การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารเพื่อการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรก

นายคณาวุฒิ อินทร์แก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Utilization of Rubber Latex Sludge as Nutrient Sources for Pre-nursery Oil Palm Seedlings

Mr. Kanawut Inkaew

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารเพื่อการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรก
โดย	นายคณาวุฒิ อินทร์แก้ว
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นัยนันทน์ อริยกานนท์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.นิตยา นักระนาด มิลน์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณาวุฒิ อินทร์แก้ว: การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารเพื่อการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรก. (UTILIZATION OF RUBBER LATEX SLUDGE AS NUTRIENT SOURCES FOR PRE-NURSERY OIL PALM SEEDLINGS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 126 หน้า.

ศึกษาปริมาณธาตุอาหารของกากขี้แป้งที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ปริมาณธาตุอาหารเมื่อเติมกากขี้แป้งลงในดิน และการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอรา ระยะอนุบาลแรก (3 เดือน) เมื่อใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหาร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ทำ 3 ซ้ำ ประกอบด้วยชุดควบคุม (ดินเดิมไม่เติมสิ่งทดลอง) เติมปุ๋ยเคมี เติมกากขี้แป้ง 5 อัตรา (10, 30, 50, 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน) หนึ่งหน่วยทดลอง คือ ถุงเพาะชำขนาด 6 × 9 นิ้ว

ผลการศึกษาพบว่า กากขี้แป้งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน (total N) ร้อยละ 4.3 ฟอสฟอรัส (P_2O_5) ร้อยละ 10 (100,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O) ร้อยละ 0.7 (7,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ธาตุอาหารรอง คือ แมกนีเซียม ร้อยละ 8.9 (89,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และธาตุอาหารเสริม คือ สังกะสี ร้อยละ 0.01 (113.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) การเติมกากขี้แป้งลงในดินจะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี รวมทั้งความเป็นกรดเป็นด่าง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และสภาพการนำไฟฟ้า เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq .05$) สำหรับ การเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันซึ่งวัดจากจำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ ขนาดลำต้น และความสูง พบว่า การเติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน ส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีการเติบโตไม่ต่างทางสถิติกับการเติมปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร ทั้งนี้ การเติมกากขี้แป้งในอัตราที่มากกว่า 30 กรัม/กิโลกรัมดิน จนถึง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน กลับส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันเติบโตน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq .05$)

กล่าวได้ว่า กากขี้แป้งสามารถใช้ประโยชน์เป็นแหล่งธาตุอาหารเพื่อการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรกได้ การเติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดินเป็นประโยชน์เทียบเท่าปุ๋ยเคมี แต่อัตราเติมที่มากขึ้นกลับส่งผลให้การเติบโตลดลง

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2552 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

5187123420: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS: RUBBER LATEX SLUDGE / NUTRIENT SOURCE / OIL PALM SEEDLING

KANAWUT INKAEW: UTILIZATION OF RUBBER LATEX SLUDGE AS NUTRIENT SOURCES FOR PRE-NURSERY OIL PALM SEEDLINGS. THESIS ADVISOR: ASSOCIATE PROFESSOR ORAWAN SIRIRATPIRIYA, D.Sc., 126 pp.

Nutrients content of rubber latex sludge, a by-product of concentrated latex processing, was studied. Including plant nutrients in soil and growth of *Tenera* oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedling (3 months) after applied with rubber latex sludge. The experimental design was randomized complete block design (RCBD) with 3 replications. The treatments consisted of control, chemical fertilizer, and rubber latex sludge at 10, 30, 50, 70 and 90 grams per kilogram soil. One experimental plantation bag size 6 × 9 inch.

The result showed that rubber latex sludge consisted of major elements as nitrogen (total N) 4.3 %, phosphorus (P_2O_5) 10 % (100,000 milligrams per kilogram), potassium (K_2O) 0.7 % (7,000 milligrams per kilogram), minor elements as magnesium 8.9 % (89,000 milligrams per kilogram), and essential elements as zinc 0.01 % (113.1 milligrams per kilogram). Application of rubber latex sludge in soil resulted in significant increased ($p \leq .05$) of phosphorus, potassium, magnesium and zinc contents, including pH, cation exchange capacity (CEC), and electro-conductivity (EC). Moreover growth of per-nursery oil palm measured by number of leaves per palm, the width and the length of leaf, stem girth and plant height when applied with rubber latex sludge at 10 grams per kilogram soil rate did not significant difference from that of chemical fertilizer recommended by department of agriculture. Nevertheless, increasing application rate from 30 to 90 grams rubber latex sludge per kilogram soil indicated the decreasing of the growth significantly ($P \leq .05$).

In conclusion, rubber latex sludge can be utilized as nutrient source for pre-nursery oil palm seedlings equal to chemical fertilizer at the rate of 10 grams per kilogram soil.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Ficld of Study : Environmental Science Student's Signature

Academic Year : 2009 Advisor's Signature Orawan Siriratpiriya

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุน จากสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาประสิทธิ์ประสาทความรู้ ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแนวคิดต่างๆ อันเป็นประโยชน์ยิ่งสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ ตลอดจนการอบรมสั่งสอนและถ่ายทอดประสบการณ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ความเมตตากรุณาของท่านได้ให้โอกาสที่ดีทั้งในด้านการทำงานและการศึกษา ศิษย์ซาบซึ้งใจยิ่ง อีกทั้งกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัยนันทน์ อริยกานนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล และ ดร.นิตยา นักระนาด มิลน์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เสียสละเวลาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำต่างๆ ที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ที่กรุณาให้คำแนะนำด้านการเรียนและด้านต่างๆที่เป็นประโยชน์กับนิสิตเป็นอย่างดีเสมอมา

ขอขอบคุณ คุณอนุชิต จิโรจโชติชัย กรรมการผู้จัดการบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็คซ์ จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์สิ่งทดลอง (กากขี้แป้ง) เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน ที่พัก พื้นที่การวิจัย พื้นที่ทำงาน การอำนวยความสะดวกต่างๆ ตลอดจนข้อมูลระหว่างการปฏิบัติงานในพื้นที่วิจัยในจังหวัดสุราษฎร์ธานี รวมทั้งขอขอบคุณคุณจิรพงศ์ กรัณย์วิทยาการ และพนักงานของบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ ลาเท็คซ์ จำกัด ที่ให้การต้อนรับ การดูแล และการอำนวยความสะดวกต่างๆ ในการดำเนินงานวิจัยในพื้นที่เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 11 อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 จังหวัดสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร และบริษัทเอ็นไวแล็บแอนด์คอนซัลแทนท์ จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์ตัวอย่าง รวมทั้งคำแนะนำสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างในงานวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้จะสำเร็จลงไม่ได้หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือ และคำแนะนำจากบุคคลหลายท่าน แม้นผู้เขียนมิได้เอ่ยนาม แต่ก็ขอขอบคุณยิ่งไว้ ณ ที่นี้ สุดท้ายขอขอบคุณ คุณนฤมล ทิมทอง ที่ได้ให้ความช่วยในด้านต่างๆ ตลอดจนกำลังใจจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี และคุณอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์นี้ขอมอบแด่คุณพ่อควง และคุณแม่วรรณี อินทร์แก้ว ที่ให้การสนับสนุน ส่งเสริม ให้คำปรึกษาและกำลังใจที่อบอุ่นตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....

2.1 กากขี้แป้ง..... 4

2.2 ปาล์มน้ำมัน..... 11

2.3 ธาตุอาหารสำหรับปาล์มน้ำมัน..... 25

2.4 ประโยชน์จากการใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหาร..... 32

3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....

3.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย..... 35

3.2 การออกแบบการทดลอง..... 36

3.3 การดำเนินการทดลอง..... 36

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 41

4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....

4.1 สมบัติทางเคมีของกากขี้แป้ง..... 42

4.2 ปริมาณธาตุอาหารพืชในดินที่เติมกากขี้แป้ง..... 45

4.3 การเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเมื่อใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหาร..... 59

5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 97

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 99

รายการอ้างอิง..... 101

ภาคผนวก..... 107

ภาคผนวก ก..... 108

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่
ภาคผนวก ข..... 111
ภาคผนวก ค..... 113
ภาคผนวก ง..... 116
ภาคผนวก จ..... 121
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 126

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบลักษณะเด่นของปาล์มน้ำมันสายพันธุ์ต่างๆ	13
2.2	คุณสมบัติดินที่เหมาะสำหรับการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	19
2.3	ความต้องการน้ำของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	22
2.4	ชนิดและอัตราการใช้ปุ๋ยในแปลงอนุบาลแรก	22
2.5	จำนวนใบสะสมและลักษณะของใบที่ต้นกล้าผลิตได้ในระยะการเจริญเติบโตช่วง 1-12 เดือน	25
2.6	ชนิดปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารปาล์มน้ำมัน	29
3.1	ตำรับทดลองเพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหารในดินที่มีการเติมกากขี้แป้งและผลการเติมกากขี้แป้งต่อการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	36
3.2	พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ทางเคมีของกากขี้แป้ง และดิน	39
4.1	สมบัติทางเคมีของกากขี้แป้ง	44
4.2	สมบัติทางเคมีของดินก่อนการเติมกากขี้แป้ง	47
4.3	สมบัติทางทางเคมีของดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน	49
4.4	ปริมาณธาตุอาหารหลักในดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน	50
4.5	ปริมาณธาตุอาหารรองในดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน	51
4.6	ปริมาณโลหะหนักที่เป็นธาตุจำเป็น (สังกะสี) ในดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน	52
4.7	ผลการเติมกากขี้แป้งต่อจำนวนใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	61
4.8	ผลการเติมกากขี้แป้งต่อความกว้างใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	63
4.9	ผลการเติมกากขี้แป้งต่อความยาวใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	65
4.10	ผลการเติมกากขี้แป้งต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	67
4.11	ผลการเติมกากขี้แป้งต่อความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	69
4.12	สมบัติทางทางเคมีของดินเมื่อต้นกล้าอายุ 3 เดือน	72
4.13	ปริมาณธาตุอาหารหลักในดินเมื่อต้นกล้าอายุ 3 เดือน	73
4.14	ปริมาณธาตุอาหารรองในดินเมื่อต้นกล้าอายุ 3 เดือน	74
4.15	ปริมาณโลหะหนักที่เป็นธาตุอาหารเสริมในดินเมื่อต้นกล้าอายุ 3 เดือน	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.16	การดูดดึงธาตุอาหารหลักจากดิน	77
4.17	การดูดดึงธาตุอาหารรองจากดิน	82
4.18	การดูดดึงโลหะหนักที่เป็นธาตุจำเป็น (สังกะสี) จากดิน	79
4.19	สรุปความสัมพันธ์ระหว่างการดูดดึงธาตุอาหารจากดินและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	94

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้นและการเกิดกากขี้แป้ง	5
2.2	การจัดการกากขี้แป้งโดยการกองทิ้ง	9
2.3	ลักษณะเมล็ดของปาล์มน้ำมันพันธุ์ต่างๆ	14
2.4	ส่วนประกอบของเมล็ดงอกที่สมบูรณ์	21
2.5	ลักษณะอาการผิดปกติของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับต้นกล้าปกติ	24
4.1	ค่าเฉลี่ยสัมพัทธ์การสะสมธาตุอาหารหลักของดินเติมกากขี้แป้งเทียบกับดินเติมปุ๋ยเคมี	57
4.2	ค่าเฉลี่ยสัมพัทธ์การสะสมธาตุอาหารรองของดินเติมกากขี้แป้งเทียบกับดินเติมปุ๋ยเคมี	58
4.3	ค่าเฉลี่ยสัมพัทธ์การสะสมโลหะหนักที่เป็นธาตุจำเป็น (สังกะสี) ของดินเติมกากขี้แป้งเทียบกับดินเติมปุ๋ยเคมี	59
4.4	เปรียบเทียบจำนวนใบระหว่างตำรับทดลอง	60
4.5	เปรียบเทียบความกว้างของใบที่ 1 ใบที่ 2 ใบที่ 3 และใบที่ 4 ระหว่างตำรับทดลอง	62
4.6	เปรียบเทียบความยาวของใบที่1 ใบที่ 2 ใบที่ 3 ใบที่ 4 ระหว่างตำรับทดลอง	64
4.7	เปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันระหว่างตำรับทดลอง	66
4.8	เปรียบเทียบความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันระหว่างตำรับทดลอง	68
4.9	เปรียบเทียบการดูดดึงธาตุอาหารหลักจากดิน	78
4.10	การดูดดึงธาตุอาหารรองจากดิน	80
4.11	การดูดดึงโลหะหนักที่เป็นธาตุจำเป็น (สังกะสี) จากดิน	81
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุไนโตรเจนและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	88
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุฟอสฟอรัสและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	89
4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุโพแทสเซียมและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	90
4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุแมกนีเซียมและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	91
4.19	ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุแคลเซียมและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	92
4.20	ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุสังกะสีและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน	93

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมน้ำยางข้น เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมยางพาราขั้นต้นที่สำคัญ ซึ่งสร้างรายได้ให้กับประเทศมูลค่าไม่ต่ำกว่า 4 หมื่นล้านบาท โดยในปี พ.ศ. 2551 การส่งออกน้ำยางข้นสร้างรายได้ให้กับประเทศมูลค่า 46,164 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551 ข, ค) น้ำยางข้น (concentrated latex) ที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติของต้นยางพารา เป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับการผลิตยางยืด ถุงมือยาง สีทาบ้าน ถุงยางอนามัย เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ ยางรถยนต์ ฯลฯ จึงเป็นอุตสาหกรรมการเกษตรที่มีบทบาทในการสร้างงานสร้างรายได้ให้กับประชาชนในพื้นที่ซึ่งมีการปลูกยางพาราเช่นเดียวกับอุตสาหกรรมยางพาราอื่นๆ

อุตสาหกรรมน้ำยางข้นแม้จะสร้างงานและรายได้เป็นจำนวนมาก ในขณะเดียวกันก็อาจเป็นต้นเหตุหนึ่งของปัญหาสิ่งแวดล้อมหากมีการจัดการไม่เหมาะสม โดยที่ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น เช่น ปัญหามลพิษทางอากาศและกลิ่นที่มีต้นเหตุมาจากแอมโมเนียและก๊าซชนิดต่างๆ ปัญหามลพิษด้านน้ำเสียจากการล้างทำความสะอาด และปัญหากากของเหลือทิ้งที่เรียกว่า กากขี้แป้ง ซึ่งเกิดจากกระบวนการตกตะกอนแมกนีเซียมในน้ำยางสด (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) พบมากที่บ่อพักน้ำยางและเครื่องปั่นเหวี่ยง ประกอบด้วย แมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตและสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น ฝุ่น ทราย และเปลือกไม้ (นาตยา เต็มราม, 2551; เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี และคณะ, 2547) ปัญหามลพิษดังกล่าวมีโอกาสสร้างความเดือดร้อนรำคาญให้กับชุมชนใกล้เคียง

ปัจจุบันประเทศไทยผลิตน้ำยางข้นเพื่อใช้ในประเทศและเพื่อส่งออกกว่า 8 แสนเมตริกตัน/ปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551 ค) จึงมีกากขี้แป้งเกิดขึ้นปริมาณมาก ดังเช่นกรณีโรงงานที่มีกำลังการผลิต 50,000 เมตริกตัน/ปี อาจเกิดกากขี้แป้ง 200 ตัน/ปี (อนุชิต จิโรจน์โชติชัย, **สัมภาษณ์**, 3 กรกฎาคม 2552) นับเป็นปัญหาประการหนึ่งที่โรงงานจะต้องจัดการโดยใช้ทรัพยากรด้านแรงงาน งบประมาณและพื้นที่ เนื่องจากการกองกากขี้แป้งทิ้งไว้จะเกิดกลิ่นเหม็น รบกวนชุมชนใกล้เคียง เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ก่อโรค และมีโอกาสที่จะถูกชะก่อให้เกิดปัญหามลพิษทั้งทางดินและน้ำ ทั้งนี้กรมควบคุมมลพิษ (2548) รายงานว่าวิธีกำจัดกากขี้แป้งโดยนำไปกองทิ้ง เผาทิ้ง ถมที่ หรือฝังกลบนับเป็นความสูญเปล่าที่โรงงานไม่สามารถนำกากขี้แป้งมาใช้ประโยชน์ได้ เช่นเดียวกับที่วิภาพรรณ อุบล (2550) ได้รายงานว่าที่ผ่านมาโรงงานไม่ได้ใช้ประโยชน์กากขี้แป้ง แต่นำไปกองทิ้งไว้ ถมที่รวมกับขยะอื่นของโรงงานและเผาทิ้ง

กากขี้แป้งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางการเกษตรได้ โดยใช้เป็นสารบำรุงดินเพื่อการเพาะปลูกผักกาดหอม มะเขือเทศ ข้าว (วลัยพร ผ่อนผัน, 2547) ใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารในการปลูกหญ้านวลน้อย (วราศรี เถกประสิทธ์, 2543; เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี และคณะ, 2547; วิภาพรรณ อุบล, 2550; สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2551) พริก (Sathyaseelan and George, 2006) และใช้ทดแทนปุ๋ยสำหรับการเพาะชำยางชำถุง (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ สุธน ช่วยเกิดและสัตตะพงศ์ ชอบกตัญญู, 2552) ได้เป็นอย่างดีเนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืช เช่น ไนโตรเจน (N) ร้อยละ 3.31 ฟอสฟอรัส (P) ร้อยละ 14.69 โพแทสเซียม (K) ร้อยละ 1.01 แมกนีเซียม (Mg) ร้อยละ 12.24 และสังกะสี (Zn) ร้อยละ 0.63 เป็นต้น (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี และคณะ, 2547)

ขณะที่ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยและระดับโลก เนื่องจากน้ำมันที่สกัดได้สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้อย่างหลากหลาย ทั้งเพื่อการอุปโภคและบริโภค เช่น สบู่ นมข้นหวาน บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป น้ำมันพืช อาหารสัตว์ กรดไขมันต่างๆ สารตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่างๆ ไม่ต่ำกว่า 200 ผลิตภัณฑ์ และอุตสาหกรรมโอริโอเคมิคอล รวมทั้งสามารถผลิตเป็นพลังงานทดแทน คือ ไบโอดีเซลหรือเมทธิลเอสเตอร์ (จันทร์เรียง พลายละมูล ชวเลิศ นวลโคกสูง และเสาวนีย์ ประจันศรี, 2547) และมีบทบาทสำคัญในฐานะที่เป็นพืชน้ำมันชนิดเดียวของไทยที่ไม่เสียดุลการค้านำเข้าจากต่างประเทศ มีความสำคัญต่อเสถียรภาพทางเศรษฐกิจ โดยตอบสนองต่อความต้องการบริโภคภายในประเทศ ช่วยลดการนำเข้า และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย (ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 10, 2551) อีกทั้งความต้องการปาล์มน้ำมันของโลกยังสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์, 2549)

ปัจจุบันปาล์มน้ำมันได้รับการส่งเสริมจากรัฐบาลให้เป็นพืชพลังงานทดแทนโดยกำหนดแนวทางการใช้น้ำมันปาล์มผลิตเป็นไบโอดีเซล และมีแผนขยายพื้นที่ปลูกในช่วงพ.ศ. 2547-2572 ให้ได้ 10 ล้านไร่ (สุรเชษฐ์ ขวัญเมือง, 2549) ซึ่งในการเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน นอกจากจะส่งเสริมในพื้นที่ซึ่งมีความเหมาะสมแล้ว กรมพัฒนาที่ดินได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันนอกเขตพื้นที่ส่งเสริม โดยพิจารณาคัดเลือกพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพเป็นพื้นที่เป้าหมาย เช่น พื้นที่นาร้าง พื้นที่ทิ้งร้าง พื้นที่ลุ่ม พื้นที่ดินเปรี้ยว พื้นที่ป่าเสื่อมโทรม และพื้นที่ยางพาราในดินนาของภาคใต้ (ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์, 2549) การปลูกปาล์มน้ำมันจึงเพิ่มขึ้นในพื้นที่ต่างๆ ทั่วทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะภาคใต้ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551 ก) ปัจจุบันจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด 5 อันดับแรกของประเทศ คือ กระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ และนครศรีธรรมราช (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551 ข)

เนื่องจากระบบรากของปาล์มน้ำมันมีประสิทธิภาพในการดูดน้ำและธาตุอาหารต่ำกว่าพืชโดยทั่วไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้ธาตุอาหารแก่ปาล์มน้ำมันในอัตราที่สูงเพื่อรักษาระดับปริมาณธาตุอาหารให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต (กรมวิชาการเกษตร, 2547) โดยธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อการเติบโตของปาล์มน้ำมันมากที่สุดคือ ไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม โบรอน และแคลเซียม อีกทั้งปาล์มน้ำมันถือเป็นพืชยืนต้นที่สามารถให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี ดังนั้นในการทำสวนปาล์มน้ำมันค่าใช้จ่ายเฉพาะปุ๋ยเคมีเพื่อการปลูกอาจสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด (เกริกชัย ธนรักษ์, 2549) เนื่องจากปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชอุตสาหกรรม ซึ่งต้องคิดการลงทุนต่อหน่วยพื้นที่ โดยมีเป้าหมายคือกำไรต่อหน่วยพื้นที่สูงสุด ดังนั้นการลดต้นทุนการผลิตในทุกๆ ด้านจึงเป็นเรื่องที่ควรนำมาพิจารณา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดต้นทุนด้านปุ๋ยเคมีเพราะถึงแม้ลดต้นทุนปุ๋ยเคมีต่อต้นได้เพียงเล็กน้อยก็สามารถลดต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่ได้เป็นอย่างมาก (วราวุธ ชูธรรมธัช และคณะ, 2548)

โดยที่การปลูกปาล์มน้ำมันให้ประสบผลสำเร็จนั้น จำเป็นต้องดูแลมากในระยะต้นกล้า เนื่องจากต้นกล้าที่แข็งแรงสมบูรณ์จะช่วยลดปัญหาการชะงักการเจริญเติบโตเมื่อย้ายต้นกล้าลงปลูก ทำให้ต้นกล้าฟื้นตัวได้เร็วขึ้น มีความต้านทานโรคและมีการเจริญเติบโตที่ดี (von Uexküll and Fairhurst, 1991) นำไปสู่การให้ผลผลิตที่ดีในที่สุด ขณะที่ปัจจุบันการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันใช้เฉพาะหน้าดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี โดยที่ยังไม่มีข้อมูลการใช้วัสดุอื่นเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหาร จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งที่จะมีการศึกษาวิจัยเพื่อนำเอากากขี้แป้งที่เป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ถือเป็นการหมุนเวียนนำของเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ ลดต้นเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อม ในขณะเดียวกันก็เป็นการเพิ่มทางเลือกในการใช้ปุ๋ยสำหรับการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหารของกากขี้แป้ง
2. เพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหารเมื่อเติมกากขี้แป้งในดิน
3. เพื่อศึกษาการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรกเมื่อใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กากขี้แป้ง

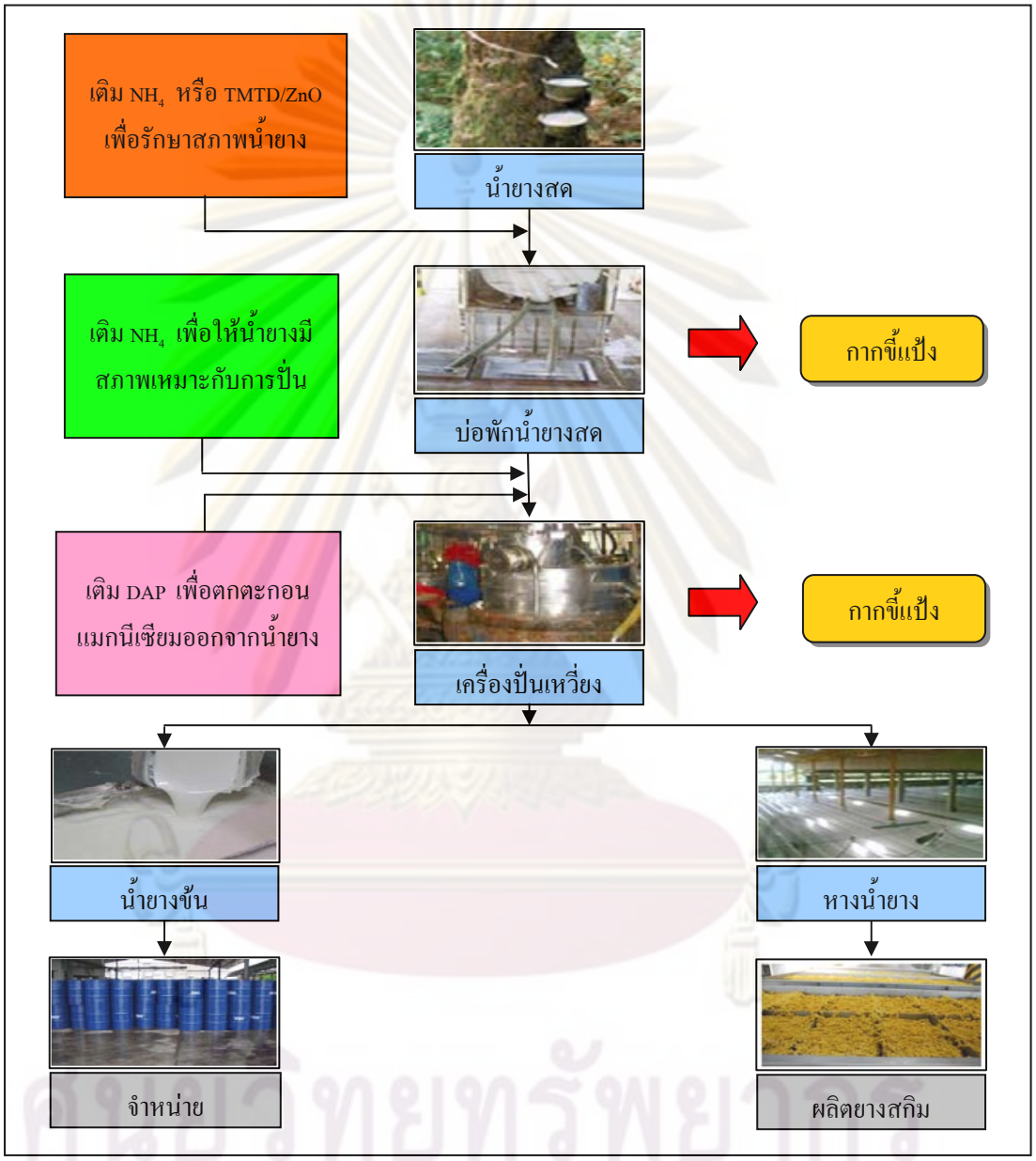
กากขี้แป้งเป็นของเหลือทิ้งที่เกิดจากกระบวนการตกตะกอนแมกนีเซียมในน้ำยางสดของกระบวนการผลิตน้ำยางข้นในโรงงานน้ำยางข้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2548; Sathyaseelan and George, 2006) ซึ่งถือเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญในภาคใต้ของประเทศไทย (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ และคณะ, 2545) จากรายงานการติดตามตรวจสอบประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวเนื่องกับอุตสาหกรรมน้ำยางข้นที่ผ่านมา พบว่านอกเหนือจากปัญหาน้ำเสียและมลภาวะทางอากาศ ยังมีกากของเสียที่เป็นของแข็งอีก 3 กลุ่ม คือ (1) เนื้อยางสะสมอยู่ที่บ่อดักยางและบ่อบำบัดน้ำเสีย (2) เศษยางตกค้างอยู่ในทางระบายน้ำและภาชนะบรรจุยางต่างๆ และ (3) กากขี้แป้ง มีลักษณะเป็นตม สีขาวหรือสีเหลืองอ่อน เป็นส่วนหนึ่งของน้ำยางสดที่ถูกแยกออกโดยการตกตะกอนและการปั่นแยก (Tekasakul and Tekasakul, 2006; นฤเทพ บุญเรืองขาว, 2550) รายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับกากขี้แป้งมีดังนี้

2.1.1 การเกิดกากขี้แป้งในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

กระบวนการผลิตน้ำยางข้น (รูปที่ 2.1) เป็นกระบวนการแปรรูปน้ำยางพาราจากต้นยางพาราให้มีความเข้มข้นเหมาะสมและมีคุณภาพสม่ำเสมอก่อนนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ด้วยการกำจัดสารบางอย่างที่มีอยู่ในน้ำยางออกไป (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, 2543) โดยน้ำยางสดที่ได้จากธรรมชาติมีลักษณะเป็นของเหลวขุ่นคล้ายน้ำนม มีอนุภาคขนาด 0.05-0.5 ไมครอน มีปริมาณเนื้อยางแห้ง (dry rubber content) ประมาณร้อยละ 25-45 ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุ ฤดูกาล และกรรมวิธีกรีดยาง เมื่อผ่านกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะมีเนื้อยางแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 การผลิตน้ำยางข้นในเชิงการค้ามี 3 วิธี คือ (1) วิธีระเหยน้ำ (evaporation) (2) วิธีทำให้เกิดครีม (creaming) (3) วิธีปั่นแยก (centrifuging) ส่วนอีกวิธีหนึ่งซึ่งไม่สามารถทำเป็นการค้าได้เพราะไม่สะดวกและลงทุนสูงคือวิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (electrodecantation) สำหรับประเทศไทยในปัจจุบันใช้วิธีการปั่นแยกด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงเพียงอย่างเดียว (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2536)

น้ำยางสดที่กรีดจากต้นยางพาราจะคงสภาพเป็นน้ำยางอยู่ได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นอนุภาคยางจะเริ่มจับตัวจนกระทั่งน้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ (จับตัวเป็นก้อน) โดยน้ำยางจะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยางและส่วนที่เป็นเซรุ่ม ต่อมาน้ำยางจะเริ่มบูดเน่าและมีกลิ่นเหม็น (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, 2543) ดังนั้นจึงต้องมีการเติมสารเคมีเพื่อรักษาสภาพน้ำยาง ซึ่ง

ปกติจะใช้แอมโมเนีย (NH_3) เพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับสารอื่น เช่น เตตระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ (tetramethyl thiuram disulphide หรือ TMTD) กับซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide หรือ ZnO) (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2536)



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้นและการเกิดกากขี้แป้ง

กระบวนการผลิตน้ำยางข้น น้ำยางสดที่เติมสารเคมีเพื่อรักษาสภาพแล้วจะถูกถ่ายผ่านตะแกรงสู่รางรับน้ำยางสดไปยังบ่อรับน้ำยางสด ก่อนการปั่นแยกจะมีการปรับสภาพน้ำยางสดให้เหมาะสมต่อกระบวนการปั่นด้วยการเติมแอมโมเนียให้น้ำยางมีความเข้มข้นของแอมโมเนียเกินกว่าร้อยละ 0.4 โดยน้ำหนัก และเติมไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (diammonium hydrogen

phosphate, DAP) เพื่อให้แมกนีเซียมที่ปนอยู่ในน้ำยางตกตะกอนเป็นขี้แป้ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) โดยการตกตะกอนแมกนีเซียมออกจากน้ำยางใช้เวลาอย่างน้อย 1 วัน (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2536) และเกิดปฏิกิริยาดังสมการ

$$Mg^{2+} + NH_3 + HPO^{2-}_4 \longrightarrow MgNH_4PO_4 \downarrow$$

หลังจากตกตะกอนแมกนีเซียมแล้ว น้ำยางจะเข้าสู่การปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge machine) และจะมีการล้างเครื่องทุก 2-3 ชั่วโมง เนื่องจากการอุดตันของยางที่หัวโบว์และกากขี้แป้ง เมื่อผ่านกระบวนการปั่นผลที่ได้คือน้ำยางข้น (concentrate latex) และหางน้ำยาง (skim latex) ซึ่งหางน้ำยางนี้จะถูกนำไปผลิตเป็นยางสกิมต่อไป ขณะที่บางโรงงานจะมีการแยกขี้แป้งโดยการตกตะกอนของหางน้ำยางอีกครั้งเพื่อให้ได้ยางสกิมที่มีคุณภาพสูงขึ้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2544) ดังนั้นในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะมีกากขี้แป้งเกิดขึ้นปริมาณมากที่บริเวณถังบรรจุน้ำยางและที่เครื่องปั่นเหวี่ยง

2.1.2 อัตราการเกิดกากขี้แป้ง

กากขี้แป้งเกิดจากกระบวนการเติม DAP ตกตะกอนแมกนีเซียมในน้ำยาง เนื่องจากน้ำยางที่มีปริมาณแมกนีเซียมมากเกินไปจะส่งผลต่อความยืดหยุ่นของยาง โดยน้ำยางที่นำมาปั่นแยกควรมีแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ส่วนในล้านส่วน (part per million, ppm) และเมื่อปั่นแล้วไม่ควรมีแมกนีเซียมเกิน 20 ส่วนในล้านส่วน (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) ทำให้ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีกากขี้แป้งเกิดขึ้น โดยจากการศึกษาของ สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ และคณะ (2545) และ นฤเทพ บุญเรืองขาว (2550) พบว่า โรงงานน้ำยางข้นมีกากขี้แป้งเกิดขึ้นระหว่าง 0.7-500 ตันต่อเดือน หรือคิดเป็นอัตราการเกิดกากขี้แป้งต่อน้ำยางข้นที่ผลิตได้ในสัดส่วนระหว่าง 0.6-50 กิโลกรัมกากขี้แป้งต่อตันน้ำยางข้น ขณะที่ วิภาพรรณ อุบล (2550) รายงานว่า การผลิตน้ำยางข้นจะเกิดกากขี้แป้งโดยเฉลี่ย 10 กิโลกรัมต่อตันน้ำยางสด หรือคิดเป็นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักแห้ง ดังนั้น จากการที่ประเทศไทยผลิตและส่งออกน้ำยางข้นกว่า 8 แสนเมตริกตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551 ค) ส่งผลเกิดกากขี้แป้งขึ้นปริมาณมาก

2.1.3 สมบัติของกากขี้แป้ง

2.1.3.1 สมบัติทางกายภาพ

กากขี้แป้งมีลักษณะเป็นตะกอนตมเกิดจากการตกตะกอนของน้ำยางบริเวณถังบรรจุน้ำยางสดและเครื่องปั่นเหวี่ยง เป็นสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน ทั้งนี้เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี และคณะ (2547) ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

พบว่า มีความหนาแน่นแตกต่างกันขึ้นกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีอยู่ในกากขี้แป้ง ปริมาณความชื้นในกากขี้แป้งขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงาน ส่วนของแข็งที่ระเหยได้และของแข็งที่อยู่คงที่จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำยางข้น นอกจากนี้ สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ (2551) พบว่า กากขี้แป้งสดมีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 63 และมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 37

2.1.3.2 สมบัติทางเคมี

กากขี้แป้งมีความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.31 ปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 23.76 ปริมาณคาร์บอนร้อยละ 11.83 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนประมาณ 10.03:1 (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และคณะ, 2552) เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี และคณะ (2547) พบว่า กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น มีสภาพค่อนข้างเป็นกลาง Niyomdecha และคณะ (2008) ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของกากขี้แป้งน้ำยางข้นและกากอินทรีย์ทางการเกษตรสำหรับใช้ในการเตรียมสารปรับปรุงดินโดยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (effective microorganism หรือ EM) พบว่า กากขี้แป้งมีค่าความความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 7.27-9.36 ขณะที่ สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ (2551) พบว่ากากขี้แป้งสดมีค่าความความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยเท่ากับ 8.56

2.1.3.3 สมบัติทางเคมีด้านความเป็นแหล่งธาตุอาหารของกากขี้แป้ง

กากขี้แป้งประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่เป็นธาตุอาหารพืชในปริมาณสูง เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และโลหะอัลคาไลน์ (Tekasakul and Tekasakul, 2006) อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และคณะ (2552) พบว่า กากขี้แป้งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ร้อยละ 1.18 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 15,702.13 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 1,398 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ธาตุอาหารรอง คือ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 0.20 มิลลิอีควิวาเลนท์/100 กรัม (me/100 g) และเสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี และคณะ (2547) พบว่า กากขี้แป้งมีธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของปุ๋ย ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และแคลเซียม โดยมีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละโรงงาน ธาตุที่มีปริมาณมากที่สุดในกากขี้แป้งแห้ง 3 อันดับแรก คือ ฟอสฟอรัส ร้อยละ 14.69 แมกนีเซียม ร้อยละ 12.24 และไนโตรเจน ร้อยละ 3.31 เนื่องจากเป็นธาตุองค์ประกอบของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต (Magnesium ammonium phosphate หรือ $MgNH_4PO_4$) ส่วน Kovutitikulrangsie, Nithi-U-thai และ Cheewasectham (2004) ได้ศึกษาสมบัติกากขี้แป้งเพื่อนำมาใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ย พบว่าเมื่อนำกากขี้แป้งมาสกัดด้วยน้ำกลั่น แมกนีเซียมจะละลายออกมามากที่สุดประมาณร้อยละ 3.90 โดยน้ำหนัก รองลงมาคือ ไนโตรเจน ร้อยละ 0.26 โพแทสเซียม ร้อยละ 0.25

สังกะสี ร้อยละ 0.16 ฟอสฟอรัส ร้อยละ 0.08 และแคลเซียม ร้อยละ 0.01 ตามลำดับ และน้ำที่สกัดได้มีคุณสมบัติที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ นอกจากนี้ Niyomdecha และคณะ (2008) ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของกากขี้แป้งน้ำยางข้นและกากอินทรีย์ทางการเกษตรสำหรับใช้ในการเตรียมสารปรับปรุงดินโดยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (effective microorganism หรือ EM) พบว่า กากขี้แป้งมี ปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 3.38-3.70 ฟอสฟอรัส ร้อยละ 11.32-15.79 โพแทสเซียม ร้อยละ 0.64-1.56 แมกนีเซียม ร้อยละ 5.44-14.34 และสังกะสีร้อยละ 0.16-0.51 ส่วนนฤเทพ บุญเรืองขาว (2550) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์กากอินทรีย์จากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น แปรรูปสัตว์น้ำ และน้ำมันปาล์มในการเตรียมวัสดุปลูกหญ้าสนาม พบว่า กากขี้แป้ง มีองค์ประกอบเป็นไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 1.44 ฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 ร้อยละ 33.48 โพแทสเซียมในรูป K_2O ร้อยละ 0.63 และสังกะสี ร้อยละ 0.29 อีกทั้งสมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ (2551) พบว่า กากขี้แป้งประกอบไปด้วยธาตุที่สำคัญ ได้แก่ ไนโตรเจน ร้อยละ 2.31 ฟอสฟอรัส (ในรูป P_2O_5) ร้อยละ 19.41 โพแทสเซียม (ในรูป K_2O) ร้อยละ 1.51 แมกนีเซียมร้อยละ 5.24 และสังกะสีร้อยละ 1.05 นอกจากนี้กากขี้แป้งยังประกอบด้วยธาตุอะลูมิเนียมร้อยละ 0.35 ซิลิคอนร้อยละ 0.61 กำมะถัน ร้อยละ 0.85 แคลเซียมร้อยละ 1.88 และ รูบิเดียมร้อยละ 0.26 นอกจากนี้ยังพบธาตุอื่นๆ อีกเล็กน้อย ได้แก่ เหล็ก นิกเกิล แมงกานีส ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม และไททาเนียม สมบัติทางเคมี

ดังนั้น อาจสรุปได้ว่ากากขี้แป้งมีสมบัติทางเคมีด้านค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 7.27-9.36 และปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในช่วงร้อยละ 23.76 อีกทั้งมีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นแหล่งธาตุอาหาร ไนโตรเจนอยู่ในช่วงร้อยละ 1.91-3.70 ฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 อยู่ในช่วงร้อยละ 11.32-21.69 โพแทสเซียมในรูป K_2O อยู่ในช่วงร้อยละ 0.64-2.11 แมกนีเซียม อยู่ในช่วงร้อยละ 5.24-14.34 แคลเซียมอยู่ในช่วงร้อยละ 0.16-1.05 และสังกะสีอยู่ในช่วงร้อยละ 0.1-0.6 (วราศรี เถกประสิทธ์, 2543; วลัยพร ผ่อนผัน, 2547; เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี และคณะ, 2547; สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2551; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และคณะ, 2552)

2.1.4 การจัดการกากขี้แป้งในปัจจุบัน

กากขี้แป้งจัดเป็นผลพลอยได้ที่มีความชื้นสูง โดยทั่วไปกากขี้แป้งที่เกิดขึ้นในโรงงานน้ำยางข้นจะไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ หากแต่จะถูกกำจัดโดยการนำไปกองทิ้ง (รูปที่ 2.2) เผาทิ้ง ฝังกลบหรือถมที่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) จากการศึกษาของ สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ (2551) พบว่า โรงงานผลิตน้ำยางข้นจะจัดการกากขี้แป้งโดยรวบรวมในภาชนะต่างๆ เช่น กระสอบ และบางแห่งมีการนำมาเทกองรวมไว้ โดยเก็บในพื้นที่โรงงานให้มีปริมาณมากพอที่จะระบายออกโดยรถบรรทุก เพื่อนำไปเผาหรือถมที่ดินต่อไป ซึ่งปัจจุบันในประเทศไทยมักมีการจัดการของเสียที่มีลักษณะเป็นของแข็งโดยเทลงสู่พื้นที่ว่างหรือฝังกลบอย่างไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล ประกอบ

กับสภาพหลุมฝังกลบปัจจุบันก็มีพื้นที่จำกัดและจะถูกถมจนเต็มในที่สุด นอกจากนี้การทำหลุมฝังกลบต้องใช้พื้นที่และงบประมาณมาก อีกทั้งมีโอกาสที่จะเป็นต้นเหตุมลพิษสิ่งแวดล้อมได้ (Schouw et al., 2002) ถึงแม้ว่า การนำกากขี้แป้งไปถมที่เป็นวิธีที่ง่ายต่อการดำเนินการ ได้พื้นที่ดินไปทำประโยชน์อื่น สามารถใช้ได้ทั้งระยะสั้นและระยะยาว แต่จะมีข้อเสียคือ หาสถานที่ยากเพราะต้องอยู่ห่างชุมชน และก่อนที่จะนำไปถมที่ต้องมีการตรวจสอบกากขี้แป้งว่ามีความปลอดภัยจากสารเคมีที่อาจเป็นอันตรายต่อดินและสิ่งมีชีวิตบริเวณนั้น (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี และคณะ, 2547) และการจัดการกากขี้แป้งในปัจจุบันอาจเป็นรูปแบบที่สร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อมได้ในระยะยาว (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2551) ดังเช่น การจัดการกากขี้แป้งที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยการฝังกลบ นอกจากจะเป็นการสูญเสียธาตุอาหารอย่างมีนัยสำคัญแล้ว ยังอาจถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ ทะเลสาบหรือมหาสมุทรได้ ส่วนการเผาทิ้งก็เป็นต้นเหตุของก๊าซเรือนกระจก เป็นต้น (Schouw et al., 2002)

รูปที่ 2.2 การจัดการกากขี้แป้งโดยการกองทิ้ง

2.1.5 การใช้ประโยชน์กากขี้แป้ง

เนื่องจากกากขี้แป้งมีองค์ประกอบเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืช จึงมีการศึกษาเพื่อนำเอากากขี้แป้งมาใช้ประโยชน์ ในด้านต่างๆ ต่อไปนี้

2.1.5.1 การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหาร

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี และคณะ (2547) ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการเตรียมปุ๋ยเหลวจากกากขี้แป้งน้ำยางข้น พบว่า กากขี้แป้งสามารถใช้เป็นของเหลวเบื้องต้นในการนำไปเตรียมปุ๋ยเหลวได้ และน้ำที่ได้จากการละลายกากขี้แป้งมีคุณสมบัติที่สามารถย่อยสลายได้

ทางชีวภาพ ขณะที่ Sathyaseelan และ George (2006) ได้แนะนำว่า กากขี้แป้ง (Latex sludge) ที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนตกตะกอนแมกนีเซียมในการผลิตน้ำยางข้นซึ่งมีองค์ประกอบเป็นแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต สามารถเป็นแหล่งของฟอสฟอรัส ราคาถูกสำหรับใช้ในการเกษตรได้ โดยจากการศึกษา พบว่า กากขี้แป้งมีไนโตรเจนร้อยละ 6.05 แมกนีเซียมร้อยละ 6.86 และฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ 35.98 เมื่อนำกากขี้แป้งไปหมักกับดิน (soil incubation) เป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า การปลดปล่อยฟอสฟอรัสของกากขี้แป้งสามารถเกิดได้ดีกว่าปุ๋ยหินฟอสเฟต และซูเปอร์ฟอสเฟต อีกทั้งเมื่อนำไปทดลองใช้กับการปลูกพริก (*Capsicum annuum* L.) โดยเทียบกับปริมาณความต้องการปุ๋ยหินฟอสเฟต พบว่าการใช้กากขี้แป้งให้ผลเป็นอย่างดีทั้งในด้านการเติบโต ผลผลิต และคุณภาพ เมื่อประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการนำกากขี้แป้งมาใช้เป็นแหล่งปุ๋ยฟอสเฟต พบว่าเป็นทางหนึ่งที่สามารถช่วยแก้ปัญหาการกำจัดของเสีย (waste disposal) และการขาดแคลนปุ๋ยในประเทศกำลังพัฒนาอย่างประเทศอินเดียได้ อีกทั้ง อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และคณะ (2552) ได้ศึกษาการใช้กากขี้แป้งเพื่อทดแทนปุ๋ยสำหรับการเพาะชำยางชำถุง พบว่าสามารถกากขี้แป้งร่วมกับกากตะกอนจากโรงงานอาหารทะเลทดแทนปุ๋ยในการเพาะชำยางชำถุงได้เป็นอย่างดี

2.1.5.2 การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งเป็นวัสดุปรับปรุงดินโดยตรง

วลัยพร ผ่อนผัน (2547) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในรูปสารบำรุงดิน โดยใช้กากขี้แป้งร่วมกับกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานไก่สดแช่แข็ง เป็นวัสดุบำรุงดินสำหรับการปลูกผักกาดหอม มะเขือเทศ และข้าว พบว่า ลักษณะสมบัติของดิน กากขี้แป้งและกากตะกอนก่อนการเพาะปลูกไม่มีข้อจำกัดในการนำกากขี้แป้งและกากตะกอนมาใช้ ผลผลิตที่ได้จากการใช้อัตราส่วนผสมระหว่างดิน: กากขี้แป้ง: กากตะกอนเท่ากับ 1: 3: 1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดมีน้ำหนักแห้งและการสะสมธาตุอาหารที่สามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารได้ไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ปริมาณการสะสมของสังกะสีในดินก็อยู่ในช่วงที่ยอบรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร และวิภาพรรณ อุบล (2550) ได้ทำการศึกษาปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดในกากอินทรีย์จากอุตสาหกรรมหลักของภาคใต้ ได้แก่ กากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมการเตรียมน้ำยางข้น กากตะกอนจากการบำบัดน้ำทิ้งจากกอุตสาหกรรมการแปรรูปสัตว์น้ำ และกากดีแคนเตอร์หรือเค้กจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์ม และศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุปลูกที่เตรียมจากการผสมกากอินทรีย์ทั้ง 3 ประเภท ในอัตราส่วนร้อยละ 20 ต่อ 20 ต่อ 20 น้ำหนักต่อน้ำหนักเปียก ร่วมกับเส้นใยปาล์มและเศษกระดาษสำนักงาน พบว่าสามารถปลูกหญ้านวลน้อยได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับการใช้หน้าดินเติมปุ๋ย โดยมีอัตราการรอดของต้นพันธุ์สูงกว่าร้อยละ 50

ความสูงของต้นหญ้า และน้ำหนักส่วนรากมีค่าในระดับเดียวกัน และมีน้ำหนักส่วนยอดมากกว่า 1 เท่า

2.1.5.3 การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งเป็นวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับจุลินทรีย์

Niyomdecha และคณะ (2008) ทำการศึกษาการนำกากขี้แป้งน้ำยางข้นไปใช้ร่วมกับจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อเป็นสารปรับปรุงดิน พบว่า ก่อนนำกากขี้แป้งน้ำยางข้นไปใช้ร่วมกับจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อเป็นสารปรับปรุงดินต้องมีการปรับสภาพความความเป็นกรดเป็นด่างให้อยู่ในช่วง 5-6 ก่อนจึงจะนำไปใช้ได้

2.2 ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันที่เป็นพืชเศรษฐกิจและปลูกในประเทศไทย คือ *Elaeis guineensis* Jacq. มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา ได้รับการส่งเสริมและปลูกเป็นการค้าครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2511 (ศักดิ์ศิลป์ โชติสกุล วินาภรณ์ กุฎีรัตน์ และกิจจารักษ์ วงษ์กุดเลาะ, 2541) ถือเป็นพืชเศรษฐกิจหลักอีกชนิดหนึ่งของไทย ที่ปลูกมากทางภาคใต้ ในปี พ.ศ. 2551 ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกรวม 3,442,398 ไร่ มีเนื้อที่ให้ผลผลิต 2,868,463 ไร่ จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด 5 อันดับแรกของ ประเทศ คือ กระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร นครศรีธรรมราช และประจวบคีรีขันธ์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551 ข) น้ำมันที่สกัดได้จากผลปาล์มน้ำมันสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย ทั้งการอุปโภค (อุตสาหกรรมอาหาร) และบริโภค (อุตสาหกรรมโอลิโอเคมิคอล) เช่น น้ำมันปรุงอาหาร มาการีน น้ำมันสำหรับทอด ไอศกรีม นมข้นหวาน ขนมปัง เนยเทียม อาหารสัตว์ กรดลอริก (ผลิตสี) กรดปาล์มมิติก (ผลิตยาปฏิชีวนะ) กรดโอเลอิก (ผลิตสิ่งทอ) กรดสเตียริก (ผลิตเครื่องสำอาง ยางรถยนต์) กรดลิโนเลอิก (ยาลดไขมันในเส้นเลือด) เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำไปผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนได้อีกด้วย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545 ก)

2.2.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์และลักษณะทั่วไปของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ระบบรากเป็นแบบรากฝอย สามารถดูดธาตุอาหารได้ในชั้นดินที่มีความลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร ลำต้นตั้งตรง ไม่มีกิ่งแขนง ประกอบด้วยข้อและปล้องที่ถี่มาก แต่ละข้อมี 1 ทางใบซึ่งประกอบด้วย แกนทางใบ ก้านใบ ใบย่อย และหนาม เกิดเวียนรอบลำต้น ในระยะที่ต้นปาล์มอายุยังน้อย (น้อยกว่า 3 ปี) จะสังเกตเห็นทางใบอยู่ติดกับลำต้นมากกว่า 40 ทางใบ เมื่อต้นปาล์มน้ำมันอายุมากขึ้นและมีการตัดแต่งทางใบจะสังเกตเห็นฐานทางใบเป็นรอยตัดแต่งติดอยู่รอบๆ ลำต้น ทางใบของปาล์มน้ำมันเกิดจากการพัฒนาของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของลำต้น ทำให้เกิดการเวียนของทางใบ 2 แบบ คือ เวียนทางซ้าย และเวียนทางขวา ช่อดอก

เกิดจากตาดอกที่บริเวณซอกทางใบที่ติดกับต้น ในต้นเดียวกันมีทั้งช่อดอกตัวเมียและช่อดอกตัวผู้แต่เกิดในตำแหน่งที่ต่างกัน หลังจากที่ช่อดอกตัวเมียได้รับการผสมเรียบร้อยแล้วจะพัฒนาไปเป็นทะลาย โดยเฉลี่ยประมาณ 6 เดือนผลปาล์มน้ำมันในทะลายจึงจะสุกพร้อมเก็บเกี่ยวได้ ผลปาล์มน้ำมันมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2 ถึงมากกว่า 5 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับพันธุ์ โดยทั่วไปเมื่อยังอ่อนผลปาล์มน้ำมันจะมีสีน้ำตาลดำ เมื่อสุกจะมีสีแดง มีน้ำหนักต่อผลประมาณ 3-30 กรัม ในต้นปาล์มน้ำมันที่สมบูรณ์สามารถผลิตทะลายได้ทั้งปี โดยใน 1 ทะลายจะมีปาล์มน้ำมันประมาณ 1,000-3,000 ผล ปาล์มน้ำมันมีอายุการเก็บเกี่ยวนาน 20-30 ปี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545 ก: ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ, 2548; Ng, von Uexküll and Härdter, 2009)

2.2.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของต้นปาล์มน้ำมัน

การเจริญเติบโตของต้นปาล์มน้ำมัน เกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆ คือ สภาพแวดล้อม พันธุกรรม และการดูแลจัดการ โดยแต่ละปัจจัยมีความสำคัญดังนี้

2.2.2.1 ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตของต้นปาล์มน้ำมันเกี่ยวข้องกับภูมิอากาศและภูมิประเทศ กล่าวคือ ปาล์มน้ำมันชอบอากาศในเขตร้อนฝนตกชุก การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันของโลกจึงจำกัดอยู่ในเขตที่ราบต่ำของภูมิภาคแถบเส้นศูนย์สูตรที่มีความชื้นสูง เป็นที่ราบใกล้ชายฝั่งทะเล เนื้อดินสมบูรณ์และลึก น้ำไม่ขัง (ศักดิ์ศิลป์ โชติสกุล วินาภรณ์ กุฎีรัตน์ กิจจารักษ์วงษ์กุดเลาะ, 2541) การจะให้ปาล์มน้ำมันมีการเจริญเติบโตทางลำต้นอย่างรวดเร็ว มีอายุการให้ผลผลิตที่ยาวนานและมีการให้ผลผลิตน้ำมันที่สูง ต้นปาล์มน้ำมันควรอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม คือ ปริมาณน้ำฝนควรอยู่ระหว่าง 1,800-3,000 มิลลิเมตร/ปี มีการกระจายตัวของน้ำฝนตลอดปี โดยในแต่ละเดือนควรมีฝนตกไม่น้อยกว่า 120 มิลลิเมตร อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 22-32 องศาเซลเซียส เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงมาก จึงควรปลูกในพื้นที่ที่มีแสงไม่ต่ำกว่า 2,000 ชั่วโมง/ปี และไม่ต่ำกว่า 5 ชั่วโมง/วัน อีกทั้งควรมีลมอ่อนๆ เพื่อช่วยลดความร้อนในทรงพุ่ม และช่วยในการถ่ายเทละอองเกสร สภาพดินที่เหมาะสมสำหรับปาล์มน้ำมัน คือดินร่วนถึงดินเหนียว ความลึกของหน้าดินมากกว่า 75 เซนติเมตร ระบายน้ำดี มีสภาพเป็นกรดอ่อน โดยความเป็นกรดเป็นด่างของดินประมาณ 4.5-6 (เรวัต เลิศฤทัยโยธิน, 2547) ทั้งนี้การที่ปาล์มน้ำมันต้องการสภาพแวดล้อมที่มีฝนตกชุกเนื่องจากสภาพแล้ง (drought) มีผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของปาล์มน้ำมัน โดยทำให้ปากใบปิดในเวลากลางวัน อุณหภูมิใบสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง ทำให้เพิ่มการฝ่อของช่อดอกเพศเมีย (female inflorescence abortion) จำนวนช่อดอกเพศผู้เพิ่มขึ้น ทำให้อัตราส่วนเพศลดลง ทำให้ปริมาณน้ำมัน

ในเนื้อผลลดลง นอกจากนี้ สภาพการขาดน้ำมีผลให้ต้นปาล์มน้ำมันมีอาการผิดปกติ คือ ทำให้เกิดการไม่คลี่ของใบยอด ทางใบล่างแห้งตายก่อนอายุ ทางใบหักในขณะที่ยังมีสีเขียว ทะลายฝ่อ ทางใบลู่ลงทั้งต้น และถ้าอาการรุนแรงมากจะทำให้ยอดพับลงทำให้ต้นปาล์มน้ำมันตายได้ (สุรกิตติ ศรีกุลและภิญโญ มีเดช, 2541)

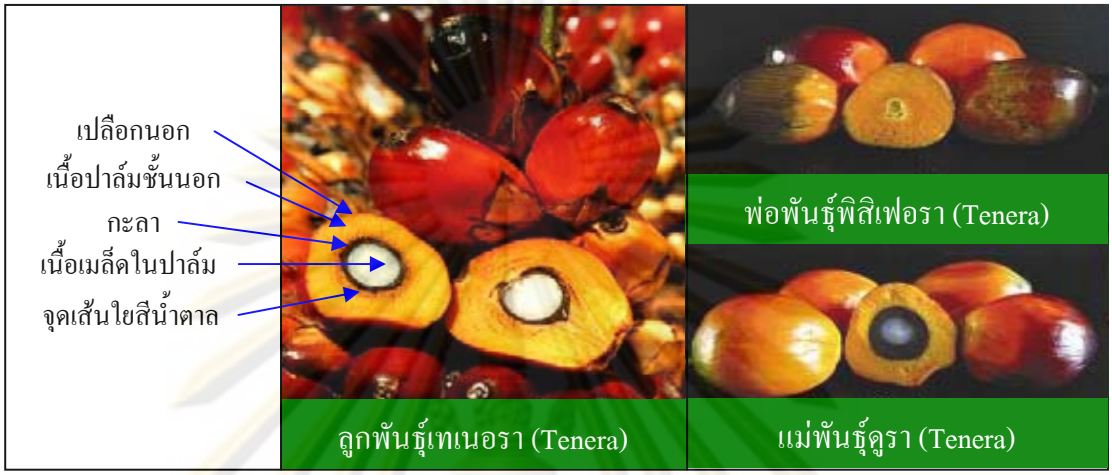
2.1.1.2 ปัจจัยด้านพันธุกรรม

พันธุ์ปาล์มน้ำมันถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งในการทำสวนปาล์มน้ำมัน เนื่องจากปาล์มน้ำมันมีอายุเก็บเกี่ยวยาวมากกว่า 20 ปี (อรรถ สมร่าง และคณะ, 2548) หากใช้พันธุ์ที่มีพันธุกรรมไม่ดีอาจส่งผลให้ได้ผลผลิตต่ำ ทำให้เสียเวลา และค่าใช้จ่าย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545 ก) พันธุ์ปาล์มน้ำมันจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดผลผลิตตั้งแต่ปีที่ 3 หลังจากปลูกจนกระทั่งปาล์มน้ำมันอายุ 25 ปี (อรรถ สมร่าง และคณะ, 2548) การตัดสินใจเลือกพันธุ์ปาล์มน้ำมันสำหรับปลูกต้องพิจารณาว่าเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ในแหล่งปลูกโดยที่พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ใช้ปลูกทางการค้าเป็นลูกผสมของแม่พันธุ์ที่เป็นสายพันธุ์ดูรา (Dura, D) ซึ่งมีลักษณะเด่นคือผลมีขนาดใหญ่แต่มีกะลาหนาประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักผลกับพ่อพันธุ์ที่เป็นสายพันธุ์พิสิเฟอรา (Pisifera, P) ซึ่งมีลักษณะเด่นคือมีกะลาบางมาก มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง แต่มีข้อเสียคือผลเล็ก ช่อดอกตัวเมียมักเป็นหมันและมีการผลิตทะลายต่อจำนวนต้นต่ำ ลูกผสมที่ได้คือ เทเนอรา (Tenera, T) มีลักษณะที่รวมเอาคุณสมบัติเด่นจากแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์ไว้ด้วยกัน กล่าวคือ มีกะลาบาง มีทะลายดกและมีน้ำหนักต่อทะลายสูง (ประมาณร้อยละ 22-25) (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545 ก; Ng et al., 2009) ข้อเปรียบเทียบลักษณะเด่นของปาล์มแต่ละสายพันธุ์ดังตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบลักษณะเด่นของปาล์มน้ำมันสายพันธุ์ต่างๆ (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ, 2548)

สายพันธุ์	ความหนากะลาของผลปาล์ม (มิลลิเมตร)	เส้นใยสีน้ำตาลรอบกะลา	เนื้อปาล์ม (เปอร์เซ็นต์)
ดูรา	2-8	ไม่มี	30-70
เทเนอรา	0.5-4	มี	60-96
พิสิเฟอรา	บางมากหรือไม่มี	มี	มากกว่า 90

ทั้งนี้ในการผลิตเมล็ดของแต่ละผู้ผลิตจะมีการคัดต้นแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์ที่มีคุณภาพต่างกัน ดังนั้นการให้ลูกผสม D×P ของแต่ละผู้ผลิตอาจมีคุณภาพที่ต่างกันได้ทั้งๆ ที่เป็นลูกผสมเช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.3 ลักษณะเมล็ดของปาล์มน้ำมันพันธุ์ต่างๆ

2.1.1.3 ปัจจัยด้านการจัดการดูแลปาล์มน้ำมัน

เนื่องจากปาล์มน้ำมันต้องการสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำ ธาตุอาหาร และแสงแดด การใช้เทคนิคการจัดการที่เหมาะสมเพื่อลดข้อจำกัดของปัจจัยจำกัดเหล่านี้ให้น้อยที่สุดจะทำให้ปาล์มน้ำมันแสดงศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงสุด และคงความสามารถในการให้ผลผลิตอย่างต่อเนื่อง (สุรกิตติ ศรีกุลและภิญโญ มีเดช, 2541) ดังนั้นปัจจัยด้านการจัดการดูแลปาล์มน้ำมันจึงเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติดูแลปาล์มน้ำมันในระยะต่างๆ เพื่อให้ปาล์มน้ำมันสามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ ตั้งแต่ในแปลงเพาะกระทั่งในแปลงปลูก โดยเป็นการดูแลปฏิบัติในการเลือกสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้กับปาล์มน้ำมันทั้งในด้านการคัดเลือกพื้นที่ปลูกซึ่งมีปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ไม่เป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโต การสนับสนุนปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตให้กับปาล์มน้ำมันซึ่งได้แก่ การให้น้ำ ให้ปุ๋ยอย่างเพียงพอต่อความต้องการ ตลอดจนการป้องกันและกำจัดวัชพืช และศัตรูทางธรรมชาติซึ่งเป็นปัจจัยขัดขวางไม่ให้ปาล์มน้ำมันสามารถเจริญเติบโตได้อย่างปกติ โดยที่การจัดการแปลงเพาะที่เหมาะสมจะช่วยให้ได้ต้นกล้าที่สมบูรณ์แรง พร้อมที่จะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีในแปลงปลูก (von Uexküll and Fairhurst, 1991) ส่วนการจัดการในแปลงปลูกที่ดีจะส่งผลให้ต้นปาล์มน้ำมันมีผลผลิตได้เร็วยิ่งขึ้น ช่วยให้ต้นปาล์มน้ำมันในแปลงปลูกให้ผลผลิตสูงสม่ำเสมอทุกต้น ถือเป็นการยกระดับผลผลิตต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น ตลอดจนสามารถลดต้นทุนการผลิตปาล์มน้ำมัน (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

2.2.3 การแบ่งระยะการเติบโตและการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันมีการเจริญเติบโตแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ (von Uexküll and Fairhurst, 1991; ศักดิ์ศิลป์ โชติสกุล และคณะ, 2541; เกริกชัย ธนรักษ์, 2552) ได้ ดังนี้

2.2.3.1 ระยะต้นกล้า (nursery phase)

ระยะต้นกล้าเป็นช่วงการเจริญเติบโตในถุงเพาะ โดยนับตั้งแต่การลงเมล็ดในถุงเพาะจนกระทั่งมีพร้อมที่จะสามารถนำไปปลูกในแปลงปลูกได้ ใช้เวลาประมาณ 8-14 เดือน ระยะนี้มีความต้องการธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโตในส่วนต่างๆ

2.2.3.2 ระยะปาล์มน้ำมันเล็ก (young immature phase)

ระยะปาล์มน้ำมันเล็กเริ่มนับจากนำต้นกล้าลงปลูกจนถึงปีที่ 3 ซึ่งเริ่มให้ผลผลิต ในระยะนี้ปาล์มน้ำมันจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และต้องการธาตุอาหารมาก เพื่อใช้สำหรับการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ และสนับสนุนการพัฒนาของช่อดอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปีที่ 2 เป็นต้นไป การไม่ใส่ปุ๋ยอย่างเพียงพอต่อความต้องการของปาล์มน้ำมันในระยะนี้จะมีผลกระทบต่อการเจริญและการให้ผลผลิตในระยะต่อไป ซึ่งปาล์มน้ำมันที่มีการเจริญเติบโตที่ดีตั้งแต่เริ่มแรกสามารถให้ผลผลิตได้ภายใน 2.5 ปี หลังปลูก (เกริกชัย ธนรักษ์, 2552)

2.2.3.3 ระยะปาล์มน้ำมันโตเต็มที่ (young mature phase)

ระยะปาล์มน้ำมันโตเต็มที่เริ่มนับจาก 3 ปีหลังการปลูกจนกระทั่งถึงปีที่ 10 ในระยะนี้ เป็นช่วงที่เริ่มมีการซ้อนทับและบังแสงกันเองในระหว่างใบปาล์มด้วยกัน อัตราการสังเคราะห์แสงเมื่อเทียบกับระยะปาล์มน้ำมันเล็กเพิ่มขึ้นเล็กน้อย หากมีการดูแลเป็นอย่างดีในระยะต้นกล้าและระยะปาล์มน้ำมันเล็ก ระยะนี้จะเป็นระยะที่ให้ผลผลิตสูงสุด

2.2.3.4 ระยะปาล์มน้ำมันแก่ (mature phase)

ระยะปาล์มน้ำมันแก่เป็นช่วงที่ปาล์มน้ำมันอายุมากกว่า 10 ปีขึ้นไป ในระยะนี้ทางใบของปาล์มน้ำมันจะซ้อนทับกันมากขึ้น ความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะเพิ่มอย่างรวดเร็ว เพราะมีการแก่งแย่งแสงระหว่างต้นปาล์มน้ำมันด้วยกัน ผลผลิตในระยะนี้จะคงที่หรือลดลง ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการจัดการ แต่หลังจาก 25 ปีผลผลิตที่ได้รับจะไม่คุ้มกับการลงทุน (สุรกิตติ ศรีกุล และคณะ, 2542)

2.2.4 ต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ดีได้เพียงพอกับความต้องการจึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศในราคาแพง ทำให้เกษตรกรต้องพึ่งตนเองด้วยการจัดหาต้นพันธุ์ปาล์มน้ำมันจากแปลงเพาะกล้าปาล์มน้ำมันที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการมาปลูก ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่และคุณภาพน้ำมันต่ำ (วราวุธ ชูธรรมธัช และคณะ, 2548) ดังนั้นในการปลูกปาล์มน้ำมันให้ประสบผลสำเร็จนั้น การดูแลและอนุบาลต้นกล้าจึงเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากต้นกล้าที่แข็งแรงสมบูรณ์จะมีการเจริญเติบโตที่ดี มีความต้านทานโรค และลดปัญหาชะงักเนื่องจากการย้ายลงปลูก ทำให้ต้นปาล์มน้ำมันมีการเจริญเติบโตที่ดี นำไปสู่การให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ดีในที่สุด (von Uexküll and Fairhurst, 1991) ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่มีความแข็งแรงสมบูรณ์จึงเป็นเงื่อนไขสำคัญประการหนึ่งในการทำสวนปาล์มน้ำมันให้ประสบผลสำเร็จ (Moyin-jesu and Charles, 2003)

การอนุบาลต้นกล้าที่นิยมอย่างแพร่หลายมี 2 แบบ คือ การอนุบาลต้นกล้าแบบครั้งเดียว (single stage nursery) และการอนุบาลต้นกล้าแบบ 2 ครั้ง (double stage nursery) โดยการอนุบาลแบบครั้งเดียวจะปฏิบัติดูแลต้นกล้าในถุงเพาะชำขนาดใหญ่และอนุบาลต้นกล้าต่อเนื่องโดยไม่มีการย้ายถุงปลูกจนกระทั่งต้นกล้ามีความพร้อมที่จะนำไปปลูกในแปลงขนาดใหญ่ ส่วนการอนุบาลแบบ 2 ครั้งจะแบ่งการปฏิบัติดูแลรักษาต้นกล้าปาล์มน้ำมันออกเป็น 2 ระยะ (กรมวิชาการเกษตร, 2532; von Uexküll and Fairhurst, 1991; กรมวิชาการเกษตร, 2547) คือ

2.2.4.1 ระยะอนุบาลแรก (pre-nursery)

เริ่มตั้งแต่นำเมล็ดงอกเพาะในถุงพลาสติกสีดำขนาด 6×9 นิ้ว หนา 0.06 มิลลิเมตร ในแปลงเพาะที่มีวัสดุพรางแสงได้ร้อยละ 60 จากนั้นดูแลรักษาจนต้นกล้ามีอายุ 12-14 สัปดาห์ หรือต้นกล้าสร้างใบได้ 3-5 ใบ จึงย้ายลงปลูกในถุงพลาสติกขนาดใหญ่

2.2.4.2 ระยะอนุบาลหลัก (main-nursery)

เริ่มจากการย้ายต้นกล้าจากระยะอนุบาลแรกลงปลูกในถุงขนาด 15×18 นิ้ว หนา 0.12 มิลลิเมตร ดูแลรักษาจนต้นกล้ามีอายุ 10-14 เดือน จากนั้นจึงสามารถย้ายต้นกล้าไปปลูกในแปลงปลูกจริงได้

การอนุบาลต้นกล้าแบบอนุบาล 2 ครั้งนี้ สามารถลดช่วงเวลาการตกผลในแปลงได้ถึง 15 เดือน และมีข้อดีคือ สะดวกแก่การดูแลรักษา ตรวจพบโรคและศัตรูปาล์มน้ำมันได้เร็ว

สามารถให้ปุ๋ยได้อย่างทั่วถึงทุกต้น ตรวจพบเมล็ดที่มีคุณภาพไม่ดี (batches seeds) และต้นกล้าที่ผิดปกติง่ายสามารถเปลี่ยนได้โดยไม่เสียเวลา (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

2.2.5 การเตรียมการในการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นที่มีขั้นตอนการเพาะปลูกและต้องการปัจจัยในการเติบโตต่างจากพืชอื่นๆ หลายอย่าง การเตรียมการที่เหมาะสมจะช่วยให้ได้ผลผลิตสูงและมีต้นทุนในการผลิตต่ำ ซึ่งปัจจุบันหลักการในการทำสวนปาล์มน้ำมันที่เกษตรกรจะต้องยึดถือเป็นแนวปฏิบัติ คือ การจัดการให้ได้ผลผลิตคุ้มค่าต่อการลงทุนให้เร็วที่สุด ดังนั้นการลดระยะเวลาในการเริ่มให้ผลผลิตหรือการลดระยะเวลาการตกผลของต้นปาล์มน้ำมันในแปลงปลูก เป็นแนวทางอันหนึ่งที่จะตอบสนองให้ได้ผลตอบแทนจากการปลูกปาล์มน้ำมันโดยเร็วที่สุด (สุรกิตติ ศรีกุล และคณะ, 2542) โดยที่การปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันจำเป็นต้องมีการเตรียมการในด้านต่างๆ ให้พร้อม เช่น สถานที่ เมล็ดพันธุ์ และวัสดุปลูก ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลา ลดปัญหาติดขัดระหว่างการดำเนินการ และทำให้ได้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันทันตามความต้องการใช้ การเตรียมการในด้านต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

2.2.5.1 การเตรียมการด้านสถานที่

การเติบโตในระยะแรกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะอ่อนแอต่อแสงแดดโดยเฉพาะยอดอ่อนและใบอ่อน อาจทำให้เกิดอาการยอดและใบไหม้ (sun scorch) หรือมีอาการใบเรียวแคบกว่าปกติและเจริญเติบโตช้า ดังนั้นในการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันจึงต้องสร้างโรงเรือนเพาะชำเพื่อให้ร่มเงาในระยะอนุบาลแรก โดยให้มีความสูงประมาณ 2 เมตรเพื่อให้เข้าไปทำงานได้สะดวก หลังคาต้องมุงด้วยตาข่ายซึ่งสามารถพรางแสงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 แต่ก็ไม่ควรให้ร่มเงาที่มากเกินไปเพราะจะทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันยืดตัว (etiolation) เพื่อรับแสงซึ่งเป็นต้นเหตุให้ต้นกล้าอ่อนแอ ยอดและใบหักง่าย ตลอดจนทำให้อัตราการเข้าทำลายของเชื้อราสูงขึ้น ขนาดของโรงเรือนขึ้นกับจำนวนของต้นกล้าที่จะปลูก วัสดุที่ใช้ทำโรงเรือนอาจเป็นไม้ ไม้ไผ่ หรือเหล็ก ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น โดยก่อนการสร้างต้องพิจารณาเกณฑ์คัดเลือกพื้นที่ตามลำดับความสำคัญ (สุรกิตติ ศรีกุล และคณะ, 2542) ดังนี้

ก. ควรตั้งอยู่ใกล้แหล่งน้ำและมีน้ำเพียงพอตลอดทั้งปี

ข. ควรเป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำอย่างดีหรือมีร่องระบายน้ำเพื่อไม่ให้น้ำท่วมขังและสามารถไหลลงสู่พื้นที่เก็บน้ำแล้วนำกลับมาใช้ได้อีก ตลอดจนพื้นที่ที่น้ำท่วมไม่ถึง

ค. ควรตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งปลูกปาล์มน้ำมันและมีการคมนาคมที่สะดวกเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและลดความเสียหายของต้นกล้า

ง. ควรตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีสภาพดินซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีเหมาะสำหรับนำมาเป็นวัสดุเพาะต้นกล้า

จ. สถานที่ตั้งเหมาะสม สะดวกต่อการรักษาความปลอดภัยและไม่มีการบังแสดงแดดจากต้นไม้ใหญ่

2.2.5.2 การเตรียมการด้านเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันนั้นควรเป็นเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเทเนอรา เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด ซึ่งในทางการค้า มี 3 แบบ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545 ก) คือ

ก. เมล็ดพันธุ์แห้ง (dry seed) เป็นเมล็ดที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทำลายระยะพักตัว สามารถเก็บไว้ได้นานในสภาพโรงเก็บชั่วคราวจนกว่าจะได้รับความชื้น อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

ข. เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการทำลายระยะพักตัว (pre-heat seed) เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันถ้าปล่อยให้งอกตามธรรมชาติ จะงอกยาก งอกไม่สม่ำเสมอ และต้องใช้เวลานาน ฉะนั้นในทางการค้าเพื่อให้การงอกรวดเร็วและมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง จึงต้องทำลายระยะพักตัวก่อน (กรมวิชาการเกษตร, 2532) กระบวนการทำลายระยะพักตัวสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การใช้ความร้อนและการใช้สารเคมี (กรมวิชาการเกษตร, 2547) เมื่อผ่านกระบวนการทำลายระยะพักตัวแล้วเมล็ดชนิดนี้จะสามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 2 เดือน และมีความสามารถในการงอกง่าย โดยเมื่อนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องก็จะเริ่มงอก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545 ก)

ค. เมล็ดพันธุ์ที่งอกแล้ว (germinated seed) เป็นเมล็ดที่ปรากฏรากและยอดชัดเจนแล้ว ซึ่งในการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันในปัจจุบันนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะไม่ต้องนำเมล็ดมาผ่านขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการทำให้เมล็ดงอก ซึ่งขั้นตอนต่างๆ นั้นมีความยุ่งยากและไม่สามารถควบคุมอัตราการงอกของเมล็ดได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2532) ส่วนประกอบของเมล็ดงอกปาล์มน้ำมันที่สมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 ส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนยอด (plumule) ส่วนราก (radicle) ส่วนสะสมอาหารเพื่อการเจริญเติบโตในระยะแรกของต้น (endosperm หรือ kernel) และส่วนกะลา (shell) ซึ่งส่วนยอดและรากที่จะเจริญเติบโตต่อไปจะเชื่อมติดกับส่วนสะสมอาหารในช่วง 10 สัปดาห์แรกของการพัฒนา ถ้าส่วนดังกล่าวหลุดออกจากกันจะทำให้ต้นกล้าตายได้ เมื่อได้รับเมล็ดงอกแล้วควรตรวจสอบเมล็ดคัดเมล็ดที่เสียหาย หรือผิดปกติทิ้ง โดยปกติควรนำเมล็ดงอกลงปลูกทันทีถ้ายังไม่สามารถปลูกได้จะต้องฉีดพ่นน้ำเป็นระยะเพื่อรักษาความชื้นภายในเมล็ด หลังจากนั้นปิดถุงให้สนิทและเก็บรักษาไว้ในที่ร่ม ทั้งนี้ไม่ควรเก็บรักษาเมล็ดงอกไว้นานเกินกว่า

14 วัน เพราะยอดและรากของเมล็ดมีการเจริญเติบโตและยาวมากขึ้น ทำให้ไม่สะดวกในการเพาะและอาจทำให้รากและยอดเสียหายได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

2.2.5.3 การเตรียมการด้านวัสดุปลูก

เป็นการเตรียมวัสดุสำหรับปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ประกอบไปด้วย ดิน ขุยมะพร้าว และถุงเพาะชำ ซึ่งในการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันนั้น ควรใช้ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีการระบายน้ำดี มีการถ่ายเทอากาศแก่รากดี ไม่ควรนำดินชั้นล่างมาใช้เพราะไม่มีธาตุอาหารและทำให้ต้นกล้าไม่เจริญเติบโต (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ดินที่ใช้ในการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันควรเป็นดินร่วน ถ้าเป็นดินเหนียวควรผสมกับดินทรายในอัตราส่วน 3:2 และไม่ควรผสมสารกำจัดแมลงลงไปในขณะเตรียมดินเพราะสารเคมีจะฆ่าจุลินทรีย์ในดินได้ (เรวัต เลิศฤทัยโยธิน, 2547) คุณสมบัติของดินที่เหมาะสำหรับการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติดินที่เหมาะสำหรับการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (ดัดแปลงจาก ธีระ เอกสมธราเมษฐ์ และคณะ, 2548)

คุณสมบัติดิน	ช่วงที่เหมาะสม
pH in water	>4.5
Sand content (%)	30-60
Clay content (%)	25-45
Organic carbon (%)	2-3
Total N (%)	0.15-0.20
Total P Bray I (mg/kg)	>25
Exchangeable K (mg/kg)	>78
Exchangeable Mg (mg/kg)	>48

ชูจิต มามีวัฒนะ และคณะ (2534) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันพบว่า การใช้ดินบน ซึ่งเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (ส่วนประกอบ Sand ร้อยละ 64.25 Silt ร้อยละ 4.28 Clay ร้อยละ 31.20) ผสมกับขุยมะพร้าวหรือแกลบที่อัตราส่วน 3:1 หรือ 2:1 ทำให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตดี และมีผลให้น้ำหนักถุงเบาลง หรือหากไม่คำนึงถึงน้ำหนักต่อถุงและไม่ต้องเสียเวลาในการผสมวัสดุปลูก อาจเลือกใช้ดินชั้นบนซึ่งเป็นดินทรายร่วน (ส่วนประกอบ Sand ร้อยละ 83.52 Silt ร้อยละ 6.28 Clay ร้อยละ 10.20) ซึ่งทำให้ต้นกล้ามีการเจริญ

เติบโตได้ดีมากเช่นเดียวกัน ปัจจุบันการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันนิยมใช้หน้าดินและคลุมด้วยขุยมะพร้าว

2.2.6 การปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

การปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันเป็นกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นภายหลังการเตรียมความพร้อมในด้านต่างๆ เรียบร้อยแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดจะต้องผ่านการทำลายระยะพักตัวและทำให้งอกแล้ว โดยการดำเนินการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีขั้นตอน (สุรกิตติ ศรีกุล และคณะ, 2542; กรมวิชาการเกษตร, 2547) ดังนี้

2.2.6.1 การบรรจุดินลงถุงปลูก

การบรรจุดินลงถุงปลูก ควรดำเนินการก่อนการปลูกเมล็ดเพราะใช้เวลานานและสิ้นเปลืองแรงงานโดยเฉพาะถุงปลูกขนาดใหญ่ ดินที่จะบรรจุลงถุงจะต้องไม่เปียกมากเกินไป ถ้าใช้ดินเปียกเมื่อแห้งจะจับตัวเป็นก้อนแข็ง ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า ดังนั้นควรบรรจุดินในสภาพที่แห้ง ถ้าเป็นฤดูฝนควรบรรจุดินในโรงเรือน หลังจากบรรจุดินลงถุงแล้วควรรดน้ำเพื่อให้ดินยุบตัว จากนั้นเติมดินลงไปอีกจนดินยุบคงที่หน้าดินควรอยู่ต่ำกว่าระดับปากถุงประมาณ 4-5 เซนติเมตร และเพื่อให้ปากถุงพลาสติกสามารถรับน้ำหนักได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อมีการขนย้ายถุงปลูก ควรพับปากถุงประมาณ 2 เซนติเมตร ดังนั้นดินจะอยู่ต่ำกว่าปากถุงที่พับแล้วประมาณ 2-3 เซนติเมตร

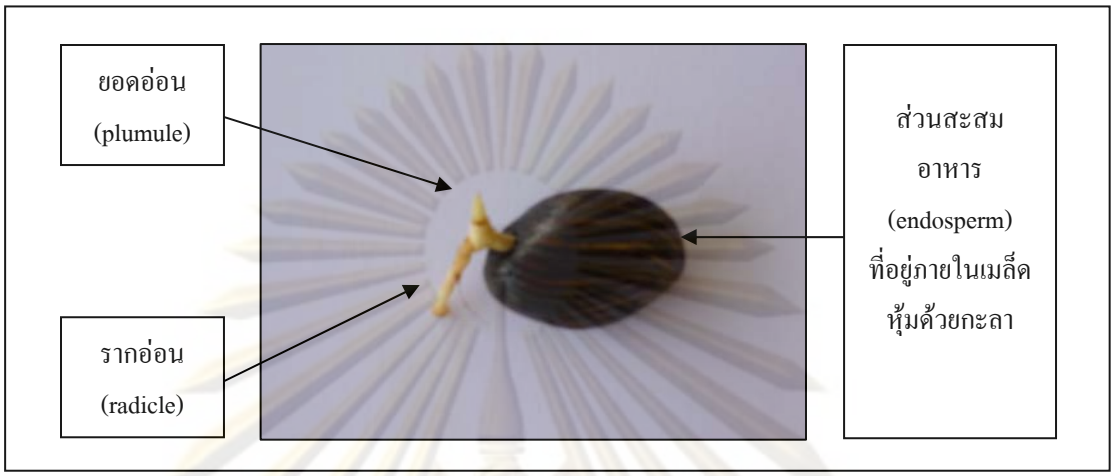
2.2.6.2 การนำเมล็ดลงปลูก

เมื่อมีการจัดวางถุงที่บรรจุดินปลูกแล้วควรรดน้ำให้ชุ่มชื้นอยู่เสมอ เพราะถ้ารดน้ำก่อนที่จะปลูกเมล็ดทันทีหลังจากบรรจุดินจะทำให้ดินแน่น ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า การปลูกนำเมล็ดงอกลงปลูกในหลุมที่ไม่ลึกกว่า 2.5 เซนติเมตร โดยให้ส่วนลำต้นที่จะงอกออกมาตั้งตรง ให้ส่วนยอดที่เป็นสีขาวขึ้นด้านบนและส่วนสีน้ำตาลที่เป็นรากลงด้านล่าง จากนั้นกลบเมล็ดด้วยดินในถุงและขุยมะพร้าวโดยให้เมล็ดอยู่ต่ำกว่าผิวดินประมาณ 1.0-1.2 เซนติเมตร หลังปลูกเสร็จควรรดน้ำให้ชุ่มทันที และตรวจสอบการกลบดินไม่ให้ยอดโผล่

2.2.6.3 ข้อควรระวังในการปลูก

เนื่องจากรากและยอดของเมล็ดงอกมีความอ่อนแอมาก ในการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะอาจทำให้ยอดและรากหักจนเป็นสาเหตุให้เมล็ดงอกตายได้ อีกทั้งส่วนรากและส่วนยอดของเมล็ดงอกมีลักษณะคล้ายกันมากจะต้องระมัดระวังไม่ให้

ปลูกสลับกัน โดยสังเกตจากส่วนยอดจะมีสีขาว ส่วนรากจะมีสีน้ำตาล การปลูกเมล็ดงอกกลับกันจะทำให้ได้ต้นกล้าที่ผิดปกติ โดยมีอาการต้นและยอดบิดเบี้ยว (twisted leaf)



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของเมล็ดงอกที่สมบูรณ์

2.2.7 การดูแลต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ภายหลังการปลูกจำเป็นต้องมีการดูแลต้นกล้าปาล์มน้ำมันเป็นอย่างดี เพื่อให้ได้ต้นกล้าที่เจริญเติบโตสมบูรณ์ อีกทั้งเป็นการลดความผิดปกติที่อาจเกิดจากปัจจัยที่จำเป็นสำหรับการเติบโต เช่น น้ำ และธาตุอาหาร ฯลฯ ไม่เพียงพอ หรือความผิดปกติที่เกิดจากปัจจัยขัดขวางการเจริญเติบโต เช่น วัชพืช แมลง และเชื้อโรค ซึ่งต้นกล้าที่แข็งแรงสมบูรณ์จะช่วยหลีกเลี่ยงการชะงักการเจริญเติบโตเมื่อย้ายต้นกล้าไปปลูกในแปลง ทำให้ต้นปาล์มน้ำมันมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องสามารถตั้งหลักในการเจริญเติบโตได้เร็วและให้ผลผลิตได้เร็ว โดยที่การจัดในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.7.1 การให้น้ำ

การให้น้ำในระยะอนุบาลแรกมีความสำคัญมาก ถ้าต้นกล้าได้รับน้ำไม่เพียงพอ จะทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโตช้าและมีอาการผิดปกติ เช่น ใบย่น และอ่อนแอต่อโรคบลาสต์ (blast) ที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* และ *Rhyzoctonia* ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในระยะอนุบาลแรกต้องการน้ำประมาณ 0.2-0.3 ลิตรต่อวัน และควรให้น้ำวันละ 2 ครั้ง คือ เช้าและเย็น ถ้ามีฝนตกมากกว่า 10 มิลลิเมตร สามารถงดการให้น้ำในวันที่ฝนตกได้ (สุรกิตติ ศรีกุล และคณะ, 2542) ปริมาณความต้องการน้ำของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในช่วงอายุต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความต้องการน้ำของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (เอกชัย พฤกษ์อำไพ, 2548)

อายุของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (เดือน)	ความต้องการน้ำ (มิลลิเมตร/วัน)
0-2	4
2-4	5
4-6	7
6-8	10

2.2.7.2 การให้ปุ๋ย

เมื่อใบแรกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันพัฒนาเต็มที่ หรือประมาณสัปดาห์ที่ 4 ภายหลังการปลูก ควรเริ่มให้ปุ๋ยกับต้นกล้าปาล์มน้ำมันและให้ปุ๋ยทุกสัปดาห์ต่อเนื่องจนกว่าจะย้ายต้นกล้าไปปลูกในระยะอนุบาลหลัก การให้ปุ๋ยให้ในรูปสารละลายหรือปุ๋ยทางใบ ซึ่งชนิดและอัตราการให้ปุ๋ยที่กรมวิชาการเกษตร (2547) แนะนำดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ชนิดและอัตราการให้ปุ๋ยในแปลงอนุบาลแรก

อายุของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (สัปดาห์)	ชนิดปุ๋ย	อัตราการให้
4 (ใบที่ 1 พัฒนาเต็มที่)	46-0-0	40 กรัม + น้ำ 25 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
5	18-46-0	75 กรัม + น้ำ 25 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
6	15-15-15/1.2 MgO	75 กรัม + น้ำ 25 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
7	18-46-0	100 กรัม + น้ำ 30 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
8	15-15-15/1.2 MgO	110 กรัม + น้ำ 30 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
9	18-46-0	150 กรัม + น้ำ 30 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
10	15-15-15/1.2 MgO	150 กรัม + น้ำ 30 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
11	15-15-15/1.2 MgO	150 กรัม + น้ำ 30 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
12	15-15-15/1.2 MgO	150 กรัม + น้ำ 30 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น

2.2.7.3 การกำจัดวัชพืช แมลง และเชื้อโรค

นอกเหนือจากเรื่องความแปรปรวนทางพันธุกรรมแล้ว ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชที่มีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมากและต้องการการดูแลรักษาอย่างดี

เพื่อที่จะให้ได้ผลผลิตสูงและยาวนาน โดยที่วัชพืช แมลง และเชื้อโรค เป็นปัจจัยที่ทำให้ปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ มีความผิดปกติ หรือทำให้ผลผลิตลดลง ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันและกำจัดอยู่เสมอ ซึ่งในการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรกนั้น ควรฉีดสารกำจัดเชื้อราและแมลงทุก 14 วัน ถ้ามีการเกิดโรคและแมลงมากอาจฉีดทุก 7 วัน นอกจากนี้ควรกำจัดวัชพืชโดยการถอนหรือใช้สารกำจัดวัชพืชโดยเฉพาะโรงเรือนขนาดใหญ่ แต่ไม่ควรใช้สารประเภท 2,4-D ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทฮอร์โมน เพราะอาจทำให้ต้นกล้าได้รับอันตรายได้ นอกจากนี้ควรพรวนดินบ่อยครั้งเพื่อไม่ให้ดินแน่นและทำให้รากได้รับอากาศอย่างทั่วถึง (เรวัต เลิศฤทัยโยธิน, 2547)

2.2.7.4 การคัดแยกต้นกล้าที่ผิดปกติ

การคัดแยกต้นกล้าที่ผิดปกติเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญมากในการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน เนื่องจากจะส่งผลกระทบในระยะยาวต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันเมื่อถูกนำไปปลูกในแปลงปลูก (ธีระ เอกสมธราเมษฐ์ และคณะ, 2548) ดังนั้นก่อนที่จะย้ายต้นกล้าจากระยะอนุบาลแรกไประยะอนุบาลหลัก ต้องคัดต้นกล้าที่มีอาการผิดปกติหรือมีลักษณะที่ไม่ดีออก ซึ่งมักปรากฏอาการ (สุรกิตติ ศรีกุล และคณะ, 2542; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545 ก,ข; กรมวิชาการเกษตร, 2547) ดังนี้ (รูปที่ 2.5)

ก. ยอดและใบบิดเบี้ยว (twisted shoot and twisted leaf) ลักษณะอาการใบขดม้วน และยอดโค้งงอ เกิดจากการปลูกเมล็ดงอกสลับระหว่างปลายยอดและปลายราก

ข. ใบม้วนย่น (crinkled leaf) ลักษณะอาการใบม้วนย่น เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ขาดน้ำ ขาดธาตุโบรอน และปัจจัยทางสรีระวิทยา

ค. ใบกึ่งกลางคอด (collante) ลักษณะอาการใบไม่คลี่ตรงกึ่งกลางใบมักเกิดกับใบลักษณะสองแฉก เกิดจากต้นกล้าขาดน้ำ

ง. ต้นแคระแกร็น (stunted leaf) ลักษณะอาการลำต้นเล็ก แคระแกร็น เจริญเติบโตช้า เกิดจากการปลูกเมล็ดลึกเกินไป

จ. ใบเรียวแคบ (narrow leaf) ลักษณะอาการใบเรียว แผ่นใบแคบ

ฉ. ใบคล้ายใบหญ้า (grass leaf) ลักษณะอาการใบคล้ายใบหญ้า

ช. ใบด่าง (chimera) ลักษณะอาการใบขาวซีด ไม่มีคลอโรฟิลล์ เกิดจากพันธุกรรมของปาล์มน้ำมัน ส่วนใหญ่จะแสดงอาการก่อน 4 เดือนหลังจากปลูก

รูปที่ 2.5 ลักษณะอาการผิดปกติของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับต้นกล้าปกติ

2.2.8 การเจริญเติบโตและพัฒนาการของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

หลังจากเมล็ดงอก ช่วงแรกของการเจริญเติบโต รากอ่อน (radicle) จะโผล่ออกมาเป็นส่วนแรก เมื่อรากยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ยอดอ่อนก็จะโผล่ตามมา ในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะอาศัยอาหารจากอาหารต้นอ่อน (endosperm) และมีการสร้างระบบรากขึ้นบริเวณฐานของลำต้นเหนือรากอ่อน ซึ่งรากอ่อนนี้เจริญอยู่ได้ประมาณ 6 เดือน จากนั้นระบบรากซึ่งเจริญเติบโตเต็มที่จะทำหน้าที่แทน ก่อนที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะสร้างใบ ต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะสร้างเปลือกหุ้มยอด 2 แผ่นขึ้น หลังจากต้นกล้างอก 1 เดือนก็จะสร้างใบจริงชุดแรก (รูปหอก) และสร้างเพิ่มประมาณเดือนละ 1 ใบ หลังจากต้นกล้าอายุ 3-4 เดือนส่วนฐานของลำต้นจะขยายออกและระบบรากถาวรจะงอกบริเวณนี้ ต่อมาใบจะใหญ่ขึ้น และใบใหม่จะเปลี่ยนรูปร่างเป็นรูป 2 แฉก (bifurcafe) และเป็นรูปขนนก (pinnate) ต่อไป (กรมวิชาการเกษตร, 2532; Ng et al., 2009)

การเจริญเติบโตและพัฒนาการของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเป็นการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน เช่น การเปลี่ยนแปลงขนาดของใบและต้น การเปลี่ยนแปลงลักษณะของใบและการสร้างใบใหม่ โดยจะเริ่มตั้งแต่ปลูกเมล็ดงอกลงถุงเพาะจนถึงระยะที่ย้ายต้นกล้าลงปลูกในแปลง ซึ่งการเจริญเติบโตและพัฒนาการนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปฏิบัติดูแลรักษาต้นกล้า เช่น การให้ปุ๋ย การให้น้ำ และการจัดการด้านอื่นๆ ให้เหมาะสมกับระยะพัฒนาการของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงทางการเจริญเติบโตและพัฒนาการของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่

สามารถสังเกตได้ชัดเจนที่สุด คือ จำนวนสร้างใบใหม่ ลักษณะของใบ และความยาวของทางใบใหม่ที่เพิ่มขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ซึ่งจากการทดลองของชูจิต มามีวัฒนะ และคณะ (2534) พบว่า การสร้างใบในระยะเริ่มต้น (เดือนที่ 1-4) หรือในระยะอนุบาลแรก ต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะสร้างใบค่อนข้างช้า และใบที่ 1-4 มีลักษณะเป็นใบรูปหอก (ตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.5 จำนวนใบสะสมและลักษณะของใบที่ต้นกล้าผลิตได้ในระยะการเจริญเติบโตช่วง 1-12 เดือน (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

อายุ (เดือน)	จำนวนใบสะสม (ใบ)	ลักษณะของใบที่ผลิตขึ้นใหม่	ความยาวของใบอ่อนที่สุดที่แผ่นใบคลี่เปิดเต็มที่ (cm)
1	1.5	ใบรูปหอก (lanceolate leaf)	-
2	2.7	ใบรูปหอก (lanceolate leaf)	-
3	3.8	ใบรูปหอก (lanceolate leaf)	18.1
4	4.8	ใบรูปสองแฉก (bifurcate leaf)	20.3
5	6.3	ใบรูปสองแฉก (bifurcate leaf)	23.0
6	7.8	ใบรูปสองแฉก (bifurcate leaf)	26.4
7	9.5	ใบรูปขนนก (pinnate leaf)	31.6
8	11.3	ใบรูปขนนก (pinnate leaf)	37.0
9	13.4	ใบรูปขนนก (pinnate leaf)	45.8
10	15.5	ใบรูปขนนก (pinnate leaf)	54.0
11	18.1	ใบรูปขนนก (pinnate leaf)	64.2
12	20.4	ใบรูปขนนก (pinnate leaf)	75.6

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ได้ระบุ

2.3 ธาตุอาหารและปาล์มน้ำมัน

พืชชั้นสูงมีความจำเป็นต้องดูดธาตุเข้าสู่ลำต้นเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต เรียกธาตุเหล่านั้นว่า “ธาตุอาหาร” ซึ่งมีอยู่ 17 ธาตุด้วยกัน คือ ไฮโดรเจน คาร์บอน ออกซิเจน ไนโตรเจน โปแตสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน คลอรีน โบรอน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โมลิบดินัม และนิกเกิล เมื่อพิจารณาจากปริมาณที่พืชต้องการใช้ อาจจำแนกตามความสำคัญออกเป็น (1) ธาตุอาหารหลัก หมายถึง ธาตุอาหารพืชที่พืชต้องการในปริมาณที่มาก ดินทั่วไปมักมีไม่เพียงพอ จึงต้องใส่เพิ่มเติมในรูปของปุ๋ย ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (2) ธาตุอาหารรอง หมายถึง ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมากแต่น้อยกว่าธาตุอาหารหลัก ดินมักไม่ขาดแคลน

บ่อยๆ ได้แก่ กำมะถัน แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยที่ทั้งธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองจัดเป็น “มหธาตุ” ซึ่งพืชต้องการในปริมาณมาก ความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มวัยมากกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (3) ธาตุอาหารเสริม หรือ “จุลธาตุ” หมายถึงธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย แต่พืชก็ขาดไม่ได้เช่นกัน ได้แก่ ธาตุคลอรีน โบรอน เหล็ก แมกกานีส สังกะสี ทองแดง โมลิบดีนัม และนิกเกิล ซึ่งมีความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มวัยน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน พืชได้จากน้ำและอากาศจึงไม่ได้รวมไว้ในกลุ่มใดๆ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2552)

2.3.1 บทบาทของธาตุอาหารต่อปาล์มน้ำมัน

การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายด้าน ปัจจัยที่มีความสำคัญอันหนึ่งได้แก่ปริมาณธาตุอาหารในดินซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช ซึ่งดินในแต่ละท้องที่มีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน การใส่ปุ๋ยจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มธาตุอาหารให้กับดินได้ ขณะที่ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีความสามารถสูงในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นน้ำหนักแห้งและน้ำมัน ซึ่งในกระบวนการจำเป็นต้องใช้ธาตุอาหารในปริมาณมาก (Tarmizi and Mohd Tayeb, 2006) ทำให้ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารในปริมาณมาก ในขณะเดียวกันก็มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายสดออกไปจากสวนทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหาร โดยมีการประมาณว่าเมื่อมีเก็บเกี่ยวผลผลิตออกไป 1,000 กิโลกรัม จะมีการสูญเสียธาตุไนโตรเจน 2.94 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 0.44 กิโลกรัม โพแทสเซียม 3.71 กิโลกรัม แมกนีเซียม 0.77 กิโลกรัม และแคลเซียม 0.81 กิโลกรัม (ชัยรัตน์ นิลนนท์ ธีระพงศ์ จันทรนิยม และประกิจ ทองคำ, 2547) อีกทั้งปาล์มน้ำมันสามารถเจริญได้ดีในพื้นที่ฝนตกชุกทำให้มีการชะล้างธาตุอาหารไปจากดิน จึงจำเป็นต้องมีการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้เพียงพอต่อการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตทางลำต้น ราก ใบ และการนำไปใช้ในการสร้างผลผลิต (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ, 2548) โดยที่ปาล์มน้ำมันต้องการธาตุอาหารที่จำเป็นเหมือนกับพืชนิดอื่นๆ ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มตามลักษณะความต้องการของปาล์มน้ำมัน (วราวุธ ชูธรรมธัช และคณะ, 2548) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ปาล์มน้ำมันต้องการใช้ในปริมาณมากหรือค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ ได้แก่ ไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และโบรอน

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ปาล์มน้ำมันได้รับจากน้ำและอากาศ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ปาล์มน้ำมันต้องการไม่มากนักและมักไม่แสดงอาการขาดธาตุอาหารในดินทั่วๆ ไป ได้แก่ แคลเซียม กำมะถัน คลอรีน ทองแดง แมงกานีส โมลิบดินัม สังกะสี และเหล็ก

2.3.2 ธาตุอาหารที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเติบโตของปาล์มน้ำมันมากที่สุด

ในการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน ธาตุอาหารที่บทบาทเกี่ยวข้องมากที่สุด คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และโบรอน (วราวุธ ชูธรรมธัช และคณะ, 2548; Tarmizi and Mohd Tayeb, 2006) โดยแต่ละธาตุมีความสำคัญ ดังนี้

2.3.2.1 ไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีน เกี่ยวข้องกับระบบหายใจและการสร้างคลอโรฟิลล์ มีผลต่อพื้นที่ใบ สีของใบ อัตราการเกิดใบใหม่ และการดูดซึมธาตุอาหาร von Uexküll และ Fairhurst (1991) รายงานว่า เมื่อดัชนีพื้นที่ใบต่ำกว่า 5 ปาล์มน้ำมันจะมีการตอบสนองต่อไนโตรเจน ดังนั้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุน้อยจะมีการตอบสนองต่อธาตุไนโตรเจนมาก ธาตุไนโตรเจนจะส่งเสริมให้พืชดูดใช้ธาตุอื่นๆ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมได้มากขึ้น โดยรูปทางเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ ไนเตรต (NO_3^-) และ แอมโมเนียม (NH_4^+) ถ้าปาล์มน้ำมันขาดไนโตรเจนจะทำให้เกิดอาการใบซีดเผือด (chlorosis) ซึ่งสภาพที่ทำให้ปาล์มน้ำมันขาดไนโตรเจน ได้แก่ ดินที่มีการระบายน้ำเลว น้ำท่วมขัง ราก หรือหน้าดินมีการชะล้างดินทรายจัด หรือดินที่มีปริมาณ อินทรียวัตถุต่ำ (อรรถ สมร่าง และคณะ, 2548)

2.3.2.2 ฟอสฟอรัส

พืชต้องการธาตุฟอสฟอรัสร้อยละ 0.3-0.5 ของน้ำหนักแห้ง เพื่อให้การเจริญเติบโตในระยะไม่อาศัยเพศเป็นไปตามปกติ รูปที่เป็นประโยชน์ คือ P_2O_5 ทำหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโต ให้เป็นปกติและเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การแบ่งเซลล์ทำให้ระบบรากเจริญเติบโตและแข็งแรง ช่วยให้พืชดูด ไนโตรเจน โพแทสเซียม และโมลิบดินัมได้ดีขึ้น เป็นต้น ถ้าหากขาดฟอสฟอรัสพืชจะขยายขนาดช้า (ยงยุทธ โอสถสภา, 2552) นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานของพืชในการเคลื่อนย้ายอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปเก็บสะสม โดยปกติไม่ค่อยพบว่าปาล์มน้ำมันขาดธาตุนี้ (อรรถ สมร่าง และคณะ, 2548)

2.3.2.3 โพแทสเซียม

โพแทสเซียมเป็นธาตุหลักที่พืชต้องการใกล้เคียงกับไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ ถ้าพืชได้รับธาตุนี้น้อยเกินไปจะทำให้การเจริญเติบโตลดลง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2552) รูปทางเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของโพแทสเซียม คือ K_2O โพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง การแบ่ง

เซลล์ มีบทบาทในการควบคุมการคายน้ำ ช่วยให้ปาล์มน้ำมันมีความต้านทานความแห้งแล้งและโรค ถ้าขาดโพแทสเซียมจะมีจุดสีส้มตามใบซึ่งมักปรากฏอาการในปาล์มโต เมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นๆ โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ปาล์มน้ำมันต้องการมากที่สุดโดยเฉพาะปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 4 ปีขึ้นไป และมักจะเป็นธาตุอาหารที่ขาดอยู่เสมอ (อรรถ สมร่าง และคณะ, 2548)

2.3.2.4 แมกนีเซียม

แมกนีเซียมเป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญในพืชสีเขียวเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ควบคุมสภาพความความเป็นกรดเป็นด่างภายในเซลล์ให้เหมาะสมอยู่เสมอ การดูดและการเคลื่อนย้ายแมกนีเซียมของพืชเป็นภาวะปฏิปักษ์กับ โพแทสเซียมไอออน(K^+) แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และแมงกานีสไอออน (Mn^{2+}) (ยงยุทธ โอสถสภา, 2552) การให้ปุ๋ยที่มีธาตุเหล่านี้มากเกินไปอาจทำให้เกิดการขาดแมกนีเซียมได้ ซึ่งการขาดแมกนีเซียมในปาล์มน้ำมันที่โตแล้วจะพบที่ใบย่อยของทางใบล่างโดยใบจะมีสีเขียวซีดและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้ม และทำให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตที่ลดลง

2.3.2.5 โบรอน

โบรอนเป็นธาตุที่เร่งการเติบโตของเนื้อเยื่ออ่อน ทำให้ท่อนำเกสรแข็งแรงและช่วยในการงอกและการเจริญของเกสร อีกทั้งเกี่ยวข้องกับการควบคุมการทำงานของฮอร์โมนพืชและปฏิกิริยาต่างๆ ของพืช (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ, 2548) โบรอนมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันมาก ถ้าขาดจะทำให้ใบมีรูปร่างผิดปกติ โดยโบรอนเกี่ยวข้องกับระบบเอนไซม์ การสร้างเมล็ด ควบคุมการใช้ประโยชน์ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม (อรรถ สมร่าง และคณะ, 2548) การขาดธาตุโบรอนพบได้มากในปาล์มโต และเป็นปัญหาใหญ่ที่พบอย่างกว้างขวางในประเทศไทย การขาดธาตุโบรอนอาจเกิดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมมากเกินไป (วราวุธ ชูธรรมธัช และคณะ, 2548)

2.3.3 แหล่งธาตุอาหารสำหรับปาล์มน้ำมัน

เพื่อให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอต่อความต้องการ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเพิ่มธาตุอาหารให้กับดินที่ใช้ปลูกปาล์มน้ำมัน โดยที่มาของธาตุอาหารอาจมาจากแหล่งต่างๆ ดังนี้

2.3.3.1 ปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมี หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากสารอนินทรีย์หรืออินทรีย์สังเคราะห์ รวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม และปุ๋ยเชิงประกอบ และหมายรวมถึงปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปุ๋ยเคมีผสมอยู่ด้วย แต่ไม่รวมถึงปูนขาว ดินมาร์ล ปูนปลาสเตอร์ หรือยิปซัม (พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550) โดยที่ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่เกษตรกรไทยรู้จักกันดี และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถยกระดับธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ดี สะดวกในการจัดการ กล่าวคือ มีน้ำหนักน้อย เคลื่อนย้ายได้สะดวก ใช้ในปริมาณน้อย แต่ปุ๋ยเคมีมีข้อเสียในด้านความไม่สมดุลของธาตุอาหาร และทำให้สมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนไป ยิ่งไปกว่านั้นปัจจุบันราคาปุ๋ยเคมีมีราคาสูงขึ้นเป็นลำดับ และมีความเสี่ยงจากปุ๋ยเคมีที่ไม่ได้มาตรฐาน (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ, 2548) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารสูงมากในการเจริญเติบโต และต้องชดเชยธาตุอาหารต่างๆ ที่สูญเสียไปกับการเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายสด จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่สูงเพื่อชดเชยปริมาณความต้องการและการสูญเสียดังกล่าว ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อสมบัติของดิน เช่น ทำให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ดินแน่นขึ้น อาจมีผลกระทบต่อจุลินทรีย์ดินบางชนิด ส่งผลให้สภาพแวดล้อมของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ชนิดปุ๋ยเคมีซึ่งเป็นแหล่งของธาตุอาหารต่างๆที่มีจำหน่ายทางการค้าดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ชนิดปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารปาล์มน้ำมัน

ธาตุอาหาร	ชนิดปุ๋ย
ไนโตรเจน (N)	แอมโมเนียมซัลเฟต (21%) และยูเรีย (46%)
ฟอสฟอรัส (P)	หินฟอสเฟต (30% P_2O_5) ซุปเปอร์ฟอสเฟต (18% P_2O_5)
	ดับเบิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (40% P_2O_5) ทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (46% P_2O_5)
โพแทสเซียม (K)	โพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K_2O) และ โปแทสเซียมซัลเฟต (48% K_2O)
แมกนีเซียม(Mg)	คีเซอร์ไรต์ (27% MgO 23% S) ซัลโฟ-แมค (18.5% MgO 22% K_2O)
โบรอน (B)	โบแรกซ์ (11.3%)

2.3.3.2 ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้หรือทำมาจากวัสดุอินทรีย์ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ หมัก บด ร่อน สกัด หรือด้วยวิธีการอื่น และวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลาย (พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550) ปุ๋ยอินทรีย์เป็นปุ๋ยที่ได้มาจากเศษซากพืช และสิ่งมีชีวิตที่มีธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบ มีหลายชนิด ได้แก่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยจาก

ผลพลอยได้ของโรงงานอุตสาหกรรม (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ถึงแม้ว่าปุ๋ยอินทรีย์จะมีธาตุอาหารน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี แต่มีประโยชน์คือ ปุ๋ยอินทรีย์สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์อย่างช้าๆ และต่อเนื่อง อินทรียวัตถุเองยังมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารที่เป็นประจุบวกไว้ได้ ซึ่งทำให้พืชสามารถนำธาตุอาหารเหล่านั้นไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพของดิน ได้แก่ ช่วยให้ดินโปร่งร่วน มีผลช่วยในการระบายน้ำและการระบายอากาศในดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ปุ๋ยอินทรีย์มีธาตุอาหารค่อนข้างต่ำ จำเป็นต้องใช้ในปริมาณมาก ดังนั้นการใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยมูลสัตว์ รวมทั้งปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆ ให้ได้ผลดีจะต้องใส่ในปริมาณที่เพียงพอและสม่ำเสมอทุกปี ปุ๋ยอินทรีย์ที่ย่อยสลายสมบูรณ์แล้วเมื่อใส่ลงในดินจะมีการสลายตัวอย่างช้าๆ ทำให้สามารถปรับปรุงบำรุงดินให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ในการปลูกปาล์มน้ำมันให้ได้ผลผลิตที่สูงควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้ดีขึ้น เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นปาล์มน้ำมัน โดยทำให้ดินร่วนซุย มีการระบายน้ำและอากาศที่ดี อุ้มน้ำดีขึ้น การเปลี่ยนแปลงความความเป็นกรดเป็นด่างน้อยลง อีกทั้งเมื่อปุ๋ยอินทรีย์สลายตัวก็สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ ที่จำเป็น ทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมออกมาให้พืชดูดดึงไปใช้ได้ (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ, 2548)

2.3.3.3 อินทรียวัตถุจากส่วนเหลือของปาล์มน้ำมัน

ส่วนเหลือของปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ทางใบ ทะลายเปล่า และขี้เถ้าทะลายเปล่าสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารของปาล์มน้ำมันได้ โดยทางใบของปาล์มน้ำมันมีธาตุอาหารสะสมประมาณร้อยละ 40 ของธาตุอาหารทั้งหมดที่ปาล์มน้ำมันดูดไปใช้ (กรมวิชาการเกษตร, 2532) ธาตุอาหารที่สะสมในทางใบของปาล์มน้ำมันมาจากดินเดิมและจากการใส่ปุ๋ยให้ปาล์มน้ำมัน ดังนั้นการใส่ทางใบปาล์มน้ำมันกลับคืนเป็นปุ๋ยให้กับต้นปาล์มน้ำมัน จึงเป็นการลดการสูญเสียธาตุอาหารโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งทางใบของปาล์มน้ำมันจะเกิดการผุสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารได้ภายใน 6-12 สัปดาห์ (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ, 2548)

ส่วนทะลายเปล่าของปาล์มน้ำมัน มีการศึกษาพบว่าใน 1 ตันของทะลายเปล่าเทียบเท่ากับธาตุอาหารในปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 17.6 กิโลกรัม หินฟอสเฟต 2.9 กิโลกรัม โพแทสเซียมคลอไรด์ 18.3 กิโลกรัม และคีเซอร์ไรต์ 4.7 กิโลกรัม (กรมวิชาการเกษตร, 2532) โดยที่ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ (2548) แนะนำว่าการคลุมทะลายเปล่าที่โคนต้นปาล์มน้ำมันสามารถเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินและเพิ่มธาตุอาหารให้กับดินได้แต่ควรจะแบ่งใส่ทีละน้อยๆ เพื่อป้องกันการเป็นที่อยู่อาศัยหรือวางไข่ของด้วง โดยใส่ในอัตราประมาณ 4.8 ตันต่อไร่ 5 ปีใส่ 1 ครั้ง ขณะที่กรมวิชาการเกษตร (2547) แนะนำว่า การใช้ทะลายเปล่าคลุมดินบริเวณรอบโคนต้นปาล์มน้ำมัน

เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ส่งผลในดินมีคุณสมบัติทางกายภาพดีขึ้น ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ดินเกาะกันเป็นเม็ดลดความหนาแน่นรวมของดิน ช่วยเพิ่มความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และเพิ่มอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน ช่วยรักษาความชุ่มชื้นและอุณหภูมิที่ผิวหน้าดิน ลดการไหลบ่าของน้ำที่ผิวดิน และลดการชะล้างพังทลายของดินนอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดินให้ดีขึ้น คือ ทำให้ความความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียม นอกจากนี้ขี้เถ้าจากการเผาทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันก็สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารได้ โดยมีรายงานว่าขี้เถ้าจากการเผาทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันมี K_2O ร้อยละ 32 P_2O_5 ร้อยละ 4 และ MgO ร้อยละ 5 (กรมวิชาการเกษตร, 2532; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545 ก) ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ (2548) แนะนำว่าสามารถใส่เถ้าทะลายปาล์มน้ำมันในอัตรา 5 กิโลกรัม/ต้น ทุกๆ 4-5 ปี เพื่อเพิ่มธาตุโพแทสเซียมให้กับปาล์มน้ำมันและช่วยปรับความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้สูงขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม ในประเทศมาเลเซียมีการศึกษาพบว่า การนำอินทรียวัตถุจากส่วนเหลือของปาล์มน้ำมัน (ทางใบและลำต้น) ในต้นโตมาใส่ให้กับปาล์มน้ำมันที่ยังเล็กสามารถที่จะลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้โดยที่ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเติบโต อีกทั้งยังเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการเผาส่วนเหลือทิ้งของปาล์มน้ำมันได้ (Khalid, Zin and Anderson, 2000)

2.3.3.4 วัสดุที่ไม่ใช้แล้วและกากตะกอนจากโรงงานที่ผ่านการบำบัดแล้ว

วัสดุอินทรีย์ (organic waste materials) ที่ไม่เป็นของเสียอันตราย และกากตะกอน (sludges) จากโรงงานที่ผ่านการบำบัดแล้วสามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับพืชได้ เช่น ขี้เลื่อย แกลบ ตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย ตะกอนจากกระบวนการผลิตน้ำประปา เป็นต้น โดยที่การนำอินทรีย์วัสดุเหลือใช้มาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชนับเป็นการจัดการวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมและจากผลผลิตทางการเกษตรที่ดีประการหนึ่ง ทั้งนี้เพราะวัสดุเหลือใช้หลายชนิดมีคุณสมบัติและองค์ประกอบที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้งในด้านการปลดปล่อยธาตุอาหารและการปรับปรุงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ซึ่งในปัจจุบันก็ได้มีการศึกษานำวัสดุเหลือใช้หลายชนิดมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารพืช ตัวอย่างเช่น Moyin-jesu and Charles (2003) พบว่า การใช้ขี้เถ้าไม้ และขี้เลื่อย เพียงอย่างเดียว หรือหมักร่วมกับมูลห่าน มูลหมู และมูลเป็ดไก่อัตราส่วน 2:1 ในอัตรา 40 กรัม/ดิน 10 กิโลกรัม (8 ตัน/เฮกตาร์) สามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารของต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้เป็นอย่างดี กล่าวคือ ทำให้ธาตุอาหารในใบ ธาตุอาหารในดิน และการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น นับเป็นการพัฒนาการเกษตรแบบยั่งยืนสำหรับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำในเขตร้อนชื้นอีกทาง หรือกรณีการศึกษาของเสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี และคณะ (2547) วลัยพร ผ่อนผัน (2547) Sathyaseelan และ George (2006)

วิภาพรรณ อุบล (2550) สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ (2551) และ อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และคณะ (2552) ที่มีการนำเอากากขี้แป้งซึ่งเป็นตะกอนจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นของโรงงานน้ำยางข้นมาเป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชและพบว่าสามารถใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารได้เป็นอย่างดี ทั้งการใช้กากขี้แป้งเพียงอย่างเดียวและการใช้ร่วมกับกากตะกอนชนิดอื่น เป็นต้น

2.4 ประโยชน์จากการใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหาร

ในประเทศไทยมีการจัดการของเสียที่มีลักษณะเป็นของแข็งโดยการเทลงในพื้นที่ว่าง หรือฝังกลบอย่างไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล (Schouw et al., 2002) กากขี้แป้งก็เช่นเดียวกัน ที่ผ่านมามีการจัดการโดยการกองทิ้ง เผาทิ้ง หรือฝังกลบ การจัดการดังกล่าวนอกจากจะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ใดๆ แล้วยังมีโอกาสที่จะเป็นต้นเหตุมลพิษสิ่งแวดล้อมได้ อย่างไรก็ตามการนำเอากากขี้แป้งมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

2.4.1 ลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

จากการที่ปัจจุบันโรงงานน้ำยางข้นจัดการกากขี้แป้งโดยการ กองทิ้ง เผาทิ้ง ถมที่หรือฝังกลบ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) การจัดการในลักษณะดังกล่าวมีโอกาสก่อให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ เนื่องจากกากขี้แป้งสดมีความชื้นสูง (ร้อยละ 54-71) เมื่อเก็บไว้นานๆ โดยไม่ทำให้แห้งกากขี้แป้งจะเกิดการบูดเน่าและมีกลิ่นเหม็น (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2551) เป็นสาเหตุของสภาพที่ไม่ถูกสุขลักษณะ สามารถเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์พวกหนูและแมลงซึ่งอาจเป็นพาหะนำโรคเข้าสู่ที่อยู่อาศัยของมนุษย์ อีกทั้งธาตุอาหารและสารประกอบในกากขี้แป้งก็มีความเสี่ยงที่จะถูกชะล้างและปนเปื้อนสู่ดิน อากาศ และน้ำ (Schouw et al., 2002)

การนำกากขี้แป้งมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการจัดการที่น่าจะสามารถช่วยลดต้นเหตุหรือป้องกันมลพิษทางสิ่งแวดล้อมได้ โดยธาตุอาหารต่างๆ ที่จะสูญเสียไปจากการกองทิ้ง เผาทิ้ง หรือฝังกลบจะถูกนำไปใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารเพื่อการเติบโตของปาล์มน้ำมัน ความเสี่ยงจากการสะสมของปริมาณสังกะสีในดินของพื้นที่ที่ใช้กองหรือใช้ถมกากขี้แป้งก็จะลดน้อยลงด้วยเนื่องจากมีการกระจายปริมาณ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำกากขี้แป้งไปใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารก่อนนำไปใช้จำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้อย่างเหมาะสมนอกจากนี้เมื่อมีการนำเอากากขี้แป้งซึ่งเป็นของเสียไปใช้เป็นแหล่งธาตุอาหาร ยังสามารถช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีที่เป็นต้นเหตุหนึ่งของปัญหาสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็น การสูญเสียความสมดุลของระบบนิเวศ การเสื่อมโทรมของดิน การชะล้างสู่แหล่งน้ำ การปลดปล่อย NO_x ที่ทำให้บรรยากาศชั้นสตาร์โตสเฟียร์มีรูรั่ว เป็นต้น (Lundin, et al., 2004)

2.4.2 ประโยชน์ด้านการเกษตร

ปัจจุบันการนำกากตะกอนหรือของเหลือทิ้งจากการเกษตรมาใช้เพื่อการปลูกพืชได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากการหมุนเวียนเอาธาตุอาหารกลับมาใช้เป็นวิธีการที่ยอมกันว่าก่อให้เกิดความยั่งยืน เพราะช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน และไม่ต้องใช้เทคโนโลยีที่ก้าวหน้าและมีราคาแพง (Lundin et al., 2004) กากขี้แป้งมีองค์ประกอบเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืช ทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม เป็นต้น จึงเป็นไปได้ที่จะสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหาร โดยที่ผ่านมามีการศึกษาถึงการนำเอากากขี้แป้งมาใช้กับพืชชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น หญ้าสนาม (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษีและคณะ, 2547; สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2551, วิภาวรรณ อุบล, 2550) ผักกาดหอม มะเขือเทศ ข้าว (วลัยพร ผ่อนผัน, 2547) พริก (Sathyaseelan and George, 2006) และยางชำถุง (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และคณะ, 2552) ผลการศึกษาพบว่าการใช้กากขี้แป้งเพียงอย่างเดียว หรือการใช้กากขี้แป้งร่วมกับกากตะกอนอื่นให้ผลต่อการเติบโตของพืชใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีทางการค้า

การใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ก่อให้เกิดผลด้านบวกในการเกษตรเช่นเดียวกันกับการนำเอาของเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่นๆ มาใช้ โดยสามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน เพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ขณะเดียวกันก็สามารถช่วยลดต้นทุนจากค่าปุ๋ยเคมีถือเป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรและช่วยเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน (Sharifuddin and Zaharah, 2009)

2.4.3 ประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ

เนื่องจากกากขี้แป้งเป็นผลพลอยได้ (by-product) ที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ปัจจุบันโรงงานต่างๆ กำจัดทิ้งโดยที่ยังไม่ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น (วิภาวรรณ อุบล, 2550; สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2551) ซึ่งในการกำจัดกากขี้แป้งไม่ว่าจะเป็นการกองทิ้ง เผาทิ้ง หรือถมที่ล้วนแล้วแต่มีค่าใช้จ่ายในการจัดการทั้งในด้านค่าแรง ค่าขนส่ง ค่าที่ดิน เป็นต้น โดยที่ปัจจุบันมูลค่าของที่ดินมีราคาแพง อีกทั้งการเผาทิ้งต้องใช้พลังงานสูงเนื่องจากกากขี้แป้งมีความชื้นสูง ดังนั้นเมื่อพิจารณาในด้านการกำจัดของเสีย การนำกากขี้แป้งมาใช้ประโยชน์ในการทำเป็นวัสดุบำรุงดินทำให้เป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการกำจัด และเป็นการเพิ่มมูลค่าของเสียให้มีประโยชน์ขึ้นมาใหม่ (วลัยพร ผ่อนผัน, 2547) ทั้งนี้ Schouw และคณะ (2002) ได้รายงานว่าการหมุนเวียนนำของเสียมาใช้ประโยชน์ในทางเกษตรกรรม สามารถที่จะลดการนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศได้ โดยเฉพาะถ้านำของเสียจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรมยางพารามาใช้ โดยที่ตลาดการค้าสารเคมีเกษตรของไทยปัจจุบันมีมูลค่าเกือบ 8 หมื่นล้านบาทต่อปี โดยในปี พ.ศ. 2551

ประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีคิดเป็นมูลค่า 78,944 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551 ค) หากสามารถนำเอากากขี้แป้งที่มีปริมาณมากมาใช้ภายในประเทศเป็นไปได้ที่จะสามารถช่วยลดการนำเข้าปุ๋ยเคมีมูลค่ามหาศาลนี้ได้ ซึ่งที่ผ่านมามีการศึกษาพบว่าการนำกากขี้แป้งมาใช้ในทางการเกษตรมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นในราคาที่ถูกกว่าปุ๋ยเคมีในสูตรที่เกษตรกรนิยมใช้ในการปลูกพืช (วลัยพร ผ่อนผัน, 2547; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และคณะ, 2552)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

การศึกษาการใช้ประโยชน์กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารเพื่อการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรกในครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิจัยแบบทดลอง (experimental research) พื้นที่ทดลองตั้งอยู่ในบริเวณสวนปาล์มน้ำมันของบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็คซ จำกัด ตำบลวัดประดู่ อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตัวอย่างทดลองนำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการสำนักพัฒนาที่ดินเขต 11 อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ห้องปฏิบัติการบริษัทเอ็นไวแล็บแอนด์คอนซัลแทนท์ จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี และที่ห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร รายละเอียดวิธีการศึกษา มีดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย

3.1.1 การรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการรวบรวมข้อมูลทางวิชาการและงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับกากขี้แป้งและปาล์มน้ำมันในหัวข้อ การเกิดกากขี้แป้งในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น อัตราการเกิดกากขี้แป้ง องค์ประกอบทางเคมีของกากขี้แป้ง การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งในทางการเกษตร ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตของต้นปาล์มน้ำมัน การแบ่งช่วงการเติบโตของต้นปาล์มน้ำมัน การเตรียมการในการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันทั้งด้านสถานที่ เมล็ดพันธุ์ และวัสดุที่เกี่ยวข้อง การปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน การเจริญเติบโตและพัฒนาการของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน แหล่งธาตุอาหารสำหรับปาล์มน้ำมัน และประโยชน์จากการใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม ด้านการเกษตร และด้านเศรษฐกิจ

3.1.2 การสำรวจภาคสนามและกำหนดพื้นที่วิจัย

สำรวจภาคสนามที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีซึ่งปลูกปาล์มน้ำมันเป็นอันดับ 2 ของประเทศและมีโรงงานน้ำยางข้นเป็นอันดับ 1 ของประเทศ และกำหนดพื้นที่วิจัย คือ สวนปาล์มน้ำมันของบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็คซ จำกัด ตำบลวัดประดู่ อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยพิจารณาจากสภาพภูมิอากาศและสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน

3.2 การออกแบบการทดลอง

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ วางแผนการวิจัยแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) ทำ 3 ซ้ำ มี 7 ตำรับทดลอง (ตารางที่ 1) ประกอบด้วย การศึกษาปริมาณธาตุอาหารในดินที่มีการเติมกากขี้แป้ง (ข้อ 3.3.2) จำนวน 21 หน่วยทดลอง และการศึกษาผลการเติมกากขี้แป้งต่อการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (ข้อ 3.3.3) จำนวน 21 หน่วยทดลอง หนึ่งหน่วยทดลองคือถุงเพาะชำขนาด 6 × 9 นิ้ว บรรจุดิน 4 กิโลกรัมและเติมสิ่งทดลองตามตำรับทดลอง

ตารางที่ 3.1 ตำรับทดลองเพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหารในดินที่มีการเติมกากขี้แป้งและผลการเติมกากขี้แป้งต่อการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ตำรับ	รายละเอียด
1	ดินเดิม (control)
2	ดินเดิม+ปุ๋ยเคมี (ตามความต้องการของต้นกล้าในแต่ละสัปดาห์*)
3	ดินเดิม+กากขี้แป้ง อัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน
4	ดินเดิม+กากขี้แป้ง อัตรา 30 กรัม/กิโลกรัมดิน
5	ดินเดิม+กากขี้แป้ง อัตรา 50 กรัม/กิโลกรัมดิน
6	ดินเดิม+กากขี้แป้ง อัตรา 70 กรัม/กิโลกรัมดิน
7	ดินเดิม+กากขี้แป้ง อัตรา 90 กรัม/กิโลกรัมดิน

หมายเหตุ * ความต้องการปุ๋ยเคมีของต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรก (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

สัปดาห์ที่ 1-3	ไม่ใช้ปุ๋ย	
สัปดาห์ที่ 4	ใช้ปุ๋ย 46-0-0	จำนวน 40 กรัม + น้ำ 25 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
สัปดาห์ที่ 5	ใช้ปุ๋ย 18-46-0	จำนวน 75 กรัม + น้ำ 25 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
สัปดาห์ที่ 6	ใช้ปุ๋ย 15-15-15/1.2 MgO	จำนวน 75 กรัม + น้ำ 25 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
สัปดาห์ที่ 7	ใช้ปุ๋ย 18-46-0	จำนวน 100 กรัม + น้ำ 30 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
สัปดาห์ที่ 8	ใช้ปุ๋ย 15-15-15/1.2 MgO	จำนวน 110 กรัม + น้ำ 30 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
สัปดาห์ที่ 9	ใช้ปุ๋ย 18-46-0	จำนวน 150 กรัม + น้ำ 30 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น
สัปดาห์ที่ 10-12	ใช้ปุ๋ย 15-15-15/1.2 MgO	จำนวน 150 กรัม + น้ำ 30 ลิตร ใช้รดต้นกล้า 500 ต้น

3.3 การดำเนินการทดลอง

3.3.1 การเตรียมการทดลอง

การเตรียมการในด้านต่างๆ ก่อนการวิจัย มีดังนี้

3.3.1.1 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง

ดำเนินการจัดหาวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ดังนี้

ก. วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในภาคสนาม ได้แก่

1) อุปกรณ์ใส่ตัวอย่าง ได้แก่ ถุงเพาะชำขนาด 6 × 9 นิ้ว หนา 500 เกต ถังน้ำ ถุงดำ ถุงพลาสติกใสขนาด 16 × 24 นิ้ว

2) เครื่องมือวัด ได้แก่ ไม้บรรทัด เวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ ตลับเมตร เครื่องวัดอุณหภูมิดิน (soil thermometer) เครื่องวัดความชื้นดิน (soil moisture meter) เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่างดิน (soil pH meter รุ่น Takemura DM-15)

3) เครื่องมือสำหรับชั่ง ตวง ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก เหยือกตวงขนาด 0.5 1 และ 2 ลิตร เหยือกวัดปริมาณน้ำฝน

4) ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ปุ๋ยคีเซอร์ไรต์

5) เครื่องมือสำหรับเตรียมดินและกากขี้แป้ง ได้แก่ ตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร ตะแกรงร่อนขนาด 0.5 มิลลิเมตร พลั่วมือ จอบ เสียม ครกกระเบื้องเคลือบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว

6) วัสดุและอุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ ยางรัด ขุยมะพร้าว รถเข็น ผ้าใบพลาสติกกระดาษเช็ดมือ บัวรดน้ำ

ข. วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

1) อุปกรณ์ใส่ตัวอย่าง ได้แก่ ถุงพลาสติก ขวดแก้ว ขวดพลาสติก

2) เครื่องแก้ว ได้แก่ บีกเกอร์ (beaker) ขวดรูปชมพู่ (erlenmayer flask) ขวดปรับปริมาตร (volumatic flask) ปิเปต (pipet) บิวเรต (buret) กระบอกตวง (cylinder) แท่งแก้ว กรวยแก้ว กระจกนาฬิกา

3) เครื่องมือสำหรับการเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่าง ได้แก่ เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด (analytical balance) เครื่องเขย่า (mechanical shaker) เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) เครื่องกลั่นไนโตรเจน (distilatillion unit) เครื่องย่อยตัวอย่าง (digester apparatus) เตาแผ่นความร้อน (hot plate) เตาอบ (oven) เตาเผา (muffle furnace) โถดูดความชื้น (dessicator)

4) สารเคมี ได้แก่ sulfuric acid (H_2SO_4), ammonium acetate (NH_4OAc), sodium chloride (NaCl), hydrochloric acid (HCl), ethyl alcohol (C_2H_2O), bromocresol green ($C_{21}H_{14}Br_4O_5S$), methyl red ($C_{15}H_{15}N_3O_2$), boric acid (HBO_3), potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$), heavy MgO, asbestos, barium diphenylamine sulfonate indicator (BDS), phosphoric acid (H_3PO_4), ferrous ammonium sulfate heptahidrate ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.7H_2O$, Devarda's alloy (CAS # 8049-11-4), sodium fluoride (NaF), potassium chloride (KCl), perchloric acid ($HClO_4$), nitric acid (HNO_3), triethanolamine (TEA), ammonium fluoride (NH_4F), ammonium molybdate [$(NH_4)_6Mo_7O_{24}4H_2O$], calcium chloride ($CaCl_2$), ammonium metavanadate (NH_4VO_3), ascorbic acid ($C_6H_8O_6$), calcium chloride dihydrate ($CaCl_22H_2O$),Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4), magnesium sulfate heptahydrate ($MgSO_4.7H_2O$), diethylenetriaminepenta-acetic acid (DTPA), calcium carbonate ($CaCO_3$), potassium antimony tartrate ($KSbO^-C_4H_4O_6$) และโลหะสังกะสีบริสุทธิ์

5) วัสดุและอุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ กระดาษกรองหมายเลข 42 กระดาษชำระ พาราฟิล์ม ตะกร้าพลาสติก

3.3.1.2 การเตรียมโรงเรือนทดลอง

ดำเนินการก่อสร้างโรงเรือนสำหรับเพาะกล้าปาล์มน้ำมันซึ่งมีขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 10 เมตร สูง 2 เมตร มุงด้วยตาข่ายพรางแสงซึ่งสามารถลดความเข้มแสงได้ 60 เปอร์เซ็นต์ ปรับพื้นโรงเรือนให้เรียบสม่ำเสมอและปูพื้นโรงเรือนด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันและควบคุมวัชพืชและแมลงศัตรูพืช

3.3.1.3 การเตรียมดิน

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นหน้าดินจากพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน โดยเก็บดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม (air dry) ระมัดระวังไม่ให้ดินปนเปื้อน เมื่อดินแห้งทุบและร่อนดินผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บดินที่ผ่านการร่อนไว้ในถุงพลาสติกที่สะอาดสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ (ตารางที่ 3.2) และทดลองต่อไป

3.3.1.4 การเตรียมกากขี้แป้ง

นำกากขี้แป้งที่ผ่านกระบวนการแยกยางออกแล้วมาตากแดดให้แห้ง โดยในการตากต้องระมัดระวังไม่ให้มีการปนเปื้อน เมื่อกากขี้แป้งแห้งนำมาทุบและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บกากขี้แป้งที่ผ่านการร่อนไว้ในถุงพลาสติกที่สะอาดสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ (ตารางที่ 3.2) และทดลองต่อไป

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ทางเคมีของกากขี้แป้ง และดิน

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	กากขี้แป้ง	ดิน
pH	pH meter	+	+
EC	Conductivity metor	+	+
อินทรีย์คาร์บอน	Walkley and Black Method	+	+
C.E.C.	Titrimetric method (AOAC)	-	+
ไนโตรเจน (N)	Macro-Kjeldahl Method (ปริมาณทั้งหมด)	+	+
ฟอสฟอรัส (P)	Bray II (ปริมาณที่เป็นประโยชน์)	+	+
โพแทสเซียม (K)	1 N NH_4 OAc pH 7.0 (ปริมาณที่แลกเปลี่ยนได้)	+	+
แมกนีเซียม (Mg)	1 N NH_4 OAc pH 7.0	+	+
แคลเซียม (Ca)	1 N NH_4 OAc pH 7.0	+	+
สังกะสี (Zn)	HNO_3: $HCIO_4$:H_2SO_4 (5:1:2)	+	+
C/N	Walkley and Black Method/Macro-Kjeldahl Method	+	+

หมายเหตุ: + หมายถึง ทำการวิเคราะห์ - หมายถึง ไม่ทำการวิเคราะห์

3.3.1.5 การเตรียมเมล็ดพันธุ์สำหรับปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ลูกผสมเทเนอรา (Tenera) ที่ผ่านกรรมวิธีทำลายระยะพักตัวแล้ว (เมล็ดงอก) โดยพิจารณาองค์ประกอบแต่ละส่วนคือ ส่วนยอด (plumule) ส่วนราก (radicle) ส่วนสะสมอาหารเพื่อการเจริญเติบโตระยะแรกของลำต้น (endosperm หรือ kernel) และส่วนกะลา (shell) จะต้องไม่หลุดออกจากกัน (กรมวิชาการเกษตร, 2547) เก็บเมล็ดงอกที่พร้อมสำหรับการปลูกไว้ในที่ร่ม ฉีดพรมน้ำเพื่อรักษาความชื้นภายในเมล็ด และปิดถุงใส่เมล็ดให้สนิท

3.3.2 การศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชของดินที่มีการเติมกากขี้แป้ง

3.3.2.1 การเตรียมหน่วยทดลอง

นำดินที่เตรียมไว้ในข้อ 3.3.1.3 (จำนวน 4 กิโลกรัม/ถุง) และกากขี้แป้งที่เตรียมไว้ในข้อ 3.3.1.4 มาผสมคลุกเคล้ากันตามตำรับทดลอง (ตารางที่ 3.1) แล้วบรรจุลงในถุงเพาะชำขนาด 6 × 9 นิ้ว ทั้งนี้อัตราเติมกากขี้แป้งประเมินจากความต้องการธาตุอาหารของต้นกล้าปาล์มน้ำมันตลอดระยะอนุบาลแรก (3 เดือน)

3.3.2.2 การดูแลหน่วยทดลอง

รดน้ำทุกวันให้แต่ละหน่วยทดลองมีความชื้น ณ ระดับความจุความชื้นสนาม วันละครั้งในตอนเช้า โดยใช้เครื่องวัดความชื้นช่วยในการวัดระดับความชื้น ติดตามวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในถุงเพาะชำ ทุก 2 สัปดาห์ เมื่อครบ 12 สัปดาห์ (3 เดือน) สุ่มเก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังตารางที่ 3.2

3.3.3 การศึกษาผลการเติมกากขี้แป้งต่อการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

3.3.3.1 การเตรียมดินและกากขี้แป้งสำหรับเพาะกล้าปาล์มน้ำมัน

นำดินที่เตรียมไว้ในข้อ 3.3.1.3 (จำนวน 4 กิโลกรัม/ถุง) และกากขี้แป้งที่เตรียมไว้ในข้อ 3.3.1.4 มาผสมคลุกเคล้ากันตามตำรับทดลอง (ตารางที่ 3.1) บรรจุดินและกระแทกถุงที่บรรจุดินแล้วกับพื้นเบาๆ เพื่อให้ดินอัดตัวแน่น จัดวางถุงที่บรรจุดินให้เรียบร้อย หลังจากนั้นรดน้ำให้แต่ละถุงมีความชื้น ณ ระดับความจุความชื้นสนาม

3.3.3.2 การปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ดำเนินการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันในถุงเพาะที่ทำหลุมลึก 2.5 เซนติเมตร ขณะที่นำเมล็ดลงหลุมต้องระมัดระวังไม่ให้ยอดและรากหัก และต้องไม่ให้สลับกันระหว่างยอดและรากซึ่งมีลักษณะคล้ายกันมาก โดยสังเกตปลายยอดจะมีสีขาว ปลายรากจะมีสีน้ำตาล หลังจากนั้นกลบหลุมด้วยดินในถุงและขุยมะพร้าว โดยให้เมล็ดอยู่ต่ำกว่าระดับผิวดินประมาณ 1.0-1.2 เซนติเมตร เมื่อปลูกเสร็จรดน้ำอีกครั้ง และตรวจสอบไม่ให้ปลายยอดโผล่

3.3.3.3 การดูแลต้นกล้าปาล์มน้ำมันระหว่างการทดลอง

ภายหลังการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ดูแลโดยการรดน้ำวันละ 1 ครั้ง ให้ดินในหน่วยทดลองมีความชื้น ณ ระดับความจุความชื้นสนาม ถ้ามีฝนตกทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความจุความชื้นสนาม ถ้าปริมาณน้ำฝนเท่าหรือมากกว่าความจุความชื้นสนามจะงดให้น้ำ ถ้าปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า รดน้ำในปริมาณส่วนที่ขาด ทั้งนี้สังเกตความชื้นของดินในหน่วยทดลอง (ข้อ 3.3.2) ร่วมด้วย

3.3.3.4 การบันทึกข้อมูลการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ภายหลังการปลูกเมล็ดงอกในถุงเพาะชำ ครบ 3 เดือน บันทึกการเติบโตของต้นปาล์มน้ำมันโดยนับจำนวนใบจากใบที่คลี่แล้ว วัดขนาดความกว้างใบจากขอบใบ (margin)

ด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งในบริเวณที่กว้างที่สุดของแผ่นใบ (blade) วัดขนาดความยาวแผ่นใบจากบริเวณฐานใบ (base) ไปยังปลายใบ (apex) โดยใช้ตลับเมตร วัดขนาดลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (ดำเนินการวัด 2 ครั้งในตำแหน่งที่ตั้งฉากกันแล้วหาค่าเฉลี่ย) และวัดความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันโดยใช้ไม่บรรทัดวัดในแนวตั้งฉากจากผิวดินในถุงเพาะชำถึงปลายใบที่สูงที่สุด รวมทั้งสังเกตความผิดปกติของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่มักเกิดขึ้นตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร (2547) (รูปที่ 2.5) ร่วมด้วย

3.3.3.5 การวิเคราะห์ทางเคมี

ติดตามวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในถุงเพาะชำ ทุก 2 สัปดาห์ โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่างดิน เมื่อครบ 12 สัปดาห์ สุ่มเก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังตารางที่ 3.2

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) หากพบว่ามีพารามิเตอร์ใดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan 's New Multiple Range Test (DMRT)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาการใช้ประโยชน์กากขี้แป้งเพื่อการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรก โดยทำการศึกษาสมบัติทางเคมีของกากขี้แป้ง นำไปคลุกเคล้าดินในตำหรับต่างๆ จำนวน 42 ตำรับทดลอง แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การศึกษาปริมาณธาตุอาหารของดินที่มีการเติมกากขี้แป้งและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเมื่อใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหาร โดยใช้เมล็ดงอกปาล์มน้ำมันสายพันธุ์เทเนอรา ดำเนินการทดลองเป็นระยะเวลา 3 เดือน ผลการทดลองมีดังนี้

4.1 สมบัติทางเคมีของกากขี้แป้ง

สมบัติทางเคมีของกากขี้แป้ง (ตารางที่ 4.1) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการเป็นแหล่งธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืชที่มีอยู่ในกากขี้แป้ง สำหรับกำหนดตำหรับทดลองและนำกากขี้แป้งไปใช้ประโยชน์ โดยพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาได้แก่ ความเป็นกรดด่าง ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรียวัตถุ สัดส่วนร้อยละของคาร์บอนต่อไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และปริมาณสังกะสีทั้งหมด

จากการทดลอง พบว่า กากขี้แป้งมีสมบัติค่อนข้างเป็นกรดโดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 6.46 ปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 2.2 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนร้อยละ 1.28 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่อยู่ในกากขี้แป้งมากที่สุดคือ ฟอสฟอรัส (ในรูป P_2O_5) ปริมาณ 100,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หรือร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก รองลงมาคือ ไนโตรเจน (ปริมาณทั้งหมด) ร้อยละ 4.3 โดยน้ำหนัก และโพแทสเซียม (ในรูป K_2O) ปริมาณ 7,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หรือร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ส่วนปริมาณธาตุอาหารรอง พบว่ามีแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 89,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หรือร้อยละ 8.9 โดยน้ำหนัก ส่วนปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่า มีค่าน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ขณะที่ปริมาณโลหะหนักซึ่งเป็นธาตุอาหารเสริมและเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตน้ำยางข้น คือ สังกะสี พบว่า มีปริมาณ 113.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หรือร้อยละ 0.01 โดยน้ำหนัก

เมื่อพิจารณาสมบัติของกากขี้แป้ง จะเห็นได้ว่า มีความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วงที่เอื้อต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชซึ่งมีค่าระหว่าง 6-7 ความเป็นกรดเป็นด่างของกากขี้แป้งจึงไม่น่าจะเป็นอุปสรรคต่อการนำไปใช้เป็นแหล่งธาตุอาหาร อีกทั้งกากขี้แป้งมีค่าสัดส่วนร้อยละของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่น้อยกว่า 10:1 การเติมกากขี้แป้งลง

ในดินจึงไม่น่าจะส่งผลต่อการย่อยสลาย เนื่องจากวัตถุอินทรีย์โดยทั่วไปจะสามารถย่อยสลายได้ดีเมื่อค่าสัดส่วนร้อยละของคาร์บอนต่อไนโตรเจน 10:1 หรือน้อยกว่านี้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548) ขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุในกากขี้แป้งมีปริมาณไม่ถึงร้อยละ 30 โดยน้ำหนักตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 (ประกาศกรมวิชาการเกษตร, 2548) แสดงให้เห็นว่ากากขี้แป้งที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุที่ไม่เทียบเท่าปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้นการนำกากขี้แป้งไปใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารอาจจำเป็นต้องมีการเพิ่มอินทรียวัตถุเพื่อช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างของดินให้มีสภาพที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช

ในด้านธาตุอาหาร กากขี้แป้งที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงกว่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 ที่กำหนดเกณฑ์ไว้ว่าจะต้องมีไนโตรเจน (total N) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก ฟอสฟอรัส (total P_2O_5) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก และโพแทสเซียม (total K_2O) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก แสดงให้เห็นว่ากากขี้แป้งที่ใช้ในการทดลองมีโอกาสที่จะเป็นแหล่งธาตุอาหารหลักสำหรับพืชได้ดีกว่าปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหารรองในกากขี้แป้งจะเห็นได้ว่ามีปริมาณแมกนีเซียมสูงใกล้เคียงกับปริมาณฟอสฟอรัส กากขี้แป้งที่ใช้จึงมีโอกาสที่จะเป็นแหล่งธาตุแมกนีเซียมได้ดีเช่นเดียวกัน ขณะที่แคลเซียมในกากขี้แป้งมีปริมาณน้อย (น้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) การเป็นแหล่งธาตุอาหารของกากขี้แป้งจึงมีโอกาสที่จะให้แคลเซียมในปริมาณน้อยตามไปด้วย ส่วนปริมาณสังกะสีในกากขี้แป้งนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโลหะหนักสูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ในกากตะกอนที่จะใช้เพื่อการเกษตร (ตารางภาคผนวกที่ ผ-ง(1)) พบว่ามีปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของประเทศต่างๆ ซึ่งกำหนดไว้ในช่วง 1,000-10,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าสามารถนำกากขี้แป้งมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารได้โดยไม่ต้องกังวลเรื่องปริมาณสังกะสีในแง่การเป็นโลหะหนัก

อาจกล่าวได้ว่ากากขี้แป้งจากบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็กซ์ จำกัดที่ใช้ในการทดลองมีศักยภาพที่จะเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับต้นกล้าปาล์มน้ำมัน เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารที่สูงและไม่มีความกังวลจากปริมาณสังกะสี สอดคล้องกับการศึกษาของ อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และคณะ (2552) และวลัยพร ผ่อนผัน (2547)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีของกากขี้แป้งจากบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็กซ์ จำกัด

สมบัติทางเคมี	กากขี้แป้ง
ความเป็นกรดเป็นด่าง (1:1)	6.46
อินทรีย์คาร์บอน (%)	1.28
อินทรียวัตถุ (%)	2.2
สัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน (C: N ratio)	0.47
ธาตุอาหารหลัก	
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	4.3
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	100,000
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	7,000
ธาตุอาหารรอง	
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	89,000
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	<0.1
ธาตุอาหารเสริม	
สังกะสีทั้งหมด (mg/kg)	113.1

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของกากขี้แป้งจากการทดลองกับสมบัติทางเคมีของกากขี้แป้งที่มีรายงานก่อนหน้านี้ (ตารางที่ ผ-ง (1)) จะเห็นได้ว่ากากขี้แป้งมีความเป็นกรดเป็นด่างน้อยกว่าการศึกษาของวลัยพร ผ่อนผัน (2547) เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษีและคณะ (2547) Niyomdecha และคณะ (2008) สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ (2551) และ อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และคณะ (2552) แต่มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Sathyaseelan และ George (2006) เมื่อพิจารณาปริมาณอินทรียวัตถุจะเห็นได้ว่า กากขี้แป้งที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณที่น้อยกว่าทุกรายงาน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการแยกยางออกจากกากขี้แป้งที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นต้นเหตุให้ความเป็นกรดเป็นด่างและอินทรียวัตถุในกากขี้แป้งลดลง ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนมีค่าสูงกว่าทุกรายงาน ปริมาณโพแทสเซียมใกล้เคียงกับการศึกษาของวิภาพรรณ อุบล (2550) และ Niyomdecha และคณะ (2008) ปริมาณแมกนีเซียมอยู่ในช่วงที่สอดคล้องกับการศึกษาของ Niyomdecha และคณะ (2008) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และสังกะสี น้อยกว่าทุกรายงานการศึกษาที่ผ่านมา ซึ่งปริมาณธาตุอาหารทั้งไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีในกากขี้แป้งที่ใช้ในการทดลองแตกต่างจากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาเนื่องมาจากความไม่คงที่ของสมบัติกากขี้แป้งที่เป็นผลมาจากกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงานที่ใช้สารเคมีในการรักษาสภาพน้ำยางแตกต่างกัน ฤดูกาลที่

ส่งผลต่อองค์ประกอบของน้ำยาง และอายุของกากขี้แป้งซึ่งถ้าเก็บไว้นานเกินไปก็มีโอกาสที่ทำให้สมบัติทางเคมีเปลี่ยนไปและเกิดการสูญเสียธาตุไนโตรเจนได้

4.2 ปริมาณธาตุอาหารพืชในดินที่เติมกากขี้แป้ง

ปริมาณธาตุอาหารพืชในดินที่เติมกากขี้แป้งพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินก่อนเติมกากขี้แป้งและสมบัติทางเคมีของดินภายหลังการเติมกากขี้แป้ง โดยสมบัติทางเคมีที่นำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการศึกษาได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรียวัตถุ และปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ที่แลกเปลี่ยนได้ และปริมาณสังกะสีทั้งหมด

4.2.1 สมบัติทางเคมีของดินก่อนเติมกากขี้แป้ง

ตารางที่ 4.2 แสดงสมบัติทางเคมีของดินก่อนเติมกากขี้แป้ง ซึ่งบ่งบอกถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนการทดลองเพื่อประเมินความเหมาะสมสำหรับการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมัน พบว่า ดินก่อนการทดลองมีความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 5.21 ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation capacity exchange หรือ CEC) มีค่าเท่ากับ 5.55 เซนติโมล/กิโลกรัม ค่าความสามารถในการนำไฟฟ้าเท่ากับ 2.05 เดซิซีเมนต์/เมตร และปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 2.10 นอกจากนี้ยังมีปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจนร้อยละ 0.57 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ในรูป P_2O_5) 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ในรูป K_2O) 140 กรัม/กิโลกรัม ส่วนปริมาณแมกนีเซียมและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งเป็นธาตุอาหารรอง มีค่าเท่ากับ 207 และ 763 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณสังกะสีที่เป็นธาตุอาหารเสริม มีค่าเท่ากับ 1.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

เมื่อพิจารณาสมบัติต่างๆ ของดินเพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์และสภาพความเหมาะสมต่อการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมัน จะเห็นได้ว่าดินก่อนการทดลองมีสมบัติเป็นกรดแก่ (อยู่ในช่วง 5.1-5.5) ตามเกณฑ์ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินซึ่งจำแนกโดยกรมพัฒนาที่ดิน (ตารางภาคผนวกที่ ผ-ง (2)) ความเป็นกรดแก่นี้อาจมีผลต่อการเติบโตของพืชหลายชนิด เนื่องจากพืชแต่ละชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีสภาพความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544) แต่เมื่อพิจารณาความเหมาะสมสำหรับการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันตามคำแนะนำของธีระ เอกสมธราเมษฐ์ และคณะ (2548) ดังตารางที่ 2.2 พบว่าอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างมากกว่า 4 นอกจากนี้ปาล์มน้ำมันก็เป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้

ในดินที่มีความเป็นกรดสูง (Ng,von Uexküll and Härdter, 2009) ดังนั้นสมบัติความเป็นกรดของดินจึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการนำมาใช้ทดลองปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ค่าการนำไฟฟ้าแสดงถึงสภาพความเค็มของดินที่มีผลโดยตรงต่อการเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช เนื่องจากดินเค็มจะส่งผลให้พืชเกิดการขาดน้ำ เกิดความไม่สมดุลของปริมาณธาตุอาหารและมีการสะสมไอออนที่เป็นพิษในพืชเกินกว่าระดับที่พืชสามารถทนได้ (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) เมื่อพิจารณาค่าการนำไฟฟ้าของดินและระดับความเค็มตามเกณฑ์ที่กรมพัฒนาที่ดิน (2547) ได้จำแนกไว้ จะพบว่ามีความเค็มเล็กน้อย ความเค็มในระดับนี้จะมีผลต่อพืชบางชนิดที่ไวต่อความเค็มเท่านั้น แต่ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่สามารถทนเค็มได้ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นระดับที่พืชทั่วไปเริ่มแสดงอาการผิดปกติ (อรุณี ยูวะนิยม, 2552) ระดับค่าการนำไฟฟ้าของดินที่นำมาใช้ในการทดลองจึงไม่เป็นอุปสรรคในการนำมาใช้ปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันเช่นเดียวกับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

เนื่องจากธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่เป็นประจุบวกที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคดินเหนียว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกจึงสามารถบ่งชี้ถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ โดยในการศึกษาครั้งนี้ ดินก่อนการทดลองมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกจัดอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กรมพัฒนาที่ดิน (2544) ได้จัดไว้ ดังตารางภาคผนวกที่ ผ-ง (3) โดยอยู่ในช่วง 5.0-10.0 เซนติโมล/กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าดินที่นำมาใช้ในการทดลองมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำไปด้วย ขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนการทดลองจัดอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (2544) (ตารางภาคผนวกที่ ผ-ง (4))

ในด้านธาตุอาหาร จะเห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมในดินเหมาะสมสำหรับการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันตามเกณฑ์ซึ่งแนะนำโดยธีระ เอกสมธราเมษฐ์ และคณะ (2548) (ตารางที่ 2.2) ส่วนปริมาณสังกะสีที่อยู่ในดินก่อนการทดลองนั้นประเทศไทยไม่ได้ระบุสังกะสีเป็นธาตุโลหะหนักที่ต้องระมัดระวังการปนเปื้อนตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของจุลธาตุในดินที่เป็นประโยชน์ ดังตารางภาคผนวกที่ ผ-ง (5) จะเห็นได้ว่าดินก่อนการทดลองมีปริมาณสังกะสีในระดับที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ปานกลาง จึงไม่มีความเสี่ยงจากปัญหาการปนเปื้อนของสังกะสี

ดังนั้นในภาพรวมอาจสรุปได้ว่า ดินก่อนการทดลองที่นำมาจากพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันตำบลท่าโรงช้าง อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีคุณสมบัติพื้นฐานค่อนข้างเหมาะสมสำหรับ

นำมาใช้ปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันโดยสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณธาตุอาหาร และความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสังกะสีไม่เป็นข้อจำกัดในการนำมาใช้ในการทดลองปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการเติมกากขี้แป้ง

สมบัติทางเคมี	ดิน
ความเป็นกรดเป็นด่าง (ดิน:น้ำ 1:1)	5.21
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cmol/kg)	5.55
การนำไฟฟ้า (dS/m)	2.05
อินทรียวัตถุ (%)	2.10
ธาตุอาหารหลัก	
ไนโตรเจน(%)	0.57
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	50
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	140
ธาตุอาหารรอง	
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	207
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	763
ธาตุอาหารเสริม	
สังกะสีทั้งหมด (mg/kg)	1.05

4.2.2 สมบัติทางเคมีของดินภายหลังการเติมกากขี้แป้ง

กากขี้แป้งเป็นสารประกอบของแอมโมเนียมแมกนีเซียมฟอสเฟต เมื่อเติมกากขี้แป้งคลุกเคล้าลงดินตามตำรับทดลอง (ตารางที่ 3.1) บรรจุในถุงเพาะชำขนาด 6 × 9 นิ้ว และรดน้ำทุกวันในปริมาณที่ทำให้ดินมีความชื้น ณ ระดับความจุความชื้นสนาม เป็นระยะเวลา 3 เดือน ผลการศึกษาเป็นดังนี้

ก. ความเป็นกรดเป็นด่าง

จากตารางที่ 4.3 พบว่า การเติมกากขี้แป้งในอัตราตั้งแต่ 30 กรัม/กิโลกรัมดินขึ้นไปส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าดินในดินเดิมและดินที่เติมปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (F-value = 520.23*) การเติมกากขี้แป้งในอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน

แม้จะทำให้ดินมีความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าดินเดิมแต่ก็ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (อยู่กลุ่มอักษร b เดียวกัน) ขณะที่การเติมปุ๋ยเคมีส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดเป็นด่างน้อยกว่าดินตำรับทดลองอื่นๆ โดยทำให้ดินมีสภาพเป็นกรด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33) เมื่อพิจารณาปริมาณการเติมกากขี้แป้ง จะพบว่าปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยอยู่ในช่วง 5.12-6.86

ข. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ดินที่เติมกากขี้แป้งในอัตราต่างๆ คือ 10 30 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก สูงกว่าดินในดินเดิมและดินที่เติมปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 2200.96*) ดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 และ 30 กรัม/กิโลกรัมดิน มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกแตกต่างกัน และแตกต่างจากดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 50 70 และ 90 กรัม/ต่อกิโลกรัมดิน โดยที่ดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 50 70 และ 90 กรัม/ต่อกิโลกรัมดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร e เดียวกัน)

แสดงให้เห็นว่า การเติมกากขี้แป้งอัตราระหว่าง 10-50 กรัม/กิโลกรัมดิน จะทำให้ดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเติมกากขี้แป้งในอัตราที่มากกว่า 50 กรัม/กิโลกรัมดิน จะไม่ส่งผลให้ดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น

ค. ค่าการนำไฟฟ้า

จากตารางที่ 4.3 พบว่า การเติมกากขี้แป้งทุกอัตราทำให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างกันและแตกต่างจากดินเดิมอย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 1440.68*) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมี พบว่า การเติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน ไม่ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินแตกต่างจากการเติมปุ๋ยเคมี (อยู่กลุ่มอักษร b เดียวกัน) ขณะที่การเติมกากขี้แป้งในอัตรา 30 กรัม/กิโลกรัมดิน ขึ้นไปทำให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าการเติมปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ

ง. อินทรียวัตถุ

จากตารางที่ 4.3 พบว่าดินที่เติมกากขี้แป้งทุกอัตรามีปริมาณอินทรียวัตถุไม่แตกต่างกันและไม่แตกต่างจากดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 1.24^{NS}) แสดง

ให้เห็นว่า การเติมกากขี้แป้งคลุกเคล้าดินในอัตราต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือนไม่ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นแม้ปริมาณกากขี้แป้งเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางทางเคมีของดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน

ตำรับทดลอง	pH (1:1)	EC (dS/m)	CEC (1:5) (cmol/kg)	OM (%)
ดินเดิม	5.00[b]	2.29[a]	5.63[a]	2.13[a]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	4.33[a]	7.98[b]	7.56[b]	2.13[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	5.12[b]	7.06[b]	13.15[c]	2.13[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	5.67[c]	37.18[c]	16.10[d]	2.15[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	6.04[d]	50.33[d]	16.53[e]	2.13[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	6.63[e]	55.70[e]	16.61[e]	2.13[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	6.86[f]	60.03[f]	16.62[e]	2.13[a]
%CV	16.13	79.76	35.60	0.35
F-value	520.23*	1440.68*	2200.96*	1.24[NS]

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3) NS หมายถึง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จ. ปริมาณธาตุอาหารหลัก

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณธาตุอาหารหลักในดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน มีปริมาณไนโตรเจนไม่ต่างจากการเติมปุ๋ยเคมี (อยู่กลุ่มอักษร b เดียวกัน) แต่ต่างจากดินเดิม และดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 30 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน อย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 6.12*) ขณะที่ดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 30 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดินไม่แตกต่างกันและไม่ต่างจากดินเดิม (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่า การเติมกากขี้แป้งในอัตราต่างๆ ทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน และแตกต่างจากดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมีที่อยู่ในกลุ่มอักษร a เดียวกัน อย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 1808.75*) แสดงให้เห็นว่าการเติมกากขี้แป้งทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น

ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้นั้น พบว่า การเติมกากขี้แป้งในอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน ทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่ต่างจากดินเดิม ดินเติมปุ๋ยเคมีและ ดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 30 กรัม/กิโลกรัมดิน แต่แตกต่างจากดินที่เติมกากขี้แป้งในอัตราอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 102.26**)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณธาตุอาหารหลักในดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน

ตำรับทดลอง	**Total N (%)**	**P_2O_5 (mg/kg)**	**K_2O (mg/kg)**
ดินเดิม	0.51[a]	48.25[a]	140[a]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	0.56[b]	116.6[a]	163[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.55[b]	1907[b]	160[ab]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.51[a]	11618[c]	173[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.51[a]	17899[d]	273[c]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.50[a]	19585[e]	287[cd]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.52[a]	22498[f]	297[d]
%CV	4.06	92.88	32.16
F-value	6.16*	1808.75*	102.26*

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ฉ. ปริมาณธาตุอาหารรอง

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณธาตุอาหารรองในดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ดินที่เติมกากขี้แป้งทุกอัตรามีปริมาณธาตุแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยกว่าดินเดิม และดินเติมปุ๋ยเคมี อย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 327.0*) โดยดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 10 30 และ 50 กรัม/กิโลกรัมดิน มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างกันและแตกต่างจากดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน จะเห็นได้ว่าโดยดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน) แต่มีค่าน้อยกว่าดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 50 30 และ 10 กรัม/กิโลกรัมดิน ตามลำดับ จึงเป็นได้ที่จะกล่าวว่าดินที่เติมกากขี้แป้งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคลเซียมที่ลดลงเมื่อเติมกากขี้แป้งในปริมาณที่มากขึ้น

เมื่อพิจารณาปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่พบในดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า การเติมกากขี้แป้งทุกอัตราส่งผลให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 3010.3*) โดยการเติมกากขี้แป้งอัตรา 10-70 กรัม/กิโลกรัมดิน ส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น เมื่อเติมกากขี้แป้งมากกว่า 70 กรัม/กิโลกรัมดิน พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่แตกต่างจากการเติมกากขี้แป้งอัตรา 90 กรัม/กิโลกรัมดิน (อยู่กลุ่มอักษร f เดียวกัน)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณธาตุอาหารรองในดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน

ตำรับทดลอง	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
ดินเดิม	753^{f}	207^{a}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	690^{e}	443^{b}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	515^{d}	939^{c}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	306^{c}	1415^{d}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	237^{b}	1477^{e}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	193^{a}	1507^{f}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	166^{a}	1522^{f}
%CV	59.46	51.54
F-value	327.04*	4526.58*

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ช. ปริมาณโลหะหนักซึ่งเป็นธาตุอาหารเสริม

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณสังกะสีซึ่งเป็นทั้งธาตุโลหะหนักและธาตุอาหารเสริมในดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ปริมาณการสะสมของสังกะสีทั้งหมดในดินสูงสุดในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 90 กรัม/กิโลกรัมดิน (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.99 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และต่ำสุดดินเดิม (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) การเติมกากขี้แป้งทุกอัตราส่งผลให้ดินมีการสะสมของปริมาณสังกะสีแตกต่างกัน และแตกต่างจากดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ (F-value =1164.95*) โดยที่อัตราเติมกากขี้แป้งที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ดินมีการสะสมของปริมาณสังกะสีที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.6 ปริมาณโลหะหนักที่เป็นธาตุอาหารเสริมในดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน

ตำรับทดลอง	**Zn (mg/kg)**
ดินเดิม	1.15[a]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	1.48[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	1.86[c]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	2.20[d]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	2.73[e]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	3.88[f]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	3.99[g]
%CV	45.32
F-value	1164.95*

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากสมบัติทางเคมีของดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน (ตารางที่ 4.3 ตารางที่ 4.4 ตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6) เมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติของดินก่อนการทดลอง (ตารางที่ 4.2) จะเห็นได้ว่าการเติมกากขี้แป้งส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดเป็นด่างสูงขึ้นโดยมีแนวโน้มทำให้ดินมีสภาพเป็นกลาง สอดคล้องกับการศึกษาของสมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ (2551) ซึ่งการที่ความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงขึ้นเมื่อเติมกากขี้แป้งอาจเป็นเพราะกากขี้แป้งเป็นแหล่งฟอสฟอรัสที่สามารถจับตัวกับไฮโดรเจนไอออน (H^+) และออกซิเจนกลายเป็นฟอตเฟตไอออนในรูป $H_2PO_4^-$ หรือ HPO_4^{2-} ได้ ทำให้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในดินน้อยลง ความเป็นกรดเป็นด่างของดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งจึงสูงขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เป็นผลมาจากการเติมกากขี้แป้งในปริมาณที่มากขึ้นนี้เป็นได้ที่จะส่งผลต่อความดุลของปริมาณธาตุอาหารในดินปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน กล่าวคือ ดินที่เติมกากขี้แป้งในอัตราตั้งแต่ 30 กรัม/กิโลกรัมดิน ขึ้นไปมีโอกาสที่จะสะสมธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันแตกต่างจากดินเติมปุ๋ยเคมีมากขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่มากขึ้น เนื่องจากความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ซึ่งธาตุอาหารแต่ละชนิดจะอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้แตกต่างกันในสภาพความเป็นกรดเป็นด่างที่

แตกต่างกัน เช่น ฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6-7 ถ้าความเป็นกรดเป็นด่างมากกว่า 7 ฟอสเฟตไอออนในดินจะทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับแคลเซียมและแมกนีเซียมในดิน เป็นต้น (Mengle and Kirkby, 1982)

เมื่อพิจารณาสภาพการนำไฟฟ้าของดิน จะเห็นได้ว่า ยิ่งมีการเติมกากขี้แป้งมากขึ้น สภาพการนำไฟฟ้าของดินยิ่งเพิ่มขึ้น สภาพการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้นนี้อาจส่งผลกระทบต่อการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้โดยเฉพาะตำรับที่เติมกากขี้แป้งในอัตราตั้งแต่ 30 กรัม/กิโลกรัมดิน ขึ้นไป เนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าบ่งชี้ถึงสภาพความเค็มของดินที่จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งพืชโดยทั่วไปเจริญเติบโตได้น้อยลงเมื่อความเค็มของดินเพิ่มขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548) การเพิ่มขึ้นของสภาพการนำไฟฟ้าในดินเป็นผลมาจากการที่ดินมีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ เช่น โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์ ซัลเฟต ไบคาร์บอเนต หรือคาร์บอเนตเพิ่มขึ้น (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) โดยที่กากขี้แป้งก็เป็นแหล่งของธาตุแมกนีเซียมจึงเป็นได้ที่การเติมกากขี้แป้งจะเป็นมูลเหตุให้ดินมีสภาพการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

จะเห็นได้ว่า การเติมกากขี้แป้งส่งผลให้ดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้น แม้จะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้นแต่ก็แสดงให้เห็นว่าการเติมกากขี้แป้งมีส่วนทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากธาตุอาหารส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่เป็นประจุบวก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548) แสดงให้เห็นว่าการเติมกากขี้แป้งมีส่วนในการส่งเสริมให้ดินมีธาตุอาหารที่เป็นประจุบวกเพิ่มขึ้น แต่การที่ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินที่เติมกากขี้แป้งไม่เป็นสัดส่วนกับปริมาณกากขี้แป้งที่เติมลงไปอาจเนื่องมาจากการเติมกากขี้แป้งในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสมากเกินไปจนไปขัดขวางไม่ให้ธาตุที่เป็นประจุบวกอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ เนื่องจากฟอสฟอรัสสามารถที่จะทำปฏิกิริยากับธาตุที่เป็นประจุบวกได้ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี เป็นต้น อีกทั้งสภาพความเป็นกรดด่างที่เกิดจากการเติมกากขี้แป้งก็อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ขัดขวางไม่ให้ธาตุอาหารที่เป็นประจุบวกอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์หรือรูปที่แลกเปลี่ยนได้เช่นเดียวกัน เช่น สังกะสี และธาตุที่เป็นโลหะหนักอื่นๆ จะอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ก็ต่อเมื่อสภาพดินเป็นกรด ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินจึงไม่เพิ่มขึ้น

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุของดินที่เติมกากขี้แป้งอัตราต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือนไม่แตกต่างกัน และไม่แตกต่างจากดินก่อนการทดลอง อาจเป็นไปได้ที่ปริมาณอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในกากขี้แป้งเกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว ถึงแม้ว่าปริมาณการเติมกากขี้แป้งจะแตกต่างกันแต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณดินที่ใช้ทดลอง (4 กิโลกรัม/หน่วยทดลอง) ก็ยัง

ถือได้ว่าการเติมกากขี้แป้งมีส่วนในการเติมอินทรีย์วัตถุน้อย จึงทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่เติมกากขี้แป้งเมื่อเวลาผ่านไป 3 เดือนเหลืออยู่ใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากในการทดลองไม่ได้วัดค่าอินทรีย์วัตถุของดินที่เติมกากขี้แป้งก่อนการทดลอง จึงทำให้ไม่สามารถสรุปอย่างชัดเจนได้ว่าเพราะเหตุใดการเติมกากขี้แป้งอัตราต่างๆ จึงทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2547) (ตารางภาคผนวกที่ ผ-ง (4)) ก็ยังคงอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าโอกาสที่บทบาทอินทรียวัตถุในดินเติมกากขี้แป้งจะมีส่วนช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างดินไม่ต่างจากดินปกติที่ไม่เติมกากขี้แป้ง

ในด้านธาตุอาหารเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม จะเห็นได้ว่า ดินที่เติมกากขี้แป้งมีปริมาณธาตุไนโตรเจนคงเหลือในดินใกล้เคียงกับดินเดิม ถึงแม้ว่าอัตราการเติมกากขี้แป้งจะเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณไนโตรเจนที่คงเหลือในดินเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 เดือนกลับไม่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในดินมักสูญเสียธาตุไนโตรเจนได้ง่ายจากการชะล้างและการระเหยสู่บรรยากาศในรูปแก๊สต่างๆ (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) อีกทั้งปริมาณไนโตรเจนในดินส่วนหนึ่งจะได้มาจากอินทรียวัตถุในดิน การที่ปริมาณไนโตรเจนในดินไม่เพิ่มเมื่อเติมกากขี้แป้งก็อาจมีสาเหตุมาจากการที่ปริมาณอินทรียวัตถุไม่เพิ่ม อย่างไรก็ตามเนื่องจากในการทดลองไม่ได้วัดค่าต่างๆ รวมถึงปริมาณไนโตรเจนในดินเติมกากขี้แป้งก่อนการทดลอง จึงไม่สามารถสรุปต้นเหตุที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนไม่เพิ่มเมื่อเติมกากขี้แป้งได้อย่างชัดเจนเช่นเดียวกับกรณีอินทรียวัตถุ

ขณะที่ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีปริมาณคงเหลือในดินเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าถ้าใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารมีโอกาสที่พืชจะได้รับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีของธาตุอาหารรองจะเห็นได้ว่าการเติมกากขี้แป้งในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้แมกนีเซียมในดินเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินไม่สอดคล้องกับปริมาณแมกนีเซียมในกากขี้แป้งที่เติมลงในดินเป็นได้ที่แมกนีเซียมที่เติมไปนั้นจะจับตัวกับธาตุฟอสฟอรัส และเกิดการตกตะกอนทำให้การเพิ่มขึ้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินไม่สอดคล้องกับปริมาณแมกนีเซียมในกากขี้แป้งที่เติมลงในดิน

เนื่องจากแคลเซียมสามารถจับตัวกับฟอสฟอรัสเป็นสารประกอบที่ตกตะกอนในดินได้เช่นเดียวกับแมกนีเซียม ดังนั้นการเติมกากขี้แป้งที่ส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากขึ้นจึงทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในดินลดลงตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นไปได้ที่การเติมกากขี้แป้งในอัตราสูงเกินไปอาจทำให้ดินขาดแคลเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ต่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้

ส่วนปริมาณสังกะสีในดินที่เกิดจากการเติมกากขี้แป้ง จะเห็นได้ว่า การเติมกากขี้แป้งส่งผลให้ดินมีปริมาณสังกะสีเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณสังกะสีในตำรับที่เติมกากขี้แป้งอัตราต่ำสุด (10 กรัม/กิโลกรัมดิน) เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของสังกะสีในดินที่เป็นประโยชน์ ดังตารางภาคผนวกที่ ผ-ง (5) จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง ขณะที่อัตราสูงสุด (90 กรัม/กิโลกรัมดิน) จัดอยู่ในระดับสูง เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานเดียวกัน

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ภายหลังการเติมกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 3 เดือน จะส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณไนโตรเจนไม่แตกต่างจากเดิม แต่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณแคลเซียมลดลงตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเติมกากขี้แป้งยังมีส่วนทำให้ดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้นแต่ก็ไม่ได้แปรผันตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น

4.2.3 การสะสมธาตุอาหาร

การสะสมธาตุอาหารของดินเมื่อเติมกากขี้แป้งศึกษาจากการคลุกเคล้ากากขี้แป้งในอัตราต่างๆ ตามตำหรับทดลอง คือ 10 30 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน ลงในดิน 4 กิโลกรัม บรรจุในถุงเพาะชำขนาด 6 × 9 นิ้ว ดูแลรดน้ำให้มีปริมาณความชื้นที่ระดับความจุความชื้นสนามเป็นระยะเวลา 3 เดือน เช่นเดียวกับการทดลองที่มีการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร แล้วเปรียบเทียบเฉพาะปริมาณธาตุอาหารในดินที่เติมกากขี้แป้งและปุ๋ยเคมี การทดลองพบว่า

ก. ธาตุอาหารหลัก

การสะสมธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งคลุกเคล้าดินเป็นระยะเวลา 3 เดือน แสดงดังรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า ตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งทุกตำรับมีการสะสมไนโตรเจนที่น้อยกว่าปุ๋ยเคมี และการสะสมไนโตรเจนมีปริมาณใกล้เคียงกันแม้อัตราเติมกากขี้แป้งจะแตกต่างกัน มีความเป็นไปได้ที่การปลดปล่อยไนโตรเจนของกากขี้แป้งจะเกิดขึ้นในช่วงแรกของการทดลอง และไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาเกิดการสูญเสียไปเนื่องจากการเปลี่ยนรูปเป็นแก๊ส (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) ขณะที่การสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดิน พบว่า มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อเติมกากขี้แป้งมากขึ้น และการเติมกากขี้แป้งทุกอัตราส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมากกว่าปุ๋ยเคมี

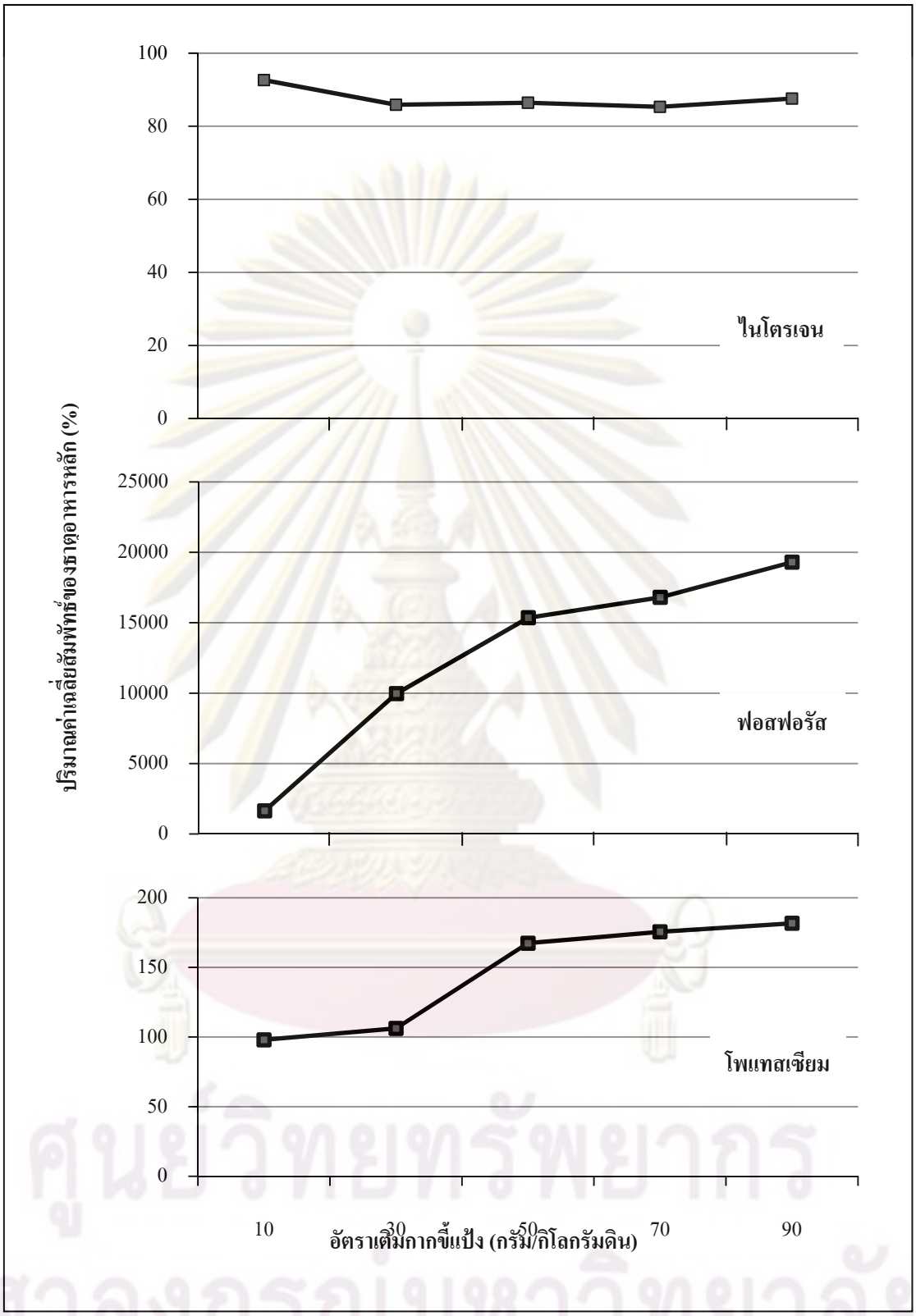
เมื่อมองในภาพรวมจะเห็นได้ว่าอัตราเติมกากขี้แป้งที่ทำให้ดินมีการสะสมธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมได้ใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีมากที่สุด คือ อัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน จึงเป็นได้ที่อัตราเติมนี้น่าจะเอื้อในการเป็นแหล่งธาตุอาหารหลักของต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้ใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีมากที่สุด โดยมีโอกาสได้รับธาตุอาหารหลักอย่างเพียงพอและสมดุลทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

ข. ธาตุอาหารรอง

การสะสมธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินภายหลังการเติมกากขี้แป้งคลุกเคล้าดินเป็นระยะเวลา 3 เดือน แสดงดังรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยสัมพัทธ์การสะสมธาตุแคลเซียมของดินเติมกากขี้แป้งในทุกอัตรามีค่าน้อยกว่าดินเติมปุ๋ยเคมี และมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนเมื่ออัตราเติมกากขี้แป้งสูงขึ้น อัตราเติมซึ่งให้ค่าเฉลี่ยสัมพัทธ์ของการสะสมธาตุแคลเซียมใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีมากที่สุดคือ อัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน ขณะที่ค่าเฉลี่ยสัมพัทธ์ของการสะสมธาตุแมกนีเซียมของดินเติมกากขี้แป้งทุกอัตราเมื่อเทียบกับดินเติมปุ๋ยเคมี พบว่ามีค่าสูงกว่า และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น โดยที่อัตราเติมซึ่งให้ค่าเฉลี่ยสัมพัทธ์ของการสะสมธาตุแมกนีเซียมใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีมากที่สุดคือ อัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน

จะเห็นได้ว่า ลักษณะการสะสมธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมของดินที่เติมกากขี้แป้งเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้นอัตราเติมกากขี้แป้งที่น่าจะเหมาะสมที่สุดสำหรับการเป็นแหล่งธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี คือ อัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน เนื่องจากการเติมกากขี้แป้งในอัตราที่สูงกว่า 10 กรัม/กิโลกรัมดิน อาจทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอสำหรับการเติบโตต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ขณะเดียวกันก็อาจได้รับผลกระทบจากปริมาณแมกนีเซียมที่มากเกินไปได้

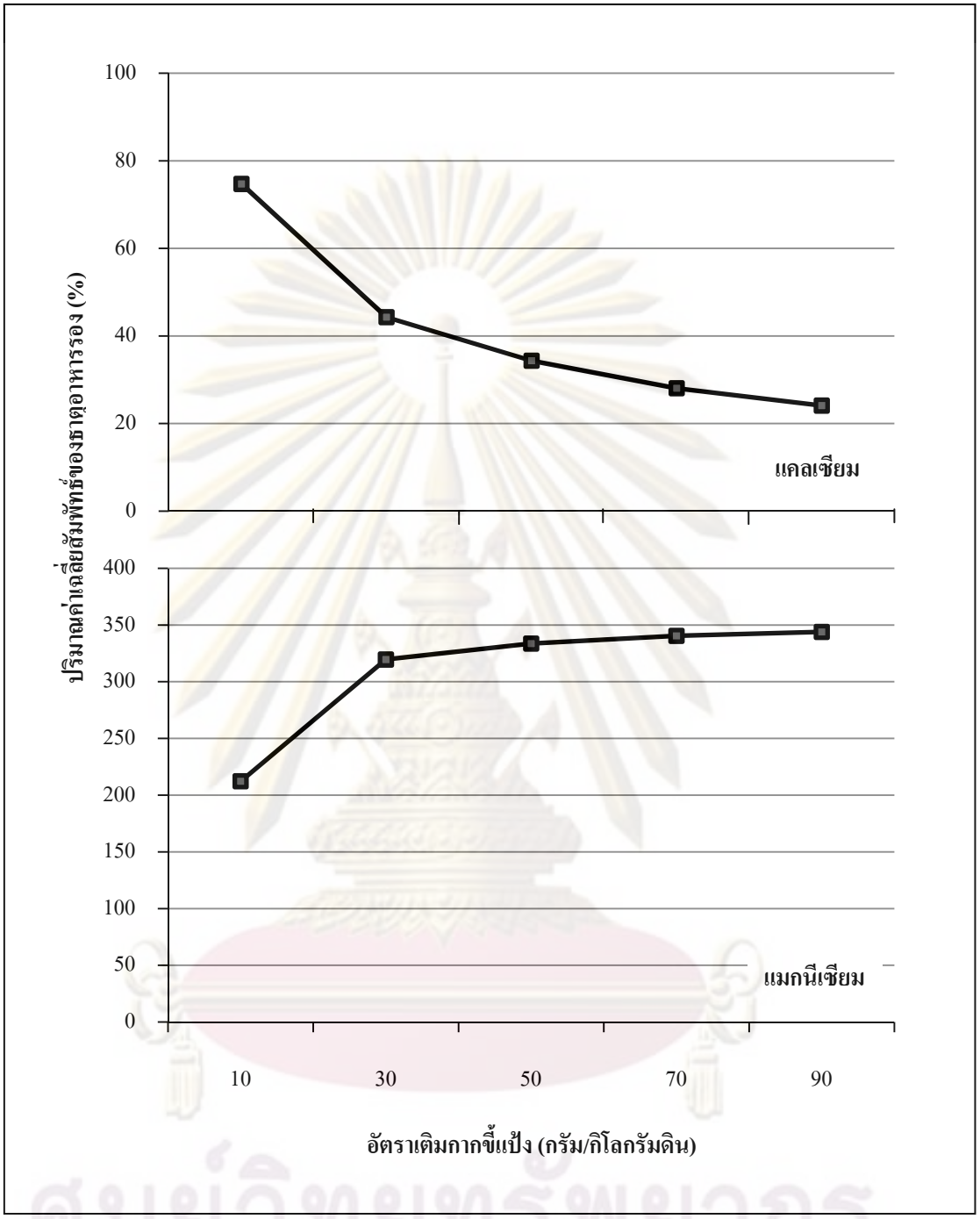
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ กำหนดปริมาณธาตุอาหารหลักในดินที่เติมปุ๋ยเคมีเท่ากับ 100 %

รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยสัมพัทธ์การสะสมธาตุอาหารหลักของดินเติมกากขี้แป้งเทียบกับดินเติมปุ๋ยเคมี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



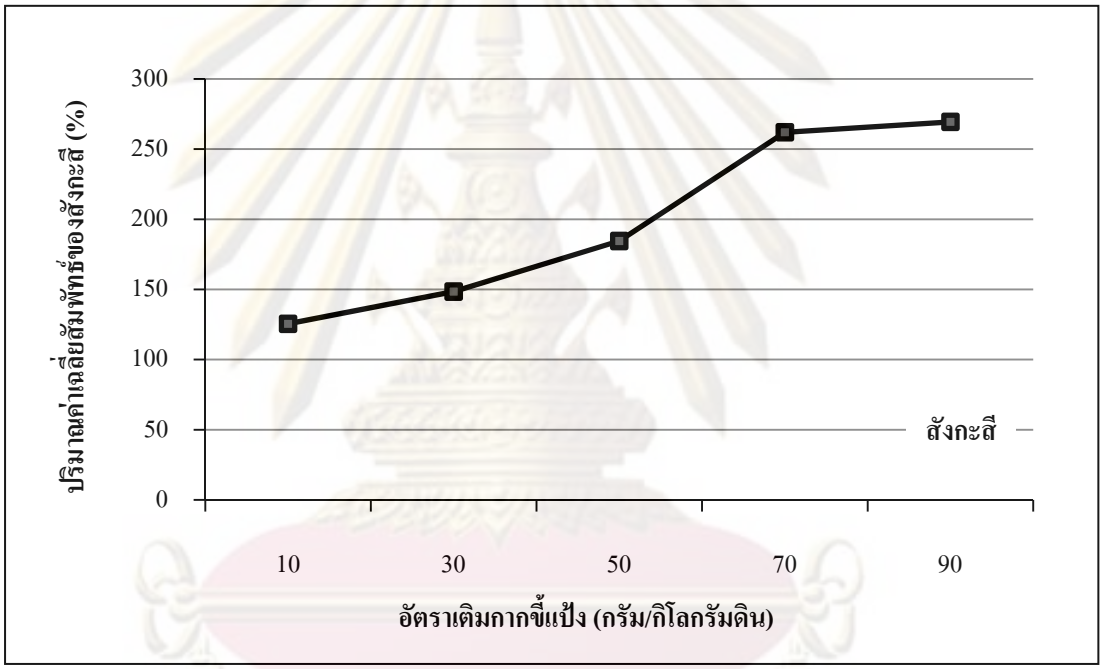
หมายเหตุ กำหนดปริมาณธาตุอาหารรองในดินที่เติมปุ๋ยเคมีเท่ากับ 100 %

รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยสัมพัทธ์การสะสมธาตุอาหารรองของดินเติมกากขี้แป้งเทียบกับดินเติมปุ๋ยเคมี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. โลหะหนักที่เป็นธาตุจำเป็น

ค่าสัมพัทธ์การสะสมสังกะสีซึ่งเป็นโลหะหนักที่เป็นธาตุจำเป็น เมื่อกำหนดให้การสะสมธาตุสังกะสีของดินเติมปุ๋ยเคมีเท่ากับ 100 แสดงดังรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า การเติมกากขี้แป้งทุกอัตราส่งผลให้ดินมีค่าเฉลี่ยสัมพัทธ์การสะสมสังกะสีที่สูงกว่าการเติมปุ๋ยเคมี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราเติมกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น อัตราเติมกากขี้แป้งที่มีการสะสมสังกะสีในดินใกล้เคียงกับดินเติมปุ๋ยเคมีมากที่สุด คือ อัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารในอัตราไม่เกิน 10 กรัม/กิโลกรัมดิน ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีโอกาสที่จะได้รับสังกะสีอย่างเพียงพอ และมีความเสี่ยงจากการสะสมของปริมาณสังกะสีน้อยที่สุด



หมายเหตุ กำหนดปริมาณสังกะสีในดินที่เติมปุ๋ยเคมีท่ากับ 100 %

รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยสัมพัทธ์การสะสมโลหะหนักที่เป็นธาตุจำเป็น (สังกะสี) ของกากขี้แป้งเทียบกับปุ๋ยเคมี

4.3 การเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเมื่อใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหาร

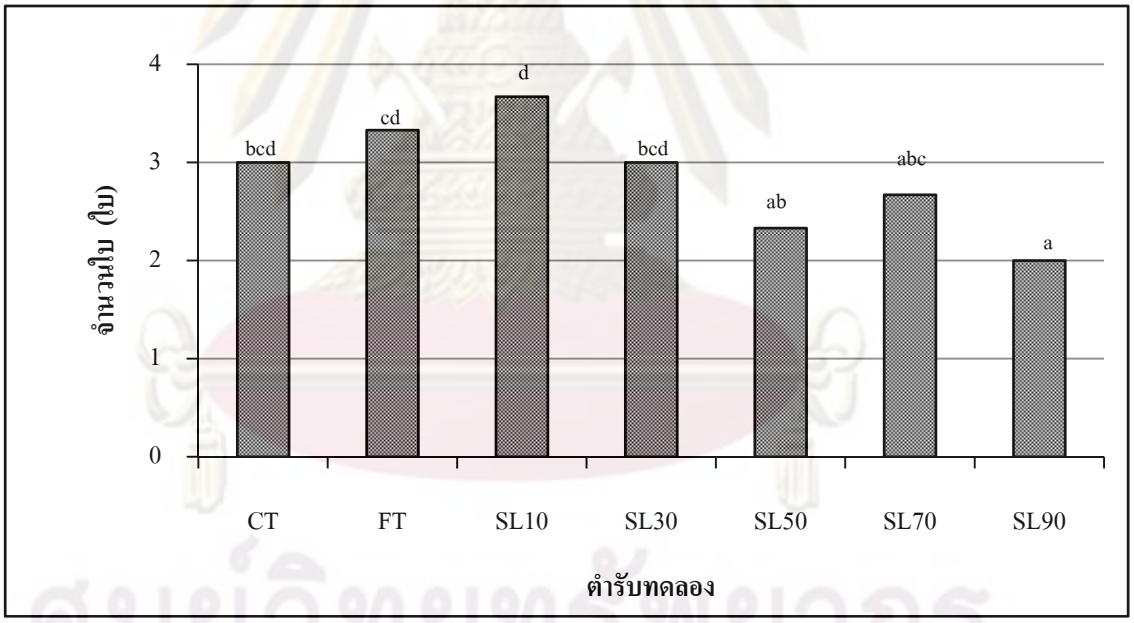
ความเป็นประโยชน์ในการใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารของต้นกล้าปาล์มน้ำมันสามารถพิจารณาได้จากข้อมูลการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน สมบัติของดินเมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุได้ 3 เดือน ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารและการเติบโต และการดูดดึงธาตุอาหารของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.3.1 การเติบโต

การศึกษาครั้งนี้จึงได้ใช้จำนวนใบ ขนาดความกว้างของใบ ขนาดความยาวของใบ ขนาดลำต้น และความสูง ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเป็นเกณฑ์ในการประเมินการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรก โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 3 เดือน

ก. จำนวนใบ

รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบจำนวนใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในแต่ละตำรับทดลอง โดยนับจำนวนจากใบที่คลี่ออกและเห็นเป็นรูปร่างใบชัดเจน จะเห็นได้ว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับทดลองที่มีการเติมปุ๋ยเคมีและกากขี้แป้งในอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน มีจำนวนใบมากที่สุด คือ 4 ใบ รองลงมาคือตำรับทดลองซึ่งเป็นดินเดิมและตำรับทดลองที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตรา 30 50 และ 70 กรัม/กิโลกรัมดิน มีจำนวน 3 ใบ ส่วนตำรับทดลองที่มีการเติมกากขี้แป้งในอัตรา 90 กรัม/กิโลกรัมดินมีจำนวนใบน้อยที่สุด คือ 2 ใบ



หมายเหตุ แท่งข้อมูลที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

CT = ดินเดิม FT = ดินเติมปุ๋ยเคมี

SL10 = ดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน SL30 = ดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 30 กรัม/กิโลกรัมดิน

SL50 = ดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 50 กรัม/กิโลกรัมดิน SL70 = ดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 70 กรัม/กิโลกรัมดิน

SL90 = ดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 90 กรัม/กิโลกรัมดิน

รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบจำนวนใบระหว่างตำรับทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ (ตารางที่ 4.7) พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 และ30กรัม/กิโลกรัมดิน ดินเดิม และตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยเคมี มีค่าเฉลี่ยใบที่ไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มตัวอักษร d เดียวกัน) แต่แตกต่างจากต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ปลูกในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 8.00*) ขณะที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ปลูกในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดินไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน)

ตารางที่ 4.7 ผลการเติมกากขี้แป้งต่อจำนวนใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ตำรับทดลอง	จำนวนใบ
ดินเดิม	3.00^{bcd}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	3.33^{cd}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	3.67^{d}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	3.00^{bcd}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	2.33^{ab}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	2.67^{abc}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	2.00^{a}
%CV	20.07
F-value	8.00*
Sig.	.000

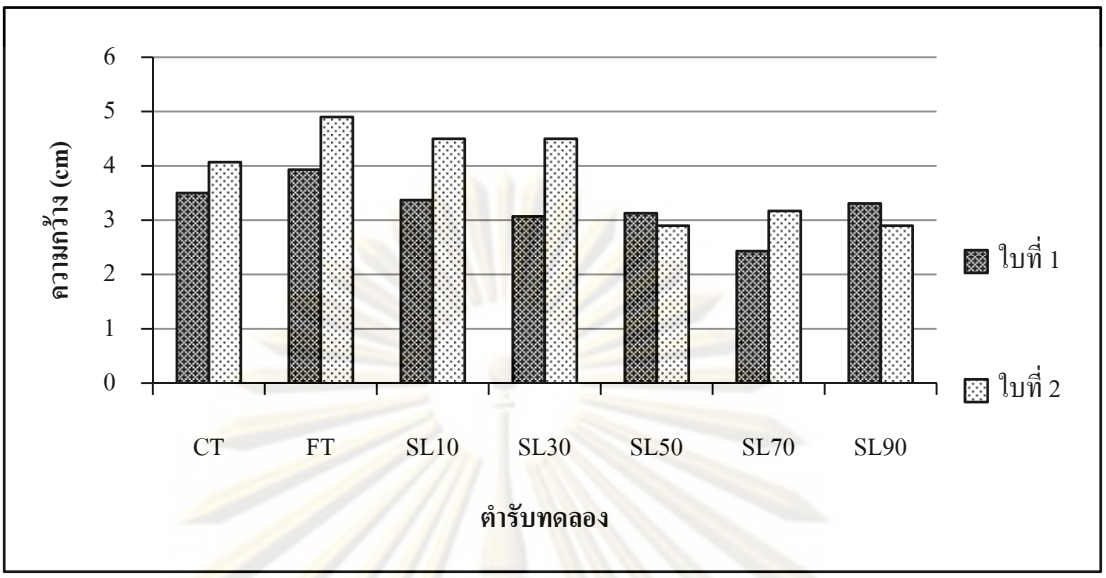
หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

อาจกล่าวได้ว่าเมื่อใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารในอัตราไม่เกิน 30 กรัม/กิโลกรัมดิน จะส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีการเติบโตในด้านจำนวนใบไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี และการใช้ดินเปล่า

ข. ขนาดความกว้างของใบ

ขนาดความกว้างของใบ (รูปที่ 4.5) วัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของแผ่นใบที่แผ่เต็มที่แล้วโดยใช้ตลับเมตร พบว่า ใบที่ 1 และใบที่ 2 (เริ่มนับจากใบแก่สุด) ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันกว้างที่สุดในตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยเคมี



หมายเหตุ CT = ดินเดิม FT = ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี
SL10 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน SL30 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL50 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน SL70 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL90 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน

รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบความกว้างของใบที่ 1 ใบที่ 2 ระหว่างตำรับทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ (ตารางที่ 4.4) พบว่า มีเพียงต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งในอัตรา 70 กรัม/กิโลกรัมดิน ตำรับเดียวที่มีความกว้างของใบที่ 1 แตกต่างจากต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่เติมปุ๋ยเคมี แต่ไม่แตกต่างจากตำรับอื่นๆ (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน) ขณะที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 50 กรัม/กิโลกรัมดิน มีความกว้างของใบที่ 2 แตกต่างจากตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยเคมี แต่ไม่แตกต่างจากตำรับอื่นๆ (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ผลการเติมกากขี้แป้งต่อความกว้างใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ตำรับการทดลอง	ความกว้างใบ (cm)	
	ใบที่ 1	ใบที่ 2
ดินเดิม	3.50[ab]	4.07[ab]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	3.93[b]	4.90[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	3.37[ab]	4.50[ab]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	3.07[ab]	4.50[ab]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	3.13[ab]	2.90[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	2.43[a]	3.17[ab]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	3.30[ab]	2.90[a]
%CV	14.12	21.90
F-value	1.73*	3.24*

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

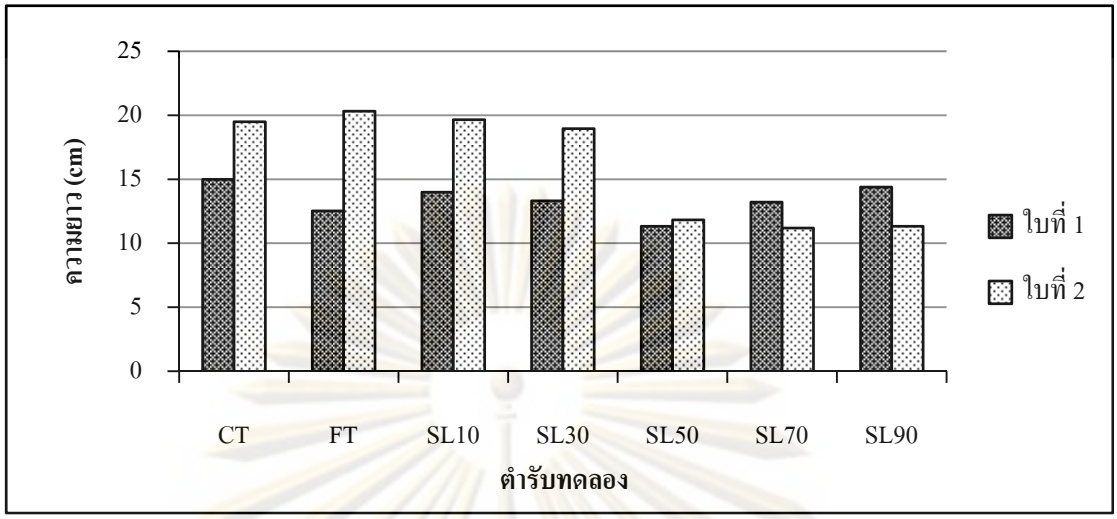
3) NS หมายถึง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่า เพื่อให้ได้ผลลัพธ์การเติบโตที่ดีของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในด้านความกว้างของใบ ทั้งใบที่ 1 และใบที่ 2 สามารถใช้กากขี้แป้งอัตรา 10 และ 30 กรัม/กิโลกรัมดิน เป็นแหล่งธาตุอาหารได้เช่นเดียวกับการใช้ปุ๋ยเคมี

ค. ขนาดความยาวของใบ

รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบขนาดความยาวใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในดินเดิมมีความยาวของใบที่ 1 มากที่สุด ส่วนต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับที่เติมปุ๋ยเคมีมีความยาวของใบที่ 2 มากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ CT = ดินเดิม FT = ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี
SL10 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน SL30 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL50 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน SL70 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL90 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน

รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบความยาวของใบที่1 ใบที่ 2 ระหว่างตำรับทดลอง

ผลการเติมกากขี้แป้งต่อความยาวของใบดังตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่า ความยาวใบที่ 1 ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในแต่ละตำรับทดลองไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน) ส่วนความยาวใบที่ 2 ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 และ 30 กรัม/กิโลกรัมดิน ดินเดิม และตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยเคมีไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร b เดียวกัน) แต่แตกต่างจากตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน ซึ่งอยู่ในกลุ่มอักษร a เดียวกัน

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การใช้กากขี้แป้งอัตรา 10 และ 30 กรัม/กิโลกรัมดินเป็นแหล่งธาตุอาหารจะทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีการเติบโตในด้านความยาวของใบที่ดีเช่นเดียวกับการใช้ปุ๋ยเคมี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

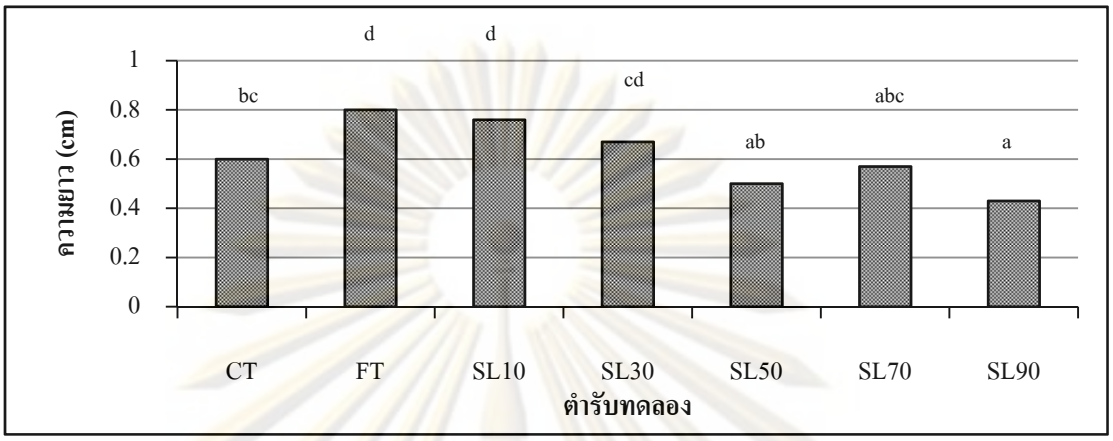
ตารางที่ 4.9 ผลการเติมกากขี้แป้งต่อความยาวใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ตำรับการทดลอง	ความยาวใบ (cm)	
	ใบที่ 1	ใบที่ 2
ดินเดิม	15.00[a]	[#]19.50[b]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	12.53[a]	[#]20.33[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	14.00[a]	[#]19.67[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	13.33[a]	[#]18.97[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	11.33[a]	[#]11.83[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	13.23[a]	[#]11.20[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	[#]14.40[a]	11.33[a]
%CV	9.14	27.21
F-value	0.57[NS]	7.21*

หมายเหตุ :
1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT
2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
3) NS หมายถึง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
4) # หมายถึง ใบอ่อนที่สุดที่แผ่นใบคลี่เปิดเต็มที่

ง. ขนาดลำต้น

ขนาดลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (รูปที่ 4.5) วัดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันโดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ทำการวัดค่าจากโคนต้น 2 ด้านในแนวตั้งฉากกันแล้วหาค่าเฉลี่ย พบว่า การเติมปุ๋ยเคมีส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีขนาดลำต้นใหญ่ที่สุด (0.8 เซนติเมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับทดลองอื่นๆ ขณะที่การเติมกากขี้แป้งในอัตรา 90 กรัม/กิโลกรัมดิน ส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีขนาดลำต้นเล็กที่สุด (ประมาณ 0.4 เซนติเมตร) เมื่อเปรียบเทียบขนาดลำต้นเฉพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหาร พบว่า การเติมกากขี้แป้งในอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน ทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันใหญ่ที่สุด



หมายเหตุ แท่งข้อมูลที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

CT = ดินเดิม
FT = ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี
SL10 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL30 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL50 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL70 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL90 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน

รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันระหว่างตำรับทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ (ตารางที่ 4.10) พบว่าตำรับทดลองที่มีการเติมกากขี้แป้งอัตรา 10 และ 30 กรัม/กิโลกรัมดิน และตำรับทดลองที่เติมปุ๋ย มีขนาดลำต้นไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร d เดียวกัน) แต่มีขนาดลำต้นใหญ่กว่า ดินเดิมและตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (F-value = 4.02*) ขณะที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน มีขนาดลำต้นไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน)

น่าจะกล่าวได้ว่า การใช้กากขี้แป้งอัตรา 10 และ 30 กรัม/กิโลกรัมดิน เป็นแหล่งธาตุอาหารของต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะส่งผลต่อการเติบโตในด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นได้ใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ผลการเติมกากขี้แป้งต่อขนาดลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ตำรับทดลอง	ขนาดลำต้น (cm)
ดินเดิม	0.60[bc]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	0.80[d]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.77[d]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.67[cd]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.50[ab]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.57[abc]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.43[a]
%CV	21.92
F-value	4.02*

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

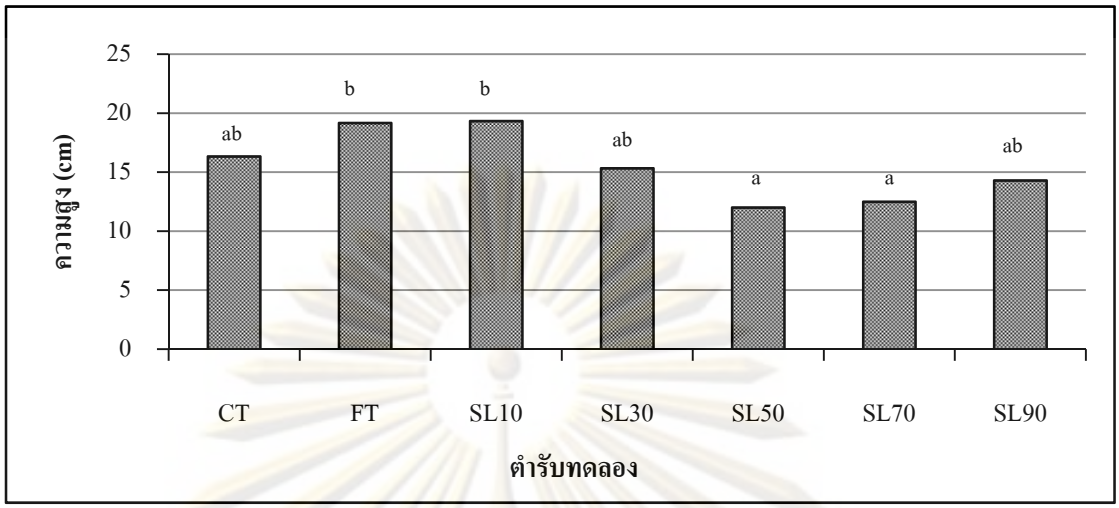
2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3) NS หมายถึง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จ. ความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันซึ่งวัดจากผิวดินในถุงเพาะชำถึงระดับปลายยอดหรือใบที่สูงที่สุดของต้นกล้าปาล์มน้ำมันโดยใช้ไม้บรรทัด แสดงดังรูปที่ 4.5 พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่สูงที่สุด 3 อันดับแรก คือ ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับที่เติมปุ๋ยเคมี และต้นกล้าปาล์มน้ำมันในดินเดิม ตามลำดับ ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่มีความสูงเกิน 15 เซนติเมตร อยู่ในตำรับทดลองที่เป็นดินเดิม ตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยเคมี และตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 และ 30 กรัม/กิโลกรัมดิน ขณะที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับทดลองอื่นๆ มีความสูงน้อยกว่า 15 เซนติเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ แท่งข้อมูลที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

CT = ดินเดิม
FT = ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี
SL10 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL30 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL50 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL70 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL90 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน

รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันระหว่างตำรับทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.11) พบว่า ตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้ง อัตรา 10 30 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน ตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยเคมี และดินเดิม มีความสูงที่ไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร b เดียวกัน) แต่แตกต่างจากตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 2.69*) ขณะที่ตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 50 และ 70 กรัม/กิโลกรัม มีความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันไม่แตกต่างจากดินเดิม (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน) แต่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี

อาจจะกล่าวได้ว่าสามารถใช้กากขี้แป้งอัตรา 10 และ 30 กรัม/กิโลกรัมดิน เป็นแหล่งธาตุอาหารเพื่อการเติบโตในด้านความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้เช่นเดียวกับการใช้ปุ๋ยเคมี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 ผลการเติมกากขี้แป้งต่อความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ตำรับทดลอง	ความสูง (cm)
ดินเดิม	16.33[ab]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	19.17[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	16.33[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	19.33[ab]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	15.33[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	12.00[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	14.33[ab]
%CV	16.12
F-value	2.69*

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ในภาพรวมการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีการจัดทำมาตรฐานการเติบโตสำหรับต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรก การวัดคุณภาพการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันจึงยังไม่มีมาตรฐานเปรียบเทียบชัดเจน มีเพียงการประเมินความผิดปกติของต้นกล้าเปรียบเทียบกับอาการผิดปกติที่มักเกิดขึ้นบ่อยกับต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่กรมวิชาการเกษตรได้แนะนำเพื่อให้เกษตรกรคัดแยกต้นกล้าที่ผิดปกติออกก่อนนำไปปลูกเท่านั้น ซึ่งจากการทดลองก็พบว่าต้นกล้าปาล์มน้ำมันในทุกตำรับทดลองไม่มีอาการผิดปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนใบสะสมของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ปลูกในตำรับทดลองกับจำนวนใบสะสมของต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรกที่กรมวิชาการเกษตร (2547) ได้รายงานไว้ดังตารางที่ 2.5 จะเห็นได้ว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในทุกตำรับทดลองมีจำนวนใบสะสมที่น้อยกว่า แต่ก็จัดอยู่ในช่วง 3-5 ใบ ซึ่งถือว่าเป็นปกติสำหรับต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรก (วราวุธ ชูธรรมธัช และคณะ, 2548) ขณะที่ขนาดความยาวของใบอ่อนที่สุดที่แผ่นใบคลี่ออกเต็มที่มีความยาวมากกว่า 18.1 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบผลการเติมโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหาร และที่ใช้ปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งธาตุอาหาร จะเห็นได้ว่า การเติมกากขี้แป้งในอัตรา 10 และ 30 กรัม/กิโลกรัมดินส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีการเติบโตได้ทัดเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีทั้งในด้านจำนวนใบ ความกว้างของใบ ความยาวของใบ ขนาดลำต้น และความสูง และดีกว่าการปลูกในดินซึ่งไม่เติมกากขี้แป้งหรือปุ๋ยเคมี

เป็นที่น่าสังเกตว่าการเติมกากขี้แป้งในอัตราที่สูงกว่า 30 กรัม/กิโลกรัมดิน ส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีการเติบโตที่น้อยกว่าดินที่ไม่เติมวัตถุใดๆ ลงไป ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าการเติมกากขี้แป้งในอัตราที่มากขึ้นส่งผลให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารที่ไม่สมดุล ดังจะเห็นได้ว่าฟอสฟอรัสในดินที่เติมกากขี้แป้งมีปริมาณมาก ขณะที่แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีมีปริมาณน้อย ซึ่งความเป็นประโยชน์ของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี นี้มักจะน้อยลงเมื่อดินมีปริมาณฟอสฟอรัสมากขึ้น ทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีโอกาสที่จะนำธาตุเหล่านี้ไปใช้ได้น้อยจึงส่งผลกระทบต่อการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน อีกทั้งการเติมกากขี้แป้งที่ส่งผลให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมก็อาจเป็นต้นเหตุที่ทำให้ธาตุอาหารในดินอยู่ในสภาพที่ไม่สมดุลได้เช่นเดียวกันโดยจะเห็นได้ว่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเติมกากขี้แป้งมีแนวโน้มอยู่ในช่วงที่ทำให้ฟอฟอรัสอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้มากขึ้น (ดินมีสภาพเปลี่ยนจากกรดเป็นกลางมากขึ้นเมื่อเติมกากขี้แป้งมากขึ้น)

นอกจากนี้ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่น่าจะมีผลกระทบโดยตรงต่อการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งสูงกว่า 30 กรัม/กิโลกรัมดิน ก็คือ ค่าการนำไฟฟ้า โดยจะเห็นได้ว่าดินที่เติมกากขี้แป้งในอัตรา 30 กรัม/กิโลกรัมดินขึ้นไป มีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 16 เดซิซีเมนต์/เมตร ซึ่งเป็นระดับที่มีความเค็มมาก พืชปกติโดยทั่วไปจะได้รับผลกระทบจากความเค็มในระดับนี้ จึงเป็นได้ที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งในอัตรา 30 กรัม/กิโลกรัมดิน ขึ้นไป จะได้รับผลกระทบจากความเค็มเช่นเดียวกัน โดยจะเห็นได้จากการที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มการเติบโตในด้านจำนวนใบ ความกว้างและความยาวใบ ความสูง และขนาดลำต้น ลดลง เมื่อเติมกากขี้แป้งในปริมาณที่มากขึ้น

4.3.2 สมบัติของดินเมื่อต้นกล้าอายุ 3 เดือน

เมื่อนำเมล็ดงอกลงปลูกในถุงเพาะชำซึ่งบรรจุดินตามตำรับทดลอง และดูแลรดน้ำเป็นระยะเวลา 3 เดือน หลังจากครบกำหนดทำการสุ่มตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ เพื่อประเมินสมบัติของดิน ผลการศึกษาเป็นดังนี้

ก. ความเป็นกรดเป็นด่าง

จากตารางที่ 4.12 พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 3 เดือนมีค่าสูงสุดในดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 90 กรัม/กิโลกรัมดิน (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.00) ต่ำสุดในดินที่เติมปุ๋ยเคมี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.40) ดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดินมีความเป็นกรดเป็นด่างไม่ต่างจากดินในดินเดิม (อยู่กลุ่มอักษร b เดียวกัน) แต่แตกต่างจากดินที่เติมปุ๋ยเคมีและ

ดินที่เติมกากขี้แป้งในอัตราอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 12.70*) โดยดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 30 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน มีความเป็นกรดเป็นด่างไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร c เดียวกัน)

จะเห็นได้ว่าการเติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน ทำให้ดินมีความเป็นกรดเป็นด่างค่อนข้างเป็นกรด (อยู่ในช่วง 6.0-6.5) ขณะที่การเติมกากขี้แป้งอัตราตั้งแต่ 30 กรัม/กิโลกรัมดินขึ้นไป ทำให้ดินมีความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.5-7.0

ข. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก

จากตารางที่ 4.12 พบว่า เมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 3 เดือน ดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 30 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกแตกต่างกันและแตกต่างจากดินเดิมและดินที่เติมปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 6395.73*) การเติมกากขี้แป้งในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ดินที่ปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันเป็นระยะเวลา 3 เดือนมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้น ตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการเติมกากขี้แป้งลงดินส่งเสริมให้ดินปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น

ค. ค่าการนำไฟฟ้า

จากตารางที่ 4.12 พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินเดิมและดินที่เติมปุ๋ยเคมีไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน) แต่แตกต่างจากดินที่เติมกากขี้แป้งอัตราต่างๆ โดยเมื่อเติมกากขี้แป้งในอัตราที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 2190.59*)

ง. อินทรียวัตถุ

จากตารางที่ 4.12 พบว่า ดินปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่เติมกากขี้แป้งทุกอัตรามีปริมาณอินทรียวัตถุที่ไม่แตกต่างกันและไม่แตกต่างจากดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมี (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน) แสดงให้เห็นว่าการเติมกากขี้แป้งในอัตราต่างๆ ไม่มีส่วนในการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน เมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุครบ 3 เดือน แม้ปริมาณการเติมกากขี้แป้งจะเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 สมบัติทางทางเคมีของดินเมื่อต้นกล้าอายุ 3 เดือน

ตำรับทดลอง	pH (1:1)	EC (dS/m)	CEC (1:5) (cmol/kg)	OM (%)
ดินเดิม	6.02[b]	2.04[a]	4.55[a]	2.12[a]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	5.40[a]	2.85[a]	6.34[b]	2.13[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	6.24[b]	6.65[b]	10.48[c]	2.14[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	6.85[c]	26.50[c]	14.94[d]	2.12[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	6.87[c]	48.77[d]	16.22[f]	2.13[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	6.94[c]	53.53[e]	15.71[e]	2.12[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	7.00[c]	57.63[f]	16.31[f]	2.13[a]
%CV	9.35	88.09	41.20	0.31
F-value	12.70*	2190.59*	6395.73*	.09[NS]

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3) NS หมายถึง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จ. ปริมาณธาตุอาหารหลัก

ปริมาณธาตุอาหารหลักในดินเมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 3 เดือน แสดงดังตารางที่ 4.13 พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 30 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน ไม่แตกต่างจากดินเดิม (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน) แต่แตกต่างจากดินเติมปุ๋ยเคมี อย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 4.69*) การเติมกากขี้แป้งด้วยอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน มีส่วนในการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนเช่นเดียวกับการเติมปุ๋ยเคมี ดังจะเห็นได้จากการที่ดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน มีปริมาณไนโตรเจนในดินไม่แตกต่างจากดินเติมปุ๋ยเคมี (อยู่กลุ่มอักษร c เดียวกัน) อย่างไรก็ตามดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน ก็ไม่ต่างจากดินเดิม ดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 50 กรัม/กิโลกรัมดิน และดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 50 กรัม/กิโลกรัมดิน โดยจะเห็นได้จากการอยู่กลุ่มอักษร b เดียวกัน

เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ จะเห็นได้ว่า การเติมกากขี้แป้งทุกอัตราส่งผลให้ดินปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น และแตกต่างจากดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ (F-value =

2453.69*) ขณะที่ดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมีมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน)

ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้นั้น พบว่า การเติมกากขี้แป้งทุกอัตราส่งผลให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 212.49*) เมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน) การเติมกากขี้แป้งอัตรา 10 30 และ 50 กรัม/กิโลกรัมดิน ทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน ถึงแม้จะมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นแต่ก็ไม่แตกต่างจากดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 50 กรัม/กิโลกรัมดิน ในทางสถิติ

ตารางที่ 4.13 ปริมาณธาตุอาหารหลักในดินเมื่อต้นกล้าอายุ 3 เดือน

ตำรับทดลอง	Total N (%)	P_2O_5 (mg/Kg)	K_2O (mg/Kg)
ดินเดิม	0.46^{ab}	25.89^{a}	100.0^{a}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	0.49^{c}	88.09^{a}	103.3^{a}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.48^{cb}	963.3^{b}	123.3^{b}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.44^{a}	8024.3^{c}	143.3^{c}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.46^{ab}	14024^{d}	243.3^{d}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.45^{a}	15647^{e}	246.7^{d}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.46^{ab}	17179^{f}	253.3^{d}
%CV	3.58	96.20	41.04
F-value	4.69*	2453.69*	212.49*

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉ. ปริมาณธาตุอาหารรอง

ปริมาณธาตุอาหารรองในดินเมื่อต้นกล้าอายุ 3 เดือน แสดงดังตารางที่ 4.14 พบว่า ตำรับทดลองต่างๆ มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 1603.0*) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีมากที่สุดในดินเดิม (ค่าเฉลี่ย 474.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) น้อยที่สุดในดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 90 กรัม/กิโลกรัมดิน ดินเติมกากขี้แป้งทุกอัตรามีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยกว่าดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมี และมีแนวโน้มลดลงอย่างเด่นชัดตามอัตราเติมกากขี้แป้งที่มากขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ จะเห็นได้ว่า ดินที่มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากที่สุดคือ ดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 90 กรัม/กิโลกรัมดิน น้อยที่สุด คือ ดินเติมปุ๋ยเคมี โดยที่ดินที่เติมปุ๋ยเคมีมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่แตกต่างจากดินเดิมเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน) ส่วนดินที่เติมกากขี้แป้งอัตราต่างๆ มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างกันและแตกต่างจากดินเติมปุ๋ยเคมีและดินเดิมอย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 5462.3*) และผลจากการทดลองชี้ชัดว่าการเติมกากขี้แป้งในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้น

ตารางที่ 4.14 ปริมาณธาตุอาหารรองในดินเมื่อต้นกล้าอายุ 3 เดือน

ตำรับทดลอง	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
ดินเดิม	474.0^{g}	196.7^{a}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	416.7^{f}	204.0^{a}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	377.0^{e}	713.0^{b}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	215.0^{d}	1302.3^{c}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	204.0^{c}	1418.0^{d}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	173.0^{b}	1462.3^{e}
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	151.3^{a}	1504.7^{f}
%CV	45.69	60.75
F-value	1603.02*	5462.31*

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ช. ปริมาณโลหะหนักที่เป็นธาตุจำเป็น

ปริมาณสังกะสีซึ่งเป็นโลหะหนักที่เป็นธาตุจำเป็นในดินเมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 3 เดือน แสดงดังตารางที่ 4.15 จะเห็นได้ว่า ปริมาณสังกะสีมากที่สุดในดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 90 กรัม/กิโลกรัมดิน (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.87 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) น้อยที่สุดในดินเติมปุ๋ยเคมี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) การเติมกากขี้แป้งในอัตราที่แตกต่างกันส่งผลให้ดินมีการสะสมปริมาณสังกะสีที่แตกต่างกัน และแตกต่างจากดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 4995.16*) โดยที่ปริมาณสังกะสีในดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมีไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน)

จะสังเกตได้ว่า ปริมาณสังกะสีเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น การเติมกากขี้แป้งในอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน ส่งผลให้ดินมีปริมาณสังกะสีใกล้เคียงกับดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมีมากที่สุด โดยมีค่ามากกว่าประมาณ 2 เท่า แสดงให้เห็นว่าตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน น่าจะเป็นตำรับทดลองที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีโอกาสได้รับผลกระทบจากปริมาณสังกะสีใกล้เคียงกับดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 4.15 ปริมาณโลหะหนักที่เป็นธาตุอาหารเสริมในดินเมื่อต้นกล้าอายุ 3 เดือน

ตำรับทดลอง	Zn (mg/kg)
ดินเดิม	0.37[a]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	0.60[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	1.00[c]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	1.57[d]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	2.45[e]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	3.59[f]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	3.69[g]
%CV	72.41
F-value	4995.14*
Sig.	.000

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ในภาพรวมสมบัติของดินเมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุครบ 3 เดือน มีลักษณะเป็นไปในทางเดียวกันกับดินเติมกากขี้แป้งที่ไม่ได้ปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน กล่าวคือ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียมและสังกะสีเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณไนโตรเจน เพิ่มขึ้นในบางตำรับทดลอง (ตำรับที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน) ปริมาณอินทรียวัตถุไม่เพิ่มขึ้น และปริมาณแคลเซียมลดลงเมื่อปริมาณกากขี้แป้งเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาแต่ละค่า จะเห็นได้ว่า ดินที่ปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (ข้อ 4.3.2) มีความเป็นกรดเป็นด่างที่สูงกว่าดินในการทดลองที่ไม่ได้ปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (ข้อ 4.2.2) ทั้งนี้เป็นเพราะดินที่ปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีปริมาณไฮโดรเจนไอออนลดลง ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการเข้าทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัส ขณะที่ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินที่เติมกากขี้แป้งและปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน มีค่าน้อยกว่าดินที่เติมกากขี้แป้งแต่ไม่ปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน แสดงให้เห็นว่าต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีการนำเอาธาตุอาหารไปใช้ สอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี ในดินทดลองปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่น้อยว่าดินทดลองที่ไม่ได้ปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ถึงแม้ว่า ภายหลัง 3 เดือน ดินปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันในแต่ละตำรับทดลองมีปริมาณไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี แตกต่างกัน แต่จะเห็นได้ว่า ดินที่เติมกากขี้แป้งในอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน มีปริมาณไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี ใกล้เคียงกับดินที่เติมปุ๋ยเคมีมากที่สุด

4.3.2 การดูดดึงธาตุอาหารจากดิน

การดูดดึงธาตุจากดิน พิจารณาจากการเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินจากผลการทดลองในหัวข้อ 4.2.2 และหัวข้อ 4.3.2 แล้วอนุมานผลต่างเป็นปริมาณธาตุอาหารที่ถูกดูดดึงไปจากดิน ซึ่งผลการทดลองเป็นดังนี้

ก. ธาตุอาหารหลัก

ปริมาณการดูดดึงธาตุอาหารหลักจากดินแสดงดังตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.9 พบว่า การดูดดึงธาตุไนโตรเจนจากดินไปใช้ในทุกตำรับทดลองไม่แตกต่างกัน (F-value = 2.50^{NS}) ขณะที่การดูดดึงฟอสฟอรัสพบว่า ในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน มีการดูดดึงฟอสฟอรัสจากดินแตกต่างจากตำรับที่เป็นดินเดิม และตำรับที่เติมปุ๋ยเคมี อีกทั้งแตกต่างจากตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 30 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน อย่างมีนัยสำคัญ (F-value =

61.36*) ขณะที่การดูดดึงฟอสฟอรัสจากดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมีไม่แตกต่างกัน (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน) ถึงแม้ว่าการดูดดึงฟอสฟอรัสจากดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 30 50 และ 70 จะเพิ่มขึ้นตามอัตราเติมกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น แต่ก็ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (อยู่กลุ่มอักษร c เดียวกัน) ส่วนการดูดดึงโพแทสเซียมจากดินนั้น พบว่า ในทุกตำรับที่เติมกากขี้แป้งมีการดูดดึงโพแทสเซียมจากดินไม่แตกต่างจากดินเดิม (อยู่กลุ่มอักษร a เดียวกัน) โดยมีปริมาณการดูดดึงโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 30.00 -43.33 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่แตกต่างจากการดูดดึงโพแทสเซียมจากดินเติมปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 4.67*)

ตารางที่ 4.16 การดูดดึงธาตุอาหารหลักจากดิน

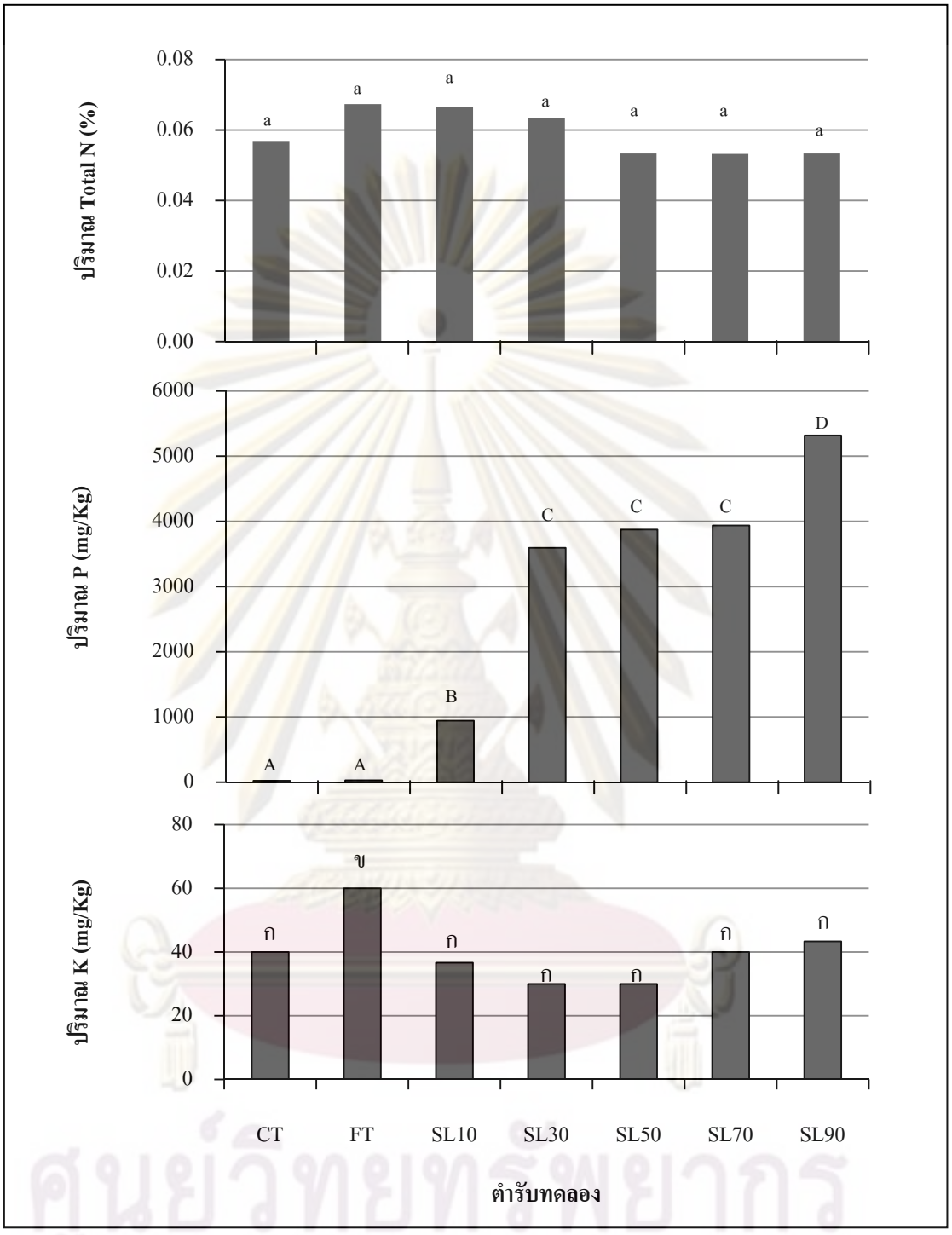
ตำรับทดลอง	Total N (%)	P_2O_5 (mg/kg)	K_2O (mg/kg)
ดินเดิม	0.06[a]	22.36[a]	40.00[a]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	0.07[a]	28.51[a]	60.00[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.07[a]	943.9[b]	36.67[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.06[a]	3593.9[c]	30.00[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.05[a]	3875.4[c]	30.00[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.05[a]	3938.2[c]	40.00[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.05[a]	5318.8[d]	43.33[a]
%CV	10.92	84.97	25.46
F-value	2.50[NS]	61.36*	4.67*

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3) NS หมายถึง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ : แท่งข้อมูลที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

CT = ดินเดิม
FT = ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี
SL10 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL30 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL50 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL70 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL90 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน

รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบการดูดดึงธาตุอาหารหลักจากดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. ธาตุอาหารรอง

ปริมาณการดูดดึงธาตุอาหารรองจากดิน แสดงดังตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.10 พบว่า ในดินเติมกากขี้แป้งอัตราต่างๆ มีการดูดดึงธาตุแคลเซียมไปใช้แตกต่างกัน และแตกต่างจากดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 92.76*) โดยการดูดดึงธาตุแคลเซียมไปใช้จะน้อยลงเมื่ออัตราเติมกากขี้แป้งสูงขึ้น เมื่อพิจารณาถึงการดูดดึงธาตุแมกนีเซียม จะเห็นได้ว่า ในดินเดิมมีการดูดดึงแมกนีเซียมไปใช้มากที่สุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 292.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ขณะที่ดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 90 กรัม/กิโลกรัมดิน มีการดูดดึงแมกนีเซียมไปใช้ได้น้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.67 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัม มีการดูดดึงแมกนีเซียมไปใช้ประโยชน์ไม่ต่างจากดินที่เติมปุ๋ยเคมีแต่แตกต่างจากดินเดิมโดยมีปริมาณการดูดดึงไปใช้ที่น้อยกว่า และแตกต่างจากดินเติมกากขี้แป้งอัตราอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 117.05*)

เป็นที่น่าสังเกตว่า การดูดดึงแมกนีเซียมของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน มีลักษณะคล้ายกับแคลเซียมคือ สามารถดูดดึงได้น้อยลงในดินที่เติมกากขี้แป้งมากขึ้น ดังนั้นการใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในอัตราเติมกากขี้แป้งที่สูงเกินไปอาจทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอจนส่งผลต่อการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้ และจะเห็นได้ว่า การเติมกากขี้แป้งในอัตรา 90 กรัม/กิโลกรัมดิน แม้จะมีการดูดดึงแมกนีเซียมไปใช้ไม่แตกต่างจากดินเดิม แต่ก็ทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันเติบโตได้ไม่ดีเท่ากับดินเดิม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

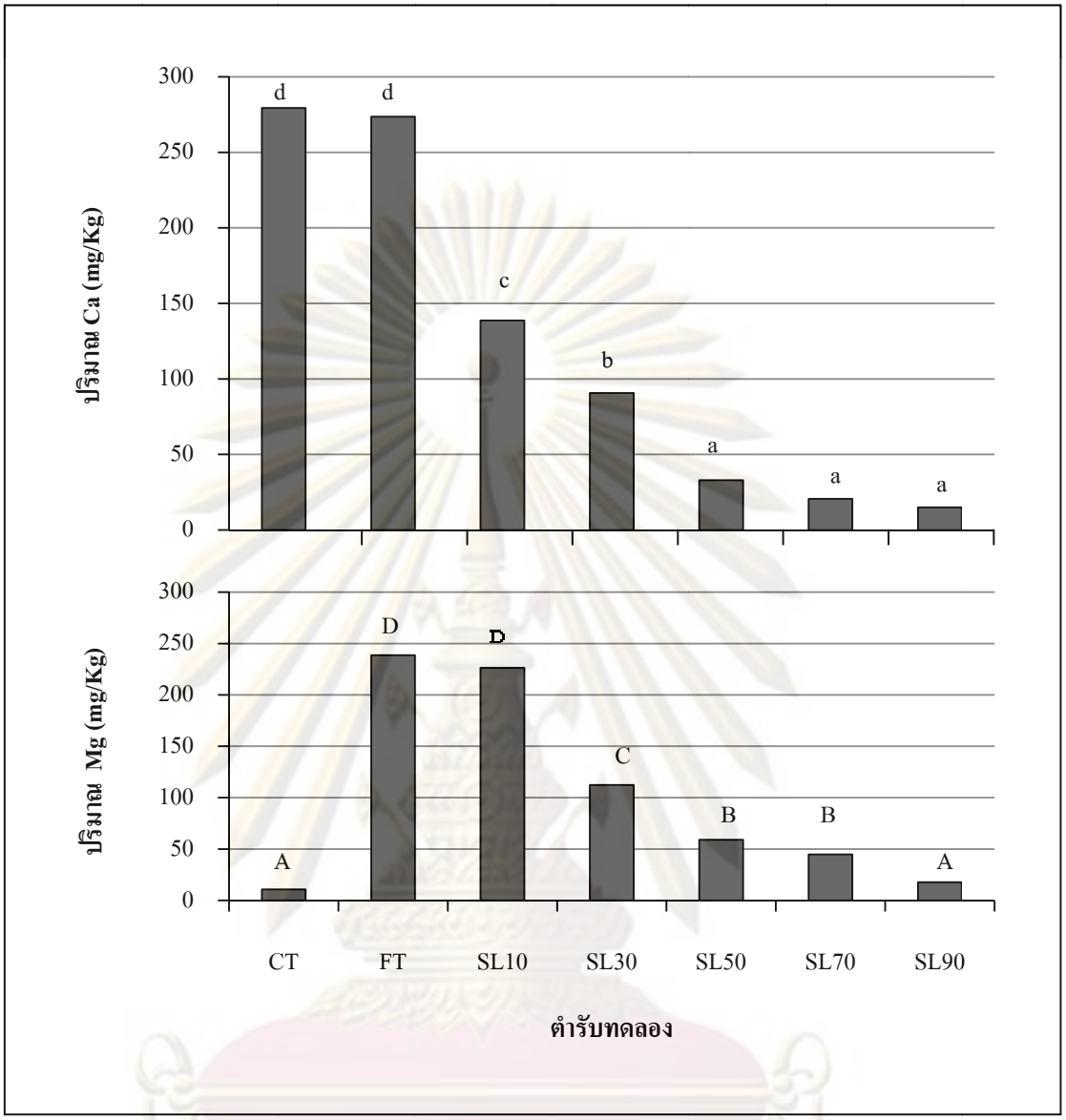
ตารางที่ 4.17 การดูดดึงธาตุอาหารรองจากดิน

ตำรับทดลอง	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
ดินเดิม	279.3[d]	10.67[a]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	273.7[d]	238.7[d]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	138.7[c]	226.3[d]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	90.7[b]	112.3[c]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	33.00[a]	59.00[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	20.67[a]	44.67[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	15.00[a]	17.67[a]
%CV	94.18	94.34
F-value	92.76*	117.05*

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ : แท่งข้อมูลที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

CT = ดินเดิม
FT = ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี
SL10 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL30 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL50 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL70 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL90 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน

รูปที่ 4.10 การดูดดึงธาตุอาหารรองจากดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. โลหะหนักที่เป็นธาตุจำเป็น

ปริมาณการดูดดึงสังกะสีซึ่งเป็นโลหะหนักที่เป็นธาตุจำเป็นจากดิน แสดงดังตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.11 พบว่า ในดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน มีการดูดดึงสังกะสีไปใช้ประโยชน์ไม่แตกต่างจากดินเดิมและดินเติมปุ๋ยเคมี แต่แตกต่างจากดินที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 30 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value =7.03*) ถึงแม้ว่าอัตราเติมกากขี้แป้งจะสูงขึ้นแต่การดูดดึงสังกะสีจากดินในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งกลับมีแนวโน้มลดลงและคงที่ในอัตราเติม 50 70 และ 90 กรัมต่อกิโลกรัมดิน

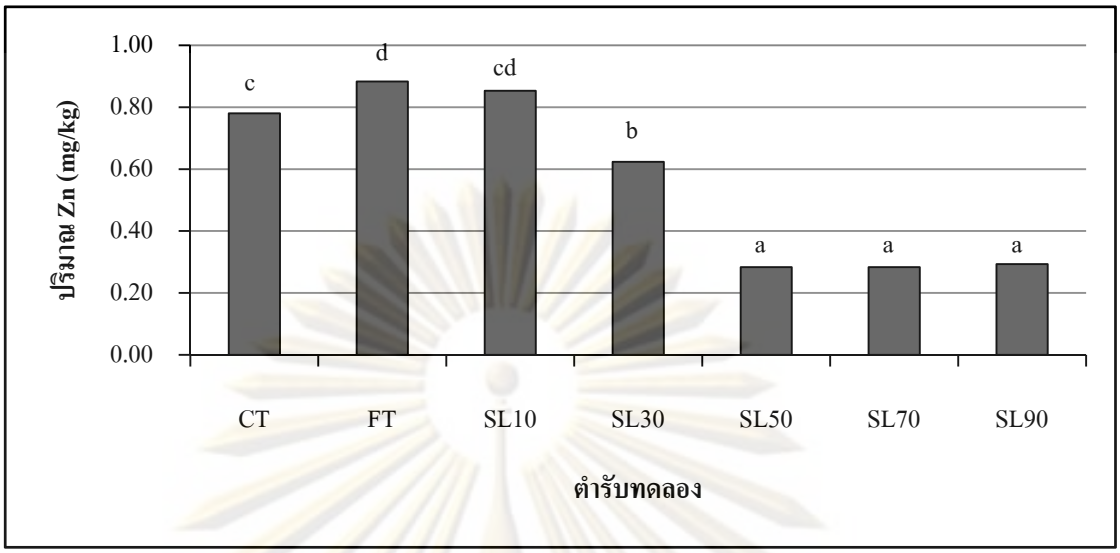
ตารางที่ 4.18 การดูดดึงโลหะหนักที่เป็นธาตุจำเป็น (สังกะสี) จากดิน

ตำรับทดลอง	Zn (mg/kg)
ดินเดิม	0.78[c]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	0.88[d]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.85[cd]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.62[b]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.28[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.28[a]
ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน	0.29[a]
%CV	48.79
F-value	7.03*

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ : แท่งข้อมูลที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

CT = ดินเดิม
FT = ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี
SL10 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL30 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL50 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL70 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL90 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน

รูปที่ 4.11 การดูดดึงโลหะหนักที่เป็นธาตุจำเป็น (สังกะสี) จากดิน

ในภาพรวมการดูดดึงธาตุอาหารจากดินไปใช้ประโยชน์ จะเห็นได้ว่าการดูดดึงไนโตรเจนจากดินในแต่ละตำรับทดลองไม่แตกต่างกัน เฉพาะตำรับที่เติมปุ๋ยเคมีเท่านั้นที่มีการดูดดึงโพแทสเซียมแตกต่างจากตำรับทดลองอื่นๆ ขณะที่การดูดดึงฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีจากดินแตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้นธาตุอาหารที่ถูกดูดดึงที่จะมีโอกาสกระทบต่อการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันก็คือ ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี โดยธาตุอาหารที่ถูกดูดดึงจากดินไปใช้ประโยชน์มากที่สุดคือฟอสฟอรัส และน้อยที่สุดคือสังกะสี ซึ่งการดูดดึงฟอสฟอรัสจากดินจะเพิ่มขึ้นตามอัตราเติมกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะในกากขี้แป้งมีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบปริมาณมาก (Sathyaseelan and George, 2006) อีกทั้งสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เพิ่มตามอัตราการเติมกากขี้แป้งก็ยังเอื้อต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปที่ละลายได้เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ในช่วง 6-7 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544) นอกจากนี้การที่ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีราไมคอไรซา (mycorrhizae) อยู่ที่ราก (Ng et al., 2009) จึงเป็นไปได้ที่จะมีส่วนช่วยให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันสามารถดูดดึงฟอสฟอรัสไปใช้ได้มาก เนื่องจากราไมคอไรซามีความสามารถในการส่งเสริมการดูดดึงฟอสฟอรัส (Mangel and Kirkby, 1982; ยงยุทธ โอสถสภา, 2552) ขณะที่การดูดดึงแคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีลดลงตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น การดูดดึงแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ลดลงนั้นอาจเป็นเพราะธรรมชาติของธาตุฟอสฟอรัส

จะช่วยส่งเสริมให้ต้นพืชดูดดึงโพแทสเซียมได้ดีขึ้น (ยงยุทธ โอสถสภา, 2552) ขณะที่ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นปฏิปักษ์กัน การดูดดึงแคลเซียมและแมกนีเซียมจากดินจึงน้อยลงในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งมากขึ้น อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกจะเห็นได้ว่าในดินที่เติมกากขี้แป้งในอัตราสูงจะมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง แต่อาจมีความอิ่มตัวด้วยแคลเซียม (degree of Ca saturation) และแมกนีเซียม (degree of Mg saturation) ต่ำจึงทำให้ดินมีการปลดปล่อยแคลเซียมและแมกนีเซียมออกมาให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันดูดดึงไปใช้ได้น้อย เนื่องจากดินที่มีความอิ่มตัวด้วยแคลเซียมหรือแมกนีเซียมต่ำจะมีการปลดปล่อยแคลเซียมหรือแมกนีเซียมได้น้อยกว่าดินที่มีความอิ่มตัวด้วยแคลเซียมหรือแมกนีเซียมสูง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548) ส่วนกรณีของการดูดดึงธาตุสังกะสีนั้น เมื่อเปรียบความเป็นกรดเป็นด่างของดินเมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุครบ 3 เดือน (ตารางที่ 4.12)จะพบว่าดินในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตราตั้งแต่ 30 กรัม/กิโลกรัมดิน ขึ้นไปมีความเป็นกรดเป็นด่างค่อนข้างเป็นกลาง (ความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.85-7.00) อาจเป็นได้ที่ความเป็นกรดเป็นด่างเอื้อต่อการเปลี่ยนรูปไปเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ของสังกะสีได้น้อย การดูดดึงธาตุสังกะสีของต้นกล้าปาล์มน้ำมันจึงลดลงในตำรับที่เติมกากขี้แป้งในอัตราตั้งแต่ 30 กรัม/กิโลกรัมดิน ขึ้นไป ทั้งนี้การดูดดึงสังกะสีเข้าสู่รากพืชจะเป็นไปได้ดีก็ต่อเมื่อปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินมีปริมาณมาก เนื่องจากสังกะสีสามารถเคลื่อนที่ในเนื้อเยื่อพืชได้ไม่ดีเท่าที่ควร (Mengle and Kirkby, 1982) นอกจากนี้ ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดินอาจเป็นต้นเหตุหนึ่งที่ทำให้การดูดดึงสังกะสีไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง เนื่องจากสังกะสีสามารถรวมตัวกับฟอสฟอรัสกลายเป็นสังกะสีฟอสเฟต ($Zn_3(PO_4)_2$) ตกตะกอนในดินและละลายออกมาเป็นประโยชน์ได้ยาก อีกทั้งฟอสฟอรัสเองก็สามารถเป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนย้ายของสังกะสีจากรากไปสู่ลำต้นและใบได้ (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) การดูดดึงสังกะสีจากดิน

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบการดูดดึงธาตุฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี ระหว่างต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ปลูกในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตราต่างๆ และตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยเคมี จะเห็นได้ว่าตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดินมีการดูดดึงฟอสฟอรัสแคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีใกล้เคียงกับตำรับที่เติมปุ๋ยเคมีมากกว่าตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งในอัตราอื่นๆ จึงเป็นไปได้ที่การเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ปลูกในดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน จะใกล้เคียงกัน ยืนยันได้จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.3.1

4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดดึงธาตุอาหารและการเติบโต

การที่จะกล่าวได้ว่าการเติมกากขี้แป้งในอัตราใดให้ผลดีที่สุดต่อการดูดดึงธาตุอาหารจากดินไปใช้นั้น จำเป็นต้องพิจารณาถึงภาพรวมการดูดดึงธาตุอาหารต่างๆ ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันประกอบกัน ซึ่งปาล์มน้ำมันก็เช่นเดียวกับพืชทั่วไปที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงเมื่อได้รับปัจจัยที่จำเป็นต่างๆ อย่างเหมาะสม โดยจากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบผลการเติบโตและลักษณะการดูดดึงธาตุอาหารจากดินที่ใช้ปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งธาตุอาหารก็พอจะอนุมานได้ว่าการเติมกากขี้แป้งในอัตราใดมีความเหมาะสมสำหรับต้นกล้าปาล์มน้ำมันมากที่สุด การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดดึงธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม และสังกะสี จากดินและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในด้านจำนวนใบ ความกว้างของใบ ความยาวของใบ ขนาดลำต้น และความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน จะช่วยยืนยันการเปรียบเทียบได้ชัดเจนขึ้น ผลการทดลองพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดดึงธาตุอาหารจากดินและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน เป็นดังนี้

ก. ไนโตรเจน

รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนที่ถูกดูดดึงกับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในด้านต่างๆ จะเห็นได้ว่าการดูดดึงไนโตรเจนไปใช้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนใบ ขนาดลำต้น และความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน โดยการดูดดึงไนโตรเจนไปใช้ที่มากขึ้นมีแนวโน้มส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีจำนวนใบ ขนาดลำต้น และความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาด้านความยาวใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน จะพบว่า การดูดดึงไนโตรเจนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความความยาวใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ใบที่ 2 ขณะที่ในด้านความกว้างใบ พบว่า การดูดดึงไนโตรเจนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความกว้างของใบที่ 2 เท่านั้น

ข. ฟอสฟอรัส

รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกดูดดึงไปใช้กับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในด้านต่างๆ จะเห็นได้ว่า การดูดดึงฟอสฟอรัสของต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ในด้านความยาวใบที่ 2 เท่านั้น โดยเมื่อปริมาณการดูดดึงฟอสฟอรัสเพิ่มมากขึ้นการเติบโตในด้านต่างๆ จะลดลง ส่วนการเติบโตด้านอื่นๆนั้นไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ที่ชัดเจนได้

ค. โพแทสเซียม

รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกดูดดึงไปใช้กับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในด้านต่างๆ จะเห็นได้ว่า ปริมาณการดูดดึงโพแทสเซียมไปใช้ไม่มีความสัมพันธ์กับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในทุกๆ ด้าน ($R^2 \leq 0.7$) ทั้งจำนวนใบ ขนาดความกว้างของใบ ขนาดความยาวของใบ ขนาดลำต้น และความสูง

ง. แมกนีเซียม

รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมกนีเซียมที่ถูกดูดดึงไปใช้กับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในด้านต่างๆ จะเห็นได้ว่า ปริมาณการดูดดึงแมกนีเซียมไปใช้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ในด้านจำนวนใบ และขนาดลำต้น โดยการดูดดึงเอาแมกนีเซียมไปใช้ได้มากขึ้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะทำให้จำนวนใบ และขนาดลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น

จ. แคลเซียม

รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่ถูกดูดดึงไปใช้กับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในด้านต่างๆ จะเห็นได้ว่า ปริมาณการดูดดึงแคลเซียมไปใช้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ในด้านความยาวของใบที่ 2 โดยการดูดดึงเอาแคลเซียมไปใช้ได้มากขึ้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะทำให้ขนาดความยาวของใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น

ฉ. สังกะสี

รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดดึงไปใช้กับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในด้านต่างๆ จะเห็นได้ว่าปริมาณการดูดดึงสังกะสีไปใช้มีความสัมพันธ์กับการเติบโตในด้านขนาดความกว้างใบและความยาวใบที่ 2 ขนาดลำต้น และความสูง โดยการดูดดึงไนโตรเจนไปใช้มากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดความกว้างและความยาวของใบที่ 2 ขนาดลำต้น และความสูง เพิ่มขึ้น

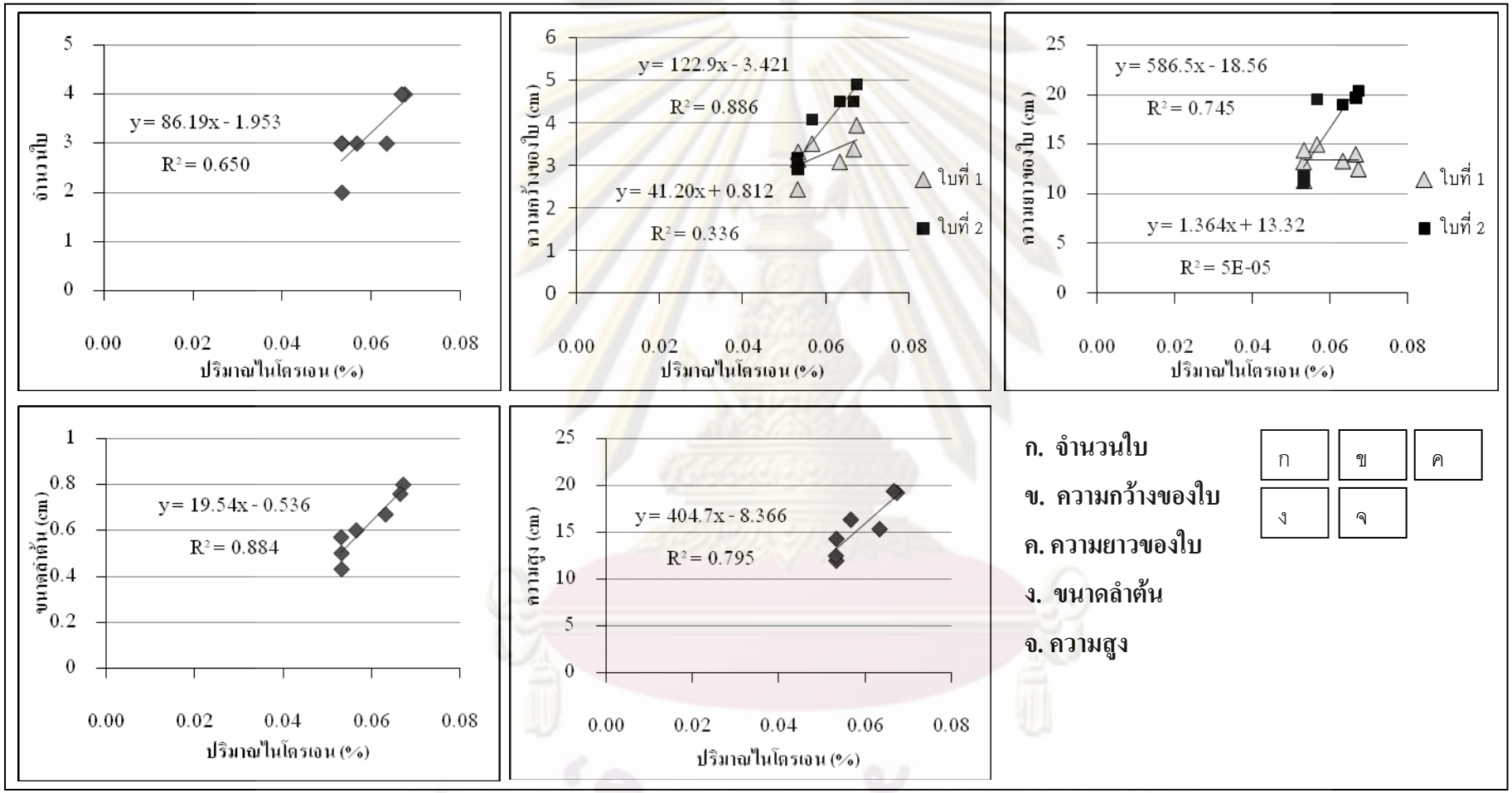
จากลักษณะความสัมพันธ์ของการดูดดึงธาตุอาหารและการเติบโต (ตารางที่ 4.19) จะเห็นได้ว่าธาตุไนโตรเจน แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับ

ต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ขณะที่ฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์ในทางลบกับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ตำรับทดลองที่มีการดูดดึงไนโตรเจน แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีไปใช้ได้มากต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะมีการเติบโตที่ดี และตำรับที่มีการดูดฟอสฟอรัสไปใช้มากต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะเติบโตได้น้อย

การที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับทดลองที่ดูดดึงฟอสฟอรัสไปใช้ได้มากมีการเติบโตได้น้อยนั้น อาจเป็นเพราะในดินมีปริมาณฟอสฟอรัสมากเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออัตราการเติมกากขี้แป้งสูงขึ้น ทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันดูดดึงฟอสฟอรัสไปใช้อย่างฟุ่มเฟือย (luxury consumption) และส่งผลต่อความสมดุลของธาตุอาหารที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันต้องการ โดยตำรับที่มีการดูดดึงฟอสฟอรัสไปใช้มากอาจขาดแคลนธาตุบางอย่างและส่งผลกระทบต่อการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548)

จากการทดลอง แม้อาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดแคลนธาตุอาหารจะไม่ปรากฏอย่างชัดเจน แต่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในตำรับทดลองที่มีการเติมกากขี้แป้งอัตรา 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีการเติบโตน้อยกว่าชุดควบคุม เป็นไปได้ว่าจะได้รับธาตุสังกะสี แคลเซียมและแมกนีเซียมไม่พอตามความต้องการ ทั้งนี้เพราะสังกะสี แคลเซียม และแมกนีเซียม ล้วนเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ในเนื้อเยื่อพืชได้ยาก (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) โดยที่การขาดแคลนสังกะสีน่าจะมีสาเหตุมาจากปริมาณฟอสฟอรัสที่มากเกินไปแล้วเหนี่ยวนำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันดูดดึงสังกะสีไปใช้ได้น้อย (Mengle and Kirkby, 1982) ส่วนการขาดแคลนแคลเซียมและแมกนีเซียมอาจมีสาเหตุมาจากการที่ฟอสฟอรัสส่งเสริมให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันดูดดึงโพแทสเซียมไปใช้ได้ดี ขณะที่โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมมีภาวะปฏิปักษ์ต่อกัน (antagonistic effect) ทำให้ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมไม่เพียงพอต่อการเติบโต (ยงยุทธ โอสถสภา, 2552) ผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีความสูงช้าลง ใบเล็ก แคบกว่าต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับสังกะสี แคลเซียม และแมกนีเซียมอย่างเพียงพอมากกว่า

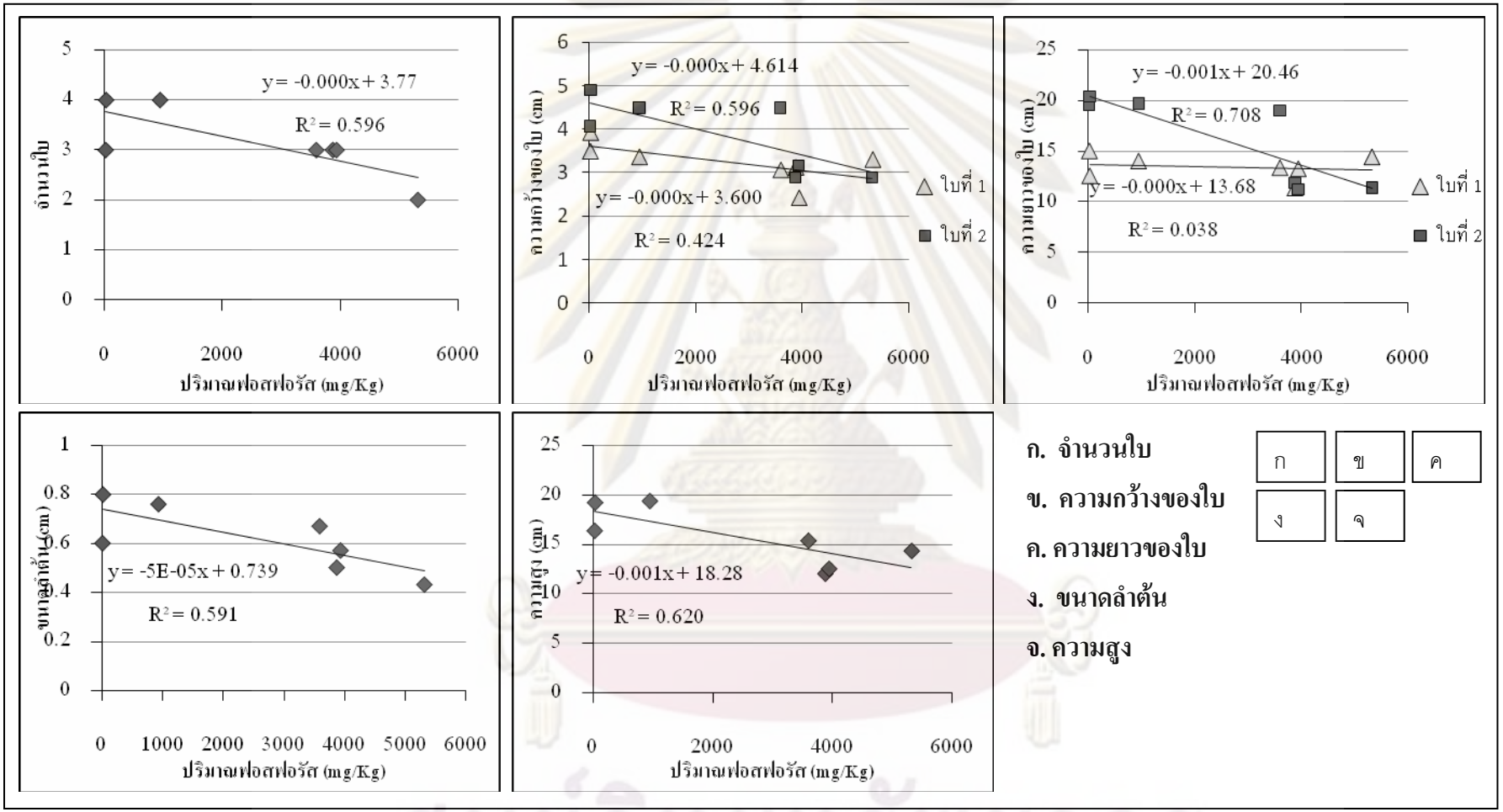
ดังนั้น จากข้อสรุปความสัมพันธ์ของการดูดดึงธาตุอาหารและการเติบโต น่าจะพอกล่าวได้ว่า การใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรกในอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัม ต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอและมีการเติบโตที่ดีเช่นเดียวกับการใช้ปุ๋ยเคมี



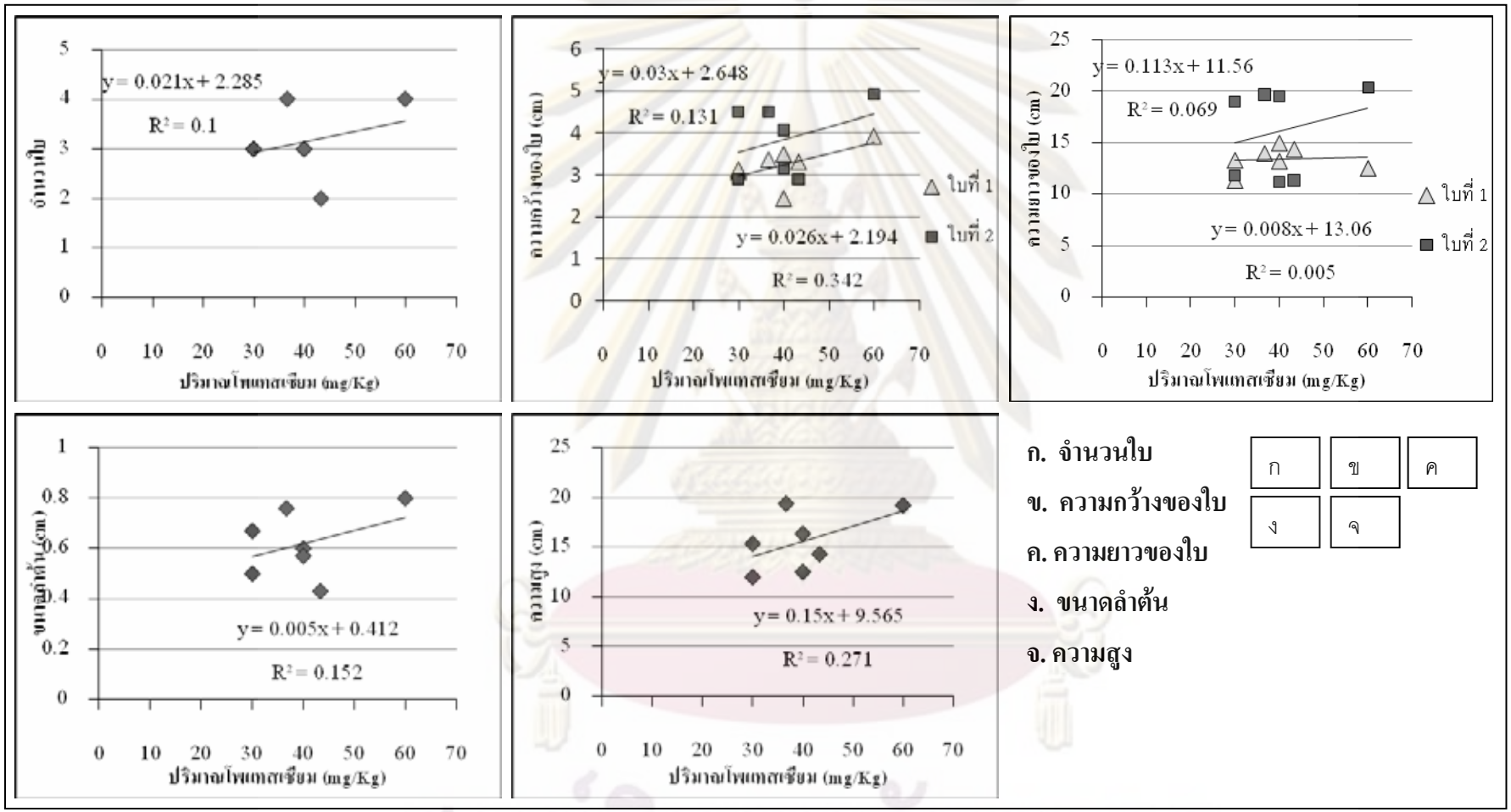
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุไนโตรเจนและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

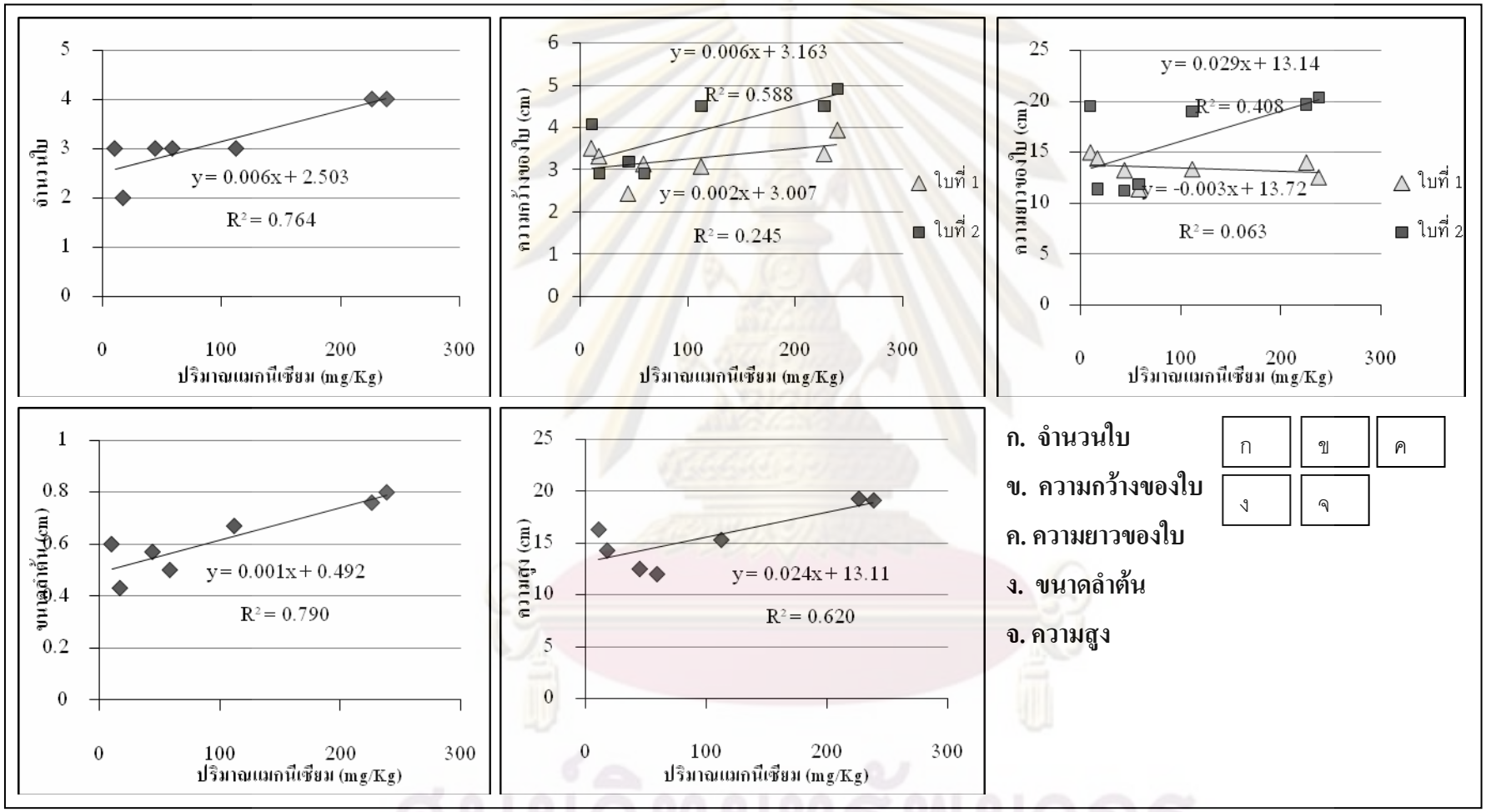


รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุฟอสฟอรัสและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน



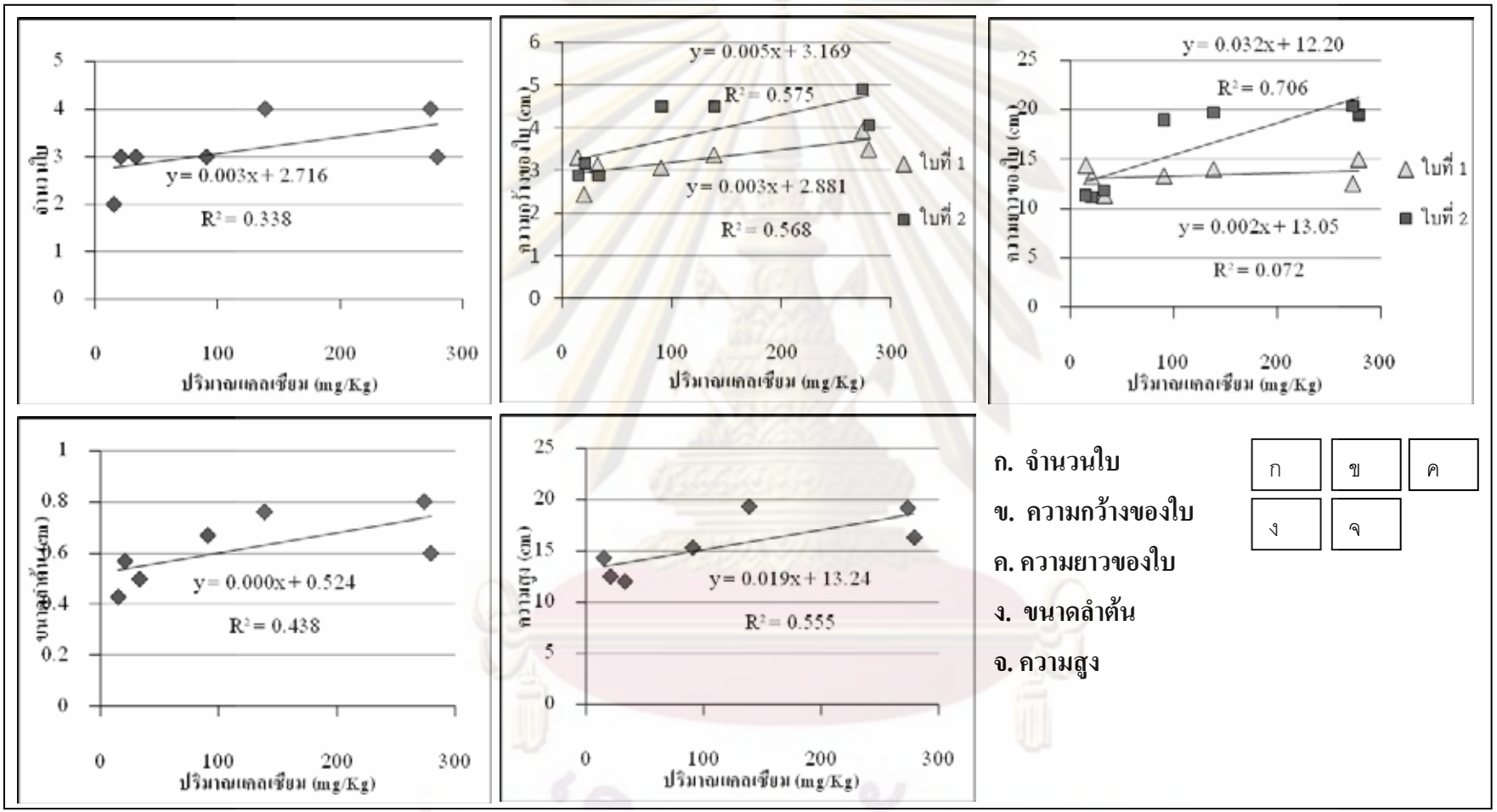
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุโพแทสเซียมและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



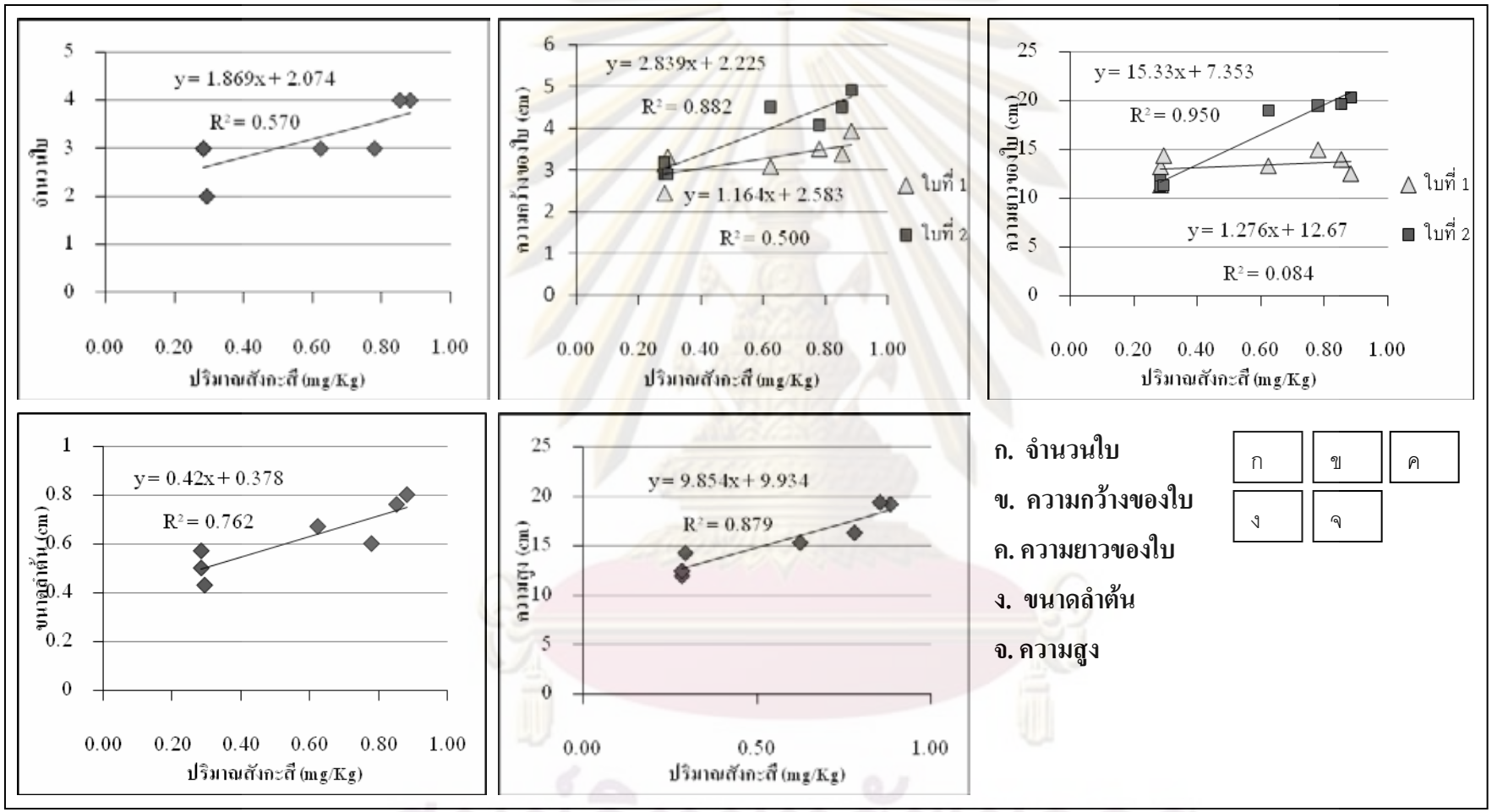
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุแมกนีเซียมและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุแคลเซียมและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุสังกะสีและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

93

ตารางที่ 4.19: สรุปความสัมพันธ์ระหว่างการดูดดึงธาตุอาหารจากดินและการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ธาตุอาหาร	จำนวนใบ (ใบ)	ความกว้าง (cm)		ความยาว (cm)		ความสูง (cm)	ขนาดลำต้น (cm)
		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 1	ใบที่ 2		
N	*	ns	*	ns	*	*	*
P	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
K	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mg	*	ns	ns	ns	ns	ns	*
Ca	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Zn	ns	ns	*	ns	*	*	*

หมายเหตุ * หมายถึง มีความสัมพันธ์เชิงบวก

** หมายถึง มีความสัมพันธ์เชิงลบ

ns หมายถึง ไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากลักษณะความสัมพันธ์ของการดูดดึงธาตุอาหารและการเติบโต จะเห็นได้ว่ามีเพียงฟอสฟอรัสเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์ในทางลบกับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ขณะที่ธาตุอื่นๆ มีความสัมพันธ์ในทางบวก ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะในดินมีปริมาณฟอสฟอรัสมากเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออัตราการเติมกากขี้แป้งสูงขึ้น ทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันดูดดึงฟอสฟอรัสไปใช้อย่างฟุ่มเฟือย (luxury consumption) และส่งผลต่อความสมดุลของธาตุอาหารที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันต้องการ ดำรับที่มีการดูดดึงฟอสฟอรัสไปใช้มากจึงอาจทำให้ขาดแคลนธาตุบางอย่างและทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันเติบโตได้น้อยกว่าดินเดิม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สมบัติทางเคมีของกากขี้แป้ง

กากขี้แป้งที่ใช้ในการทดลองมีศักยภาพเพียงพอที่จะเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับต้นกล้าปาล์มน้ำมัน โดยมีปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน (total N) ร้อยละ 4.3 ฟอสฟอรัส (P_2O_5) 100,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 7,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ธาตุอาหารรอง คือ แมกนีเซียม 89,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และธาตุอาหารเสริม คือ สังกะสี 113.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยที่ปริมาณสังกะสีในกากขี้แป้งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักในกากตะกอนที่นำมาใช้ในการเกษตรซึ่งกลุ่มประเทศยุโรปและแคนาดาได้กำหนดไว้ อีกทั้งมีความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 6.46 มีปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 2.2 และมีค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่ไม่เป็นปัญหาต่อการย่อยสลาย

5.1.2 การปลดปล่อยธาตุอาหารของกากขี้แป้งเมื่อเติมลงในดิน

5.1.2.1 สมบัติทางเคมีของดินก่อนเติมกากขี้แป้ง

ดินจากพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน ต.ท่าโรงช้าง อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี มีสมบัติทางเคมีที่ค่อนข้างเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน โดยมีความเป็นกรดเป็นด่าง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณธาตุอาหาร และความเสี่ยงจากการปนเปื้อนของสังกะสีไม่เป็นข้อจำกัดในการนำมาใช้ในการทดลอง ทั้งนี้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเท่ากับ 5.21 ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเท่ากับ 5.5 เซนติโมล/กิโลกรัม ค่าความสามารถในการนำไฟฟ้าเท่ากับ 20.5 เดซิซีเมนต์/เมตร อินทรียวัตถุร้อยละ 2.10 ปริมาณไนโตรเจน (Total N) ร้อยละ 0.57 ฟอสฟอรัส (P_2O_5) 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียม (K_2O) 140 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แมกนีเซียม 207 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แคลเซียม 763 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และสังกะสี 1.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

5.1.2.2 สมบัติทางเคมีของดินภายหลังการเติมกากขี้แป้ง

การเติมกากขี้แป้งส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยความเป็นกรดเป็นด่าง

เพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มทำให้ดินมีสภาพเป็นกลาง อีกทั้งยังอยู่ในช่วงที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันสามารถเติบโตได้ ขณะที่ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกที่เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าดินมีธาตุอาหารที่เป็นประจุบวกเพิ่มขึ้นแต่จะคงที่เมื่อเติมกากขี้แป้งอัตราตั้งแต่ 50 กรัม/กิโลกรัมดิน ขึ้นไป ขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นแปรผันตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้นและอาจมีผลกระทบต่อการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้โดยเฉพาะที่ปลูกในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งในอัตราสูงกว่า 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัมดิน

นอกจากนี้ การเติมกากขี้แป้งส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) โพแทสเซียม (K_2O) แมกนีเซียม และสังกะสี เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณอินทรียวัตถุ และไนโตรเจนไม่แตกต่างจากเดิม ขณะที่ปริมาณแคลเซียมลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น

5.1.2.3 การปลดปล่อยธาตุอาหาร

การปลดปล่อยไนโตรเจนของดินที่เติมกากขี้แป้งทุกตำรับมีปริมาณใกล้เคียงกันแม้อัตราเติมกากขี้แป้งแตกต่างกันและมีค่าน้อยกว่าปุ๋ยเคมี เป็นไปได้ที่การปลดปล่อยไนโตรเจนจะเกิดขึ้นได้มากในช่วงแรกของการทดลองและเกิดการสูญเสีย ทำให้ภายหลังการทดลองตรวจพบไนโตรเจนในปริมาณที่น้อยกว่าปุ๋ยเคมี ตรงข้ามกับการปลดปล่อยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของกากขี้แป้งที่พบว่าในตำรับที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 30 กรัม/กิโลกรัมดิน ขึ้นไปมีการปลดปล่อยสูงกว่าปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากกากขี้แป้งไม่ใช่แหล่งของแคลเซียม ดินที่เติมกากขี้แป้งจึงมีปริมาณแคลเซียมน้อยกว่าปุ๋ยเคมี ขณะที่ปริมาณการปลดปล่อยแมกนีเซียมพบว่ากากขี้แป้งทุกอัตรามีการปลดปล่อยแมกนีเซียมสูงกว่าปุ๋ยเคมี

เมื่อมองในภาพรวมอัตราเติมที่ปลดปล่อยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีได้ใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีมากที่สุด คือ อัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน

5.1.3 การเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเมื่อใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหาร

การเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเมื่อใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารสามารถสรุปได้ ดังนี้

5.1.3.1 การเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในแต่ละตำรับทดลองมีการเติบโตที่แตกต่างกัน แต่ในทุกตำรับทดลองไม่พบอาการยอดและใบบิดเบี้ยว (twisted shoot and twisted leaf) ใบม้วนย่น (crinkled leaf) ใบกิ่งกลางคอด (collante) ต้นแคะแกร็น (stunted leaf) ใบเรียวแคบ (narrow leaf) ใบคล้ายใบหญ้า (grass leaf) และใบด่าง (chimera) ซึ่งเป็นอาการผิดปกติที่มักเกิดขึ้นในต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรก

การใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารในอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน ส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีการเติบโตในด้านจำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความสูงของต้น ดีกว่าการใช้กากขี้แป้งในอัตรา 30 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน ดีกว่าการปลูกในดินในชุดควบคุม อีกทั้งยังเทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งธาตุอาหาร ขณะที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ปลูกโดยใช้กากขี้แป้งอัตรา 30 กรัม/กิโลกรัมดิน มีการเติบโตน้อยกว่าต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ปลูกโดยมีแหล่งของธาตุอาหารคือปุ๋ยเคมี แต่เทียบเท่าการปลูกในดินในชุดควบคุม ขณะที่การใช้กากขี้แป้งอัตรา 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดินส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีการเติบโตในด้านต่างๆ น้อยกว่าต้นกล้าที่ปลูกในดินในชุดควบคุม

5.1.3.2 สมบัติของดินเมื่อต้นกล้าอายุ 3 เดือน

เมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุครบ 3 เดือน ดินในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดินมีสภาพค่อนข้างเป็นกรดเช่นเดียวกับดินในชุดควบคุม แต่ดินในตำรับทดลองที่เติมกากขี้แป้งอัตรา 30 50 70 และ 90 กรัม/กิโลกรัมดิน มีสภาพเป็นกลาง

การเติมกากขี้แป้งเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้ดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณอินทรียวัตถุไม่เพิ่มขึ้นแม้อัตราการเติมกากขี้แป้งจะแตกต่างกัน

ดินเติมกากขี้แป้งมีปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียมและสังกะสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น ตรงข้ามกับแคลเซียมที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ไนโตรเจนมีปริมาณใกล้เคียงกันแม้อัตราการเติมกากขี้แป้งจะเพิ่มขึ้น

5.1.3.3 การดูดดึงธาตุอาหารของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

การดูดดึงธาตุไนโตรเจนของต้นกล้าปาล์มน้ำมันแต่ละตำรับทดลองไม่แตกต่างกัน ขณะที่การดูดดึงโพแทสเซียมของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเฉพาะตำรับที่เติมปุ๋ยเคมีเท่านั้นที่แตกต่างจากตำรับทดลองอื่นๆ ส่วนการดูดดึงฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยธาตุอาหารที่ถูกดูดดึงไปใช้มากที่สุดคือฟอสฟอรัส น้อยที่สุดคือสังกะสี

ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ปลูกในดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดินมีการดูดดึงธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีใกล้เคียงกับต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ปลูกในดินเติมปุ๋ยเคมีจึงเป็นได้ที่การเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ปลูกในดินเติมกากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน จะใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ปลูกในดินเติมปุ๋ยเคมี

5.1.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดดึงธาตุอาหารและการเติบโต

ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันโดยในตำรับทดลองที่มีการดูดดึงไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีไปใช้ได้มากต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะมีการเติบโตที่ดี ส่วนฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์ทางลบกับการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันโดยในตำรับทดลองที่มีการดูดดึงฟอสฟอรัสไปใช้มากจะเติบโตได้น้อย

กล่าวได้ว่า การใช้กากขี้แป้งอัตรา 10 กรัม/กิโลกรัมดิน เป็นแหล่งธาตุอาหารทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอและมีการเติบโตที่ดีเช่นเดียวกับการใช้ปุ๋ยเคมี

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 หากจะมีการศึกษาปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะช่วยให้สามารถอธิบายการดูดดึงธาตุอาหารไปใช้ได้ดียิ่งขึ้น

5.2.2 กากขี้แป้งที่ใช้ในการทดลองมีความผันแปรของปริมาณธาตุอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตของโรงงาน ฤดูกาล และอายุของกากขี้แป้ง ดังนั้นก่อนนำกากขี้แป้งมาใช้จำเป็นที่จะต้องมีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากขี้แป้งเพื่อให้สามารถใช้ได้อย่างเหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.3 ควรมีการศึกษาผลกระทบการใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหารต่อสมบัติของดินและการให้ผลผลิตของพืชในระยะยาวเพื่อให้สามารถวางแผนการใช้ประโยชน์กากขี้แป้งได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด

5.2.4 เนื่องจากกากขี้แป้งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงมาก และเมื่อนำไปใส่ในดินจะเกิดการสูญเสียได้น้อยกว่าไนโตรเจน ดังนั้นการนำกากขี้แป้งไปใช้ประโยชน์อาจพิจารณาในเชิงปุ๋ยฟอสฟอรัส

5.2.5 ควรมีการศึกษาการใช้ประโยชน์กากขี้แป้งกับปาล์มน้ำมันในระยะอื่นๆ

5.2.6 เนื่องจากกากขี้แป้งสามารถเพิ่มความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้สูงขึ้นได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาผลกระทบและการใช้ประโยชน์กากขี้แป้งเพื่อปรับปรุงดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกริกชัย ธนรักษ์. 2549. การประเมินความต้องการปุ๋ยของปาล์มน้ำมัน. ในเอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร การผลิตปาล์มน้ำมันตามระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP), หน้า 25- 42. 2 สิงหาคม 2549 ณ ห้องประชุมเอนกประสงค์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท.

เกริกชัย ธนรักษ์. 2552. เอกสารคำแนะนำ การใช้ปุ๋ยเคมีในสวนปาล์มน้ำมันอายุ 1-3 ปี.(สำเนา). ใน ฉลอง 36 ปี กรมวิชาการเกษตร มหกรรมวิชาการเกษตรภาคใต้ตอนบน, หน้า 1-14. 27-28 มิถุนายน 2552 ณ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ต.ท่าอุแท อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2548. แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมน้ำยางข้น. กรุงเทพมหานคร: ส่วนน้ำเสียอุตสาหกรรม สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จันทร์เรียง พลายละมูล, ชวเลิศ นวลโคกสูง และเสาวนีย์ ประจันศรี. 2547. เขตการใช้ที่ดินพืชเศรษฐกิจปาล์มน้ำมันรายพันธุ์. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม และประกิจ ทองคำ. 2547. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมัน (ระยะที่ 2). สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ชูจิต มามีวัฒนะ. 2532. การจัดการแปลงเพาะชำ. ใน ปาล์มน้ำมัน, หน้า 16-20. สุราษฎร์ธานี: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชูจิต มามีวัฒนะ, วัชรี บุญช่วย และชาย โฆรวิส. 2534. เปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ปลูกกล้าปาล์มน้ำมัน. ใน รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2534. หน้า 125-145. สุราษฎร์ธานี: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และสมเกียรติ สีสนอง. 2548. เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นาตยา เต็มราม. 2551. ความเป็นพิษของสังกะสีต่อหนอนแดงก่อนและหลังการกำจัดสังกะสีโดยจุลินทรีย์ในกากตะกอนจากอุตสาหกรรมน้ำยางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นฤเทพ บุญเรืองขาว. 2550. การติดตามตรวจสอบประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรมยางพาราในภาคใต้ตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 122 ตอนพิเศษ 109 ง (30 กันยายน 2548); หน้า 9-10.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 พ.ศ. 2547. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 121 ตอนพิเศษ 119 ง (20 ตุลาคม 2547); หน้า 170-181.

ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. 2549. ปาล์มน้ำมันพืชพลังงานที่ยั่งยืนแห่งอนาคต. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เพชรกะรัต.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เรวัต เลิศฤทัยโยธิน. 2547. ปาล์มน้ำมัน(oil palm). ใน คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, พืชเศรษฐกิจ, หน้า 252-271. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนที่ 7 ก (11 มกราคม 2551); หน้า 1-28.

พัฒนาที่ดิน, กรม. 2544. การใช้ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินเพื่อการปรับปรุงบำรุงดินและการใช้ปุ๋ย. กรุงเทพมหานคร: กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (soil fertility). กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. 2544. หลักปฏิบัติเพื่อป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา อุตสาหกรรมน้ำยางข้น อุตสาหกรรมยางแท่งมาตรฐาน เอส ทีอาร์ 20. กรุงเทพมหานคร: กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

วราวุธ ชูธรรมธัช และคนอื่นๆ. 2548. เอกสารคู่มือปาล์มน้ำมัน ชุดที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

วราศรี เถกประสิทธ์. 2543. การใช้ประโยชน์จากกากขี้แป้งทดสอบกับการปลูกหญ้าสนาม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วลัยพร ผ่อนผัน. 2547. การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในรูปสารบำรุงดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2536. อุตสาหกรรมการผลิตยางดิบ. ใน เอกสารวิชาการเรื่องยาง. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิชาการเกษตร, กรม. 2532. ปาล์มน้ำมัน. สุราษฎร์ธานี : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิชาการเกษตร, กรม. 2547. เอกสารวิชาการปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิชาการเกษตร, กรม. 2548. ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้ มาตรฐานและคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิภาพรรณ อุบล. 2550. การใช้ประโยชน์กากอินทรีย์จากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น แปรรูปสัตว์น้ำ และปาล์มน้ำมันในการเตรียมวัสดุปลูกหญ้าสนาม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศักดิ์ศิลป์ โชติสกุล, วินาภรณ์ กุฎีรัตน์ และกิจจารักษ์ วงษ์กุดเลาะ. 2541. เอกสารวิชาการเรื่องปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพฯ: กองส่งเสริมพืชไร่นา กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงาน. 2551 ก. รายงานผลการสำรวจปาล์มน้ำมันปี 2550. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงาน. 2551 ข. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงาน. 2551 ค. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศปี 2551. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. 2545 ก. ปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. 2545 ข. เอกสารวิชาการเรื่องปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 10. 2551. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพมหานคร: เอ็มนอว์ลิจ สแตรททิจิค เซ็นเตอร์.

สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ และคนอื่นๆ. 2545. รายงานโครงการวิจัยเรื่อง การตรวจสอบการจัดการของเสียของโรงงานน้ำยางข้น. สุราษฎร์ธานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์. 2551. รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์ การพัฒนาสู่ระดับอุตสาหกรรม เพื่อนำกากของเสียจากโรงงานนำยางข้นมาใช้ใหม่: กรณีศึกษาของกากขี้แป้ง. สุราษฎร์ธานี: คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาสุราษฎร์ธานี.

สุรกิตติ ศรีกุล, ภิญโญ มีเดช, วัชรี ศรีรักษา และคะนอง คลอดเพ็ง. 2542. เอกสารวิชาการเรื่อง การจัดการแปลงเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมัน. สุราษฎร์ธานี : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุรกิตติ ศรีกุล และภิญโญ มีเดช. 2541. การจัดการสวนปาล์มน้ำมันในภาคใต้. ใน เอกสารการสัมมนาวิชาการปาล์มน้ำมันแห่งชาติครั้งที่ 1. หน้า 111-138. 22-24 มิถุนายน 2541. ณ โรงแรมสยามธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี.

สุรเชษฐ์ ขวัญเมือง. 2549. ความรู้เกี่ยวกับการปลูกปาล์มน้ำมัน. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: สำนักพิมพ์เกษตรสาส์น.

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี. 2543. การผลิตยางธรรมชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. ปัตตานี: สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, วิไลรัตน์ชีวเศรษฐธรรม, ณัฐพงศ์ นิธิอุทัย และธนธรณ์ นวลปาน. 2547. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการเตรียมปุ๋ยเหลวจากกากขี้แป้งน้ำยางข้น. สงขลา: กลุ่มโครงการวิจัยย่อย วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อรรถ สมร่าง, ยุทธชัย อนุรักติพันธุ์, พงศ์ธร เพียรพิทักษ์, บุศรินทร์ แสวงลาภ และ ปิยวรรณ คงประเสริฐ. 2548. คำแนะนำการจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, สุธน ช่วยเกิด และสัตตะพงศ์ ชอบกตัญญู, 2552. การทดแทนปุ๋ยด้วยกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพื่อการเพาะชำต้นยางชำถุง. ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 47 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เล่มที่ 9 สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. หน้า 93-100.17-20 มีนาคม 2552. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.

อรุณี ยูวะนิยม. 2552. การจัดการแก้ไขปัญหาดินเค็ม. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.ldd.go.th/Lddwebsite/web_ord/Technical/HTML/Technical03001.html [2552, ธันวาคม 14]

อนุชิต จิโรจน์โชติชัย. กรรมการผู้จัดการบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็กซ์จำกัด . สัมภาษณ์, 3 กรกฎาคม 2552

เอกชัย พฤกษ์อำไพ. 2548. ปาล์มน้ำมัน. พิมพ์ครั้งแรก. กรุงเทพฯ: เพ็ท-แพล้นพับลิชชิง.

ภาษาอังกฤษ

Jones, B. J.. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRP Press, London.

Khalid, H., Zin, Z. Z. and Anderson, J. M.. 2000. Soil Nutrient Dynamics and Palm Growth Performance in Relation to Residue Management Practices Following Replanting of Oil Palm Plantations. Journal of Oil palm Research. 12 (2000): 25-45.

Kovutitikulrangsie, S., Nithi-U-thai, N., and Cheewasectham, W.. 2004. Study the properties of concentrated latex sludge for using as a fertilization. Proceeding of the 30th Congress on Science and Technology of Thailand. [Online] Available from : http://www.scisoc.or.th /stt/30/sec_e/paper/stt30_E0013.pdf. [2009, August 29]

Lundin, M., Olofsson, M., Pettersson, G. J. and Zetterlund, H.. 2004. Environmental and economic assessment of sewage sludge handling options. Resource, Conservation and Recycling 41(2004): 255-278.

Mengel, K. and Kirkby, E.A.. 1982. Principles of Plant Nutrition. 3th edition. Bern, Switzerland: International Potash Institute.

Moyin-jesu, E. I. and Charles, E. F.. 2003. Raising Oil Palm Seedlings in Urban Cities Using Sole and Amended Woodash and Sawdust Manurial Treatments. Pertanika J. Trop. Agric. Sci. 26 (2003): 19-25

Ng, S.K., von Uexküll, H. and Härdter, R.. 2009. Botanical Aspects of the Oil Palm Relevant to Crop Management. [Online] Available from: klonsawitagro.com/Botany%20of%20Oil%20 Palm.pdf [2009,August 14]

Niyomdecha, S., Chaisuksant, Y., Kowuttikulrangsi, S. and Prasertsongskul, S.. 2008. Phsical and chemical properties of concentrated latex sludge and agricultural organic residues to be utilized in preparation of soil amendments by effective microorganisms. In Science and Technology for Global Challenge, Proceedings of the 34th Congress on Science and Technology of Thailand. pp. 1-6, Bangkok. The Science Society of Thailand Under the Patronage of His Majesty the King.October 31-November 2, 2008.

Sathyaseelan, S. and George, S.. 2006. Latex Sludge-An Alternate Cheap Phosphorus Source in Crop Production. Proceeding of the 18th World Congress of Soil Science. [Online] 2006 Available from: http://crops.confex.com/crops/wc2006/techprogram/P11584.HTML. [2009, August 29]

Schouw, N. L., Tjell, J. C., Mosbaek, H. and Danteravanich, S.. 2002. Availability and quality of solid waste and wastewater in Southern Thailand and its potential use as fertilizer. Waste Manage Res 20 (2002): 332-340

Sharifuddin, H. A. H. and Zaharah, A. R. . 2009. Utilization of Organic Wastes and Natural Systems in Malaysian Agriculture. Serdang: University of Agriculture, Malaysia [Online] Available from: http://www.infrc.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/.../C1-4-010.pdf. [2009, August29].

Tarmizi, A. M. and Mohd Tayeb, D.. 2006. Nutrient Demandes of Tenera Oil Palm Planted on Island Soil of Malaysia. Journal of Oil Palm Research 18 (June 2006): 204-209

Tekasakul, P. and Tekasakul, S.. 2006. Environmental Problem Related to Natural Rubber Production in Thailand. J.Aerosol Res 21(2006 (2)): 122-129

von Uexküll, H. R. and Fairhurst, T. H. 1991. Fertilizing for High Yield and Quality "The Oil Palm". Translated by Nilnond C. and Onthong, J.. Songkhla : Songklanakarin University.

Webber, M.D., Kloke, A., and Tjell, J. Chr.. 1984. A Review of Current Sludge Use Guideline for The Control of Heavy Metal Contamination in Soils. In P. L, Hermite, and H. Ott (eds.), Processing and Use of Sewage Sludge . pp.371-385. Holland: D. Reidal Publishing Company.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ผลวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.1 ผลวิเคราะห์ดินการทดลองธาตุอาหารในดินที่มีการเติมกากขี้แป้ง

ตำรับ	pH	EC (dS/m)	CEC (cmol/Kg)	OM (%)	N (%)	P (mg/Kg)	K (mg/Kg)	Ca (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
C1R1	5.07	2.28	5.63	2.11	0.54	50	130	718	200	1.15
C1R2	5.00	2.26	5.66	2.14	0.52	49.13	140	794	210	1.14
C1R3	4.94	2.34	5.61	2.13	0.48	45.63	150	748	212	1.17
C2R1	4.43	8.88	7.70	2.12	0.57	118.5	180	651	438	1.49
C2R2	4.33	7.11	7.78	2.13	0.55	104.2	160	702	423	1.48
C2R3	4.24	7.95	7.20	2.13	0.55	127.2	150	718	467	1.47
C3R1	5.13	6.93	13.10	2.14	0.55	1957	150	503	944	1.84
C3R2	5.10	7.21	13.08	2.13	0.54	1876	150	512	936	1.87
C3R3	5.13	7.05	13.27	2.13	0.55	1888	180	532	938	1.86
C4R1	5.79	34.85	16.00	2.14	0.51	11743	170	333	1387	2.19
C4R2	5.66	37.3	16.10	2.15	0.50	11767	170	305	1416	2.22
C4R3	5.57	39.4	16.20	2.15	0.51	11345	180	279	1441	2.18
C5R1	6.09	49.4	16.77	2.14	0.50	18311	270	242	1482	2.82
C5R2	6.08	51.3	16.58	2.13	0.51	17675	280	235	1479	2.64
C5R3	5.96	50.3	16.25	2.11	0.52	17714	270	234	1470	2.73
C6R1	6.65	56.8	16.57	2.11	0.52	19612	300	206	1508.	3.76
C6R2	6.58	56.1.	16.72	2.14	0.50	19723	290	185	1499	3.93
C6R3	6.67	54.2	16.55	2.13	0.49	19421	270	190	1514	3.94
C7R1	6.88	60.8	16.70	2.12	0.52	22291	300	162	1519	3.94
C7R2	6.84	59.4	16.50	2.14	0.52	23534	290	170	1519	3.97
C7R3	6.85	59.9	16.67	2.14	0.51	21670	300	167	1529	4.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.2 ผลวิเคราะห์ดินการทดลองการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรกเมื่อใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหาร

ตำรับ	pH	EC (dS/m)	CEC (cmol/Kg)	OM (%)	N (%)	P (mg/Kg)	K (mg/Kg)	Ca (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
T1R1	6.15	2.05	4.50	2.11	0.47	29.13	100	469	197.	0.38
T1R2	6.33	2.06	4.51	2.13	0.47	26.21	90	479	195	0.36
T1R3	5.59	2.02	4.65	2.12	0.43	22.33	110	474	198	0.38
T2R1	4.83	3.07	6.43	2.13	0.51	88.35	110	411	216	0.59
T2R2	5.92	2.89	6.37	2.14	0.48	78.83	100	422	201	0.58
T2R3	5.45	2.6	6.21	2.12	0.48	97.09	100	417	195	0.62
T3R1	6.62	6.48	10.32	2.14	0.48	917	110	365	696	0.98
T3R2	6.03	6.63	10.48	2.13	0.48	973	120	379	713	1.02
T3R3	6.06	6.85	10.63	2.14	0.48	999	140	387	730	1.01
T4R1	6.96	26.0	15.11	2.11	0.45	8757	140	213	1276	1.57
T4R2	6.75	25.8	14.76	2.11	0.44	7563	140	217	1298	1.59
T4R3	6.83	27.7	14.95	2.14	0.44	7752	150	215	1333	1.56
T5R1	6.81	47.8	16.21	2.14	0.45	14024	240	209	1409	2.48
T5R2	6.96	50.9	16.19	2.11	0.45	14117	250	201	1418	2.45
T5R3	6.85	47.6	16.25	2.14	0.47	13932.	240	202	1427	2.41
T6R1	6.84	53.5	15.71	2.11	0.46	15485	250	176	1463	3.56
T6R2	6.96	53.2	15.64	2.13	0.45	15476	250	170	1465	3.59
T6R3	7.01	53.9	15.79	2.12	0.44	15981	240	173	1459	3.63
T7R1	6.85	56.6	16.31	2.12	0.47	17160	250	147	1503	3.63
T7R2	7.15	58.8	16.31	2.13	0.47	17199	260	153	1502	3.69
T7R3	6.99	57.5	16.30	2.14	0.45	17180	250	154	1509	3.76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

รหัสและความหมายของรหัสในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.3 รหัสและความหมายของรหัสในการทดลอง

รหัสหมวด C	คำอธิบาย	รหัสหมวด T	หมายเหตุ
C1R1	ตำรับที่ 1 ซ้ำแรก	T1R1	ตำรับที่ 1 ซ้ำแรก
C1R2	ตำรับที่ 1 ซ้ำที่ 2	T1R2	ตำรับที่ 1 ซ้ำที่ 2
C1R3	ตำรับที่ 1 ซ้ำที่ 3	T1R3	ตำรับที่ 1 ซ้ำที่ 3
C2R1	ตำรับที่ 2 ซ้ำแรก	T2R1	ตำรับที่ 2 ซ้ำแรก
C2R2	ตำรับที่ 2 ซ้ำที่ 2	T2R2	ตำรับที่ 2 ซ้ำที่ 2
C2R3	ตำรับที่ 2 ซ้ำที่ 3	T2R3	ตำรับที่ 2 ซ้ำที่ 3
C3R1	ตำรับที่ 3 ซ้ำแรก	T3R1	ตำรับที่ 3 ซ้ำแรก
C3R2	ตำรับที่ 3 ซ้ำที่ 2	T3R2	ตำรับที่ 3 ซ้ำที่ 2
C3R3	ตำรับที่ 3 ซ้ำที่ 3	T3R3	ตำรับที่ 3 ซ้ำที่ 3
C4R1	ตำรับที่ 4 ซ้ำแรก	T4R1	ตำรับที่ 4 ซ้ำแรก
C4R2	ตำรับที่ 4 ซ้ำที่ 2	T4R2	ตำรับที่ 4 ซ้ำที่ 2
C4R3	ตำรับที่ 4 ซ้ำที่ 3	T4R3	ตำรับที่ 4 ซ้ำที่ 3
C5R1	ตำรับที่ 5 ซ้ำแรก	T5R1	ตำรับที่ 5 ซ้ำแรก
C5R2	ตำรับที่ 5 ซ้ำที่ 2	T5R2	ตำรับที่ 5 ซ้ำที่ 2
C5R3	ตำรับที่ 5 ซ้ำที่ 3	T5R3	ตำรับที่ 5 ซ้ำที่ 3
C6R1	ตำรับที่ 6 ซ้ำแรก	T6R1	ตำรับที่ 6 ซ้ำแรก
C6R2	ตำรับที่ 6 ซ้ำที่ 2	T6R2	ตำรับที่ 6 ซ้ำที่ 2
C6R3	ตำรับที่ 6 ซ้ำที่ 3	T6R3	ตำรับที่ 6 ซ้ำที่ 3
C7R1	ตำรับที่ 7 ซ้ำแรก	T7R1	ตำรับที่ 7 ซ้ำแรก
C7R2	ตำรับที่ 7 ซ้ำที่ 2	T7R2	ตำรับที่ 7 ซ้ำที่ 2
C7R3	ตำรับที่ 7 ซ้ำที่ 3	T7R3	ตำรับที่ 7 ซ้ำที่ 3

หมายเหตุ หมวด C ใช้ในการทดลองธาตุอาหารในดินที่มีการเติมกากขี้แป้ง

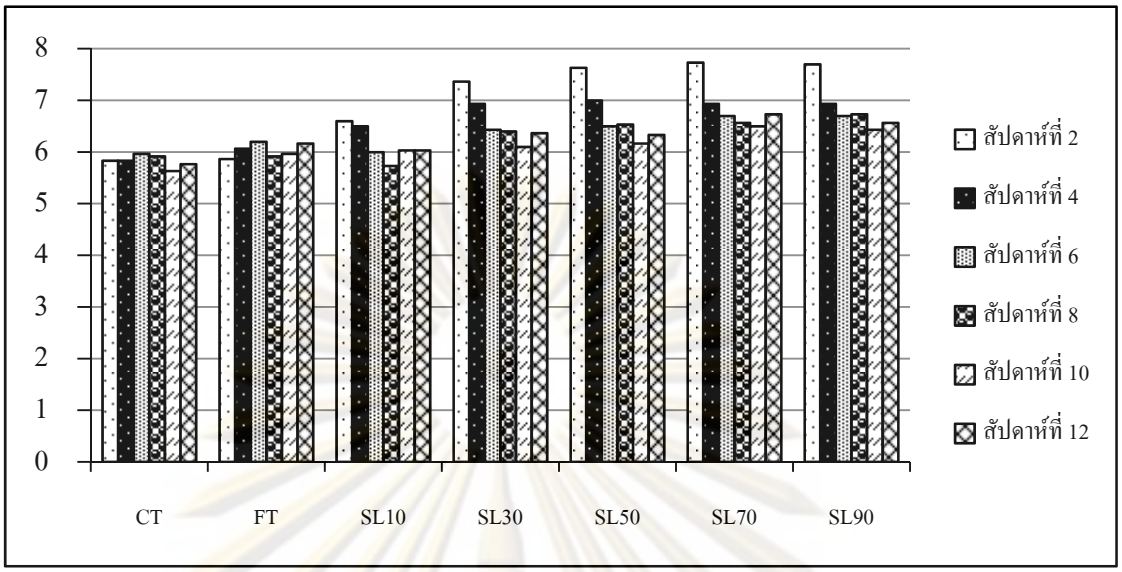
หมวด T ใช้ในการทดลองการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรกเมื่อใช้กากขี้แป้งเป็นแหล่งธาตุอาหาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

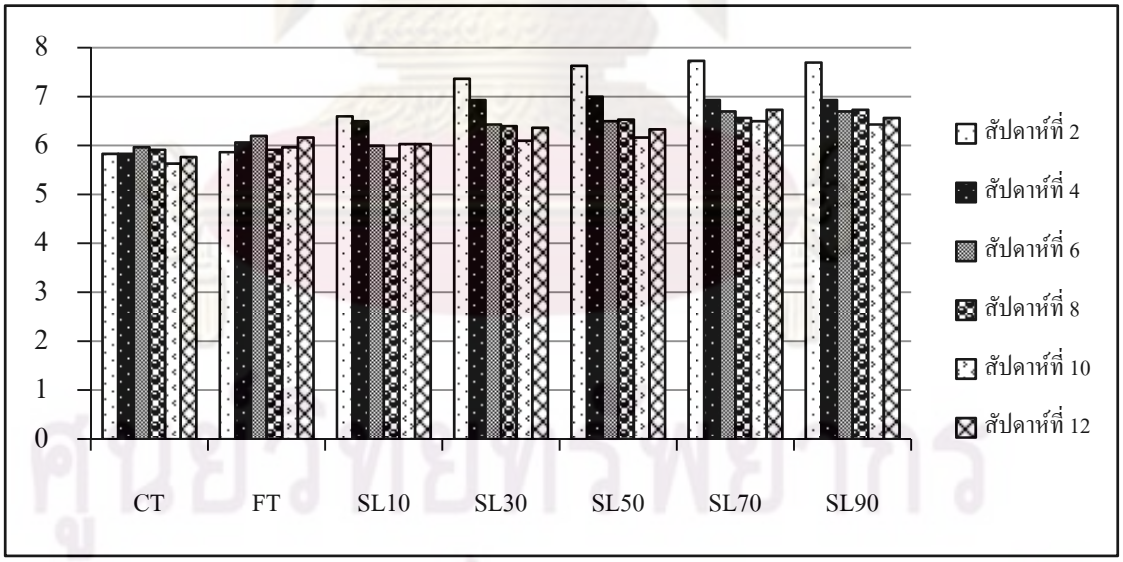
ความเป็นกรดเป็นด่างของดินในหน่วยทดลองและบันทึกความผิดปกติของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ CT = ดินเดิม FT = ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี
SL10 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน SL30 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL50 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน SL70 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL90 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน

รูปที่ ผ.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเติมกากขี้แป้ง (ไม่ปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน)



หมายเหตุ CT = ดินเดิม FT = ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี
SL10 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 10 กรัม/กิโลกรัมดิน SL30 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 30 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL50 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 50 กรัม/กิโลกรัมดิน SL70 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 70 กรัม/กิโลกรัมดิน
SL90 = ดินเดิม + กากขี้แป้ง 90 กรัม/กิโลกรัมดิน

รูปที่ ผ.2 ความเป็นกรดเป็นด่างของดินปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ ผ.4 บันทึกความผิดปกติของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในหน่วยทดลองเมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุครบ 3 เดือน

รหัส	อาการผิดปกติ						
	ยอดและใบบิดเบี้ยว	ใบม้วนห่อ	ใบกึ่งกลางขอด	ต้นและเกรน	ใบเรียวเล็ก	ใบคล้ายใบหญ้า	ใบด่าง
T1R1	×	×	×	×	×	×	×
T1R2	×	×	×	×	×	×	×
T1R3	×	×	×	×	×	×	×
T2R1	×	×	×	×	×	×	×
T2R2	×	×	×	×	×	×	×
T2R3	×	×	×	×	×	×	×
T3R1	×	×	×	×	×	×	×
T3R2	×	×	×	×	×	×	×
T3R3	×	×	×	×	×	×	×
T4R1	×	×	×	×	×	×	×
T4R2	×	×	×	×	×	×	×
T4R3	×	×	×	×	×	×	×
T5R1	×	×	×	×	×	×	×
T5R2	×	×	×	×	×	×	×
T5R3	×	×	×	×	×	×	×
T6R1	×	×	×	×	×	×	×
T6R2	×	×	×	×	×	×	×
T6R3	×	×	×	×	×	×	×
T7R1	×	×	×	×	×	×	×
T7R2	×	×	×	×	×	×	×
T7R3	×	×	×	×	×	×	×

หมายเหตุ ✓ หมายถึง มีอาการผิดปกติ

× หมายถึง ไม่มีอาการผิดปกติ

ภาคผนวก ง

ข้อมูล เกณฑ์ และมาตรฐานต่างๆ ที่ใช้ในการอภิปรายผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.5 เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของกากขี้แป้ง

สมบัติ	วลัยพร ผ่อนผัน (2547)	เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี และคณะ (2547)	Sathyaseelan and George(2006)	วิภาพรรณ อุบล (2550)	นฤเทพ บุญเรืองขาว (2550)	Niyomdecha และคณะ (2008)	สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ (2551)	อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ และคณะ (2552)
pH	7.89	7.38-7.74	6.49	N/A	N/A	7.27-9.36	8.56	8.31
OM	21.64	N/A	6.05	N/A	N/A	N/A	N/A	23.76
N (Total N)	28160.14 mg/kg	3.31 %	N/A	1.01-2.26 %	1.44 %	3.38-3.70 %	2.31 %	1.18 %
K (K_2O)	1785.09 %	1.01 %	N/A	0.55-0.72 %	0.63 %	0.64-1.56 %	1.51 %	1398 mg/kg
P (P_2O_5)	30400.87 mg/kg	14.69 %	35.98 %	26.31-46.79 %	33.48 %	11.32-15.79 %	19.41 %	15702.13 mg/kg
Ca	N/A	0.03 %	N/A	N/A	N/A	N/A	1.88 %	N/A
Mg	N/A	12.24 %	6.86 %	N/A	N/A	5.44-14.34 %	5.24 %	0.20 cmol/kg
Zn	84.00 mg/kg	0.63 %	N/A	N/A	0.29 %	0.16-0.51 %	1.05 %	N/A
Al	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.35	N/A
Si	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.61	N/A
S	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.85	N/A
Rb	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.26	N/A

117

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.6 ปริมาณสังกะสี (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) สูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ในกากตะกอนที่จะใช้เพื่อการเกษตร (ดัดแปลงจาก Webber et al., 1984)

ประเทศ	ปริมาณสังกะสี (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
เบลเยี่ยม	2,000
แคนาดา	1,850
ฟินแลนด์	5,000
ฝรั่งเศส	3,000
เยอรมัน	3,000
เนเธอร์แลนด์	2,000
นอร์เวย์	3,000
สวีเดน	10,000
สวิสเซอร์แลนด์	1,000
กลุ่มประชาคมยุโรป	3,000
ช่วงของทุกประเทศ	1,000-10,000

ตารางที่ ผ.7 ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

ระดับ	ค่าของ pH
< 4.5	กรดรุนแรง
4.5 – 5.4	กรดจัด
5.5 – 6.4	กรดปานกลาง
6.5 – 6.9	กรดเล็กน้อย
7	กลาง
> 7	ด่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.8 ค่าการนำไฟฟ้าและระดับความเค็มของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

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

ตารางที่ ผ.9 ระดับความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินตามมาตรฐานสากล (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

ระดับ	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cmol/kg)
ต่ำมาก	<3.0
ต่ำ	3.0-5.0
ค่อนข้างต่ำ	5.0-10.0
ปานกลาง	10.0-15.0
ค่อนข้างสูง	15.0-20.0
สูง	20.0-30.0
สูงมาก	>30.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.10 ระดับอินทรียวัตถุในดินตามมาตรฐานสากล (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

ระดับ	อินทรียวัตถุ (%)
ต่ำมาก	<0.5
ต่ำ	0.5 - 1.0
ค่อนข้างต่ำ	1.0 – 1.5
ปานกลาง	1.5 – 2.5
ค่อนข้างสูง	2.5 – 3.5
สูง	3.5 - 4.5
สูงมาก	>4.5

ตารางที่ ผ.11 ชั้นมาตรฐานของสังกะสีในดินที่เป็นประโยชน์ (ดัดแปลงจาก Jones, 2001)

ระดับ	ปริมาณสังกะสี (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
ต่ำมาก	น้อยกว่า 0.5
ต่ำ	0.5 - 1.0
ปานกลาง	1.1 - 3.0
สูง	3.1 - 6.0
สูงมาก	มากกว่า 6.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ภาพงานวิทยานิพนธ์บางส่วน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1	2
3	4
5	6

1 กากขี้แป้งสด

2 การตากกากขี้แป้ง

3 และ 4 การทุบร่อนกากขี้แป้ง

5 และ 6 กากขี้แป้งที่ผ่านการทุบร่อน

รูปที่ ผ.3 การเตรียมกากขี้แป้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1	2
3	4
5	6

1 และ 2 กากขี้แป้งสด

3 และ 4 การตากกากขี้แป้ง

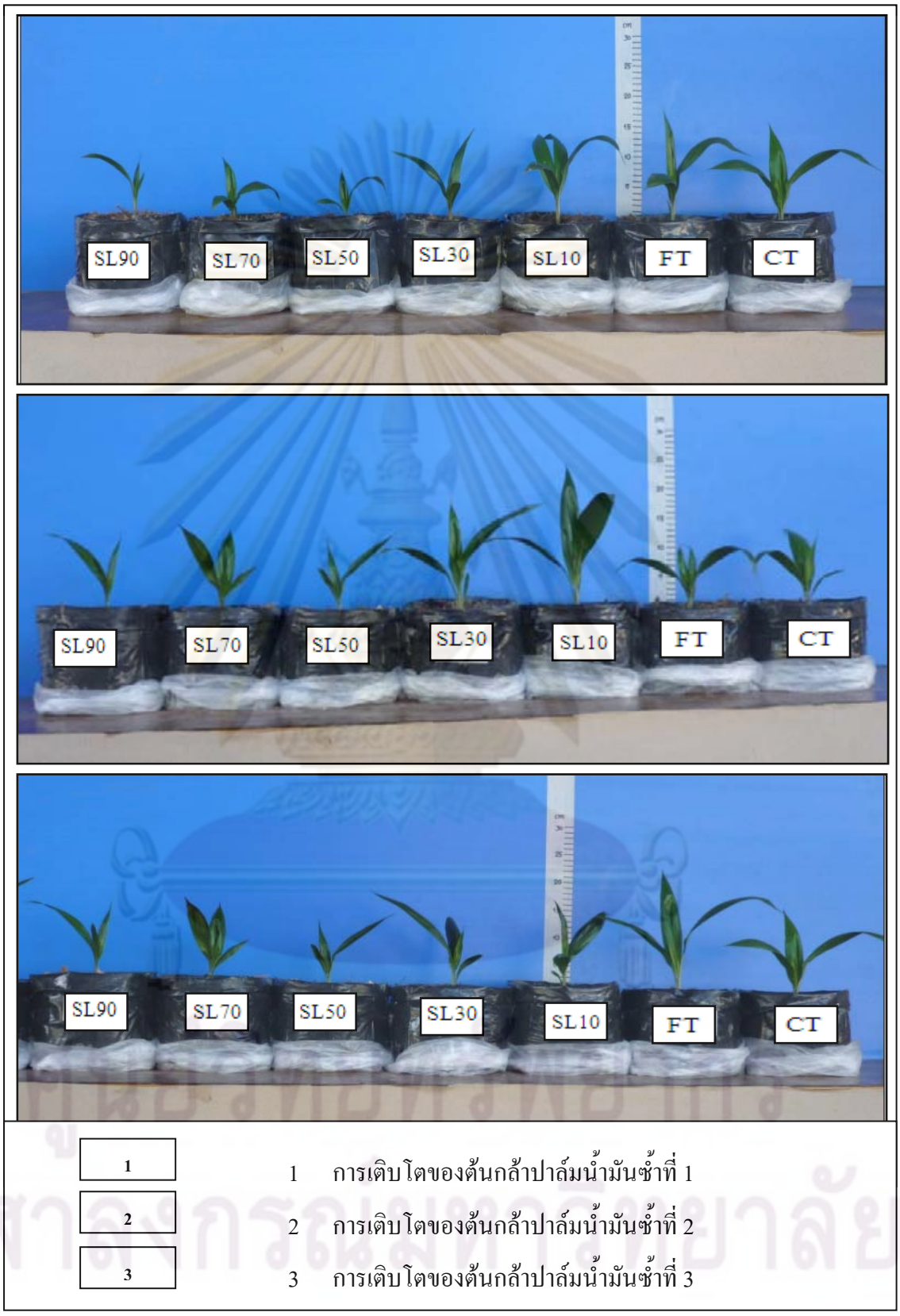
5 การทุบร่อนกากขี้แป้ง

6 กากขี้แป้งที่ผ่านการทุบร่อน

รูปที่ ผ.4 การเตรียมดินสำหรับการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ผ.5 การเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันและการดูแลรักษา



รูปที่ ผ.6 การเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันแต่ละตำรับการทดลอง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายคณาวุฒิ อินทร์แก้ว เกิดเมื่อวันที่ 26 สิงหาคม 2527 ที่จังหวัดศรีสะเกษ สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จากโรงเรียนบ้านขะยูง จังหวัดศรีสะเกษ ในปี พ.ศ. 2540 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จังหวัดศรีสะเกษ ในปี พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จังหวัดศรีสะเกษ ในปี พ.ศ. 2545 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ในปี พ.ศ. 2549 และเข้าทำงานในตำแหน่งเจ้าหน้าที่บริหารงานวิจัย สถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จนถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2551

ในปีการศึกษา 2551 ได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย