0.13	1.00	1.35
	2	0.98	0.39	1.29	0.11	0.95	1.78
	3	1.00	0.40	1.30	0.14	1.2	1.86
	4	0.99	0.42	1.31	0.12	1.05	1.67
S+BH+G	1	0.72	0.21	3.20	0.14	1.17	0.47
	2	0.83	0.21	3.15	0.12	0.58	0.40
	3	0.89	0.39	3.17	0.07	0.57	0.54
	4	0.81	0.37	3.17	0.11	0.78	0.47
S+CF+G	1	1.53	0.33	5.02	0.05	0.52	0.64
	2	1.34	0.35	5.08	0.08	0.57	0.42
	3	1.91	0.55	5.05	0.11	0.54	0.47
	4	1.60	0.36	5.05	0.08	0.57	0.41
S+0.1%+H+G	1	1.51	0.74	3.02	0.20	0.27	1.30
	2	1.64	0.56	3.07	0.19	0.28	0.72
	3	1.82	0.62	3.06	0.19	0.25	1.88
	4	1.66	0.67	3.05	0.19	0.27	1.25

กรรมวิธี	ซ้ำ	N (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Ca (%)	Mg (%)
S+0.1%+BH+G	1	0.11	0.67	4.87	0.17	1.00	1.43
	2	0.12	0.60	4.79	0.15	0.93	0.92
	3	0.12	0.63	4.84	0.16	1.07	1.18
	4	0.11	0.64	4.83	0.16	1.00	1.18
S+0.1%+CF+G	1	0.26	0.66	4.28	0.12	0.52	0.85
	2	0.28	0.54	4.37	0.15	0.73	0.66
	3	0.20	0.35	4.35	0.18	0.47	0.71
	4	0.28	0.64	4.33	0.15	0.58	0.74
S+0.3%+H+G	1	3.05	0.71	3.45	0.17	0.47	1.19
	2	2.89	0.98	3.48	0.16	0.86	1.22
	3	2.94	0.97	3.44	0.18	1.50	1.82
	4	2.96	0.92	3.46	0.17	0.94	1.41
S+0.3%+BH+G	1	2.07	1.23	3.09	0.18	0.96	0.84
	2	2.13	1.20	3.15	0.20	0.93	0.55
	3	2.61	1.22	3.17	0.19	0.59	1.12
	4	2.37	1.24	3.10	0.19	0.83	0.84
S+0.3%+CF+G	1	2.18	0.88	1.58	0.29	0.78	0.75
	2	2.44	0.95	1.49	0.17	0.34	1.85
	3	2.17	1.09	1.57	0.20	0.73	1.23
	4	2.20	1.03	1.55	0.22	0.62	1.28
ดินกระถาง1	1	0.53	0.04	2.06	0.03	0.39	0.91
	2	0.52	0.04	1.98	0.02	0.39	0.91
	3	0.51	0.04	1.99	0.03	0.39	0.90
	4	0.53	0.40	2.01	0.02	0.39	0.91

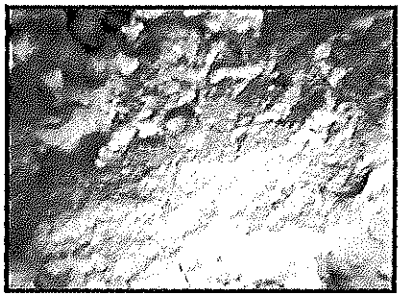
กรรมวิธี	ซ้ำ	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	S (%)	Ca (%)	Mg (%)
ดินกระถาง2	1	2.10	1.03	4.24	0.04	0.32	0.99
	2	1.90	1.02	4.28	0.03	0.32	1.27
	3	2.20	1.00	4.21	0.04	0.32	1.13
	4	2.10	1.05	4.24	0.04	0.32	1.12

หมายเหตุ S = Soil (ชุดดินคอหงษ์), % = ปริมาณกากขี้เป้งโดยน้ำหนัก, H = Husk (แกลบดิบ), BH = Burned Husk (แกลบเผา), CF = Coconut fiber (ขุยมะพร้าว) 8% โดยน้ำหนัก, G = Gypsum (ยิปซัม) 5 g/ดิน 5 kg

ภาคผนวก ค

ภาพประกอบงานวิจัยบางส่วน

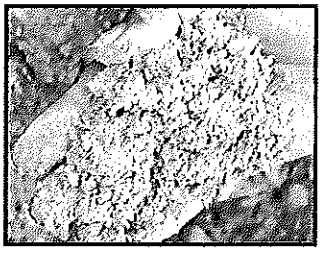
ภาพประกอบภาคผนวก ค 1 สถานที่เก็บตัวอย่างกากขี้แป้ง ฝ่ายโรงงาน 2 (กรุงหยัน) องค์การสวนยางนาบอน จ.นครศรีธรรมราช



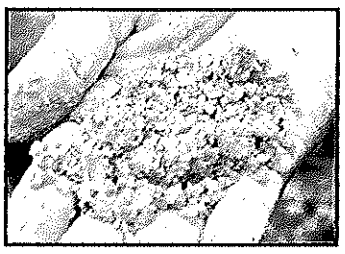
อายุประมาณ 1 วัน

อายุประมาณ 1-2 ปี

อายุประมาณ 2-3 ปี

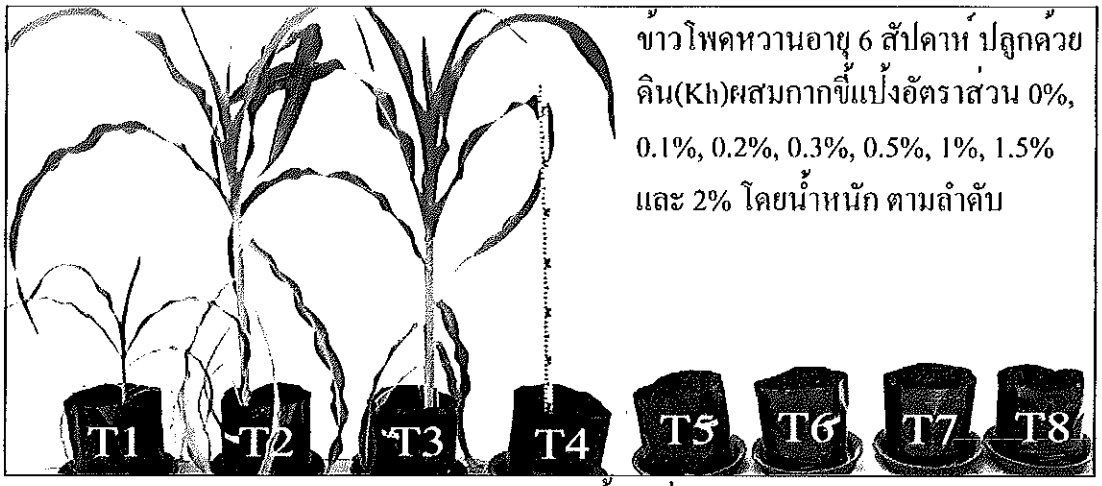


อายุประมาณ 4-5 ปี



อายุประมาณ >20 ปี

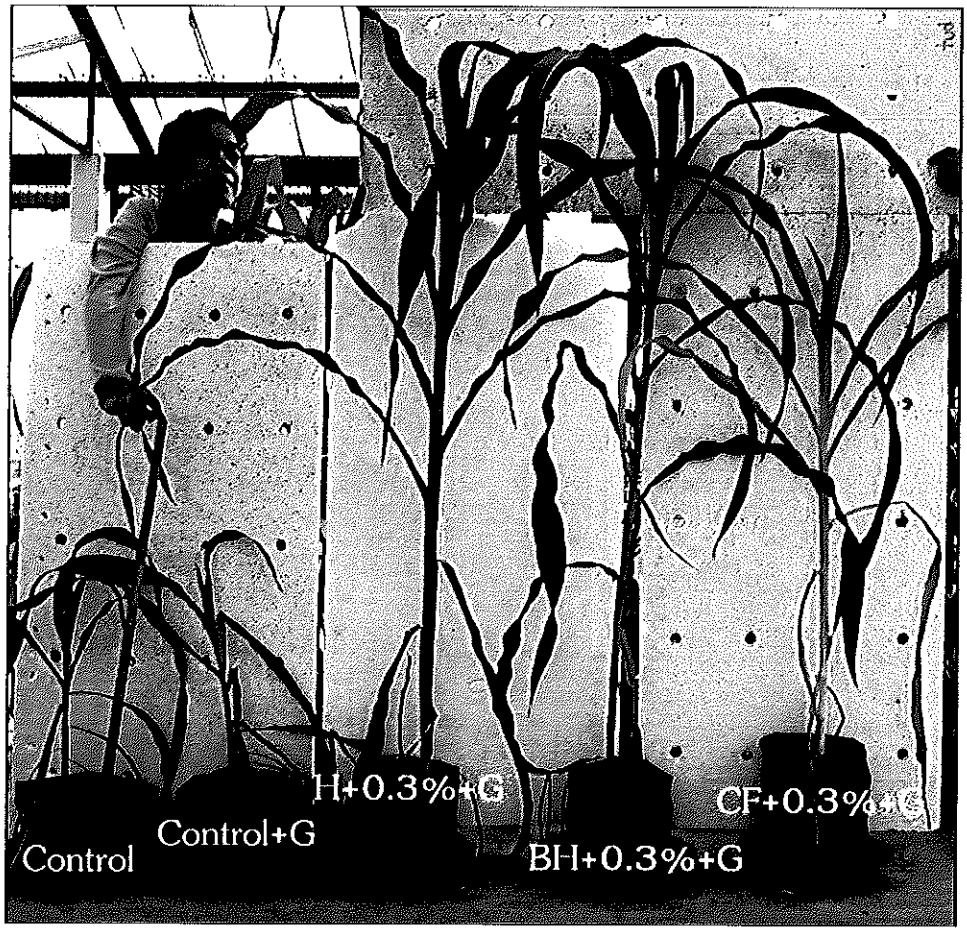
ภาพประกอบภาคผนวก ค 2 ตัวอย่างกากขี้แป้งซึ่งคาดว่าอยู่ในช่วงอายุต่างๆ



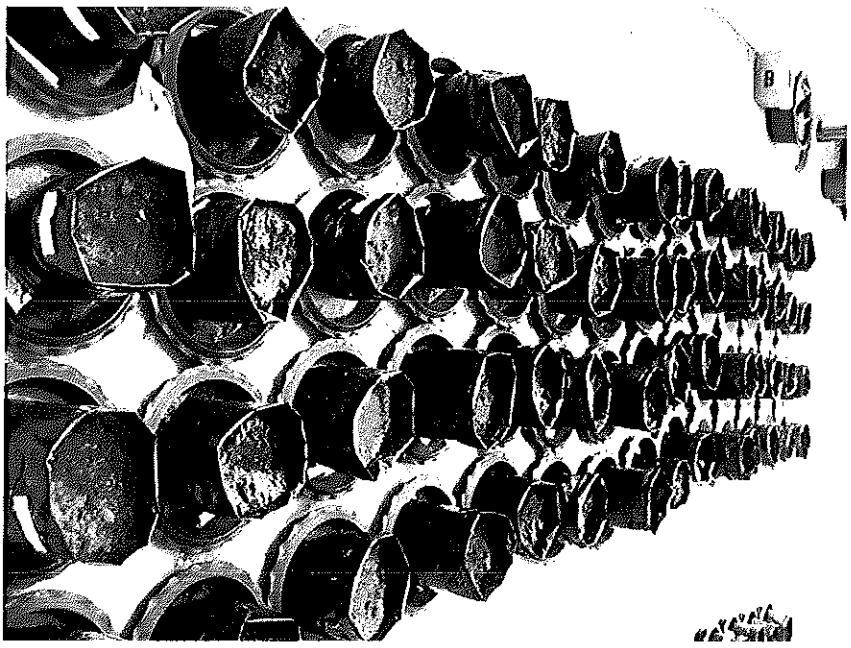
ภาพประกอบภาคผนวก ค 3 การศึกษาหาสัดส่วนกากขี้แป้งที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช

ภาพประกอบภาคผนวก ค 4 ลักษณะผิดปกติของต้นข้าวโพดหวาน ซึ่งคาดว่าเกิดจากปัญหาความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช (ขาดแคลเซียม) จากการทดลองการศึกษาหาสัดส่วนกากขี้แป้งที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช

ภาพประกอบภาคผนวก ค 5 การทดสอบหาปริมาณยิปซัมที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช (ขาดแคลเซียม)

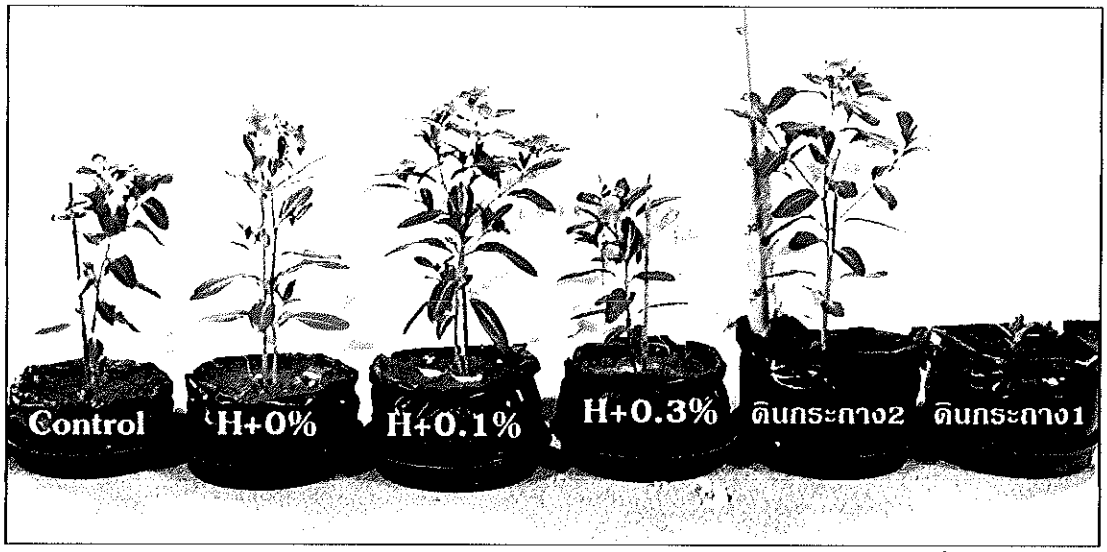


ภาพประกอบภาคผนวก ค 6 การศึกษาหาวัสดุอินทรีย์ (H=แกลบดิบ, BH=แกลบเผา และ CF=ขุยมะพร้าว) ที่เหมาะสมต่อการดูดซับความเค็มของกากขี้แป้ง

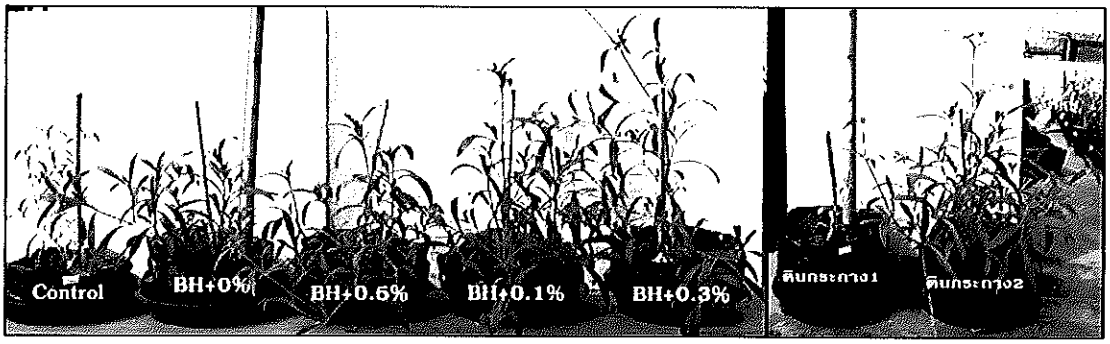


ภาพประกอบภาคผนวก ค 7 การศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุอินทรีย์

ภาพประกอบภาคผนวก ค 8 การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก เปรียบเทียบกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด



ภาพประกอบภาคผนวก ค 9 การเจริญเติบโตของแพงพวยในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก เปรียบเทียบกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด



ภาพประกอบภาคผนวก ค 10 การเจริญเติบโตของบานไม่รู้โรยในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินผสมกากขี้แป้งและวัสดุปลูก เปรียบเทียบกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวนงนภัส สันตกิจ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4910920001

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2548

การเผยแพร่ผลงาน

นำเสนอผลงานวิชาการใน การประชุมทางวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 1 ณ อาคารศูนย์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม จัดโดยสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย ร่วมกับสมาคมอนุรักษ์ดินและน้ำแห่งประเทศไทย และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระหว่างวันที่ 23-24 เมษายน พ.ศ.2552 ในหัวข้อเรื่อง แนวทางการใช้กากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน