รายงานการวิจัย

การศึกษาผลของการใช้เครื่องหว่านปุ๋ยชนิดต่อพ่วงกับแทรกเตอร์ในแปลงปาล์มน้ำมัน

The study of fertilizer broadcasting by pulled type fertilizer spreader in oil palm plantation.

โดย

นายพงษ์ศักดิ์ กฤตยพรพงศ์

นายจรัสชัย เย็นพยับ

RCH
S
693.5
W16 A5

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 67469
วัน,เดือน,ปี 19 S.A. 2549

.b 11672572
.i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2548

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลของการใช้เครื่องหว่านปุ๋ยชนิดต่อพ่วงกับแทรกเตอร์ในแปลงปาล์มน้ำมัน

บทคัดย่อ

เครื่องหว่านปุ๋ยด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ชนิดลากจูงด้วยแทรกเตอร์ ได้ออกแบบเพื่อลดปัญหาค่าแรงงาน และลดความยากลำบากของเกษตรกรในการหว่านปุ๋ยในสวนปาล์ม ส่วนประกอบที่สำคัญมี 3 ส่วนคือ

1) ถังบรรจุปุ๋ย แบ่งเป็น 4 ถังย่อย สำหรับปุ๋ย 5 ชนิดคือ ยูเรีย ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ และคีเซอไรต์ผสมกับโบแรกซ์2) ชุดอุปกรณ์กำหนดจำนวนปุ๋ย จำนวน 4 ชุด สำหรับปุ๋ยแต่ละชนิด3) ชุดจานเหวี่ยงมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 เซนติเมตร มีครีบติดตั้งที่จานเหวี่ยง จำนวน 4 ใบ โดยที่อุปกรณ์กำหนดจำนวนปุ๋ย ทั้ง 4 ชุดจะลำเลียงปุ๋ยลงมาสู่จานเหวี่ยงและถูกเหวี่ยงออกไปพร้อมกันที่ความเร็วรอบ 1,500-1,600 รอบต่อนาที

จากการทดลอง พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถหว่านปุ๋ยที่มีลักษณะเป็นเม็ดเช่นยูเรียและไดแอมโมเนียมฟอสเฟตในปริมาณที่ใกล้เคียงกับอัตราแนะนำการใส่ปุ๋ยปาล์มน้ำมัน และมีรูปแบบของการกระจายตัวสม่ำเสมอปานกลาง ส่วนปุ๋ยที่มีลักษณะเป็นผงเช่นคีเซอไรต์และบอแรกซ์ยังมีอัตราการหว่านที่ต่ำกว่าอัตราแนะนำเนื่องจากเกิดการขัดข้องของการไหลได้ง่าย และมีการกระจายตัวไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The study of fertilizer broadcasting by pulled type fertilizer spreader in oil palm plantation.

Abstract

The pulled type centrifugal spreader was designed to reduce the problem of wage and drudgery of fertilizer broadcasting in oil palm plantation.Three major components of the prototype included

1) the 350 kg fertilizer hopper that was separate into 4 container for 5 fertilizer included Urea, Di-ammonium phosphate, potash and kieserite mixed with Borax.

2) the 4 metering devices for each fertilizer

3) the 38centimeter in diameter centrifugal disk with 4 blades.

The fertilizer falled from metering devices to the centrifugal disk were spreaded out together to the ground at 1,500-1,600 rpm of disk speed. At 105 rpm of metering devices speed, it was found that the prototype could distribute granular fertilizer as Urea and Di -ammonium phosphate, nearly recomended rate at moderate uniformity,but the dust form fertilizer as kieserite mixed with Borax were discharge at lower than the recommended rate because ease of clogging.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี เพราะได้รับการช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือจากหลายฝ่าย ประกอบด้วยนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรได้แก่นาย อภิชาต ฉลาดดี นาย พัฒนสรรค์ เรืองพจนาปกรณ์ และนาย ปรีชา เทียนทองที่ให้ความช่วยเหลือในการสร้างเครื่องจักรต้นแบบและเก็บผลการทดลอง ตลอดทั้งคณะอาจารย์จากสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร วิทยาเขตชุมพร ที่ให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

คณะวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
1.4 วิธีการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คิดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของปาล์มน้ำมัน	4
2.2 การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน	5
2.3 การจัดการปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมัน	7
2.4 การจัดการปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมันในกรณีที่เกิดปัญหารุนแรง	7
2.5 ตารางแสดงปริมาณปุ๋ยตามช่วงอายุ	11
2.6 การใส่ปุ๋ย	14
2.7 เครื่องจักรกลทางการเกษตรที่ใช้ในการใส่ปุ๋ย	16
2.8 หลักการทำงานของเครื่องหว่านปุ๋ย	21
2.9 ทฤษฎีของถังบรรจุปุ๋ย (Hopper)	23
2.10 ทฤษฎีของจานเหวี่ยงหนีศูนย์	24
2.11 หลักการในการทดสอบประสิทธิภาพ	27
2.12 เครื่องหว่านที่ใช้ในงานทางด้านการเกษตร	28
บทที่ 3 การออกแบบและสร้าง	29
3.1 การออกแบบชุดเครื่องหว่านปุ๋ยในสวนปาล์ม	29
บทที่ 4 ส่วนประกอบและอุปกรณ์การทดลอง	40
4.1 การทดสอบหาความเร็วรอบและขนาดช่องเปิดที่เหมาะสมของ Metering device	40
4.2 การทดลองหาการกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่สมมาตรกับแกนอ้างอิง	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่มุม 150^0ครั้งที่3 80
ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่มุม 180^0ครั้งที่1 81
ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่มุม 180^0ครั้งที่2 82
ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่มุม 180^0ครั้งที่3 83
ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 1
ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง 6.5 ซม. 84
ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 2
ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง 6.5 ซม. 85
ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 3
ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง 6.5 ซม. 86
ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 1
ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง 12.75 ซม. 87
ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 2
ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง 12.75 ซม. 88
ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 3
ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง 12.75 ซม. 89
ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 1
ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง 19 ซม. 90
ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 2
ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง 19 ซม. 91
ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 3
ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง 19 ซม. 92
ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องหว่านปุ๋ย (ยูเรีย) 93
ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องหว่านปุ๋ย (DAP) 94
ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องหว่านปุ๋ย (KCl) 95
ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องหว่านปุ๋ย (Mg + B) 96
ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องหว่านปุ๋ย (รวมปุ๋ยทุกชนิด) 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การทดสอบหาค่ามุม θ ที่เหมาะสม	50
4.4 การทดลองหาตำแหน่งตกของปุ๋ยบนจานเหวี่ยงที่เหมาะสม	54
4.5 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องหว่านปุ๋ยต้นแบบ	57
4.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	62
4.7 การคำนวณหาต้นทุนการใช้งานของเครื่องหว่านปุ๋ย	63
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	66
5.1 สรุปการศึกษาผลของการใช้เครื่องหว่านปุ๋ย ชนิดลากจูงด้วยแทรคเตอร์ในแปลงปาล์มน้ำมัน	66
5.2 ปัญหาที่พบ	68
5.3 ข้อเสนอแนะ	69
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก	71
ภาคผนวก ก. ตารางผลการทดลอง	72
ภาคผนวก ค. แบบชิ้นส่วนของเครื่องหว่านปุ๋ย	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ปริมาณการผลิตน้ำมันพืชสำคัญของโลก 1

ตารางที่ 2.2 ตารางธาตุอาหารสะสมในช่วงการเจริญเติบโต 9 ปีแรก 7

ตารางที่ 2.3 การใส่ปุ๋ยผสมหรือปุ๋ยสูตรตามอายุพืช ความแห้งแล้ง และชนิดของดิน 11

ตารางที่ 2.4 การใส่ปุ๋ยเดี่ยว (N,PหรือK) ตามอายุพืช ความแห้งแล้งและชนิดของดิน 11

ตารางที่ 2.5 การใส่ปุ๋ยคีเซอร์ไรต์และโบแรกซ์ตามอายุพืช 12

ตารางที่ 2.6 ตารางการใส่ปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 1-3 ปี 12

ตารางที่ 2.7 ตารางการใส่ปุ๋ยสำหรับปาล์มที่โตเต็มที่แล้ว(อายุ 4-8 ปี) 13

ตารางที่ 2.8 ตารางการใส่ปุ๋ยสำหรับปาล์มที่มีอายุ 9 ปี หรือมากกว่า (กก./ต้น/ปี) 14

ตารางที่ 2.9 ข้อมูลการใส่ปุ๋ยสำหรับปาล์มจากงานวิจัย 14

ตารางที่ 3.1 ปริมาณความต้องการธาตุอาหารของต้นปาล์ม 30

ตารางที่ 3.2 ปริมาณการใส่ปุ๋ยต่อไร่ 31

ตารางที่ 3.3 มุมของความเสียดทาน 34

ตารางที่ 3.4 ระยะส่งเม็ดปุ๋ยที่ความเร็วจานเหวี่ยง 1,500 รอบต่อนาที 39

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง ปุ๋ยยูเรีย 42

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต 43

ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกผลการทดลอง โพแทสเซียมคลอไรด์ 44

ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกผลการทดลอง คีเซอร์ไรด์ผสมโบแรกซ์ 45

ตารางที่ 4.5 ขนาดช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง 46

ตารางที่ 4.6 แสดงสัมประสิทธิ์การกระจายตัวที่มุม 90,120,150 และ 180 องศา 54

ตารางที่ 4.7 สัมประสิทธิ์การกระจายตัวของปุ๋ยจากการแปรผันระยะตกตามแนวรัศมี 55

ตารางที่ 4.8 การปรับขนาดช่องเปิดที่ความเร็วรอบ Metering device105 รอบ/นาที 57

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบปริมาณปุ๋ยที่หว่านด้วยเครื่องจักรกับความต้องการของปาล์ม 59

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่มุม 90^0ครั้งที่ 1 72

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่มุม 90^0ครั้งที่ 2 73

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่มุม 90^0ครั้งที่ 3 74

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่มุม 120^0ครั้งที่1 75

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่มุม 120^0ครั้งที่2 76

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่มุม 120^0ครั้งที่3 77

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่มุม 150^0ครั้งที่1 78

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่มุม 150^0ครั้งที่2 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.2 การกระจายของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 2
รูปที่ 2.1 ระบบราก 5
รูปที่ 2.2 ลักษณะการจัดผังปลูก 6
รูปที่ 2.3 เครื่องหว่านปุ๋ยแบบต่าง ๆ 17
รูปที่ 2.4 รูปแบบการกระจายตัว 17
รูปที่ 2.5 กลไกแบบเกลียวนำปุ๋ย 18
รูปที่ 2.6 กลไกแบบโซ่เลื่อน 18
รูปที่ 2.7 กลไกแบบสายพานเลื่อน 19
รูปที่ 2.8 กลไกแบบแผ่นเลื่อน 19
รูปที่ 2.9 กลไกแบบลูกกลิ้งเซาะร่อง 19
รูปที่ 2.10 กลไกแบบจานหมุน 20
รูปที่ 2.11 กลไกแบบเฟืองดาว 20
รูปที่ 2.12 กลไกแบบแผ่นเลื่อนและเกลียวนำปุ๋ย 20
รูปที่ 2.13 เครื่องหว่านปุ๋ยแบบท่อเหวี่ยง 21
รูปที่ 2.14 การแล่นให้มีระยะเหลื่อม 22
รูปที่ 2.15 การไหลของวัสดุเม็ดออกจากถัง 23
รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ของรูปแบบการไหลกับความเสียดทาน 23
รูปที่ 2.17 อุปกรณ์สำหรับหามุมกองของวัสดุ 24
รูปที่ 2.18 ลักษณะของจานเหวี่ยง 24
รูปที่ 2.19 การทดสอบรูปแบบการกระจายตัว 27
รูปที่ 2.20 ลักษณะเครื่องให้อาหารปลาที่ใช้ในงานด้านการเกษตร 28
รูปที่ 3.1 ตัวกำหนดปริมาณปุ๋ยที่ออกแบบ 32
รูปที่ 3.2 ชุดคุมการไหลของปุ๋ย 32
รูปที่ 3.3 ตัวประกอบหัวท้ายชุด Roller 32
รูปที่ 3.4 ชุดปรับขนาดช่องเปิด 32
รูปที่ 3.5 ชุด Roller 32
รูปที่ 3.6 ลักษณะการประกอบชุด Metering device 33
รูปที่ 3.7 รูปสำเร็จชุด Metering device 33
รูปที่ 3.8 ชุด Metering device ที่ประกอบกับโครงสร้าง 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3.9 แบบแสดงขนาดของถังบรรจุปุ๋ย 34
รูปที่ 3.10 ลักษณถังบรรจุปุ๋ย 35
รูปที่ 3.11 ลักษณะจานเหวี่ยง 35
รูปที่ 4.1 ชุดกำหนดปริมาณปุ๋ยขับเคลื่อนด้วยโซ่ 40
รูปที่ 4.2 การหาปริมาณการไหลของปุ๋ยที่ความเร็วรอบและขนาดช่องเปิดต่าง ๆ 41
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องเปิดกับปริมาณการจ่ายปุ๋ยยูเรีย 42
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องเปิดกับปริมาณการจ่ายปุ๋ย DAP 43
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องเปิดกับปริมาณการจ่ายปุ๋ยKCl 44
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องเปิดกับปริมาณการจ่ายปุ๋ยMg+B 45
รูปที่ 4.7 การทดลองหามุม θ 47
รูปที่ 4.8 ความสูงจากพื้นถึงจานเหวี่ยง 47
รูปที่ 4.9 การเตรียมพื้นที่เพื่อศึกษาการกระจายของปุ๋ย 47
รูปที่ 4.10 การวางกรอบและตำแหน่งเครื่องหว่านปุ๋ย 48
รูปที่ 4.11 แสดงทิศทางของปุ๋ยที่ออกจากเครื่องหว่านปุ๋ยที่มุม 0^0 48
รูปที่ 4.12 แสดงทิศทางของปุ๋ยที่ออกจากเครื่องหว่านปุ๋ยที่มุม 90^0 49
รูปที่ 4.13 แสดงทิศทางของปุ๋ยที่ออกจากเครื่องหว่านปุ๋ยที่มุม180^0 49
รูปที่ 4.14 แสดงทิศทางของปุ๋ยที่ออกจากเครื่องหว่านปุ๋ยที่มุม 270^0 50
รูปที่ 4.15 ลักษณะการวางกล่องเพื่อเก็บข้อมูล 51
รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะการทำงานของจานเหวี่ยง 51
รูปที่ 4.17 แสดงความหนาแน่นของการกระจายตัวที่มุม θ 90-180ของปุ๋ยยูเรีย 53
รูปที่ 4.18 ระยะห่างจากศูนย์กลางที่ 6.5 ,12.7และ 19 ซม. 55
รูปที่ 4.19 การกระจายตัวที่ระยะห่างจากศูนย์กลาง 6.5,12.75และ 19 ซม. 56
รูปที่ 4.20 ลักษณะของช่องเปิดที่ใช้กำหนดจุดตกของปุ๋ย 57
รูปที่ 4.21 การเตรียมพื้นที่เพื่อทดสอบสมรรถนะเครื่องจักร 58
รูปที่ 4.22 แสดงการขับเคลื่อนเครื่องหว่านปุ๋ย 58
รูปที่ 4.23 การกระจายตัวของปุ๋ยที่ใช้ทดสอบสมรรถนะเครื่องจักร 60
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวของปุ๋ยต่าง ๆ 61
รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบขนาดพื้นที่ทำงานกับต้นทุนการหว่านปุ๋ยด้วยเครื่องจักร 62
รูปที่ 4.26 การเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนกับขนาดพื้นที่ทำงาน 62
รูปที่ 5.1 การทำงานของเครื่องหว่านปุ๋ยในแปลงปาล์มของวิทยาเขตชุมพร 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ ค.1 ภาพประกอบโครงสร้างเครื่องหว่านปุ๋ย 98
รูปที่ ค.2 จานเหวี่ยงหนี ศูนย์ 99
รูปที่ ค.3 ถังบรรจุปุ๋ย 100
รูปที่ ค.4 ชุดกำหนดปริมาณปุ๋ย 101
รูปที่ ค.5 ภาพประกอบชุดกำหนดปริมาณปุ๋ย 102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัย

การศึกษาผลของการใช้เครื่องหว่านปุ๋ยชนิดต่อพ่วงกับแทรกเตอร์ในแปลงปาล์มน้ำมัน

The study of fertilizer broadcasting by pulled type fertilizer spreader in oil palm plantation.

โดย

นายพงษ์ศักดิ์ กฤตยพรพงศ์

นายจรัสชัย เย็นพยับ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2548

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากข้อมูลการผลิตน้ำมันพืชของโลกในปี พ.ศ. 2546 พบว่า น้ำมันพืชที่สำคัญของโลกในปัจจุบันมีจำนวน 5 ชนิด คือ น้ำมันจากถั่วเหลือง ปาล์มน้ำมัน เรพซีด ทานตะวัน และถั่วลิสง ซึ่งมีปริมาณการผลิตน้ำมันรวมคิดเป็น 85 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำมันพืชที่ผลิตได้ทั้งโลก โดยน้ำมันจากถั่วเหลืองและน้ำมันปาล์มมีปริมาณการผลิตสูงสุดใกล้เคียงกัน ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชน้ำมันที่สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งเป็นอาหาร (food) และไม่ใช่อาหาร (non-food) หรือ มีประโยชน์ทั้งด้านการบริโภคและอุปโภค เช่น ใช้น้ำมันปาล์มโอเลอีนทำอาหารในครัวเรือน หรือใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ที่ต้องมีการทอด เนยเทียม ไอศกรีม ขนมขบเคี้ยว ลูกกวาด ครีมเทียมประเภทต่างๆ สบู่ผงซักฟอก และอุตสาหกรรมโอเลโอเคมีคอล(oleochemical) ซึ่งรวมถึงการผลิตเชื้อเพลิงเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ เป็นต้น

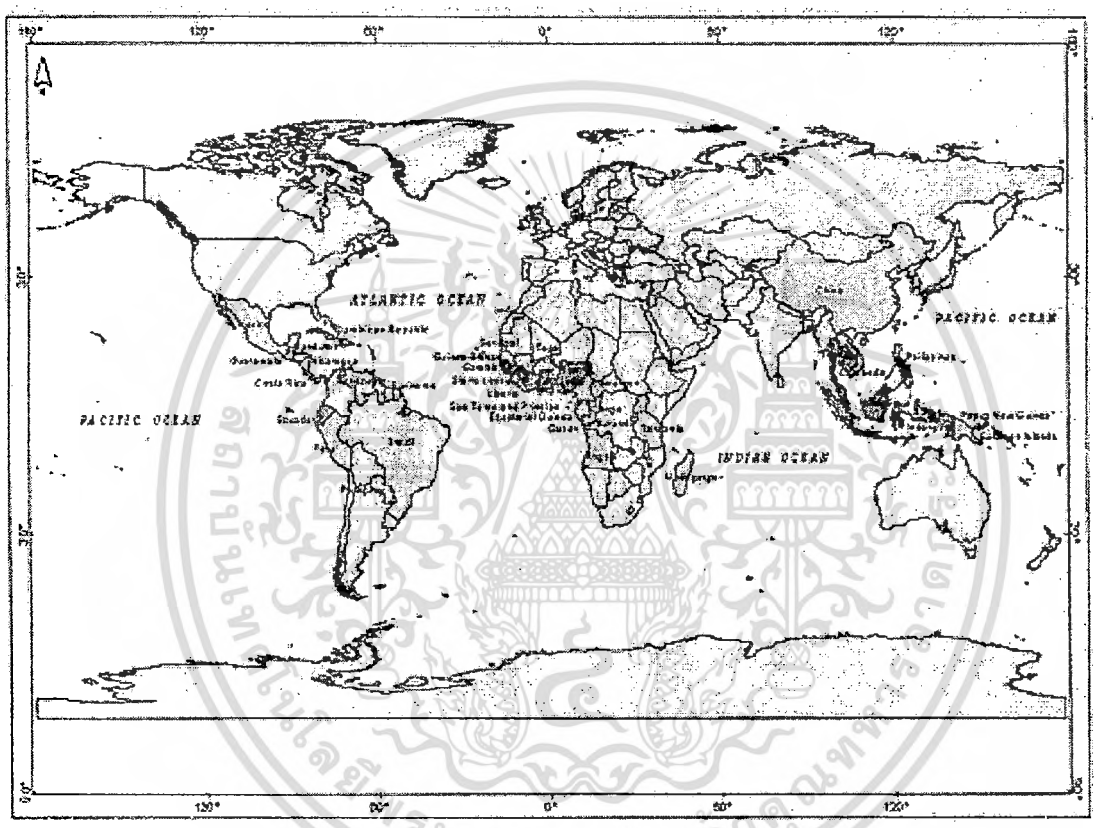
ตารางที่ 1.1 ปริมาณการผลิตน้ำมันพืชสำคัญของโลก

น้ำมันพืชจาก	ปริมาณการผลิตน้ำมันพืช (ตัน)							
	2535	%	2540	%	2545	%	2546	%
เมล็ดถั่วเหลือง	17,194,768	26	20,072,410	25	25,904,930	27	31,063,276	30
ปาล์มน้ำมัน (เนื้อปาล์มชั้นนอก)	12,860,070	19	18,275,850	23	25,292,145	27	28,077,905	27
ปาล์มน้ำมัน (เมล็ดในปาล์มน้ำมัน)	1,668,821	3	2,370,880	3	3,008,184	3	3ม430ม766	3
เรพซีด	9,118,744	14	11,687,500	14	12,333,378	13	11,903,321	11
เมล็ดทานตะวัน	8,303,797	13	9,192,018	11	8,353,319	9	8,474,474	8
เมล็ดทานตะวัน	4,197,503	6	4,826,260	6	5,193,941	5	5,776,868	6

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้น ที่มีการเพาะปลูกได้เฉพาะในพื้นที่เขตร้อนของโลก ที่อยู่ระหว่างเส้นละติจูด 10 องศาเหนือ-ใต้ ปัจจุบันมีประเทศที่เพาะปลูกพืชนี้ จำนวน 42 ประเทศจากจำนวนทั้งหมดทั่วโลก 223 ประเทศ ซึ่งแตกต่างจากพืชน้ำมันชนิดอื่นที่สำคัญของโลก คือ ถั่วเหลือง เรพซีด ทานตะวัน และถั่วลิสง ที่เป็นพืชล้มลุก และสามารถปลูกได้ทั้งในพื้นที่เขตร้อน และเขต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อบอุ่น (ซึ่งอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุง) การขยายตัวของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ในช่วงเวลา 30 ปีที่ผ่านมา แต่การขยายตัวของพื้นที่ปลูกดังกล่าวเกิดขึ้นในบางประเทศเท่านั้น คือ มาเลเซีย และ อินโดนีเซีย โดยในปี พ.ศ. 2546 มีพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายปาล์มสด จำนวน 21.84 และ 19.06 ล้านไร่ ตามลำดับ คิดเป็น 29.75 และ 25.96 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งโลก สำหรับประเทศไทยยังมีการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศดังกล่าว คือ มีพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต จำนวน 1.75 ล้านไร่ คิดเป็น 2.38 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่เก็บเกี่ยวทั้งโลก (ธีระ, 2548)



รูปที่1.2 การกระจายของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั่วโลก

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีสภาพแวดล้อมที่มีความเหมาะสม และมีความสามารถที่จะขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อผลิตผลผลิตปาล์มน้ำมัน เข้าแข่งขันในตลาดโลกได้ แต่อย่างไรก็ตามในการผลิตปาล์มน้ำมันหรือการสร้างสวนปาล์มน้ำมันให้ประสบความสำเร็จ ได้ผลผลิตที่คุมค่ากับการลงทุน และได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าสูงสุดนั้น ควรจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะพันธุ์ที่ดี ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติหรือความต้องการของพืช การจัดการสวนปาล์มที่ดี รวมทั้งการจัดการใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้องเหมาะสมตรงตามความต้องการของพืชและมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพมากที่สุด และประหยัดทุน แรงงาน และเวลา การจัดการปุ๋ยในสวนปาล์มนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดถึงผลผลิตปาล์มน้ำมันโดยเฉพาะอย่างยิ่งสวนปาล์มที่มีขนาดใหญ่ การจัดการเรื่องการให้ปุ๋ยนั้นต้องใช้เวลาและแรงงานค่อนข้างมากซึ่งในปัจจุบันจะใช้แรงงานคนในการปฏิบัติ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงได้ทำศึกษา เพื่อสร้างเครื่องจักรต้นแบบ ที่สามารถใช้หว่านปุ๋ยได้หลายชนิดในเวลาเดียวกันตามอัตราที่ต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเหมาะสมของการใช้เครื่องจักรทุ่นแรงใส่ปุ๋ยในแปลงปาล์มน้ำมัน
2. เพื่อศึกษาหาแนวทางการสร้างเครื่องจักรทุ่นแรงการใส่ปุ๋ยโดยใช้ วัสดุที่หาได้ง่ายและราคาถูก

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ออกแบบสร้างเครื่องหว่านปุ๋ยในแปลงปาล์มน้ำมันชนิดลากจูงด้วยรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ที่สามารถหว่านปุ๋ยครอบคลุมแนวต้นปาล์มได้ 2 แถว
2. ทดสอบสมรรถนะอุปกรณ์กำหนดจำนวนปุ๋ยที่ออกแบบ
3. ศึกษาเพื่อหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดของเครื่องหว่านปุ๋ยที่ออกแบบ
4. ประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องหว่านปุ๋ย

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลการให้ปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมัน
2. ออกแบบและสร้างชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ
3. ทดสอบและพัฒนาส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องหว่านปุ๋ยต้นแบบ
4. ทดลองเพื่อศึกษาสมรรถนะเครื่องต้นแบบ
5. สรุปผลและทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. แนวทางการลดต้นทุนค่าแรงงานการใส่ปุ๋ยในแปลงปาล์มน้ำมัน
2. นำข้อมูลต่างๆจากการทดลองไปศึกษา เพื่อหาแนวทางการพัฒนาเครื่องต้นแบบให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการวิจัย และข้อมูลพื้นฐานต่างๆเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องหว่านปุ๋ย ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงเทคนิคการดูแลให้ปุ๋ยปาล์มในช่วงอายุต่างๆ

2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของปาล์มน้ำมัน

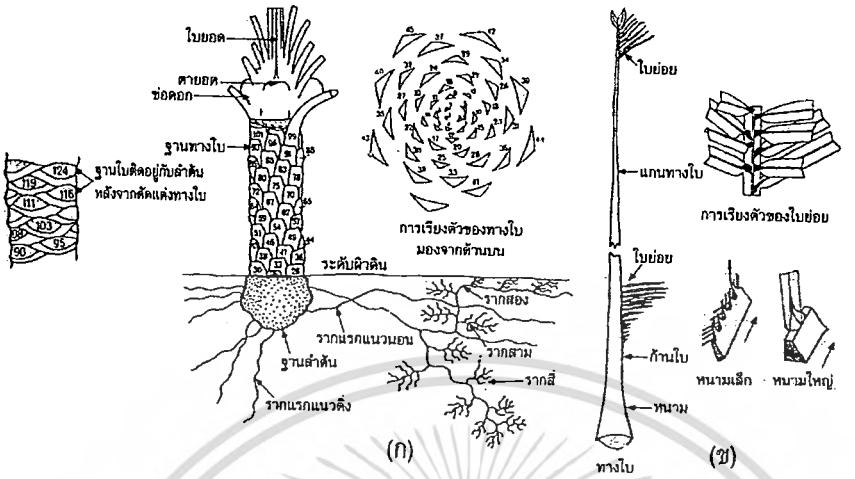
ชื่อสามัญ	ปาล์มน้ำมัน (Oil palm)
ชื่อวิทยาศาสตร์	Elaeis guineensis Jacq.
สายพันธุ์ปลูกเป็นการค้า	ลูกผสมเทเนอรา (ดูรา X พิสิเฟอรา)
ความสูง	15 – 18 เมตร
ขนาดลำต้น	45 – 60 เซนติเมตร
การผลิตทางใบ	20 – 40 ทางใบ / ปี
ความยาวทางใบ	6 – 9 เมตร
สีผลสุก	แดงอมม่วง – ส้ม
ระยะการเก็บเกี่ยวหลังปลูกลงแปลง	30 เดือน
ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว	7 – 15 วัน / ครั้ง
จำนวนทะลาย	10 – 12 ทะลาย / ต้น / ปี
น้ำหนัก / ทะลาย	10 – 30 กิโลกรัม
น้ำหนัก / ผล	3 – 30 กรัม
น้ำมัน / ทะลาย	22 – 24 เปอร์เซนต์
ผลผลิตน้ำมัน	640 – 800 กิโลกรัม / ไร่
ความหนาแน่นของต้น	22 – 25 ต้น / ไร่
อายุการเก็บเกี่ยวตลอดการปลูก	20 – 30 ปี
ระยะปลูกที่แนะนำ	9 X 9 เมตร

2.1.1 ราก

ปาล์มน้ำมันมีระบบรากแบบรากฝอย ประกอบด้วยรากชุดต่างๆ ประมาณ 4 ชุด (รูปที่2.1 ก)รากชุดต่างๆ ทำหน้าที่ช่วยค้ำจุนลำต้น ดูดซับน้ำธาตุอาหารรากชุก แรกที่อยู่ในระดับแนวนอน ยาว 3 – 4 เมตรจากต้น รากชุดแรกอยู่ในแนวดิ่ง 1 – 2 เมตรจากผิวดิน สำหรับรากชุดที่สอง สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสี่ จะเกิดเรียงตามลำดับ โดยทั่วไปจะเกิดมากและสามารถดูดซับน้ำและธาตุอาหารที่ปาล์มนำมาใช้ประโยชน์ที่ระดับความลึก 30 – 50 เมตรจากผิวดิน



รูปที่ 2.1 ระบบราก

2.2 การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชอายุยาวมีช่วงการให้ผลผลิตนานมากกว่า 20 ปี โดยปกติปาล์มน้ำมันจะเริ่มให้ผลผลิตตั้งแต่อายุประมาณ 3 ปี เมื่ออายุมากขึ้นผลผลิตจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระดับหนึ่งผลผลิตจะคงที่และรักษาระดับของผลผลิตไว้จนกระทั่งเมื่อปาล์มอายุมากขึ้น ผลผลิตจะค่อยๆ ลดลงดังนั้นในการสร้างสวนปาล์มเพื่อให้ประสบผลสำเร็จจะต้องคำนึงถึง 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ พื้นที่ปลูก พันธุ์ปลูก การจัดการสวนที่ถูกต้อง และตลาด

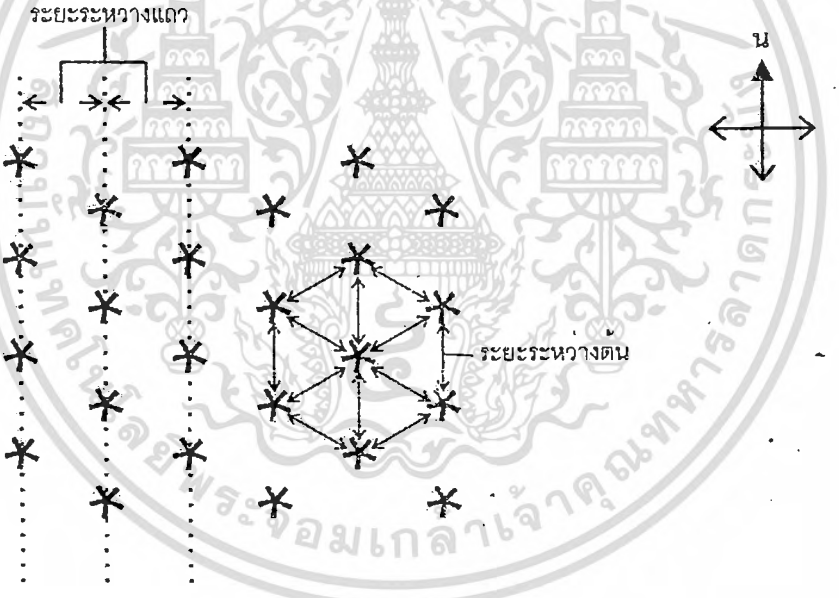
2.2.1การปลูกต้นปาล์ม

การจัดผังปลูกเป็นการวางแผนใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งนี้ระยะปลูกขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของดินด้วย ระยะปลูกในดินโดยทั่วไป ควรใช้ระยะระหว่างต้นอย่างน้อย 9 เมตร แต่หากปลูกในพื้นที่ดินดี เช่น ป่าเปิดใหม่ควรเพิ่มระยะปลูกให้มากขึ้นเป็น 9.5 หรือ 10 เมตร เพราะเมื่อต้นปาล์มโตเต็มที่หากปลูกระยะใกล้เกินไปทางใบจะสานกัน ต้นปาล์มจะชิงกันสูงทำให้ออกทลายน้อยลง นอกจากนั้นควรจัดให้มีถนนที่รถสามารถวนได้รอบสวนเพื่อสะดวกในการบำรุงรักษา และขนส่งผลผลิต การจัดผังปลูกแบบสลับฟันปลาจะปลูกต้นปาล์มได้จำนวนมากกว่าการปลูกแบบสี่เหลี่ยมด้านเท่า มีวิธีการจัดระยะต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงระยะปลูกของต้นปาล์ม

ระยะปลูก (เมตร)	ระยะห่างระหว่างต้น (เมตร)	ระยะห่างระหว่างแถว (เมตร)	จำนวนต้นต่อไร่ (ต้น)	หมายเหตุ
8x8	8	6.9	28	เหมาะกับพันธุ์ทางใบสั้น
8.5x8.5	8.5	7.4	25	เหมาะกับพันธุ์ทางใบสั้น
9.5x9.5	9.5	8.3	20	เหมาะกับพันธุ์ทางใบยาวดินปานกลาง
10x10	10	8.7	18	เหมาะกับพันธุ์ทางใบยาวดินดี



รูปที่ 2.2 ลักษณะการจัดผังปลูกแบบสลับฟันปลา

2.2.2 พื้นที่ปลูก

พื้นที่ปลูกถือเป็นปัจจัยสำคัญเบื้องต้นในการสร้างสวนปาล์มน้ำมัน โดยในการเลือกพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจะต้องคำนึงถึงสภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ความลาดชัน การท่วมขังของน้ำ การระบายน้ำ/ความสามารถในการซึมน้ำของดิน ลักษณะเนื้อดิน และคุณสมบัติทางเคมีของดิน และสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณและการกระจายของฝน แสงแดด อุณหภูมิ และลม ถ้าสภาพพื้นที่ปลูกไม่เหมาะสมมีผล 2 ประการใหญ่ คือ ประการแรกมีผลต่อต้นทุนในการเตรียมพื้นที่ หากพื้นที่

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลูกมีความเหมาะสมมีสภาพราบเรียบ การระบายน้ำดี ต้นทุนในการเตรียมพื้นที่ปลูกก็จะต่ำ แต่ถ้าหากสภาพพื้นที่ปลูกไม่เหมาะสมจำเป็นต้องปรับสภาพพื้นที่ เช่น มีการขุดคูยกร่องสำหรับพื้นที่ซึ่งมีน้ำขัง หรือทำขั้นบันไดในพื้นที่ซึ่งลาดชันต้นทุนจะสูง ประการที่สองมีผลต่อต้นทุนในการสร้างผลผลิต พบว่าในระดับที่ให้ผลผลิตเท่ากันการปลูกปาล์มในพื้นที่ที่เหมาะสมจะใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าปาล์มที่ปลูกในพื้นที่ซึ่งไม่เหมาะสม

2.3 การจัดการปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นที่ต้องการธาตุอาหารสูงในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต โดยมีการประมาณการว่าใช้ธาตุอาหารสะสมในช่วงการเจริญเติบโต 9 ปีแรก

ตารางที่ 2.2 ตารางธาตุอาหารสะสมในช่วงการเจริญเติบโต 9 ปีแรก

ไนโตรเจน (N) กก. / ไร่	ฟอสฟอรัส (P) กก. / ไร่	โพแทสเซียม (K) กก. / ไร่	แมกนีเซียม (Mg) กก. / ไร่	แคลเซียม (Ca) กก. / ไร่
196 – 275	32 – 43	296 – 398	50 – 67	84 – 115

ในขณะเดียวกันก็มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายสดออกไปจากสวนด้วย ซึ่งทำให้มีการสูญเสียธาตุอาหารออกไปกับผลผลิตโดยทุกๆ 1,000 กก. ของผลผลิตนั้นทำให้ทีการสูญเสียธาตุอาหาร N, P, K, Mg, และ Ca ออกไปประมาณ 2.94, 0.44, 3.71, 0.77 และ 0.81 กก. ตามลำดับ

นอกจากนี้การที่มีฝนตกชุกก็ทำให้มีการชะล้างธาตุอาหารออกไปจากดิน ทั้งที่ติดไปกับดินที่ถูกชะล้างและชะล้างสูญเสียไปกับน้ำใต้ดิน

ดังนั้นจึงมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันโดยการใส่ปุ๋ยซึ่งต้องมีการจัดการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายสำคัญดังนี้

1) ให้ได้สัดส่วนและปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมให้กับปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตดีให้ผลผลิตสูง
2) ให้ได้ผลตอบแทน กำไรสูง
3) ทำให้ดินยังคงมีความอุดมสมบูรณ์
4) ควรพิจารณาให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

2.4 การจัดการปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมันในกรณีที่เกิดปัญหารุนแรง

กรณีที่ปาล์มน้ำมันขาดธาตุอาหารอย่างรุนแรงจนแสดงอาการขาดธาตุอาหารนั้นๆ ที่ใบซึ่งหมายถึงการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้ลดลงอย่างมากแล้วจำเป็นต้องมีการแก้ไขโดยให้ธาตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารเพิ่มอย่างเร่งด่วนจากปุ๋ย ในกรณีนี้สามารถสังเกตได้จากอาการขาดธาตุอาหารที่ใบและต้องมีการแก้ไขดั้งนั้น

2.4.1 การขาดไนโตรเจน

อาการ

- ใบจะมีสีเหลืองซีด โดยเฉพาะทางใบด้านล่าง ใบมีขนาดเล็กลง ถ้าขาดรุนแรงใบจะมีสีเหลือง

การแก้ไข

- ปาล์ม 2 – 3 ปี ใส่ปุ๋ย 46 – 0 – 0 อัตรา 0.5 – 1.5 กก. / ปี หรือ 21 – 0 – 0 อัตรา 1 – 2 กก. / ต้น/ปี
- ปาล์มอายุ 5 – 10 ปี ใส่ปุ๋ย 46 – 0 – 0 อัตรา 2 – 3 กก. / ต้น / ปี หรือปุ๋ย 21 – 0 – 0 อัตรา 3 – 4 กก. / ต้น /ปี

2.4.2 การขาดฟอสฟอรัส

อาการ

- ทำให้ปาล์มน้ำมันชะงักการเจริญเติบโตได้ทางใบสั้น สามารถสังเกตจากวัชพืชที่อยู่บริเวณใกล้เคียง เช่น หญ้าคามีใบสีม่วงอมแดง วัชพืชแคระแกร็นพืชคลุมดินมีใบเล็กผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ไข

- ใส่ปุ๋ย 18 – 46 – 0 หรือหินฟอสเฟตคุณภาพดี อัตรา 1.5 – 2.0 กก./ต้น/ปี

2.4.3 การขาดโพแทสเซียม

อาการ

- ใบมีจุดประสีส้ม ถ้าอาการขาดรุนแรงจะพบเนื้อเยื่อตายบริเวณจุดสีส้มปลายใบและขอบใบแห้ง

การแก้ไข

- ใส่ปุ๋ย 0 – 0 – 60 อัตรา 3.0 – 4.0 กก./ต้น/ปี

2.4.4 การขาดแมกนีเซียม

อาการ

- ใบแก่ แสดงอาการสีเหลืองอมส้มจะสังเกตได้ชัดเจนในใบที่ถูกแสงแดดโดยตรง แต่ใบที่อยู่ในร่ม (ใบด้านล่าง) ยังมีสีเขียวอยู่

การแก้ไข

- ใส่คีเซอไรต์ (kieserite) (27%MgO,23%S) อัตรา 1.5 – 2.0 กก./ต้น/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 การขาดโบรอน

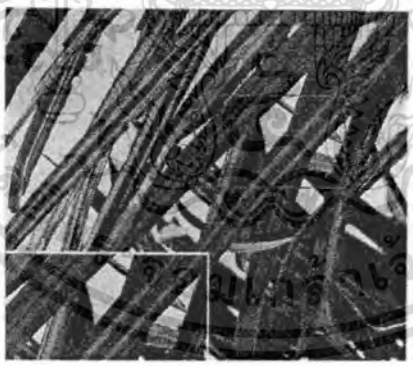
อาการ

- ในใบแก่จะแสดงอาการใบหยิก ผิวใบไม่เรียบ ใบผิดรูปร่าง บางครั้งในใบที่อ่อน ปลายใบย่อยจะงอเป็นรูปตะขอ

การแก้ไข

- ใส่โบแรกซ์อัตรา 10 – 20 กรัม/ต้น/ปี สำหรับปาล์มอายุ 2 – 3 ปี และ 30 – 40 กรัม/ต้น/ปี เมื่อปาล์มอายุ 4 ปีขึ้นไป

2.4.6 ลักษณะแถบใบขาว



อาการ

- เป็นแถบขาวตามความยาวของใบย่อยเกิดขึ้นเนื่องจากสัดส่วนของไนโตรเจน ต่อโพแทสเซียมในใบมีมากกว่า 2.5

การแก้ไข

- ลดการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และใส่ปุ๋ย 0 – 0 – 60 อัตรา 2.5 – 4.0 กก./ต้น/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ตารางแสดงปริมาณปุ๋ยสูตรที่ให้ตามช่วงอายุ

2.5.1 คำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2.3 การใส่ปุ๋ยผสมหรือปุ๋ยสูตรตามอายุพืช ความแห้งแล้ง และชนิดของดิน

อายุ (ปี)	ชนิดปุ๋ย (สูตรปุ๋ย)*			อัตรา (กก./ต้น/ปี)
	พื้นที่ปลูกขาดฝน ประมาณ 2 เดือน		พื้นที่ปลูกขาดฝน มากกว่า 2 เดือน	
	ดินร่วนเหนียว	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย	
1	14 – 14 – 14	19 – 14 – 14	14 – 14 – 1 4	1.50
2	14 – 11 – 28	11 – 17 – 34	1 – 8 – 22	2.50
3	14 – 10 – 32	15 – 16 – 32	12 – 8 – 28	3050
4	11 – 8 – 31	12 – 9 – 34	9 – 6 – 28	4.50
5 ขึ้นไป	8 – 6 – 28	10 – 8 – 31	7 – 6 – 23	5.50

ตารางที่ 2.4 การใส่ปุ๋ยเดี่ยว (N, P หรือ K) ตามอายุพืช ความแห้งแล้ง และชนิดของดิน

อายุ (ปี)	พื้นที่ปลูกขาดฝน ประมาณ 2 เดือน						พื้นที่ปลูกขาดฝน มากกว่า 2 เดือน		
	ดินร่วนเหนียว*			ดินร่วนปนทราย*			ดินร่วนปนทราย*		
	AS	RP	KCL	AS	RP	KCL	AS	RP	KCL
1	1.00	0.70	0.35	1.3	50.70	0.35	1.00	0.70	0.35
2	1.65	0.93	1.17	2.00	0.95	1.40	1.35	0.70	0.95
3	2.35	1.40	1.85	2.65	1.40	2.10	2.00	1.00	1.65
4	2.35	1.40	2.35	2.65	1.40	2.55	2.00	1.00	2.10
>5	2.00	1.40	2.50	2.35	1.40	2.80	1.75	1.00	2.10

* AS = ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต, RP = ปุ๋ยหินฟอสเฟต, KCL = ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

สำหรับธาตุอาหาร Mg และ B แนะนำให้ใส่ดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 การใส่ปุ๋ยคีเซอไรต์และโบแรกซ์ตามอายุพืช

อายุ (ปี)	คีเซอไรต์ (กก./ต้น/ปี)	โบแรกซ์ (กรัม/ต้น/ปี)
1	0.02	-
2	0.40	35
3	0.80	70
4	1.00	100
>5	1.00	150

กล่าวโดยสรุปในภาพรวมทั่วๆ ไปของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำในสวนปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปีขึ้นไป กรมวิชาการเกษตรแนะนำให้ใส่ปุ๋ยดังนี้

แอมโมเนียมซัลเฟต	1.75 – 2.50	กก./ต้น/ปี
หินฟอสเฟตหรือทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต	1.00 – 1.50	กก./ต้น/ปี
โพแทสเซียมคลอไรด์	2.25 – 2.50	กก./ต้น/ปี

2.5.2 คำแนะนำของสถาบันโพแทสและฟอสเฟต และสถาบันโพแทสนานาชาติ

เป็นหน่วยงานที่มีประสบการณ์ในการทดลองปุ๋ยกับปาล์มน้ำมันอย่างยาวนานในประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย มีการแนะนำการให้ปุ๋ยตามอายุของปาล์มน้ำมัน ตั้งแต่ปลูกถึงอายุ 3 ปี (ตารางที่ 2.6) อายุ 4 – 8 ปี (ตารางที่ 2.7) และอายุ 9 ปีขึ้นไป (ตารางที่ 2.8) ตามลำดับ

ตารางที่ 2.6 ตารางการใส่ปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 1 – 3 ปี

ปีที่	เดือนที่	ปุ๋ย (กรัม/ต้น)					
		ยูเรีย	TSP/Rock phosphate **	KCl	คีเซอไรต์	โบเรต	รวม
1	0 (ใส่หลุมปลูก)	-	500	-	-	-	500
	1	50	-	-	-	-	50
	3	80	-	-	100	-	180
	6	100	-	100	-	-	200
	9	150	250	150	-	30	580
	12	180	-	200	-	-	380
รวม		560	750	450	100	30	1,890

ลิขสิทธิ์เป็นของสถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเมื่อมีการนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิน อิทธิศักดิ์สมโชค ผู้ประสานงานโครงการ โทร. 0-2218-5414 โทรสาร 0-2218-5418 E-mail: chaisin.i@chula.ac.th

ตารางที่ 2.6 (ต่อ) ตารางการใส่ปุ๋ยสำหรับปาล์มที่มีอายุ 1 – 3 ปี

ปีที่	เดือนที่	ปุ๋ย (กรัม/ต้น)					
		ยูเรีย	TSP/Rock phosphate**	KCL***	คีเซอไรต์	โบเรต	รวม
2	15	250	-	-	250	-	500
	18	250	500	500	-	60	1,310
	21	400	-	750	250	-	1,400
	24	600	500	-	-	60	2,160
รวม		1,500	1,00	2,250	500	120	5,370
3	27	750	-	1,000	500	-	2,250
	31	750	1,500	1,000	-	90	3,340
	36	1,000	-	1,000	500	-	2,500
รวม		2,500	1,500	3,000	1,000	90	8,090

* เพิ่มอัตราปุ๋ยยูเรียอีก 20% ถ้าหากพืชคลุมดินไม่ใช่พืชตระกูลถั่วรวมอยู่ด้วย

** สำหรับปาล์มเล็กควรใส่ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (TSP) หรือไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP) ถ้าจะใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟตก็ควรจะเป็นชนิดที่เกิดปฏิกิริยาที่จะให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้สูง (highly reactive rock) เช่น North Carolina Rock phosphate (NCRP)

*** KCl = โพแทสเซียมคลอไรด์ (0 – 0 – 60)

หมายเหตุ สามารถใช้ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18 – 46 – 0) แทน TSP ได้

ตารางที่ 2.7 ตารางการใส่ปุ๋ยสำหรับปาล์มที่โตเต็มที่แล้ว (อายุ 4 – 8 ปี)

ปีที่	หลังจากปลูก เดือน	ปุ๋ย (กรัม/ต้น)					
		ยูเรีย*	TSP/Rock phosphate**	KCL	คีเซอไรต์	โบเรต	รวม
4	40	1,000	1,500	1,500	500	100	4,600
	46	1,000	-	1,500	500	-	3,000
รวม		2,000	1,500	3,000	1,000	100	7,600
5	52	2,000	1,500	2,000	500	80	6,080
	58	750	-	2,000	500	-	3,250
รวม		2,750*	1,500	4,000	1,000	80	9,330

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 – 8	ใส่ปีละ 2 ครั้ง	1,000	1,500**	2,000	500	***	5,000
		1,500	-	2,000	500	-	4,000

* ในระหว่างปีที่ 4 และ 5 อาจจะลดปุ๋ยไนโตรเจนถ้าหากมีพืชตระกูลถั่วยังคงเจริญเติบโตดี

** แนะนำให้ใช้ฟอสฟอรัสในรูปหินฟอสเฟต

*** ในบางกรณีอาจจะใส่โบเรตไปจนปาล์มอายุ 8 ปี

หมายเหตุ สามารถใช้ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18 – 46 – 0) แทน TSP ได้

ตารางที่ 2.8 ตารางการใส่ปุ๋ยสำหรับปาล์มที่มีอายุ 9 ปี หรือมากกว่า (กก./ต้น/ปี)

ยูเรีย	TSP/Rock Phosphate	KCL	คีเซอไรต์	โบเรต
2.0 – 3.5	0 – 1.5	1.5 – 4.0	0 – 1.5	0 – 0.1

หมายเหตุ สามารถใช้ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18 – 46 – 0) แทน TSP ได้

2.5.3 ข้อมูลการใส่ปุ๋ยปาล์มน้ำมันจากงานวิจัย

จากโครงการความต้องการธาตุอาหารและจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมัน (2541-2544 , ชัยรัตน์ นิลนนท์ และคณะ)ได้ให้ ข้อมูลการใส่ปุ๋ยสำหรับปาล์มที่มีอายุ5- 9 ปี (กรัม/ต้น/ปี)ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายดังนี้

ตารางที่ 2.9 ข้อมูลการใส่ปุ๋ยสำหรับปาล์มจากงานวิจัย

ยูเรีย	TSP	KCL	คีเซอไรต์	โบเรต
2,040	1,050	2,800	700	56

อย่างไรก็ตามปริมาณปุ๋ยที่ใช้เหล่านี้เป็นเพียงคำแนะนำทั่วๆไป ซึ่งเกษตรกรสามารถเลือกนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้ปุ๋ยในแปลงได้ แต่ต้องมีการติดตามผลโดยมีการเก็บตัวอย่างดินและใบวิเคราะห์ บันทึกผลผลิตอย่างสม่ำเสมอทุกปี เพื่อนำข้อมูลมาปรับปริมาณการใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่และสภาพแวดล้อมของเกษตรเองเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงได้ผลตอบแทนสูงสุดในการลงทุน

2.6 การใส่ปุ๋ย

2.6.1 ระยะเวลาในการใส่ปุ๋ย

ให้ใส่ปุ๋ยเมื่อดินมีความชื้นเพียงพอ หลีกเลี่ยงการใส่ปุ๋ยเมื่อแล้งจัดหรือมีฝนตกหนักในปีแรกควรแบ่งใส่ 4 – 5 ครั้ง / ปี ตั้งแต่ปีที่ 2 – 3 แบ่งใส่ 3 ครั้ง / ปี ในช่วงต้นฤดูฝน กลางฤดูฝน และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลายฤดูฝน และเมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 4 ปีขึ้นไป สามารถแบ่งใส่ได้ปีละ 2 ครั้ง ในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน การใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง / ปี แนะนำให้ใช้สัดส่วนการแบ่งใส่ดังนี้ ในครั้งแรกใส่ 50% ครั้งที่สองและครั้งที่สามใส่ครั้งละ 25% ในกรณีที่แบ่งใส่ 2 ครั้ง / ปี โดยทั่วไปใช้สัดส่วนแบ่งใส่ 60% ในครั้งแรกตอนต้นฤดูฝน และใส่ที่เหลืออีก 40% ในปลายฤดูฝน ปุ๋ย P และปุ๋ย B สามารถใส่ครั้งเดียวโดยใส่ครั้งแรกทั้งหมดได้

2.6.2 วิธีการใส่ปุ๋ย

- ไม่ใส่ปุ๋ยรอบบริเวณฐานลำต้นหรือใกล้ลำต้นเกินไป
- ไม่ใส่ปุ๋ยกองเป็นก้อนหรือหนาเป็นแถบ เพราะจะทำอันตรายรากพืชได้
- ต้องกำจัดวัชพืชรอบๆ ทรงพุ่ม หรือบริเวณใส่ปุ๋ยทั้งหมด
- ปาล์มอายุ 1 – 4 ปี ให้โรยหรือหว่านปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอภายในบริเวณวงจำกัดวัชพืชที่มีรัศมีใกล้เคียงกับทรงพุ่ม
- ปาล์มอายุ 5 ปีขึ้นไป ใส่ห่างจากโคนต้น 50 ซม. จนถึงบริเวณรัศมีรอบทรงพุ่มโดยหว่านอย่างสม่ำเสมอโดยเฉพาะปุ๋ย N
- ปุ๋ย P ควรหว่านเป็นแถบกว้างๆ รอบรัศมีด้านในของทรงพุ่ม
- ในบางครั้งสำหรับปาล์มที่มีอายุตั้งแต่ 8 ปีขึ้นไป สามารถใส่ปุ๋ยระหว่างแถวปลูกภายใต้รัศมีทรงพุ่มได้ โดยเฉพาะ P และ Mg แต่ต้องมีการกำจัดวัชพืชให้หมดก่อน

2.6.3 ข้อเสนอแนะในการให้ปุ๋ยปาล์ม

- คำนึงถึงการสมดุลของธาตุอาหารโดยยึดหลักอายุปาล์ม การเจริญเติบโตและผลผลิต
- ปรับปรุงเทคนิคในการประเมินความต้องการธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ในดินและความสามารถในการใช้ธาตุอาหารพืชของปาล์มน้ำมัน
- ใช้ประโยชน์ในการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่วที่ใช้เป็นพืชคลุมดิน
- ลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชเนื่องจากการชะล้างโดยการแบ่งใส่และใส่ในช่วงที่ฝนตกน้อยหรือในกรณีที่เป็นพืชที่ลาดชันมากอาจมีการขุดหลุมใส่ 3 – 4 หลุมรอบต้น ในบริเวณทรงพุ่ม
- เลือกใช้ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์มากที่สุดแต่ราคาถูกเช่น ยูเรีย, แอมโมเนียมซัลเฟต สำหรับให้ N และหินฟอสเฟตสำหรับให้ธาตุ P หรือการใช้แอมโมเนียมซัลเฟต (21 – 0 – 0) ร่วมกับโดโลไมต์แทนการใช้ปุ๋ยคีเซอไรต์ ซึ่งมีราคาแพงในการใช้ธาตุ S และ Mg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หว่านปุ๋ยให้ทั่วบริเวณกว้างที่สุดเพื่อจะเพิ่มการเจริญเติบโตของรากในการหาอาหาร ไม่ว่าจะเป็นในกรณีที่หว่านภายในบริเวณที่จำกัดวัชพืชหรือบริเวณที่มีพืชคลุมดินระหว่างแถวปาล์มสำหรับปาล์มที่มีอายุมาก
- รักษาสมดุลระหว่างธาตุอาหารที่พืชต้องการมาก เช่น N กับ P และ K กับ Mg
- ให้ความสนใจเกี่ยวกับความจำเป็นในการให้จุลธาตุ เช่น โบรอน (B) และทองแดง (Cu) โดยเฉพาะการปลูกปาล์มในดินพรุ
- ถ้าจะปลูกปาล์มในดินที่มีปัญหา เช่น ดินกรดจัด ดินพรุที่ลึก ก็ควรจะปรับปรุงดินตั้งแต่ตอนแรกก่อนที่จะปลูกปาล์มน้ำมัน

2.7 เครื่องจักรกลทางการเกษตรที่ใช้ในการใส่ปุ๋ย

ปุ๋ยเป็นสารเคมีที่ให้แก่พืชเมื่อดินมีธาตุอาหารไม่เพียงพอแก่การเจริญเติบโต เมื่อดินที่ทำการเพาะปลูกพืชติดต่อกันนานๆ อาหารของพืชในดินก็ลดลงและพืชก็ให้ผลผลิตลดลง ผลผลิตที่สูงส่วนมากได้รับจากดินที่ได้รับปุ๋ยที่เหมาะสมทั้งชนิดและจำนวนที่ให้

ปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินมีอยู่ด้วยกันหลายแบบเช่น ปุ๋ยคอก เมล็ด ของเหลว และก๊าช การออกแบบอุปกรณ์เฉพาะปุ๋ยแต่ละแบบแต่ละชนิดของดินรวมทั้งชนิดของพืช จึงมีการพัฒนากันตลอดเวลา โดยทั่วไปปุ๋ยจะอยู่ในรูปของแข็งซึ่งต้องการใช้เครื่องมือหว่านหรือหยอดลงในดินต่างๆ กัน ขึ้นอยู่กับลักษณะการใส่ที่ต้องการ ลักษณะการใส่ปุ๋ยแบ่งออกเป็น 6 แบบ คือ

1. การหว่านก่อนการไถ และการใส่ปุ๋ยลงในขณะไถ
2. การใส่ปุ๋ยใต้ดิน (Deep placement) โดยใช้ไถสิ่ว
3. การหว่านและการใส่หลังการไถหรือก่อนการปลูก
4. การใส่ขณะปลูก
5. การใส่หลังการปลูกที่เรียกว่า Side dressing และ Top dressing
6. การใส่ปุ๋ยในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ด้วยเครื่องมือพิเศษเฉพาะอย่าง

2.7.1 ชนิดของเครื่องใส่ปุ๋ย

ปุ๋ยที่ให้แก่พืชมีหลายรูปแบบ เครื่องใส่ปุ๋ยสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. เครื่องใส่ปุ๋ยสำหรับปุ๋ยของแข็ง
2. เครื่องใส่สำหรับปุ๋ยกึ่งเหลว
3. เครื่องใส่ปุ๋ยสำหรับปุ๋ยเหลว
4. เครื่องใส่ปุ๋ยสำหรับปุ๋ยก๊าช

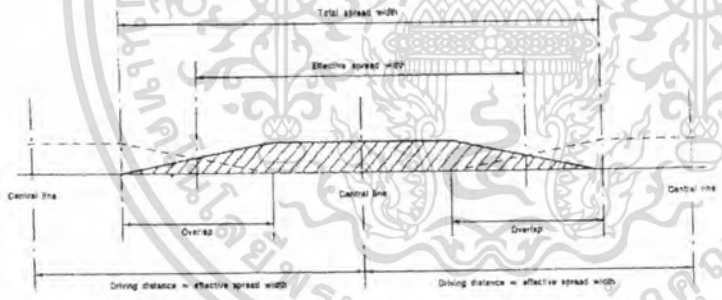
เครื่องใส่ปุ๋ยสำหรับปุ๋ยที่เป็นของแข็งสามารถจำแนกย่อยออกเป็นเครื่องหว่าน เครื่องโรยบนผิวดิน และเครื่องใส่ระหว่างแถวพืชและเป็นแถบใต้ผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 เครื่องหว่านปุ๋ย (Fertilizer broadcaster)

ลักษณะคล้ายกับเครื่องหว่านเมล็ดสามารถใช้แทนกันได้ถ้าถังทำด้วยวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีเช่น ปุ๋ย ใช้หลักการทำงานเช่นเดียวกันคือ ปุ๋ยจะถูกเหวี่ยงกระจายออกไปด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เครื่องหว่านปุ๋ยแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (Centrifugal broadcaster) เครื่องหว่านปุ๋ยประเภทนี้มีทั้งแบบลากจูง (Pull type) และแบบติดตั้ง (Mounted type)

รูปที่ 2.3 เครื่องหว่านกระจายปุ๋ยแบบต่างๆ



รูปที่ 2.4 แสดงรูปแบบของการกระจายตัวของการเหวี่ยง

2.7.3 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องหว่านกระจายปุ๋ย

1. ถังบรรจุ (Hopper) ลักษณะเป็นรูปกรวย คือ มีตัวถังเอียงเพื่อให้ปุ๋ยไหลลงได้สะดวก
2. ตัวคุ้ยปุ๋ย (Agitator) จะช่วยคุ้ยปุ๋ยอยู่ก้นถัง เพื่อไม่ให้ปุ๋ยจับตัวกันจนไม่สามารถไหลผ่านช่องจ่ายปุ๋ยไปได้
3. ช่องจ่ายปุ๋ย (Shutter) เป็นช่องสำหรับให้ปุ๋ยผ่านจากถังบรรจุลงสู่จานเหวี่ยง สามารถปรับ หรือปิดเปิดเพื่อควบคุมการไหลของปุ๋ย

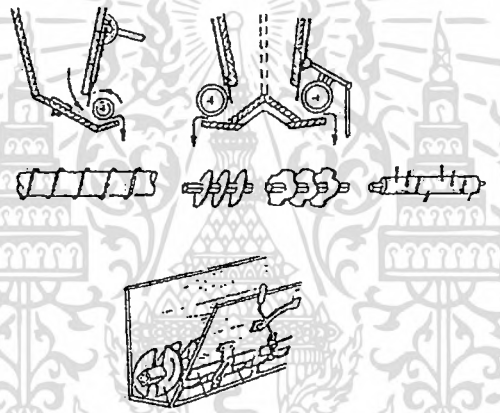
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

67469

4. จานเหวี่ยง (Spinning disk) ทำหน้าที่หมุนเหวี่ยงกระจายปุ๋ย โดยรับกำลังขับจากเพลา P.T.O ของรถแทรกเตอร์ บนจานเหวี่ยงจะมีครีบติดอยู่ 2 – 4 ใบ สำหรับช่วยในการเหวี่ยง
5. กลไกกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering device) จะวางตามแนวตลอดความยาวถัง มีหลายลักษณะซึ่งจะแยกกล่าวในรายละเอียดต่อไป

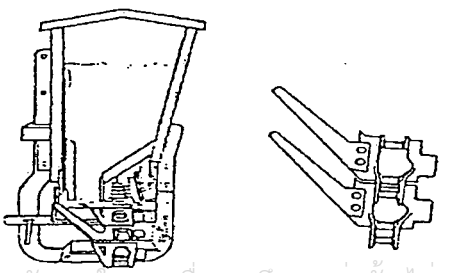
2.7.4 กลไกกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering device)

1. แบบเกลียวนำปุ๋ย (Auger type) เกลียวนำปุ๋ยติดอยู่บนเพลาก้นถัง รับกำลังขับจากล้อขับของเครื่องโรย หรือจากล้อรถแทรกเตอร์ก็ได้ แบบนี้จะค่อนข้างใช้ปริมาณปุ๋ยมากต่อการหมุน 1 รอบ การทำความสะอาดและหล่อลื่นทำได้ง่าย หว่านได้สม่ำเสมอ และมีราคาถูก แต่มีข้อเสียคือเมื่อปุ๋ยเปียกชื้นจะทำงานไม่ได้ผล เนื่องจากปุ๋ยจะเกาะตัวกันเป็นสะพานอยู่เหนือเกลียวนำปุ๋ย



รูปที่ 2.5 กลไกแบบเกลียวนำปุ๋ย

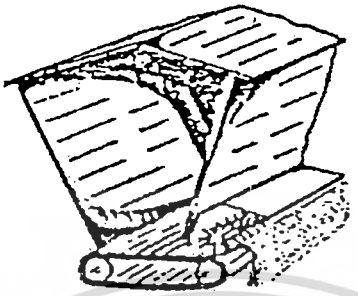
2. แบบโซ่เลื่อน (Chain type) โซ่จะหมุนอยู่รอบพื้นของถังปุ๋ยตามแนวความยาวของถัง โดยที่ก้นถังจะมีเส้นแบ่ง กันไม่ให้โซ่ถูกปุ๋ย โซ่นี้ก็รับกำลังมาจากล้อขับ สามารถปรับได้ที่ช่องเปิดหรือเปลี่ยนเฟืองทดขับโซ่ แบบนี้จะมีข้อเสียที่ทำความสะอาดยาก และราคาค่อนข้างแพง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

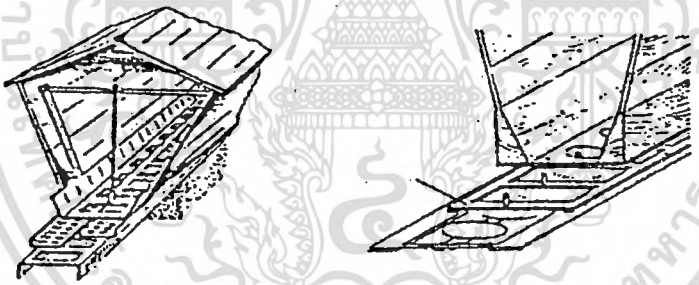
รูปที่ 2.6 กลไกแบบโซ่เลื่อน

3. แบบสายพานเลื่อน (Belt type) การทำงานมีลักษณะเช่นเดียวกันแบบโซ่ขับเลื่อน แต่เปลี่ยนตัวขับปุ๋ยจากโซ่มาเป็นสายพาน มักใช้เมื่อต้องการให้ปุ๋ยในอัตราค่อนข้างสูง ข้อเสียคือ ทำความสะอาดยาก และมีราคาแพงเช่นกัน



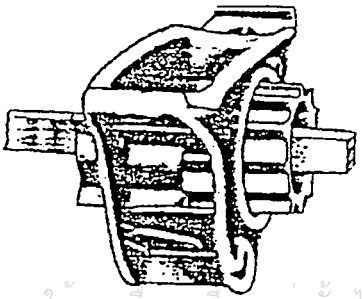
รูปที่ 2.7 กลไกแบบสายพานเลื่อน

4. แบบแผ่นเลื่อน (Reciprocating plate type) แผ่นเลื่อน 2 แผ่น จะวางอยู่ที่พื้นของถังเจาะเป็นช่องๆ สามารถปรับให้ช่องเยื้องกันหรือตรงกันมากน้อยได้ เพื่อปรับปริมาณปุ๋ย ทำให้เลื่อนไปมาและปุ๋ยในถังร่วงลงสู่พื้นได้ แบบนี้ใช้หว่านปุ๋ยได้สม่ำเสมอดี



รูปที่ 2.8 กลไกแบบแผ่นเลื่อน

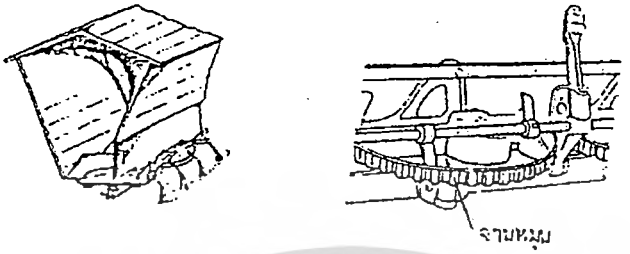
5. แบบลูกกลิ้งเซาะร่อง (Fluted roller feed or Feed wheel) ลักษณะการทำงานเหมือนกับกลไกการขับเมล็ดของเครื่องโรยเมล็ด การหมุนของลูกกลิ้งจะทำให้ปุ๋ยถูกขับออกมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

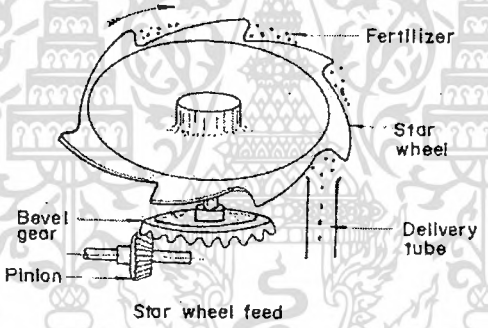
รูปที่ 2.9 กลไกแบบลูกกลิ้งเซาะร่อง

6. แบบจานหมุนและนิ้วเขี่ย (Rotating plate and flicker type) ประกอบด้วยจานหมุนช้าๆ นิ้วเขี่ยปุ๋ย (Flicker) จะติดตั้งบนแกนหมุน (Rotating shaft) ที่หมุนด้วยความเร็วเขี่ยปุ๋ยออกมา อัตราการให้ปุ๋ยปรับได้ตามขนาดของช่องเปิด แบบนี้ใช้ได้กับปุ๋ย เป็นเม็ด เป็นเกล็ด หรือเป็นผง ได้ปริมาณสม่ำเสมอถอดทำความสะอาดได้ง่าย แต่การออกแบบสร้างค่อนข้างซับซ้อน จึงมีราคาแพง



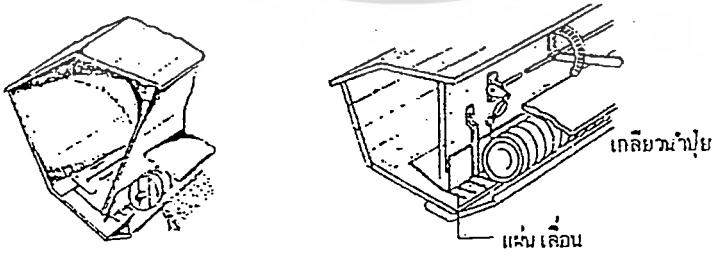
รูปที่ 2.10 กลไกแบบจานหมุน

7. แบบเฟืองวงดาว (Star wheel type) เฟืองวงดาวจะถูกติดตั้งอยู่ที่ก้นถัง ปุ๋ยจะถูกซี่เฟืองนำมาปล่อยที่ช่องเปิด การปรับปริมาณปุ๋ยทำได้โดยเปลี่ยนความเร็วรอบของเฟือง



รูปที่ 2.11 กลไกแบบเฟืองดาว

8. แบบแผ่นเลื่อนและเกลียวนำปุ๋ย (Reciprocating plate and auger combination) แผ่นเลื่อนจะถูกขับให้เลื่อนไปมา เกลียวนำปุ๋ยก็จะหมุนพาเอาปุ๋ยร่วงลงสู่พื้นดิน



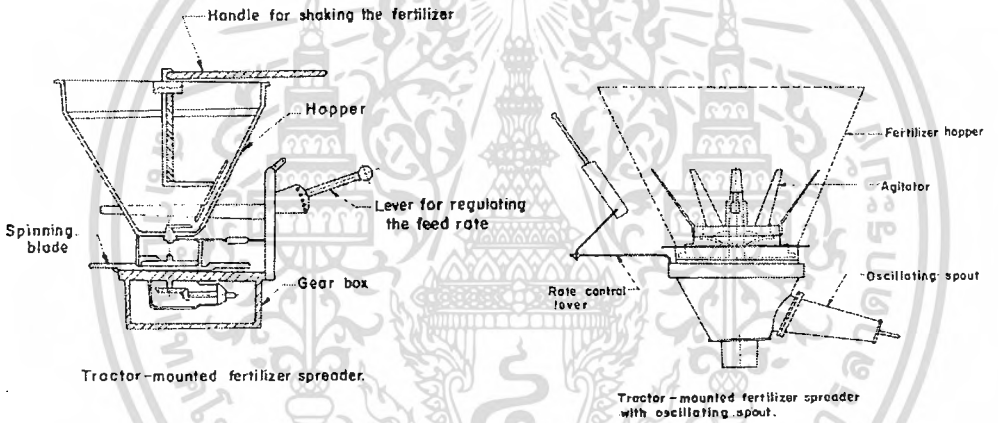
รูปที่ 2.12 กลไกแบบแผ่นเลื่อนและเกลียวนำปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 หลักการทำงานของเครื่องหว่านปุ๋ย

เมื่อปุ๋ยผ่านช่องจ่ายปุ๋ย ซึ่งสามารถปรับให้เปิดกว้างหรือแคบได้ก็จะหล่นลงบนจานเหวี่ยง ซึ่งมีครีบติดตั้งอยู่ ครีบจะเหวี่ยงปุ๋ยให้กระจายด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ปุ๋ยเม็ดหรือปุ๋ยเกล็ดที่มีน้ำหนักมาก จะถูกเหวี่ยงไปได้ไกล มีหน้ากว้างในการทำงานถึง 12 เมตร ปุ๋ยผงจะหว่านได้หน้าแคบกว่า เพราะน้ำหนักเบา ในการหว่านปุ๋ยต้องระวังความเร็วลม ถ้าลมพัดจัดต้องมีเครื่องคุ้มกันลมพัดปุ๋ยไปอาจจะเป็นผ้าใบหรือโลหะความกว้างเท่ากับความกว้างการทำงานของเครื่องหว่านปุ๋ย ถ้าเป็นแบบจานเหวี่ยง 2 จาน จานจะหมุนสวนทิศทางกัน การทำงานและความกว้างในการทำงานไม่แตกต่างจากแบบจานเดี่ยว

ส่วนเครื่องหว่านปุ๋ยแบบท่อเหวี่ยง การเหวี่ยงกลับไปกลับมาของท่อเหวี่ยง (Sport hose) จะทำให้ปุ๋ยที่อยู่ในถังตกลงไปในท่อเหวี่ยงที่อยู่ข้างใต้ถังถูกเหวี่ยงแล้วกระจายออกไป ความกว้างในการทำงานของเครื่องประมาณ 4 – 6 เมตร



รูปที่ 2.13 เครื่องหว่านกระจายปุ๋ยแบบท่อเหวี่ยง

2.8.1 การปรับตั้งของเครื่องหว่านปุ๋ย

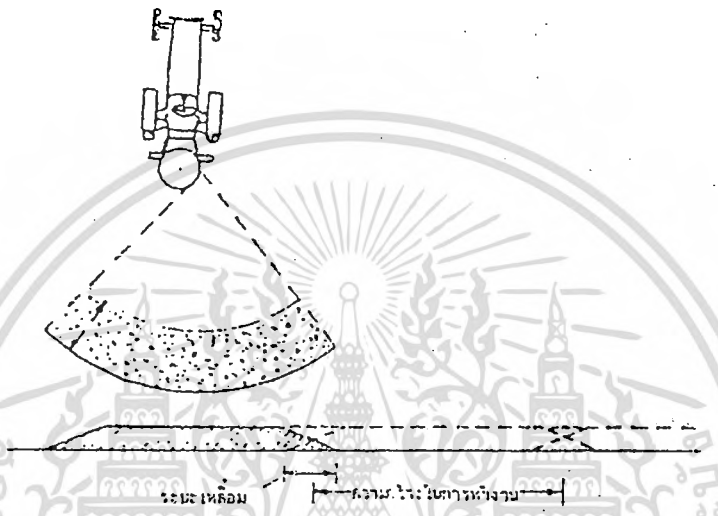
1. ปรับความกว้างในการหว่าน ซึ่งความกว้างในการทำงานของเครื่องหว่านปุ๋ยขึ้นอยู่กับ ชนิดปุ๋ย ความเร็วรอบของเพลาอำนวยกำลัง และความสูงของจานเหวี่ยงจากพื้นดิน
2. ปรับปริมาณปุ๋ย โดยการเลือกใช้ปุ๋ยที่จะหว่าน เพื่อหาตำแหน่งของช่องจ่ายปุ๋ย (Shutter) ที่จะให้อัตราปุ๋ยตามต้องการ
3. การปรับความเร็วรถ เลือกใช้เกียร์ที่ให้ความเร็วเท่ากับที่กำหนดเมื่อเร่งเครื่องให้ได้ความเร็วรอบเพลาอำนายกำลัง 540 รอบ/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การตรวจสอบการทำงาน เมื่อตั้งเครื่องหว่านตามที่คู่มือกำหนดแล้ว ควรตรวจสอบการทำงานด้วยวิธีง่ายๆ โดยทดลองให้รถหว่านปุ๋ยวิ่งในระยะ 100 เมตร

2.8.2 เทคนิคการปฏิบัติงานของเครื่องหว่านปุ๋ย

1. เครื่องหว่านปุ๋ยแบบนี้จะให้ปุ๋ยตรงกลางมากกว่าบริเวณริมทั้ง 2 ข้าง จึงต้องให้รถวิ่งให้มี ระยะเหลื่อม



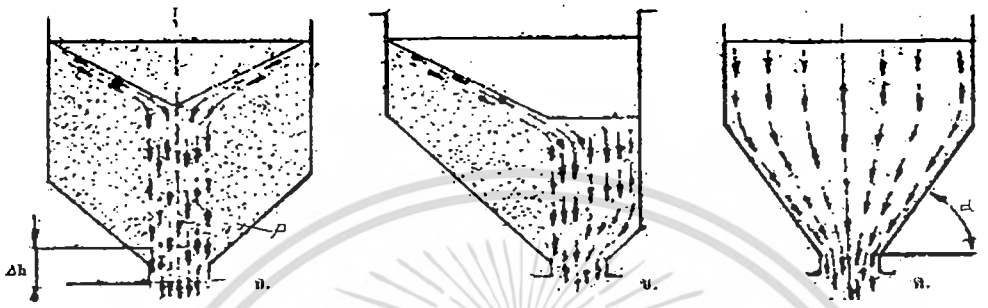
รูปที่ 2.14 การวิ่งของรถหว่านให้มีระยะเหลื่อมกัน

2. ทำเครื่องหมายที่หัวงาน ควรมีหลักปักแสดงแนวที่หว่านไว้แล้ว
3. เร่งเครื่องด้วยความเร็วรอบคงที่เสมอ
4. ปิดและเปิดช่องปุ๋ยด้วยคันบังคับ
5. ปรับไฮโดรลิคให้อยู่ในจังหวะธรรมดา (Position control) ก่อนต่อพ่วงเข้ากับรถ แทรกเตอร์
6. ถ้าต้องการหว่านปุ๋ยเพียงด้านเดียวบริเวณริมแปลง ให้เปิดคันบังคับปุ๋ยเพียงด้านเดียว
7. การเดินทางเพื่อขนย้ายเครื่องหว่านปุ๋ยหรือสารเคมี ไม่ควรบรรจุสารเคมีไปด้วยอาจปลิวออกจาถังหรือสั่นสะเทือนถูกกระแทกจนอัดตัวกันแน่น
8. เมื่อปุ๋ยในถังเกิดการจับตัวกันเป็นก้อน ต้องหยุดรถแทรกเตอร์ และปลดคันบังคับเพลาอำนวยกำลังให้อยู่ในตำแหน่งว่าง ก่อนจะแก้ไขเสมอ
9. ปุ๋ยบางอย่างเป็นพิษต่อร่างกาย จึงต้องมีเครื่องป้องกันและดูทิศทางลมในขณะใช้เครื่องหว่านปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

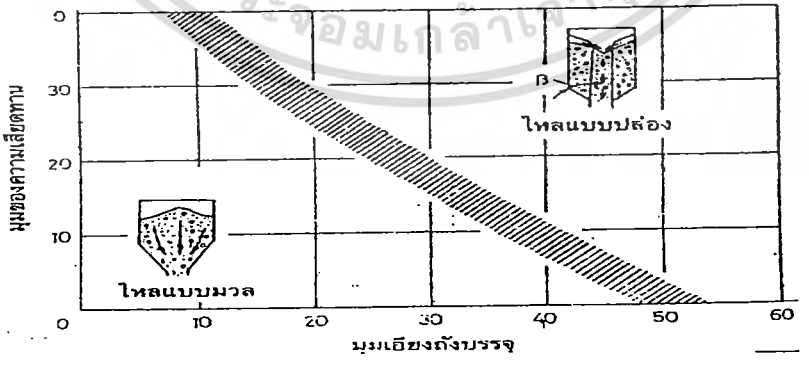
2.9 ทฤษฎีของ Hopper

Hopper คือ อุปกรณ์ที่ให้การไหลของวัสดุเมล็ดผ่านช่องเปิด (Orifice) มีความสำคัญอย่างมากต่อกระบวนการไหลของวัสดุ เช่น การไหลออกของปุ๋ยจากถังอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งการคำนวณการไหลออกของปุ๋ยนี้ไม่สามารถใช้ทฤษฎีการไหลของของเหลวมาใช้ในการคำนวณได้ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุแบบเม็ดมีความแตกต่างจากของเหลว



รูปที่ 2.15 การไหลของวัสดุเม็ดออกจากถัง
(สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ)

รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะการไหลของวัสดุเม็ดออกจากถัง เมื่อมุมเอียงของถังที่ทำกับแนวราบ (α) มีค่าน้อย ลักษณะการไหลเป็นแบบปล่อง(funnel flow) (รูปที่ 2.15 ก .) โดยวัสดุไหลเป็นแนวเหนือช่องเปิดขึ้นไปและการไหลของวัสดุจะไหลจากชั้นบนก่อน แต่เมื่อมุมเอียงมีค่าสูงขึ้นการไหลของมวลวัสดุทั้งหมด(mass flow)จะไหลลงสู่ช่องเปิด (รูปที่ 2.15 ค.) ในรูปที่ 2.15 ข. แสดงการไหลของวัสดุที่มีการไหลของวัสดุทั้ง 2 แบบ คือการไหลแบบปล่องและการไหลแบบมวลของวัสดุทั้งหมด



รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ของรูปแบบการไหลกับความเสียดทานของวัสดุกับผนังและมุมเอียงของถังบรรจุ
(สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ)

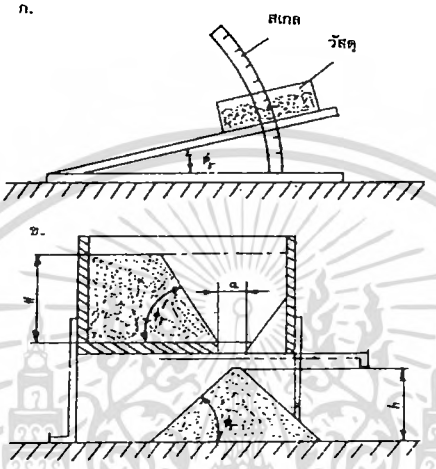
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติความเสียดทานที่สำคัญของวัสดุเม็ดที่กองรวมกัน เช่น เม็ดปุ๋ย ได้แก่ มุมของความเสียดทานและมุมกองพื้น

มุมของความเสียดทาน หมายถึง มุมของความเสียดทานที่เกิดจากผลของความเสียดทานระหว่างเม็ดวัสดุโดยที่ $f = \tan \varnothing$

ซึ่งที่ f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

Ø = มุมของความเสียดทาน



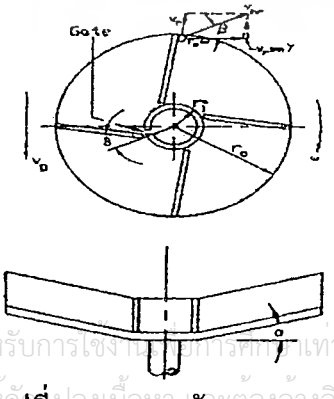
รูปที่ 2.17 อุปกรณ์สำหรับหามุมกองของวัสดุ

(สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ)

ใช้สำหรับหาค่ามุมกองพื้นสถิตของวัสดุ (static angle of repose) โดยนำวัสดุวางบนพื้นเอียงและค่อย ๆ ยกแผ่นเอียงขึ้นจนกระทั่งวัสดุเริ่มไถลมุมของแผ่นเอียง คือ มุมกองพื้นวัสดุ

2.10 ทฤษฎีจานเหวี่ยงหนีศูนย์

จานเหวียงหนีศูนย์เป็นการลำเลียงเม็ดปุ๋ยลงสู่พื้น โดยที่เม็ดปุ๋ยจะถูกลำเลียงผ่านชุด metering device และตกลงมาตามราง กระทบกับครีบใบพัดของจานเหวี่ยงที่มีความเร็วเชิงมุมทำให้เม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ด้วยความเร็วค่าหนึ่งและตกลงสู่พื้น



รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของจานเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสมการการเคลื่อนที่ของปุ๋ยบนจานเหวี่ยง อยู่บนหลักคิดที่ว่า ปุ๋ยเกิดการลื่นไถลระหว่างจานและพื้นผิวของครีบใบพัด มากกว่าที่จะกลิ้งไป

มุมที่จานเหวี่ยงหมุนไป(θ) ขณะเม็ดปุ๋ยสัมผัสกับครีบใบพัดหาได้จากสมการต่อไปนี้ (Ajit K. Srivastava ค.ศ. 1993)

$$f(\theta) = \frac{(C_1 + f)e^{C_2(C_1 - f)\theta} + (C_1 - f)e^{C_2(C_1 - f)\theta}}{2C_1} = \frac{r_o - \dfrac{C_3 g}{C_4 \omega^2}}{C_5 r_i - \dfrac{C_3 g}{C_4 \omega^2}}$$

หลังจากที่ได้มุม θ แล้วสมการต่อไปสามารถหาความเร็วของเม็ดปุ๋ยที่กระทำโดยครีบใบพัด

$$V_r = \frac{\omega}{2C_1}(C_5 r_i - \frac{fg}{\omega^2})(e^{C_2(C_1 - f)\theta} - e^{C_2(C_1 - f)\theta})$$

โดยที่ V_r = ความเร็วสัมพัทธ์ของเม็ดปุ๋ยกับจานเหวี่ยง

f = ค่าความเสียดทานระหว่างจานเหวี่ยงและเม็ดปุ๋ย

g = แรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2

$C_1 = (f^2 + C_4 / C_2)^{0.5}$

$C_2 = \cos \alpha$

$C_3 = \sin \alpha + f \cos \alpha$

$C_4 = \cos \alpha - f \sin \alpha$

$C_5 = \cos \delta - f \sin \delta$

r_i = รัศมีภายในของครีบใบพัด (m)

r_o = รัศมีภายนอกของจานเหวี่ยง (m)

ω = ความเร็วเชิงมุมของจานเหวี่ยง (rad / s)

ความเร็วตามแนวแกนราบของเม็ดปุ๋ยเมื่อออกจากจานเหวี่ยงสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$v_{hr} = \sqrt{(v_r \cos\alpha \cos\gamma)^2 + (r_o\omega + v_r \cos\alpha \sin\gamma)^2}$$

และหามุม β ได้จาก

$$\beta = \arctan \frac{v_r \cos\alpha \cos\gamma}{r_o\omega + v_r \cos\alpha \sin\gamma}$$

เมื่อ $\gamma = \arctan(r_i \tan\delta / (r_o - r_i))$

สมการต่อไปนี้เป็นการหาระยะทางตามแนวแกนราบและแนวแกนดิ่งหรือความสูงจากพื้นถึงจานเหวี่ยงเมื่อเม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงผ่านอากาศ (Goering etal., 1972 ; Pittetal., 1982)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h = -C_6 h\sqrt{h^2 + z^2}$$

และหาค่า z ได้จาก

$$z = g - C_6 z\sqrt{h^2 + z^2}$$

เมื่อ h = ระยะทางตามแนวราบ (m)

z = ระยะทางในแนวดิ่ง (m)

$C_6 = 0.5\, C_D\, \rho_a A_p / m$

g = แรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

A_p = พื้นที่ฉายของเม็ดปุ๋ย (m)

m = มวลของเม็ดปุ๋ย (kg)

ρ_a = ความหนาแน่นโดยมวลของอากาศ (kg/m^3) = $29\, p_b / (8.314\, \Theta_a)$

Θ_a = อุณหภูมิของอากาศโดยรอบ ($K = {}^{o}C + 273$)

จุดกลมเดี่ยวบน h หรือ z บอกให้ทราบว่าเป็นอนุพันธ์อันดับหนึ่งกับเวลา (ความเร็ว) ขณะที่ 2 จุด เป็นอนุพันธ์อันดับที่สอง ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงฉุดของอากาศ (C_D) แปรผันกับค่า Reynold's number สมการในการหาค่า C_D หาได้ดังนี้ (Eisner , 1930)

$$C_D = \frac{24}{N_{re}} \qquad \text{สำหรับ} \quad N_{re} \le 1$$

$$C_D = (26.38\, N_{re}^{-0.845} + 0.49) \qquad \text{สำหรับ} \quad N_{re}\ \phi\ 1$$

เมื่อค่า Reynold's number หาได้จากสมการ

$$N_{re} = \frac{\rho_a v_p d_p}{\mu_a}$$

เมื่อ N_{re} = dimensionless Reynold's number

v_p = ความเร็วของเม็ดปุ๋ย ($m/s = (h^2 + z^2)^{0.5}$)

d_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค (m)

μ_a = ความเร็วทางพลศาสตร์ของอากาศ (NS/m^2)

โดยทั่วไป ค่าความหนืดของอากาศจะเป็นฟังก์ชั่นเพียงอย่างเดียวของอุณหภูมิของอากาศ

$$\mu_a = 4.79 \times 10^{-6} \times e^{0.678 + 0.00227\Theta_a}$$

หาเวลาของอนุภาคเมื่อตกถึงพื้น

$$t = \frac{\ln(Arg + \sqrt{Arg^2 - 1})}{2C_6 C_7}$$

เมื่อ $Arg = 2e^{(2C_6 z) - 1}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_7 = (g/C_6)^{0.5}$$

ระยะทางในแนวแกนราบระหว่างเวลาที่ตกถึงพื้น หาได้จาก

$$h = \frac{\ln(C_6 h_o t + 1)}{C_6}$$

เมื่อ t = เวลาของอนุภาคเมื่อตกถึงพื้น

h_o = ความเร็วเริ่มต้นในทิศทางในแนวราบ (m/s)

2.11 หลักการในการทดสอบประสิทธิภาพ

2.11.1 เครื่องหว่านวัสดุที่เป็นเม็ด

การหว่านเม็ดวัสดุให้กระจายบนผิวดิน มีหลักเกณฑ์ในการพิจาณาในประเมินค่าอยู่ด้วยกัน 2 หลักเกณฑ์ใหญ่ๆคือ

1) การวัดความแม่นยำของการกำหนดจำนวนวัสดุ

2) ความสม่ำเสมอของการกระจายตัว

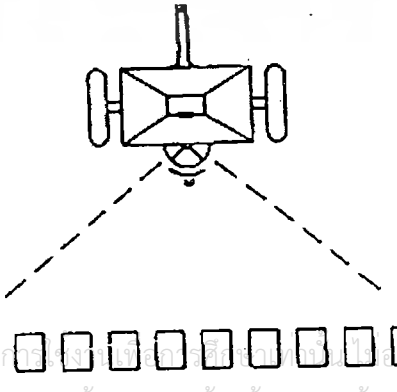
2.11.2 สภาวะที่ใช้ในการทดสอบ

1) เครื่องหว่านที่ใช้ในการทดสอบจะต้องอยู่ในสภาพที่ดีและมีความเหมาะสม

2) การดำเนินการทดสอบแบบจำลองจะต้องมีการปรับค่าของเครื่องหว่านให้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับลักษณะจำเพาะของเม็ดวัสดุที่ใช้หว่าน และจะต้องเป็นสภาพที่เหมือนจริงกับการทดสอบในภาคสนาม

3) ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองตามคำแนะนำและข้อมูลจากผู้ผลิตรายอื่นๆ

4) วัสดุที่ใช้ในการทดสอบจะต้องได้มาตรฐาน เช่น ลักษณะความของวัสดุ ขนาด จะต้องเป็นรูปแบบเดียวกัน ความจำเพาะของเม็ดวัสดุ ความคงทน ความชื้น ความหนาแน่น ของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ มีการรายงานวัสดุ ขนาด รูปร่าง ผิวสัมผัสของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 2.19 การทดสอบรูปแบบการกระจายตัวของเม็ดวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.3 แนวทางในการเตรียมการทดสอบ

2.11.3.1 ความแม่นยำของการทดสอบนั้นจะมี อิทธิพลต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ลม ขนาดของเม็ดวัสดุที่ใช้ทดสอบ อัตราที่ใช้ ความลาดเอียงของพื้นดิน อัตราเร็วในการเดินรถ ความราบเรียบของพื้นดิน และวิธีการในการเก็บรวบรวมตัวอย่าง ที่แนะนำในการทดสอบความแม่นยำดังต่อไปนี้

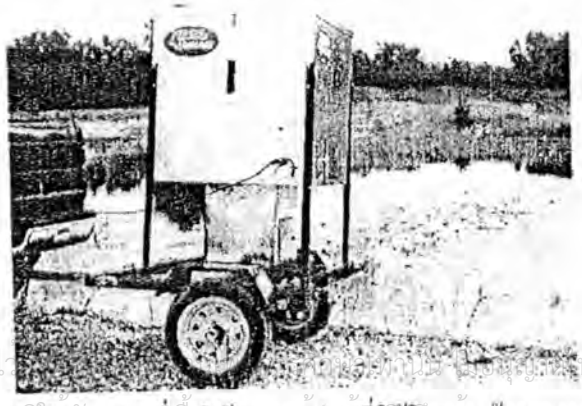
1) การหว่านจะเป็นที่ยอมรับเมื่อมีความเร็วลม น้อยกว่า 8 กิโลเมตร/ชั่วโมง ที่ความสูงจากพื้นดินเท่ากับ 2.5 เมตร

2) ความลาดเอียงของพื้นที่ใช้ในการทดสอบจะต้องน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ และจะต้องทำการทดสอบทำการเปรียบเทียบที่ระดับความลาดเอียงต่างๆ

3) เครื่องหว่านนั้นจะต้องมีการออกแบบให้มีการไหลหรือการหว่านของเม็ดวัสดุที่มีความคงที่และได้เพียงพอกับช่วงเวลาในการทดสอบ โดยทั่วไปแล้วระยะทางในการทดสอบเท่ากับ 100 เมตร มีความเพียงพอในการทดสอบ

2.12 เครื่องหว่านที่ใช้ในงานด้านการเกษตร

ในประเทศไทย มีการใช้อุปกรณ์หว่านวัสดุเกษตร โดยใช้หลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางอยู่บ้าง ได้แก่เครื่องให้อาหารปลา ซึ่งมีวิธีการทำงานคือเกลียวลำเลียงจะลำเลียงเม็ดอาหารปลาลงมาสู่จานเหวี่ยง แล้วใช้จานเหวี่ยงเม็ดอาหารกระจายลงสู่บ่อปลา จานเหวี่ยงมีความเร็วรอบคงที่ 1,400 รอบต่อนาที ที่ความเร็วรอบเกลียวลำเลียง 72 รอบต่อนาที ได้ลักษณะการกระจายตัวสูงสุด คือ ระยะส่งได้ไกลสุด 12.6 เมตร ระยะกว้างสุด 5.2 เมตร เม็ดอาหารตกกรอบคลุมพื้นที่ 57.75 ตารางเมตร สัมประสิทธิ์การกระจายตัว 40.33 % และเปอร์เซ็นต์การแตกหัก 6.0 % เครื่องให้อาหารปลาใช้กับเม็ดอาหารปลาขนาดเม็ดใหญ่ โดยมีปริมาณการให้อาหารปลาได้ตั้งแต่ 4.62 – 23.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



รูปที่ 2.20 ลักษณะเครื่องให้อาหารปลาที่ใช้ในงานด้านการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

3.1 การออกแบบชุดเครื่องหว่านปุ๋ยในสวนปาล์ม

แนวความคิดในการออกแบบเครื่องหว่านปุ๋ยต้นแบบนี้ คือ การใช้ Metering device 4 ชุด เพื่อกำหนดอัตราปุ๋ย 5 ชนิด แล้วใช้จานหมุนเหวี่ยงปุ๋ยให้กระจายลงสู่พื้นด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์

ส่วนประกอบที่สำคัญของชุดเครื่องหว่านปุ๋ย แบ่งออกเป็น 3 ชุดดังนี้

3.1.1 ถังบรรจุปุ๋ย (Hopper) แบ่งเป็น 4 ถังย่อย เพื่อบรรจุปุ๋ย 5 ชนิด คือยูเรีย ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์และดีเซอไรต์ผสมกับโบแรกซ์ ออกแบบให้ทำมุมเอียงกับแนวดิ่งให้สอดคล้องกับค่าความเสียดทานเพื่อให้ปุ๋ยไหลลงได้ดีไม่ติดขัด

3.1.2 ตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย(Metering device) เป็นแบบFluted roller feed แต่ควบคุมอัตราการไหลของปุ๋ยร่วมกับแผ่นเลื่อน(Shutter) ประกอบด้วย

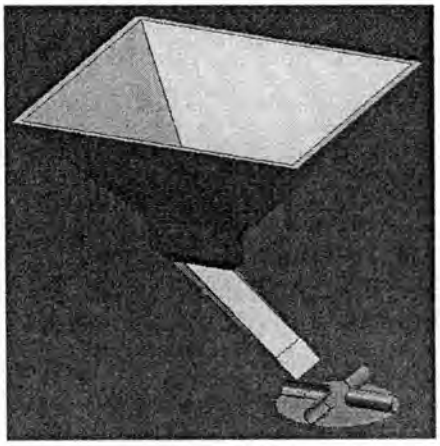
3.1.2.1 Roller ทำจากเหล็กแบนจำนวน 3 ใบ เชื่อมติดเข้ากับท่อเหล็ก และสวมบนเพลาขับที่ได้รับกำลังจากล้อของเครื่องหว่านปุ๋ยผ่านโซ่ และล้อเฟือง(Sprocket) ชุดใบกวาดปุ๋ยนี้จะหมุนอยู่ในท่อพีวีซี เพื่อกำหนดปริมาณปุ๋ย

3.1.2.2 ท่อพีวีซี 2.5นิ้ว ชั้นPN 13.5 เปิดช่องขนาด3.5x11 เซนติเมตรให้ปุ๋ยไหลจากถังบรรจุปุ๋ยเข้าสู่ชุด Roller ก่อนจะไหลผ่านช่องออกขนาด3x11 เซนติเมตร ไปสู่จานเหวี่ยงหนีศูนย์

3.1.2.3 ชุดควบคุมอัตราการไหลของปุ๋ยแบบแผ่นเลื่อน ทำจากข้อต่อตรงพีวีซีขนาด2.5นิ้วชั้นPN 13.5 เปิดเป็นช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า 2ช่อง อยู่ตรงข้ามกันขนาด6.8x12 เซนติเมตร และ3x11 เซนติเมตร และแผ่นเลื่อนขนาด 6.7x13 เซนติเมตร ผนังด้านในกลึงเรียบเพื่อนำอุปกรณ์ในหัวข้อ 3.1.2.2 มาสวม

3.1.3 จานเหวี่ยงหนีศูนย์ ลักษณะเป็นแผ่นจานกลม แบนเรียบ เส้นผ่าศูนย์กลาง 38 เซนติเมตร มีครีบกระจายปุ๋ยทำจากท่อพีวีซีขนาด 2นิ้วผ่าซีก ความยาว 12.5 เซนติเมตร จำนวน 4 ครีบ ได้รับกำลังจากเพลาพีทีโอ ของแทรกเตอร์ ผ่านชุดทดให้ได้ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที ที่รอบเครื่องยนต์ 1,300รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.1.1 การคำนวณและการออกแบบอุปกรณ์กำหนดปริมาณปุ๋ย (metering device)

จากการทำการศึกษาความต้องการธาตุอาหารของต้นปาล์ม และคุณสมบัติของเม็ดปุ๋ยจึงได้ข้อมูลเบื้องต้นที่จะใช้ในการออกแบบเครื่องหว่านปุ๋ยแบบจานเหวี่ยงหนีศูนย์ดังนี้

โดยที่

กำหนดความเร็วของรถแทรคเตอร์ 5 กิโลเมตร/ชั่วโมง(km/h)

หน้ากว้างของการหว่านปุ๋ย 15.6 เมตร(m)

จำนวนต้นปาล์ม = 22 ต้น / ไร่

จำนวนครั้งที่หว่านแบ่งออกเป็น 3 ครั้ง / ปี โดย หว่านปุ๋ยที่ 50 % , 25 %, 25 % ตามลำดับ

ปริมาณความต้องการธาตุอาหารของต้นปาล์ม อ้างอิงจากผลการวิจัยของสกว. แต่ลดปริมาณของยูเรีย เนื่องจากใช้ไดแอมโมเนียมฟอสเฟตแทนทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาณความต้องการธาตุอาหารของต้นปาล์ม

ชนิดปุ๋ย	ปริมาณปุ๋ย (กรัม / ต้น/ปี)
ยูเรีย(Urea)	1,630
ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP)	1,050
โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)	2,800
คีเซอไรต์($MgSO_4$)	700
โบแรกซ์ (B)	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาอัตราการไหลของปุ๋ยที่ต้องการ

จากข้อมูลเบื้องต้นก็จะนำมาทำการหาอัตราความต้องการธาตุอาหารของต้นปาล์ม และพื้นที่ในการทำงาน

ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักร = หน้ากว้างการทำงานของเครื่องจักร*ความเร็วเครื่องจักร

= 15.6 x 5,000/60

= 1300 ตร.ม/นาที(m^2/min)

อัตราการใส่ยูเรีย = 1,630 กรัม / ต้น X 22 ต้น/ไร่ = 35,860 กรัม /ไร่

1 ไร่ = 1,600 ตารางเมตร(m^2)

อัตราการใส่ยูเรีย = 35,860 /1,600= 22.41 กรัม/ตร.ม=0.0224 ก.ก/ตร.ม(kg/m^2)

อัตราการไหลจาก Metering device = ความสามารถของเครื่องจักรxอัตราการใส่ปุ๋ยต่อพื้นที่

=1300x0.0224

= 29.12 ก.ก/นาที(kg/min)

ครั้งที่1 = 14.56 ก.ก./นาที, ครั้งที่ 2 และ 3 = 7.28 ก.ก. /นาที

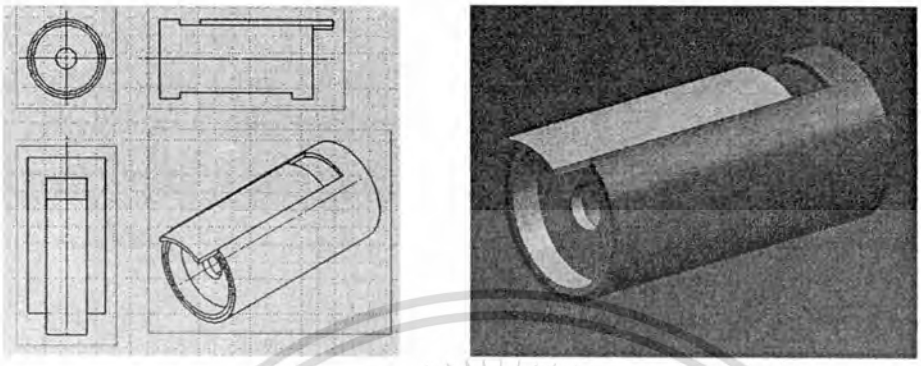
ทำนองเดียวกันสามารถหาอัตราการไหลจาก Metering device ของปุ๋ยชนิดอื่นได้ดังแสดงในตารางที่3.2

ตารางที่ 3.2 ปริมาณการใส่ปุ๋ยต่อไร่

ชนิดปุ๋ย	ปริมาณการไหลของปุ๋ยที่ต้องการ (ก.ก/นาที)		
	ครั้งที่ 1 (50%)	ครั้งที่ 2 (25%)	ครั้งที่ 3 (25%)
ยูเรีย	14.56	7.28	7.28
DAP	9.384	4.7	4.7
โพแทสเซียม	25.02	12.5	12.5
แมกนีเซียม	6.25	3.128	3.128
โบรอน	0.5	0.25	0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

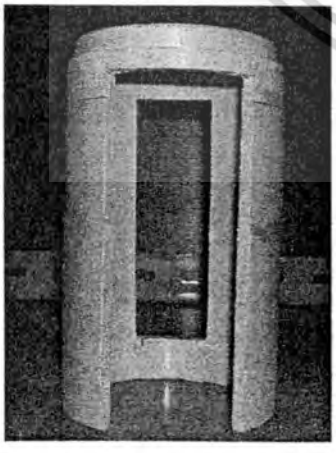
จากการคำนวณจะได้ปริมาณอัตราปุ๋ยแต่ละชนิด ดังแสดงในตาราง จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ทำการออกแบบและสร้างตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering device) เพื่อทดสอบหาขนาดช่องเปิดที่เหมาะสม



รูปที่ 3.1 ตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering device) ที่ได้ออกแบบ

รูปที่ 3.2 ชุดคุมการไหลของปุ๋ย

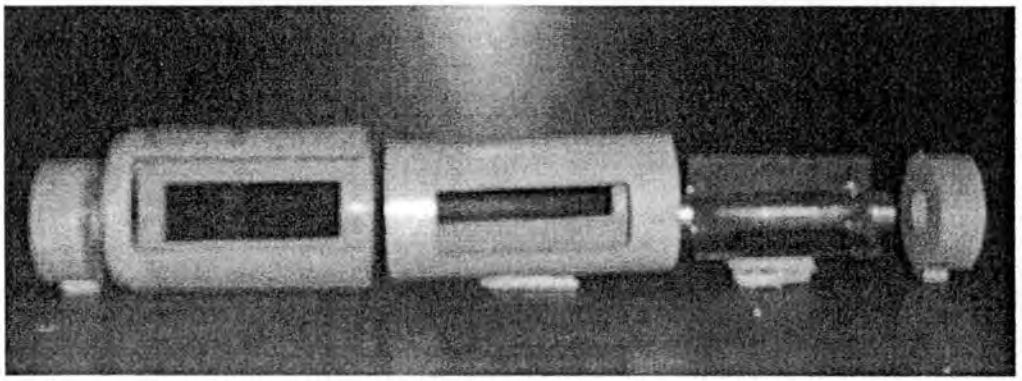
รูปที่ 3.3 ตัวประกบหัวท้ายชุดRoller



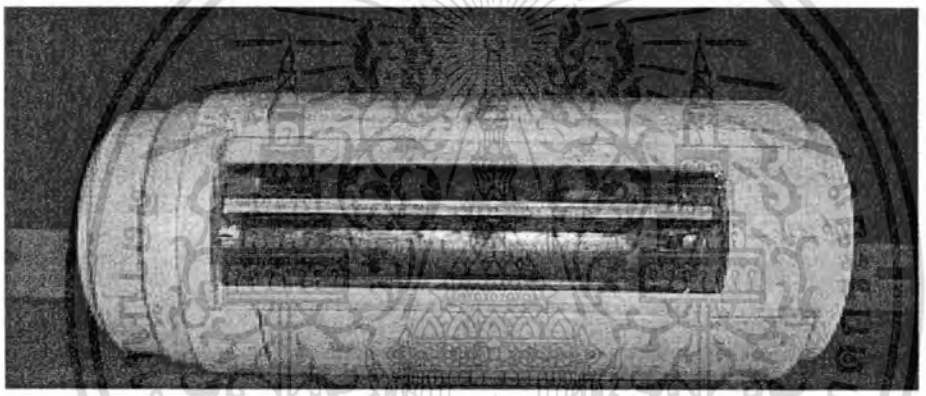
รูปที่ 3.4 ชุดปรับขนาดช่องเปิด

รูปที่ 3.5 ชุดRoller

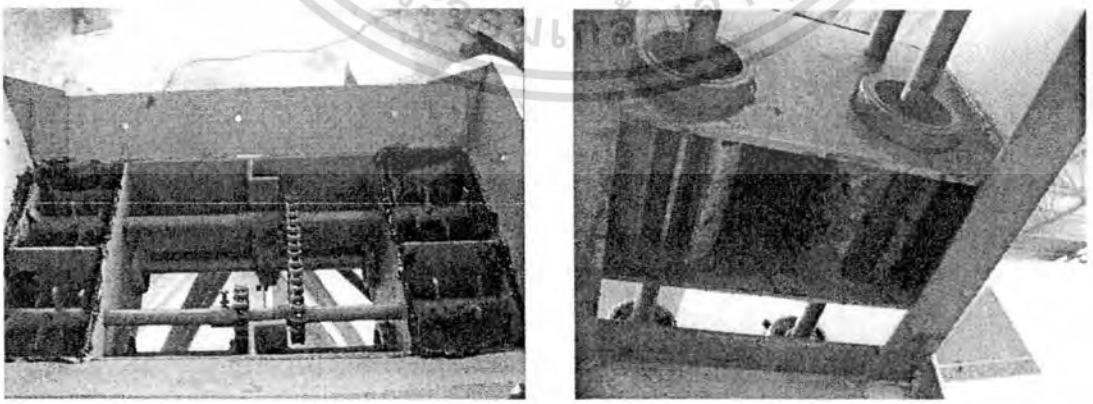
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะการประกอบเป็นชุด Metering device



รูปที่ 3.7 แสดงรูปสำเร็จของตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering device)



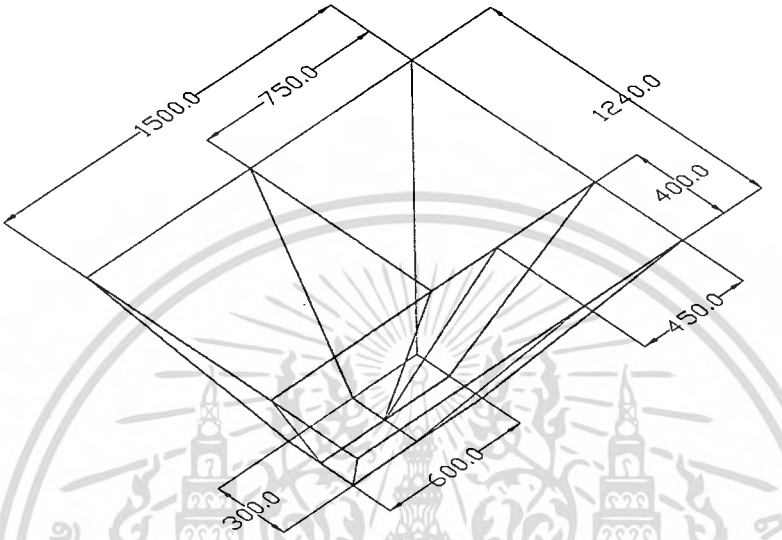
รูปที่ 3.8 ชุดกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering device) ที่นำมาประกอบเข้ากับโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบชุด ถังบรรจุปุ๋ย (Hopper)

ในการออกแบบถังบรรจุปุ๋ย (Hopper) ได้มีการออกแบบให้ถังบรรจุปุ๋ยได้สูงสุด 350 กิโลกรัม

จากการออกแบบถังจะได้ถังมีลักษณะดังนี้



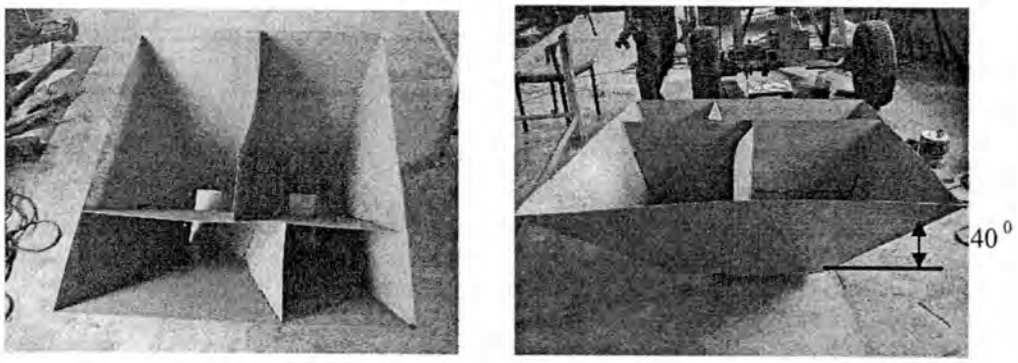
รูปที่ 3.9 แบบแสดงขนาดของถังบรรจุปุ๋ย (Hopper)

ตารางที่ 3.3 มุมของความเสียดทาน

ชนิดปุ๋ย	มุม θ	มุมของความเสียดทาน $f = \tan \phi$
Urea	41^0	0.869
DAP	30^0	0.577
KCl	38^0	0.78
B + Mg	45^0	1

ดังนั้นได้สร้างถังบรรจุปุ๋ยที่มีมุม θ เฉลี่ยประมาณ 40^0

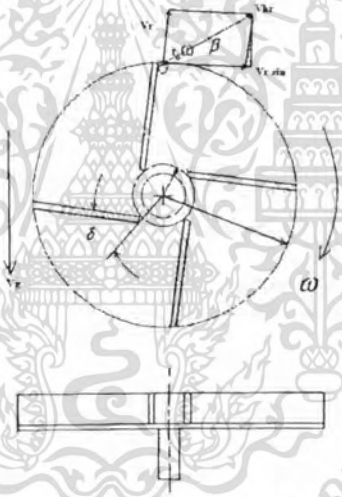
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ลักษณะถังบรรจุปุ๋ย (Hopper) ที่สร้างเสร็จ

3.1.3 การคำนวณและการออกแบบชุดจานเหวี่ยง

จากสมการข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้วจากบทที่ 2 นำมาคำนวณหาระยะของปุ๋ยที่ถูกเหวี่ยงได้ดังนี้



รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะของจานเหวี่ยงที่ออกแบบ

จากสมการหาระยะทางในแนวราบ (Ajit K. Srivastava ค.ศ. 1933)

$$V_r = \frac{\omega}{2C_1}(C_5 r_i - \frac{fg}{\omega^2})(e^{C_2(C_1-f)\theta} - e^{C_2(C_1-f)\theta}) \quad \text{.....(1)}$$

$$v_{hr} = \sqrt{(v_r \cos\alpha \cos\gamma)^2 + (r_o\omega + v_r \cos\alpha \sin\gamma)^2} \quad \text{.....(2)}$$

$$\gamma = \arctan(r_i \tan\delta / (r_o - r_i)) \quad \text{.....(3)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_r = ความเร็วสัมพัทธ์ของเม็ดปุ๋ยกับจานเหวี่ยง

f = ค่าความเสียดทานระหว่างจานเหวี่ยงและเม็ดปุ๋ย

g = แรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2

$C_1 = (f^2 + C_4/C_2)^{0.5}$

$C_2 = \cos \alpha$

$C_3 = \sin \alpha + f \cos \alpha$

$C_4 = \cos \alpha - f \sin \alpha$

$C_5 = \cos \delta - f \sin \delta$

r_i = ระยะรัศมีวัดจากศูนย์กลางจานเหวี่ยงถึงปลายด้านในของครีบใบพัด (m)

r_o = ระยะรัศมีของจานเหวี่ยง (m)

ω = ความเร็วเชิงมุมของจานเหวี่ยง (rad / s)

ค่าที่ได้ทำการออกแบบให้จานเหวี่ยงมีลักษณะดังนี้

$r_i = 0.065$ m

$r_0 = 0.19$ m

$\delta = -15^0$

$\alpha = 0^0$

$f_{Uurea} = 0.896$, $f_{DAP} = 0.51$, $f_{KCL} = 0.78$, $f_{Bo+Mg} = 1$

$\theta_{Urea} = 0.89^0$, $\theta_{DAP} = 0.97^0$, $\theta_{KCL} = 0.91^0$, $\theta_{Bo+Mg} = 0.87^0$

$C_5 = \cos \delta - f \sin \delta$ = cos -15 - 0.869 sin (-15)

$C_5 = 1.19$

$C_4 = \cos \alpha - f \sin \alpha$ = cos 0 – 0.869 sin -15

$C_4 = 1$

$C_3 = \sin \alpha + f \cos \alpha$ = sin 0+ 0.869 cos 0

$C_3 = 0.869$

$C_2 = \cos \alpha$ = cos 0

$C_2 = 1$

$C_1 = (f^2 + C_4/C_2)^{0.5} = (0.869^2 + 1/1)^{0.5}$ γ

$C_1 = 1.324$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าต่าง ๆ ในสมการ 1, 2, 3 แล้วจะได้

$$V_r = \frac{157.08}{2\times 1.324}(0.19\times 0.065 - \frac{0.86\times 9081}{157.08^2})(e^{1(1.324-0.86)0.89} - e^{1(1.324-0.86)0.89})$$

$$V_r = 6.21 \text{ m/s}$$

$$\gamma = \arctan\frac{(0.065\times\tan(-15))}{(0.19-0.065)}$$

$$\gamma = -7.92^{\ 0}$$

$$v_{hr} = \sqrt{(6.21\cos 0\cos(-7.92))^2 + (0.19\times 157.08 + 6.21\cos 0\sin(-7.93))^2}$$

$$v_{hr} = 29.63 \text{ m/s}$$

หลังจากทราบค่าความเร็วในแนวราบของเม็ดปุ๋ยที่หลุดพ้นจานเหวี่ยง สามารถนำมาคำนวณระยะทางที่เม็ดปุ๋ยแหวกฝ่าอากาศไปตกลงบนพื้น

การคำนวณหาระยะส่งเม็ดปุ๋ย

$$h = \frac{In(C_6 h_0 t + 1)}{C_6} \quad \text{.....(4)}$$

h คือ ระยะทางตามแนวราบ

h_0 คือ ความเร็วที่ออกจากจานเหวี่ยง ($V_{hr} = V_p$)

$$C_6 = \left[\frac{0.75 C_D \rho_a}{\rho_p d_p}\right]$$

$$t = \frac{\ln(Arg + \sqrt{Arg^2 - 1}}{2C_6 C_7}$$

เมื่อความดันบารอเมติก = 100 kpa และที่อุณหภูมิโดยรอบ $25^{\ 0}$c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_6 = \left[\frac{0.75 C_D \rho_a}{\rho_p d_p}\right]$$

จากการทดลองวัดค่า effective diameter(d) ของปุ๋ยที่ใช้ ได้ค่าดังนี้

$d_{urea} = 0.00324$ m , $d_{kcl} = 0.0018$ m , $d_{dap} = 0.00323$ m , $d_{mg+b} = 0.00051$ m

และความหนาแน่นของปุ๋ยและอากาศ มี ค่าดังนี้

$\rho_{(Urea)} = 1241.27 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{(DAP)} = 1702.6 \text{ kg/m}^3$,

$\rho_{(KCL)} = 2062.25 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{(Bo+Mg)} = 2391.25 \text{ kg/m}^3$,

$\rho_{air} = 1.17 kg/m^3$

ค่าความหนืดของอากาศหาจาก $\mu_a = 4.79 \times 10^{-6} \times e^{0.678+0.00227\Theta_a}$

ที่อุณหภูมิอากาศ 25°Cหรือ298°k $\mu_a = 4.79 \times 10^{-6} \times e^{0.678+0.00227 \times 298}$

แทนค่าจะได้ $\mu_a = 1.856 \times 10^{-5}$

จาก $N_{re} = \frac{\rho_a v_p d_p}{\mu_a} = \frac{1.17 \times 29.633 \times 0.00324}{1.856 \times 10^5}$ จะได้ $N_{re} = 6052.41$

จาก $C_D = \frac{24}{N_{re}}$ สำหรับ $N_{re} \le 1$

$C_D = (26.38 N_{re}^{-0.845} + 0.49)$ สำหรับ $N_{re} > 1$

เมื่อ $N_{re} > 1$ จะได้

$C_D = (26.38 \times 6052.41^{-0.845} + 0.49)$

$C_D = 0.49$

คำนวณหา C_6 และ C_7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $C_6 = \left(\frac{0.75 C_D C_p}{\rho_P d_p}\right) = \left(\frac{0.75 \times 0.49 \times 1.17}{1241.27}\right)$

$C_7 = \left(\frac{g}{C_6}\right)^{0.5} = \left(\frac{9.81}{0.0528}\right)^{0.5}$

แทนค่าแล้วจะได้

$C_6 = 0.106$

$C_7 = 9.571$

หาความสูงจากพื้นถึงจาน 1 m

$$t = \frac{\ln\left(Arg + \sqrt{Arg^2 - 1}\right)}{2C_6C_7}$$

แทนค่าต่างในสมการจะได้

$$t = \frac{\ln\left(1.48 + \sqrt{1.48^2 - 1}\right)}{2 \times 0.106 \times 9.58}$$

$t = 0.459$ sec

แทนค่าต่าง ๆ ในสมการ (4) แล้วจะได้

$$h = \frac{In(0.106 \times 29.63 \times 0.459 + 1)}{0.106}$$

$h = 8.4$ m

ระยะส่งเม็ดปุ๋ยยูเรียได้ไกล 8.4 เมตร

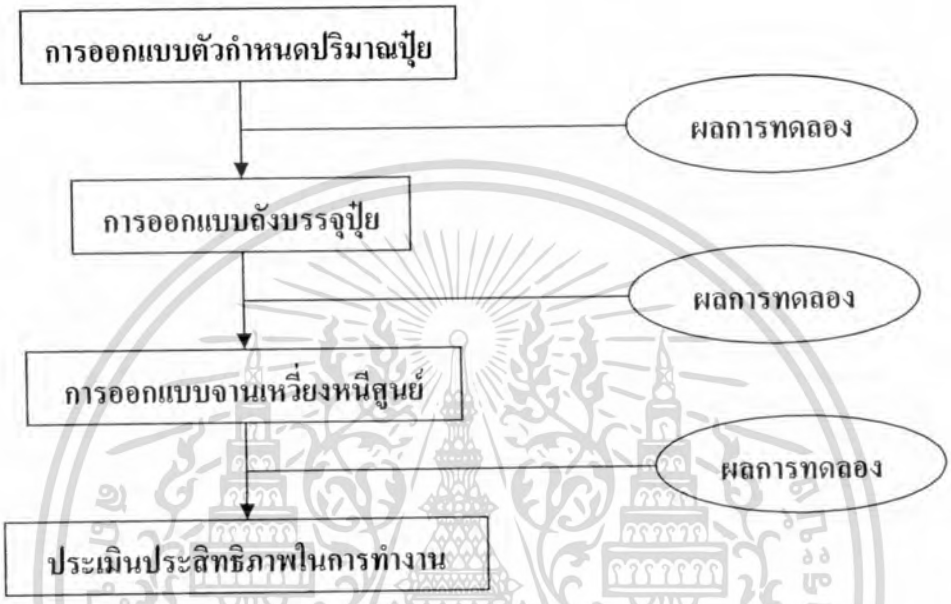
ตารางที่ 3.4 ระยะส่งเม็ดปุ๋ยที่ความเร็วจานเหวี่ยงหนีศูนย์ 1,500 รอบต่อนาทีจากการคำนวณ

ชนิดปุ๋ย	ระยะส่งเม็ดปุ๋ย (เมตร)
Urea	8.4
DAP	13.56
KCl	4.973
B+ Mg	2.65

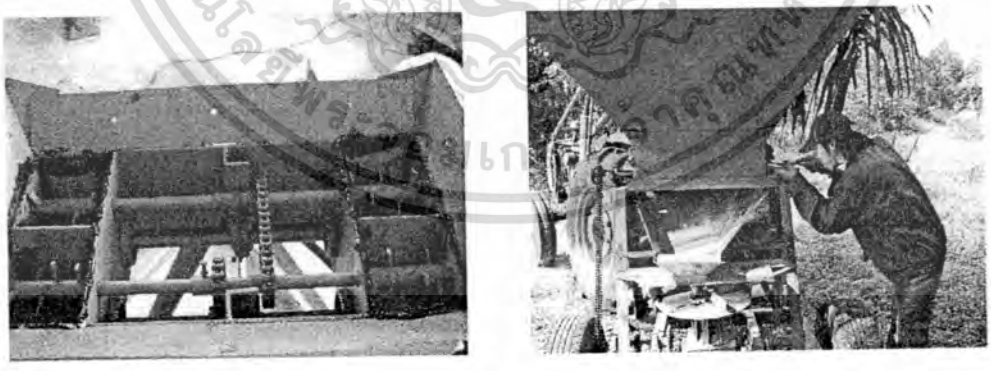
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ส่วนประกอบและอุปกรณ์การทดลอง

ขั้นตอนการทำงาน



4.1 การทดสอบหาความเร็วรอบและขนาดช่องเปิดที่เหมาะสมของ Metering device



รูปที่ 4.1 ชุดกำหนดปริมาณปุ๋ย ขับเคลื่อนด้วยโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 จุดประสงค์ของการทดลอง

เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและขนาดช่องเปิดของ Metering device กับอัตราการจ่ายปุ๋ยแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลอง และเลือกค่าที่เหมาะสมไปใช้ในการออกแบบอุปกรณ์

4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้สามารถปรับความเร็วรอบของMetering device ที่ใช้ในการทดลองได้ระหว่าง50-90 รอบต่อนาที จึงออกแบบการทดลองดังนี้

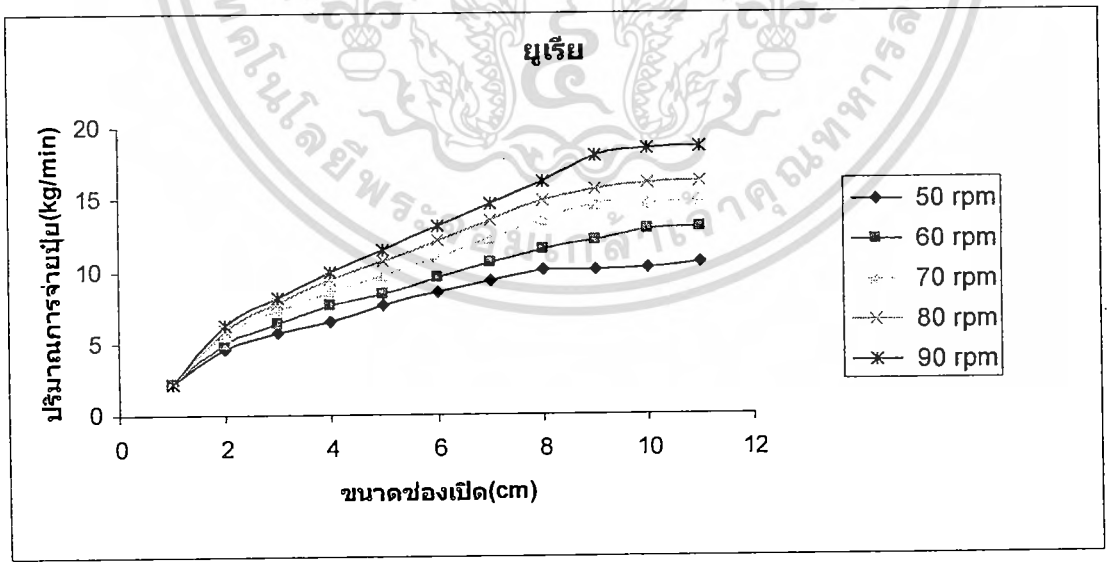
1. ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์โดยใช้ Inverter และใช้ Tachometer วัดความเร็วรอบเพลาของMetering device ให้ได้ 50 รอบต่อนาที
2. เปิดช่องจ่ายปุ๋ยกว้าง 1 เซนติเมตร
3. นำปุ๋ยยูเรียใส่ลงในเครื่องหว่านปุ๋ย
4. เปิดสวิทช์ให้Metering deviceทำงาน ปล่อยให้ปุ๋ยไหลลงในภาชนะ โดยจับเวลา 30 วินาที
5. นำปุ๋ยที่ได้ไปชั่ง บันทึกผลการทดลอง
6. เปิดช่องอัตราการจ่ายปุ๋ยเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 เซนติเมตร จนถึง ช่องที่ 11 เซนติเมตร
7. ทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 1 – 5 ใหม่ โดยเปลี่ยนความเร็วรอบเป็น 60 , 70 , 80 และ 90 รอบต่อนาที ตามลำดับ แล้วบันทึกผลการทดลอง
8. ทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 1 – 7 ใหม่ โดยเปลี่ยนปุ๋ยเป็น ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ และ ดีเซอไรด์ผสมกับโบแรกซ์

รูปที่ 4.2 การทดลองหาปริมาณการไหลของปุ๋ย ที่ความเร็วรอบและขนาดช่องเปิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง ปุ๋ยยูเรีย

ช่องเปิด	ปริมาณการจ่ายปุ๋ย (kg / min)				
	50 rpm	60 rpm	70 rpm	80 rpm	90 rpm
1	2.15	2.15	2.18	2.14	2.22
2	4.62	5.02	5.57	5.89	6.18
3	5.79	6.39	7.23	7.83	8.21
4	6.49	7.58	8.59	9.42	10
5	7.59	8.43	9.73	10.75	11.47
6	8.49	9.53	10.92	12.14	13.1
7	9.34	10.54	12.17	13.55	14.69
8	10.05	11.41	13.56	14.87	16.14
9	10.1	12.15	14.59	15.66	17.95
10	10.17	12.85	14.66	16.02	18.47
11	10.6	12.95	14.96	16.16	18.57

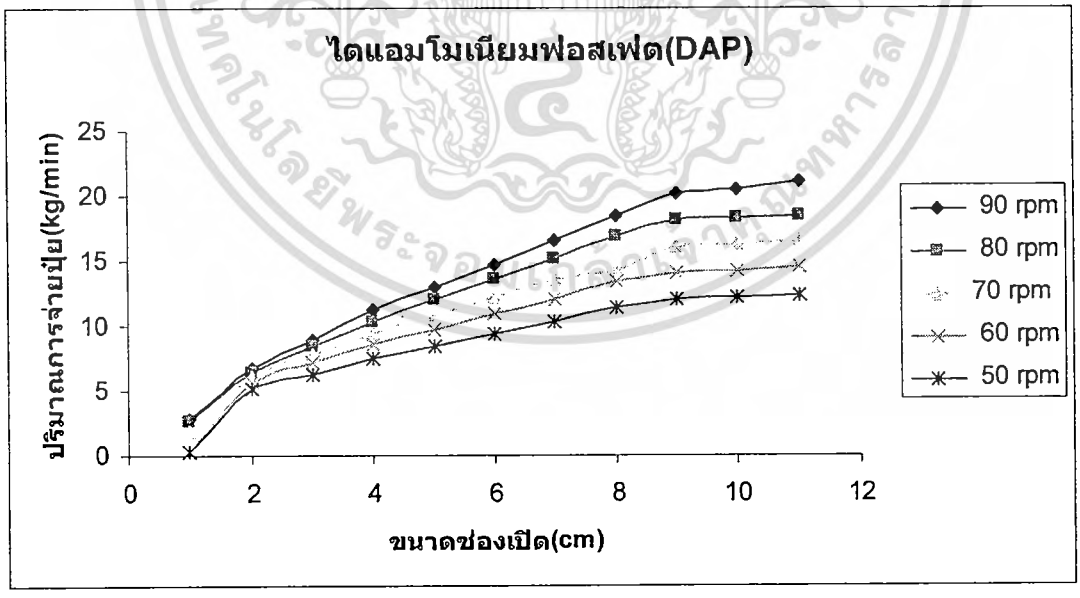


รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องเปิดกับปริมาณการจ่ายปุ๋ยยูเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP)

ช่องเปิด	ปริมาณการจ่ายปุ๋ย (kg / min)				
	50 rpm	60 rpm	70 rpm	80 rpm	90 rpm
1	0.27	0.37	1.89	2.71	2.78
2	5.2	5.67	6.06	6.46	6.74
3	6.27	7.13	7.79	8.51	8.97
4	7.44	8.53	9.4	10.34	11.22
5	8.46	9.75	10.81	11.97	12.99
6	9.38	10.91	12.23	13.56	14.73
7	10.37	12.1	13.55	15.12	16.59
8	11.42	13.48	14.23	16.83	18.47
9	12.05	14.06	16.15	18.05	20.14
10	12.13	14.19	16.23	18.29	20.53
11	12.29	14.51	16.53	18.5	21.06

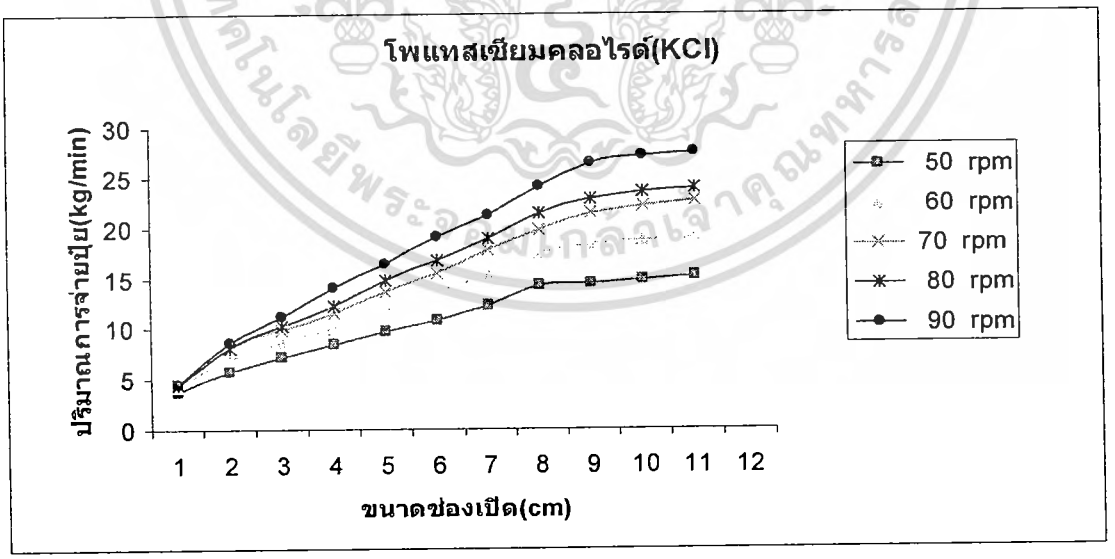


รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องเปิดกับปริมาณการจ่ายปุ๋ย DAP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกผลการทดลองโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)

ช่องเปิด	ปริมาณการจ่ายปุ๋ย (kg / min)				
	50 rpm	60 rpm	70 rpm	80 rpm	90 rpm
1	3.806	4.3	4.41	4.48	4.55
2	5.772	6.98	8.1	8.1	8.62
3	7.18	8.64	9.83	10.22	11.18
4	8.38	9.99	11.52	12.3	13.93
5	9.7	12.06	13.7	14.78	16.38
6	10.83	13.71	15.4	16.76	19.04
7	12.16	15.28	17.71	18.85	21.22
8	14.18	17.41	19.72	21.43	24.02
9	14.36	18.32	21.35	22.9	26.36
10	14.74	18.65	22.08	23.5	27.16
11	15.08	18.86	22.63	23.86	27.47

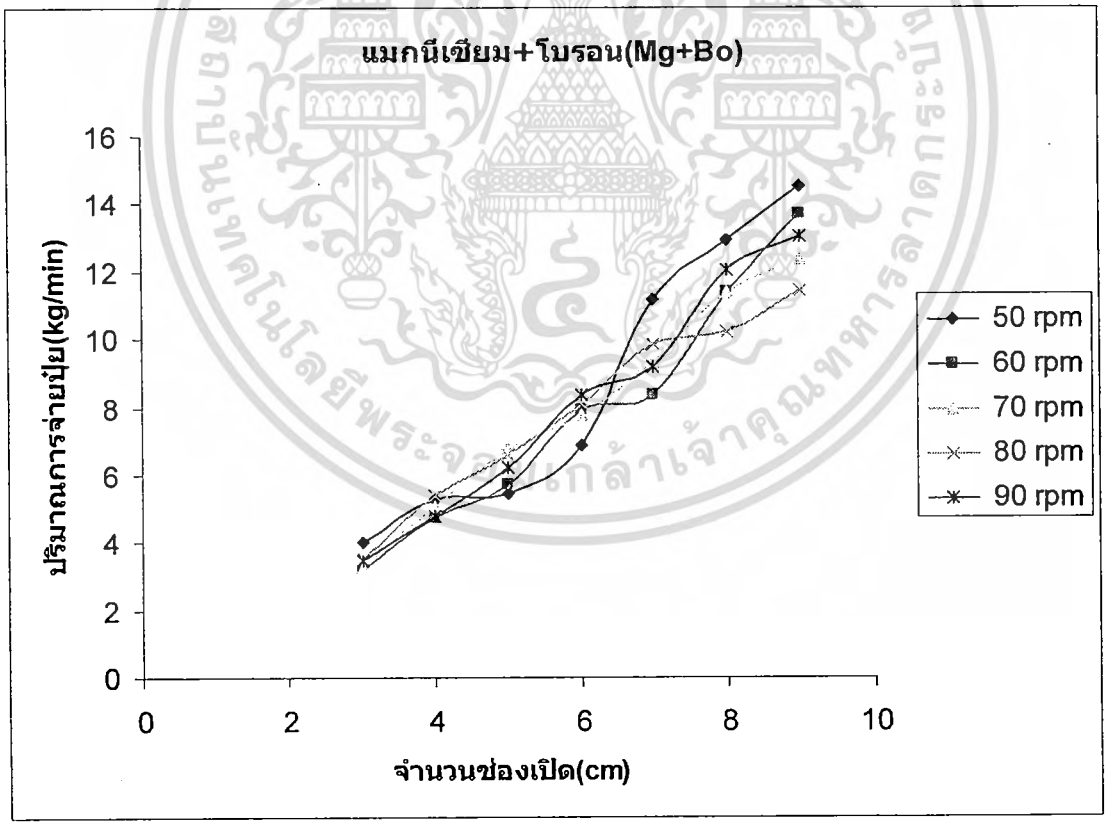


รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องเปิดกับปริมาณการจ่ายปุ๋ย KCl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกผลการทดลอง คีเซอไรต์ผสมกับโบแรกซ์(Mg+B)

ช่องเปิด	ปริมาณการจ่ายปุ๋ย (kg / min)				
	50 rpm	60 rpm	70 rpm	80 rpm	90 rpm
3	4.02	3.18	3.26	3.52	3.48
4	5.28	4.74	5.06	5.4	4.8
5	5.44	5.72	6.78	6.58	6.2
6	6.88	7.9	7.74	8.08	8.38
7	11.14	8.34	9.34	9.86	9.2
8	12.94	11.36	11.38	10.2	12.02
9	14.5	13.68	12.38	11.42	13.02



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องเปิดกับปริมาณการจ่ายปุ๋ย Mg+ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่าสำหรับปุ๋ยยูเรียไดแอมโมเนียมฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตราการจ่ายปุ๋ยที่ได้จากการทดลอง จะแปรผันตามการเพิ่มขนาดช่องเปิดและความเร็วรอบ ส่วนดีเซอไรต์ผสมกับบอแรกซ์(Mg+B) อัตราการไหลมีความแปรปรวนในทุกช่วงความเร็ว เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพเป็นผงและดูดความชื้นจากอากาศได้ดี ทำให้การไหลขัดข้องได้ง่าย

จากการทดลองพบว่า ความเร็วรอบของ Metering device. ที่เหมาะสมสำหรับปุ๋ยทุกชนิดที่ใช้คือ 90 รอบ/นาที (rpm) และขนาดช่องเปิดที่เหมาะสมแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ขนาดช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง(ความเร็วรอบ 90 rpm)

ชนิดปุ๋ย	ปริมาณปุ๋ยที่ได้จากการคำนวณ (kg / min)	ปริมาณปุ๋ยที่ได้จากการทดลอง (kg / min)	ช่องเปิดที่ใช้ (cm)
Urea	13.53	13.1 – 14.69	6 – 7
DAP	9.384	9.38 – 10.37	3-4
KCl	25.025	24.02 – 26.36	8 – 9
Mg+ B	6.756	6.2 – 8.38	5 – 6

4.2 การทดลองหาการกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่สมมาตรกับแกนอ้างอิง

4.2.1 จุดประสงค์ของการทดลอง

เพื่อหาตำแหน่งจุดตกของปุ๋ยบนจานเหวี่ยง ที่ก่อให้เกิดลักษณะการกระจายตัวที่สมมาตรกับแกนอ้างอิง(เส้นที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางจานเหวี่ยงไปตามแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร)

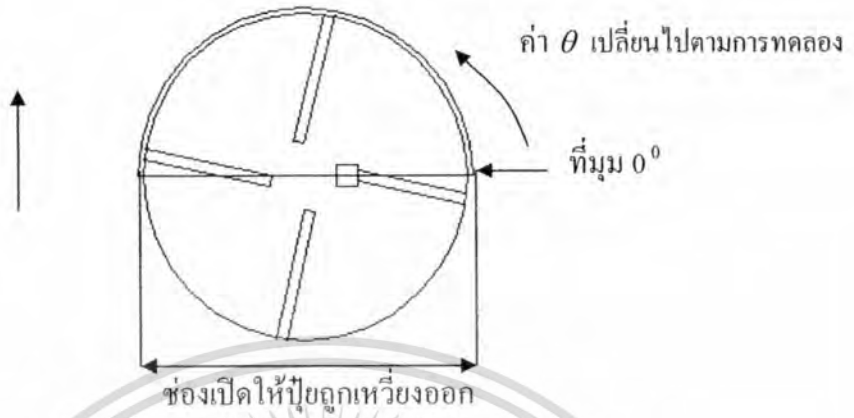
4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ยกให้ล้อของเครื่องหว่านปุ๋ยลอยพ้นจากพื้น
2. เปิดเครื่องให้เพลา พีทีโอของรถแทรกเตอร์หมุนจานที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ขณะที่รถแทรกเตอร์อยู่ในตำแหน่งเกียร์ว่าง
3. ใช้ Inverter motor ปรับความเร็วรอบของเพลาmetering device ให้ได้ 90รอบต่อนาที
4. ปล่อยปุ๋ยลงสู่ถาดลำเลียงผ่านช่องเปิดลงสู่จานเหวี่ยง ณ จุดต่าง ๆดังนี้

1.1 ที่มุม 0^0 ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร

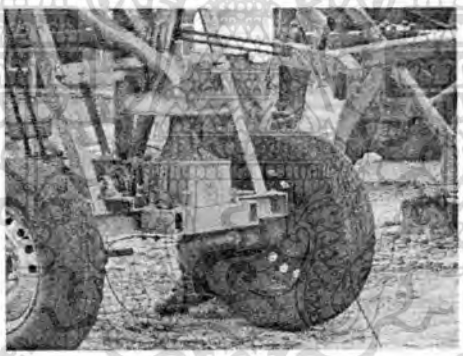
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 เปลี่ยนค่ามุมต่าง ๆ เป็น 90^0 , 180^0 และ 360^0 ที่ระยะห่างจากศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.7 แสดงการทดลองหามุม θ

5. ทดสอบที่ความสูงจากพื้นถึงจานเหวี่ยง 1 เมตร (เป็นความสูงของเครื่อง) จับเวลา 30 วินาที



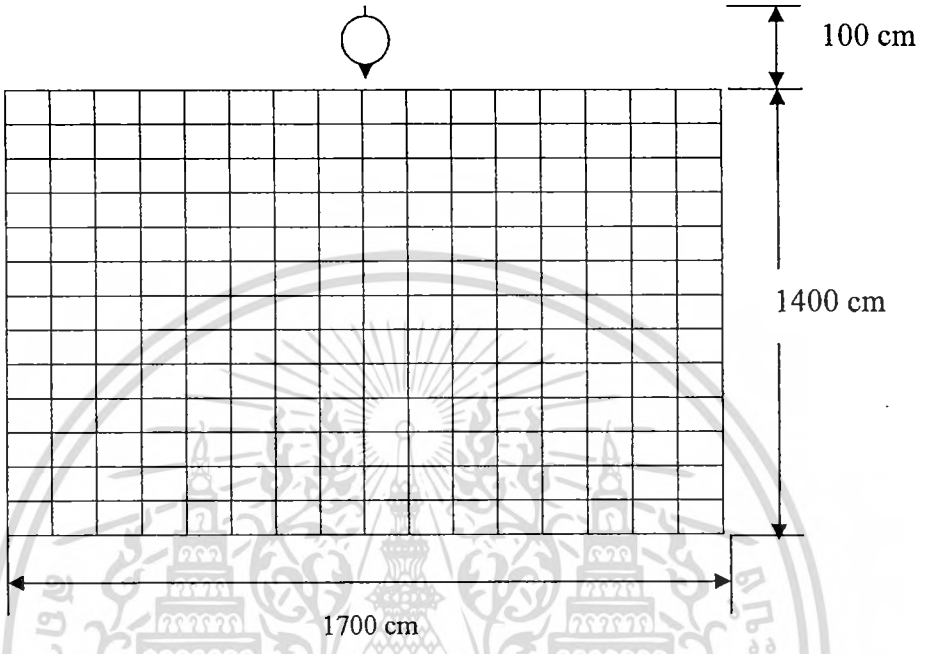
รูปที่ 4.8 ความสูงจากพื้นถึงจานเหวี่ยง

6. ขึงเชือกเป็นกรอบตารางบนพื้นขนาด $100 \times 100\ cm^2$ ในพื้นที่กว้าง17เมตร ลึก 14 เมตร ห่างจากจานเหวี่ยง 100 cm

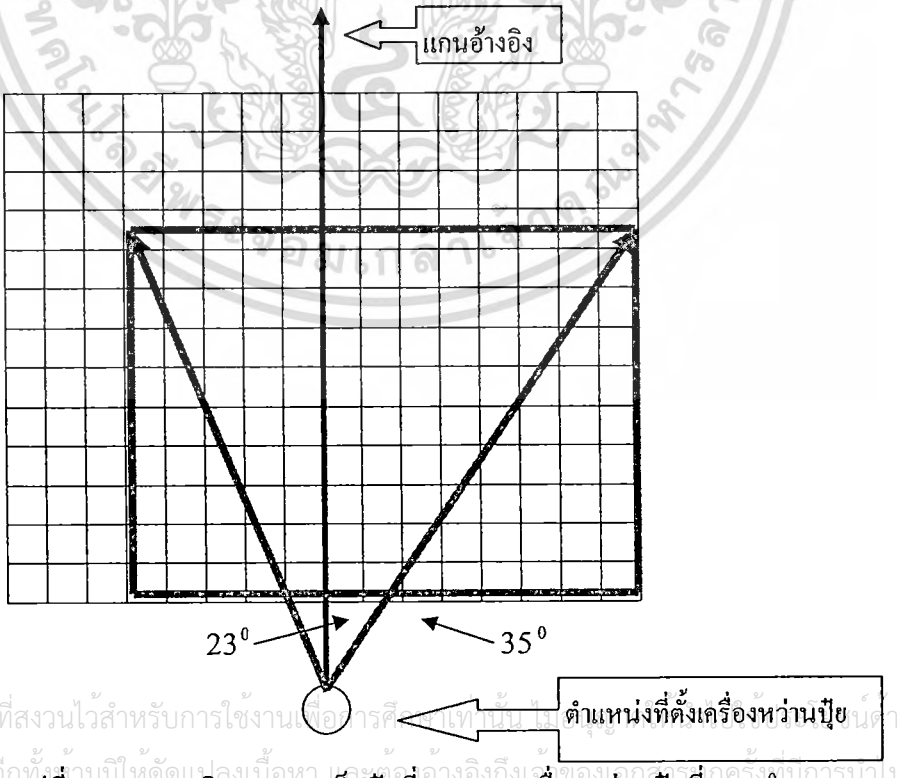
รูปที่ 4.9 การเตรียมพื้นที่เพื่อศึกษาการกระจายของปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ดูทิศทางลักษณะการกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 0^0, 90^0, 180^0 และ 360^0 และวัดระยะทางของเม็ดปุ๋ยที่ตกไกลสุดแล้วบันทึกผลการทดลอง

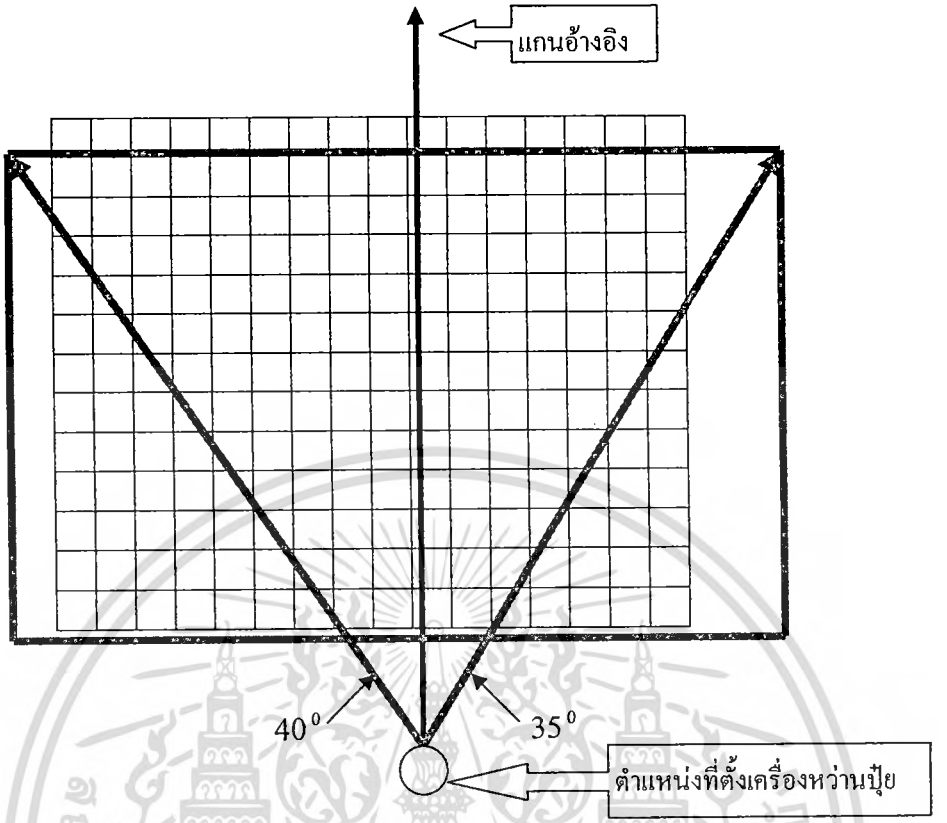


รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะการวางกรอบ และตำแหน่งที่ตั้งเครื่องหว่านปุ๋ยในพื้นที่ใช้การทดลอง

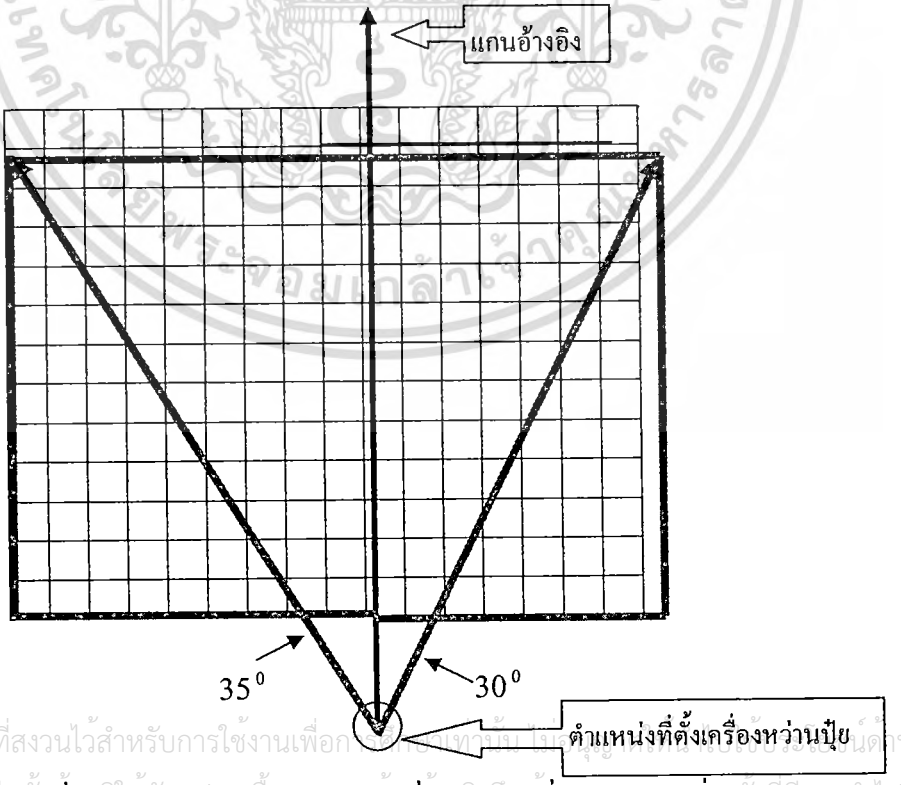


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 แสดงทิศทางของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากเครื่องหว่านปุ๋ยที่มุม 0^0

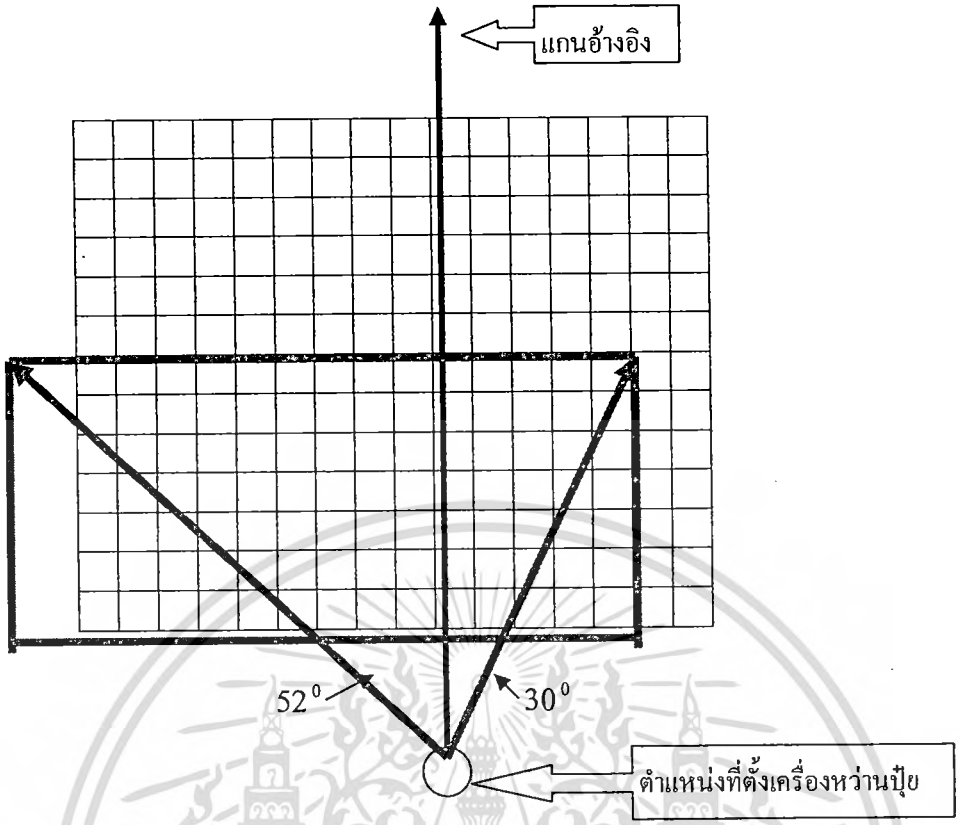


รูปที่ 4.12 แสดงทิศทางของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากเครื่องหว่านปุ๋ยที่มุม 90^0



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13 แสดงทิศทางของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากเครื่องหว่านปุ๋ยที่มุม 180^0



รูปที่ 4.14 แสดงทิศทางของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากเครื่องหว่านปุ๋ยที่มุม 270^0

4.2.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าจาก รูปที่ 4.11 และ 4.12 นั้นจะมีทิศทางการกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ค่อนข้างสมมาตร เพราะฉะนั้นจึงทดลองหาค่ามุม θ ที่ดีที่สุดระหว่าง 90^0 และ 180^0

4.3 การทดสอบหาค่ามุม θ ที่เหมาะสม

4.3.1 จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อที่จะหาลักษณะการกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่มุม θ เท่ากับ 90^0 , 120^0 , 150^0 และ 180^0 ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางจานเหวี่ยง 6.5 เซนติเมตร
2. เพื่อนำข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการทดลองนี้มาใช้ประกอบในการพิจารณาเลือกช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่เหมาะสมเพื่อหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Coefficient of Uniformity) ของเม็ดปุ๋ยที่มุม θ เท่ากับ 90^0 , 120^0 , 150^0 และ 180^0 จากสมการของ Christiansen (1942)ดังนี้

$$CU = \left[1.0 - \frac{\sum_{i=1}^{N} \left| x_i - \bar{x} \right|}{N\bar{x}} \right] \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CU = สัมประสิทธิ์การกระจายตัว , เปอร์เซ็นต์

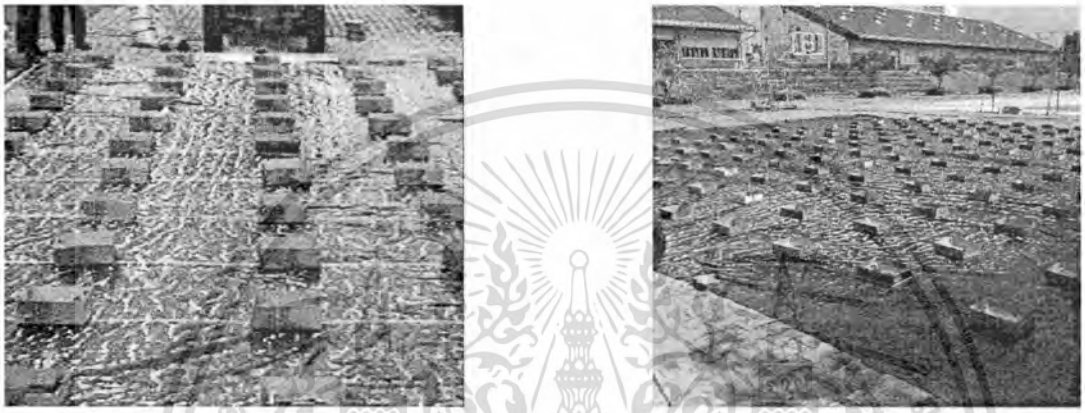
X = น้ำหนักของเม็ดปุ๋ยที่ตกลงบนกล่อง

$\bar{x}$ = น้ำหนักเฉลี่ยของเม็ดปุ๋ยที่ตกลงบนกล่อง , กรัมต่อตารางเมตร

N = จำนวนจุดที่วัดหรือจำนวนกล่อง

4.3.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1. นำกล่องขนาด 30 × 25 cm^2 วางห่างกัน 100 cm ครอบคลุมบริเวณที่เม็ดปุ๋ยตก



รูปที่ 4.15 ลักษณะการวางกล่องเพื่อเก็บข้อมูล

2. เปิดเครื่องให้จานเหวี่ยงมีความเร็วรอบที่ 1,500 รอบต่อนาที จับเวลาในการหว่าน 30 วินาที ทำการทดสอบ 3 ซ้ำที่มุม θ เท่ากับ 90^0 , 120^0 , 150^0 และ 180^0

รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะการทำงานของจานเหวี่ยง

3. ชั่งน้ำหนักปุ๋ยที่ตกลงในกล่อง คำนวณหาพื้นที่กล่อง จะได้ปริมาณของปุ๋ยที่ตกต่อพื้นที่(กรัม/ตารางเมตร) เพื่อแทนค่าในการหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Coefficient of Uniformity) ของปุ๋ยที่มุม θ เท่ากับ 90^0 และความเร็วรอบจานเหวี่ยง 1,500 รอบต่อนาที

75.86	183.73	97.46	67.6
76.66	130.93	81.33	57.6
74.26	108.8	80.66	57.33
69.86	98.13	75.33	49.86
64.66	60.26	59.86	44.13
50.53	54.53	42.26	35.86
35.46	42.8	32.93	31.73

เลือกน้ำหนักเม็ดปุ๋ยต่อพื้นที่กล่อง (g/m^2) ที่มีความหนาแน่นมากในที่นี้เลือกมา 28 กล่อง จากตัวเลขข้างต้นจะได้

$\bar{x}$ = 69.3 g/m^2

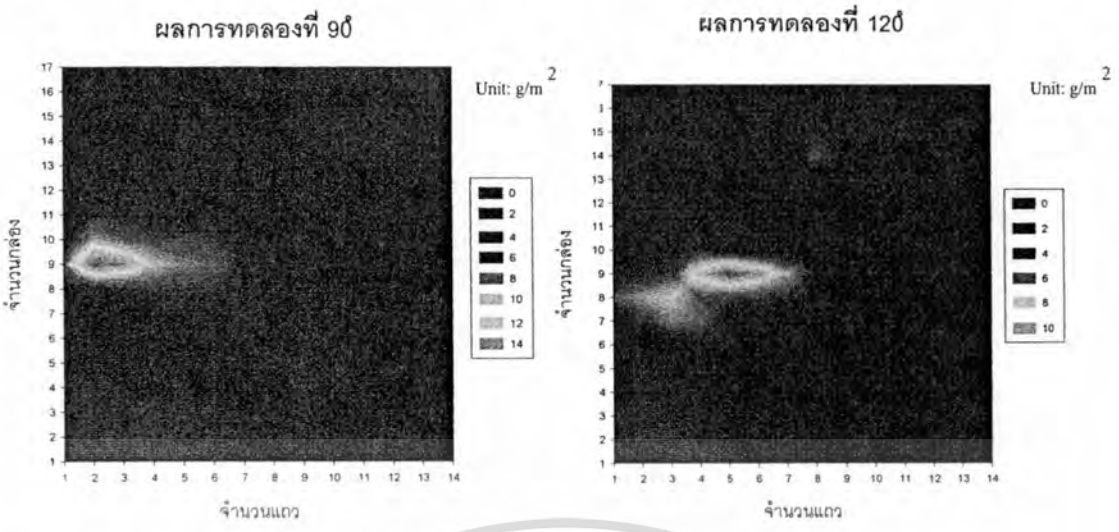
N = 28 กล่อง

แทนค่าในสมการสมการของ Christiansen (1942) จะได้

$$CU = \left(1 - \frac{\left\{ \begin{array}{l} |75.86-69.3| + |76.66-69.3| + |74.26-69.3| + ... \\ + |44.13-69.3| + |35.86-69.3| + |31.73-69.3| \end{array} \right\}}{28 \times 69.3} \right) \times 100$$

CU = 66.87 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กว้างสุด 6 m

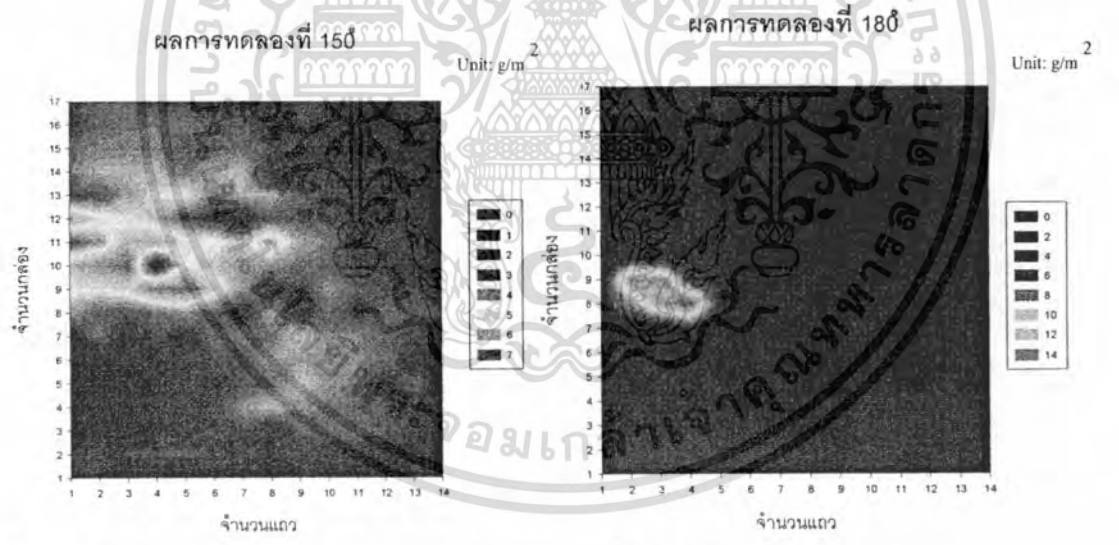
ไกลสุด 9 m

สัมประสิทธิ์การกระจายตัว (CU) 54.25 %

กว้างสุด 9 m

ไกลสุด 14 m

สัมประสิทธิ์การกระจายตัว (CU) 56.27 %



กว้างสุด 18 m

ไกลสุด 15 m

สัมประสิทธิ์การกระจายตัว (CU) 59.14 %

กว้างสุด 4 m

ไกลสุด 6 m

สัมประสิทธิ์การกระจายตัว (CU) 43.07 %

รูปที่ 4.17 Contour แสดงความหนาแน่นของการกระจายตัวต่อพื้นที่
ที่มุม θ^0 ระหว่าง $90^0 - 180^0$ ของปุ๋ยยูเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงสัมประสิทธิ์การกระจายตัวที่ ที่มุม θ 90^0 , 120^0 , 150^0 และ 180^0

องศา	สัมประสิทธิ์การกระจายตัว (%)		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
90	54.25685	54.49897	57.01686
120	56.27988	58.18207	58.63999
150	59.14576	60.17506	59.51805
180	43.07145	22.11594	14.86294

4.3.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าที่มุม θ เท่ากับ 150^0 มีสัมประสิทธิ์การกระจายตัวดีที่สุด (c.u=59.61%) จึงสามารถใช้ค่ามุมนี้เป็นค่าคงที่ในการแปรผันระยะตกตามแนวรัศมีของจานเหวี่ยง

4.4 การทดลองหาตำแหน่งตกของปุ๋ยบนจานเหวี่ยงที่เหมาะสม

4.4.1 จุดประสงค์การทดลอง

1) เพื่อหาตำแหน่งตกของเม็ดปุ๋ยลงสู่จานเหวี่ยง(ระยะตามแนวรัศมี)ที่ทำให้เกิดการกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยได้สม่ำเสมอ ที่ $\theta = 150^\circ$

2) เพื่อหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Uniformity Coefficient) ของเม็ดปุ๋ยที่ระยะห่างจากศูนย์กลางที่ 6.5 , 12.75 และ 19 cm จากสมการดังต่อไปนี้

สมการของ Christiansen (1942)

$$CU = \left[1.0 - \frac{\sum_{i=1}^{N} \left| x_i - \bar{x} \right|}{N\bar{x}} \right] \times 100$$

CU = สัมประสิทธิ์การกระจายตัว , เปอร์เซ็นต์

X = น้ำหนักของเม็ดปุ๋ยที่ตกลงบนกล่อง

$\bar{x}$ = น้ำหนักเฉลี่ยของเม็ดปุ๋ยที่ตกลงบนกล่อง , กรัมต่อตารางเมตร

N = จำนวนจุดที่วัดหรือจำนวนกล่อง

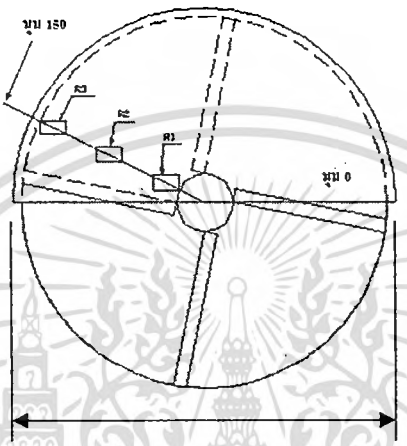
3) เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้มากำหนดตำแหน่งช่องเปิดให้ปุ๋ยไหลลงสู่จานเหวี่ยงที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำกล่องขนาด 30 × 25 cm^2 วางห่างกัน 100 cm ครอบคลุมบริเวณที่เม็ดปุ๋ยตก
2. เปิดเครื่องให้จานเหวี่ยงมีความเร็วรอบที่ 1,500 รอบต่อนาที จับเวลาในการหว่าน 30 วินาที ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ ที่มุม θ เท่ากับ 150^0 ที่ระยะห่างจากศูนย์กลางที่ 6.5 , 12.75 และ 19 cm

มุม θ เท่ากับ 150^0



ช่องปากทางออก

รูปที่ 4.18 แสดงระยะระยะห่างจากศูนย์กลางที่ 6.5 , 12.75 และ 19 cm

3. ชั่งน้ำหนักเม็ดปุ๋ยที่ตกลงในกล่อง คำนวณจำนวนปุ๋ยเป็นกรัมต่อตารางเมตร แทนค่าในการหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัว

ตารางที่ 4.7 สัมประสิทธิ์การกระจายตัวของปุ๋ยจากการแปรผันระยะตกตามแนวรัศมี

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง (R)	สัมประสิทธิ์การกระจายตัว (%)		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
R_1 = 6.5 cm	59.14576	60.17506	59.51805
R_2 =12.75 cm	23.12791	30.39039	22.03561
R_3 = 19 cm	4.609413	-7.30607	-13.5846

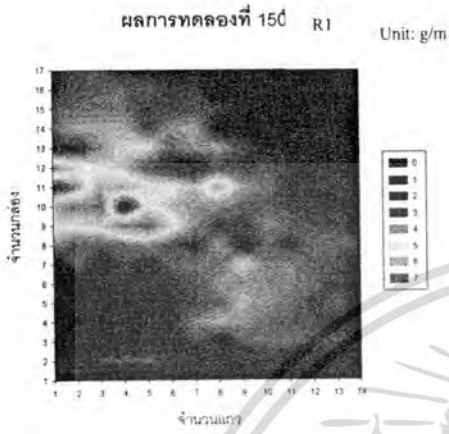
4

4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของ R_1 ดีที่สุด เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง 6.5 cm ที่มุม θ เท่ากับ 150^0 เป็นจุดปล่อยเม็ดปุ๋ยลงสู่จานเหวี่ยง

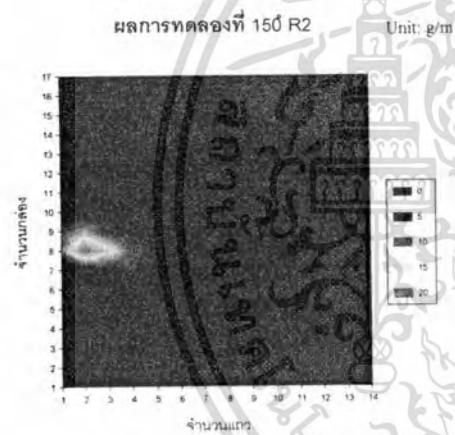


กว้างสุด 18 m

ไกลสุด 15 m

สัมประสิทธิ์การกระจายตัว (CU) 59.14 %

ปุ๋ยยูเรีย

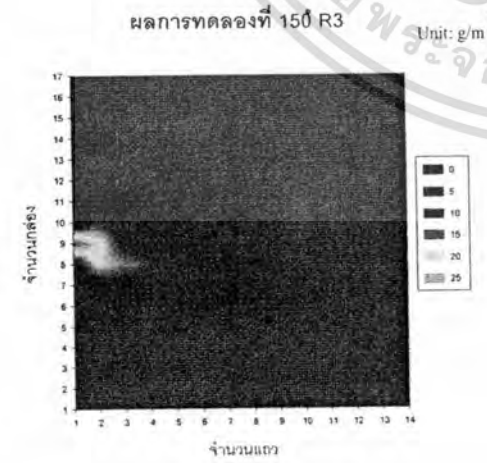


กว้างสุด 5 m

ไกลสุด 10 m

สัมประสิทธิ์การกระจายตัว (CU) 23.12 %

ปุ๋ยยูเรีย



กว้างสุด 3 m

ไกลสุด 5 m

สัมประสิทธิ์การกระจายตัว (CU) 4.60 %

ปุ๋ยยูเรีย

รูปที่ 4.19 Contour แสดงความหนาแน่นของการกระจายตัวต่อพื้นที่ที่ระยะห่างจากศูนย์กลางที่ 6.5 , 12.75 และ 19 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องหว่านปุ๋ยต้นแบบ

4.5.1 จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อหาความแม่นยำของปริมาณปุ๋ยที่เครื่องหว่านสามารถทำได้
2. ศึกษาความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของปุ๋ย

4.5.2. ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองลากเครื่องหว่านปุ๋ยต้นแบบด้วยแทรคเตอร์ด้วยความเร็ว 5ก.ม/ช.ม ปรากฏว่า ความเร็วรอบของชุดกำหนดปริมาณปุ๋ยเป็น105รอบ/นาทีซึ่งสูงกว่า 90รอบ/นาทีที่ได้จากการทดลองในหัวข้อ4.1 จึงต้องคำนวณหาขนาดช่องเปิดสำหรับปุ๋ยชนิดต่างๆที่ความเร็วรอบใช้งานจากเส้นแนวโน้มของกราฟในภาพที่ 4.3,4.4,4.5และ4.6

ตารางที่ 4.8 การปรับขนาดช่องเปิดที่ความเร็วรอบเพลา Metering device 105 รอบต่อนาที

ปุ๋ย	ขนาดช่องเปิดที่90รอบ/นาที cm	ขนาดช่องเปิดที่105รอบ/นาที จากการคำนวณ cm
Urea	6-7	5.2
DAP	3-4	2.7
KCL	8-9	7.1
B + Mg	5-6	I

1. นำปุ๋ยยูเรียใส่ลงเครื่องหว่านปุ๋ย
2. ปรับตั้งให้ช่องที่ปุ๋ยไหลลงสู่จานเหวี่ยงอยู่ที่ระยะจากจุดศูนย์กลางจาน 6.5 cm ที่มุม θ เท่ากับ 150^0 ปรับขนาดช่องเปิดเป็น 5.2 เซนติเมตร

รูปที่ 4.20 แสดงลักษณะของช่องเปิดที่ใช้กำหนดจุดตกของปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำกล่องขนาด 30 × 25 cm^2 วางห่างกัน 100 cm จำนวน 21 กล่องต่อหนึ่งแถว จำนวน 5 แถว ระยะห่างของแถว 5 เมตร

รูปที่ 4.21 การเตรียมพื้นที่เพื่อการทดสอบสมรรถนะเครื่องจักร

4. เดินเครื่องให้ตัวเครื่องวิ่งผ่านกล่องทั้ง 5 แถว

รูปที่ 4.22 แสดงการขับเคลื่อนเครื่องหว่านปุ๋ย

5. ชั่งน้ำหนักเม็ดปุ๋ยที่ตกลงในกล่อง บันทึกผลการทดลอง คำนวณปริมาณปุ๋ยที่ตกเป็นกรัมต่อตารางเมตร
6. ทำการทดลองเช่นเดิมแต่เปลี่ยนปุ๋ยเป็น ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ และคีเซอไรต์ผสมกับบอแรกซ์และปรับขนาดช่องเปิดตามค่าในตารางที่ 4.8

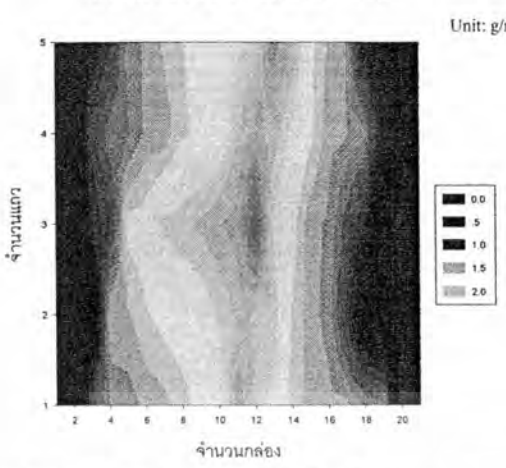
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบปริมาณปุ๋ยที่หว่านด้วยเครื่องจักรกับความต้องการปุ๋ยของปาล์ม

ชนิดปุ๋ย	อัตราปุ๋ยที่ปาล์มต้องการ (g/m^2)	อัตราปุ๋ยที่ได้จากการทดลอง (g/m^2)
Urea	20.82	20.46
DAP	14.473	16.37
KCL	38.5	25.73
B + Mg	10.395	2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต(DAP)



หน้ากว้างการทำงานขณะรถเคลื่อนที่ 18 m

ขนาดช่องเปิด 2.7 cm

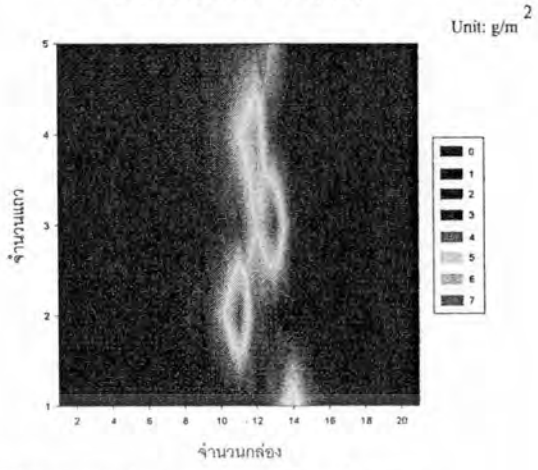
ความเร็วรอบ Metering 105 rpm

ความเร็วรอบจานเหวี่ยง 1,600 rpm

ความเร็วรถ 5 km/hr

ปริมาณการใช้ปุ๋ย 20.46 g / m ^{2}

โพแทสเซียมคลอไรด์(KCl)



หน้ากว้างการทำงานขณะรถเคลื่อนที่ 10.5 m

ขนาดช่องเปิด 7.1 cm

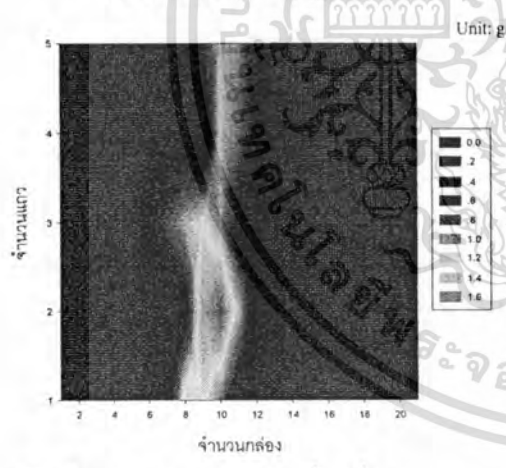
ความเร็ว Metering 105 rpm

ความเร็วรอบจานเหวี่ยง 1,600

ความเร็วรถ 5 km/hr

ปริมาณการใช้ปุ๋ย 25.73 g / m ^{2}

แมกนีเซียม+โบรอน(Mg+Bo)



หน้ากว้างการทำงานขณะรถเคลื่อนที่ 6 m

ขนาดช่องเปิด 1 cm

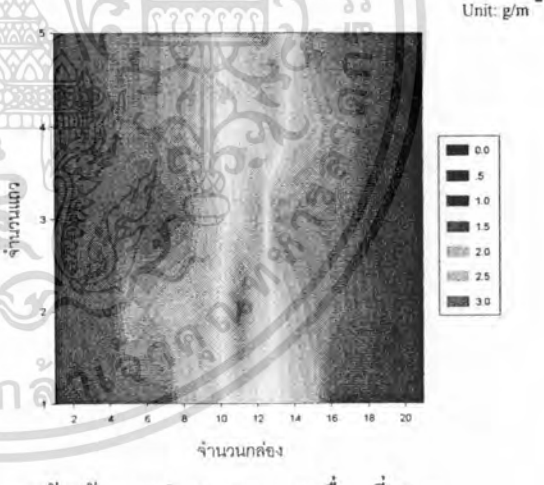
ความเร็วรอบ Metering 105 rpm

ความเร็วรอบจานเหวี่ยง 1,600 rpm

ความเร็วรถ 5 km/hr

ปริมาณการใช้ปุ๋ย 2.6 g / m ^{2}

ยูเรีย



หน้ากว้างการทำงานขณะรถเคลื่อนที่ 20 m

ขนาดช่องเปิด 5.2 cm

ความเร็ว Metering 105 rpm

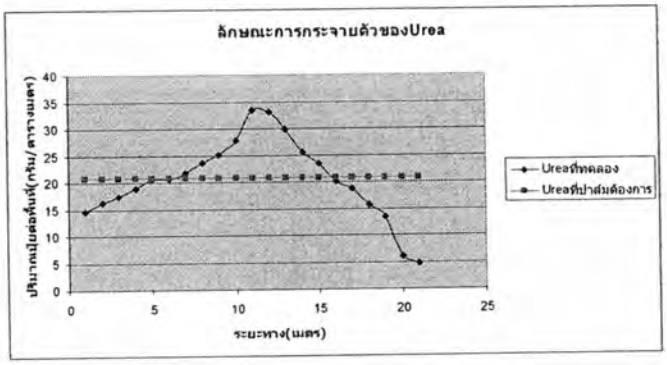
ความเร็วรอบจานเหวี่ยง 1,600 rpm

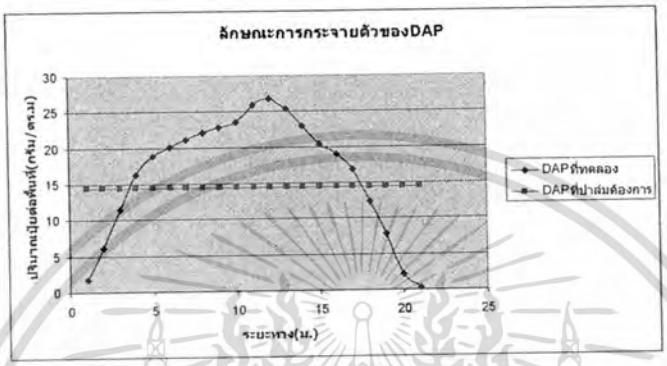
ความเร็วรถ 5 km/hr

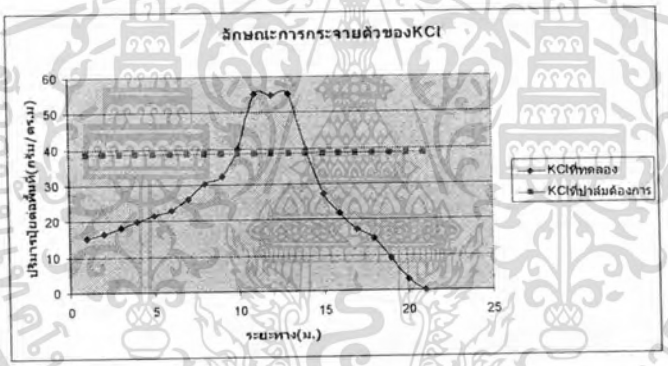
ปริมาณการใช้ปุ๋ย 20.46 g / m ^{2}

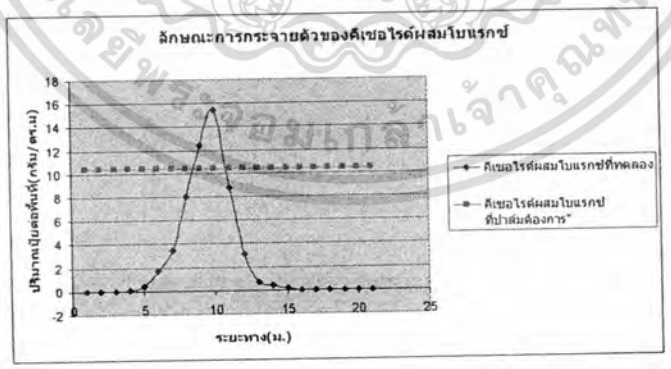
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.23 Contour แสดงการกระจายตัวของปุ๋ยที่ใช้ทดสอบสมรรถนะเครื่องจักรต้นแบบ







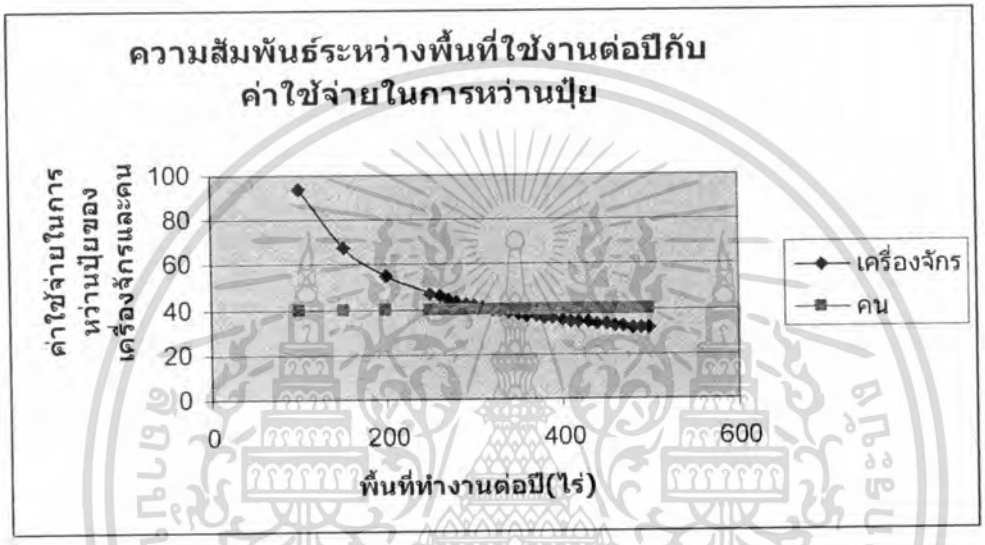


รูปที่ 4.24 กราฟแสดงลักษณะการกระจายของปุ๋ยต่างๆที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องจักรต้นแบบ

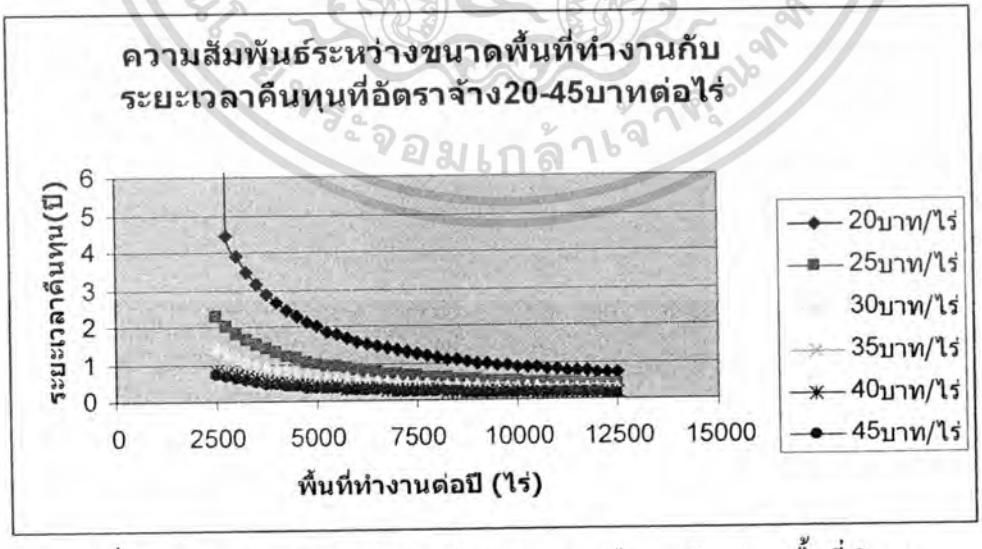
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การนำเครื่องหว่านปุ๋ยไปใช้ ต้องมีพื้นที่ใช้งานไม่ต่ำกว่า 320ไร่/ปีจึงจะเกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจดังกราฟ ในกรณีที่เกษตรกรต้องการนำเครื่องจักรไปรับจ้าง สามารถเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนกับอัตราจ้างตั้งแต่20-45บาท/ไร่จากกราฟ เช่นพื้นที่ทำงานขนาด2,500ไร่ต่อปี ที่อัตราค่าจ้างหว่านปุ๋ย 25,30,35บาท จะคืนทุนในเวลา2.5,1.44และ1.06 ปี ตามลำดับ



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบขนาดพื้นที่ทำงานกับต้นทุนการหว่านปุ๋ยด้วยเครื่องจักร



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนกับขนาดพื้นที่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การคำนวณหาต้นทุนการใช้งานของเครื่องหว่านปุ๋ย

อ้างอิงจาก HUNT(1976)

Ac = Fc/A+1/Ct(R&M+F+O+Lo+L1).....1)

Fc = D+I.....2)

D = (P-S)/N.....3)

I = [(P+S)/2](r/100).....4)

โดย

D =ค่าเสื่อมราคา ..... บาท/ปี

I = ดอกเบี้ย ..... บาท/ปี

P = ราคาซื้อ ..... บาท

S = มูลค่าซาก..... บาท

N = อายุการใช้งาน ..... ปี

r = อัตราดอกเบี้ย ..... เปอร์เซ็นต์/ปี

Ac = ต้นทุนการใช้เครื่อง ..... บาท/ไร่

Fc = ต้นทุนคงที่ ..... บาท/ปี

A = พื้นที่หว่านใน1ปี .....ไร่

R&M = ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา .... บาท/ชั่วโมง

F = ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง..... บาท/ชั่วโมง

O = ค่าน้ำมันหล่อลื่น....บาท/ชั่วโมง

Lo = ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน.....บาท/ชั่วโมง

L1 = ค่าแรงงานคนเติมปุ๋ย.....บาท/ชั่วโมง

Ct = ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักร ..... ไร่/ชั่วโมง

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

1. ราคาเครื่องหว่านปุ๋ย P = 50,000 บาท
2. อายุการใช้งาน N = 10 ปี
3. มูลค่าซาก S = 0 บาท
4. อัตราดอกเบี้ย r = 10 %
5. ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา R&M จากHUNT(1976)
   = 6.67%ของราคาซื้อ/100ชั่วโมงการทำงาน
   = 0.0667x50,000/100
   =33.35 บาท/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง F = 2 ลิตร/ชั่วโมงx30บาท/ลิตร
= 60 บาท/ชั่วโมง

7. ค่าน้ำมันหล่อลื่น O = 10% ของน้ำมันเชื้อเพลิง
= 0.1x60
= 6 บาท/ชั่วโมง

8. ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน Lo = 180 บาท/8ชั่วโมง
= 22.5 บาท/ชั่วโมง

9. ค่าแรงงานคนเติมปุ๋ย L1 = 180 บาท/8ชั่วโมง
= 22.5 บาท/ชั่วโมง

10. ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักร Ct = 25 ไร่/ชั่วโมง

จาก.....3) D = (P-S)/N
= 50,000-0)/10
= 5,000 บาท

จาก.....4) I = [(P+S)/2](r/100)
= [(50,000+0)/2](10/100)
= 2,750 บาท/ปี

Fc = D+I
= 5,000+2,750
= 7,750 บาท/ปี

Ac = Fc/A+1/Ct(R&M+F+O+Lo+L1)
= 7,750/A+1/25(33.35+60+6+22.5+22.5)
= 7,750/A+5.774 บาท/ไร่

ถ้าเช่ารถแทรกเตอร์มาลากเครื่องหว่านปุ๋ยในอัตรา 250 บาทต่อชั่วโมงและความสามารถในการทำงานของเครื่องจักร Ct= 25ไร่/ชั่วโมง ดังนั้นค่าใช้จ่ายของแทรกเตอร์ =250/25=10บาท/ไร่
ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวม Ac = 7,750/A+5.774+10 = 7,750/A+15.774 บาท/ไร่
เมื่อแปรผันพื้นที่การทำงาน/ปีจะทราบต้นทุนการหว่านปุ๋ยด้วยเครื่องจักร

การคำนวณต้นทุนการหว่านปุ๋ยด้วยคน

ระบบที่นิยมใช้คือ รถแทรกเตอร์ลากเทรลเลอร์บรรทุกปุ๋ยในระหว่างแถวปาล์ม แล้วมีแรงงานแบ่งปุ๋ยไปหว่านรอบๆต้นปาล์ม ค่าใช้จ่ายในการหว่านปุ๋ยเป็นดังนี้

ถ้าเช่ารถแทรกเตอร์มาบรรทุกปุ๋ย อัตรา250บาท/ชั่วโมง ความสามารถในการทำงาน 10ไร่/ชั่วโมง

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในส่วนของแทรกเตอร์ = 25บาท/ไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงงาน1คนหว่านปุ๋ยได้ 800 กิโลกรัม/วัน

อัตราใส่ปุ๋ย 3.0 กิโลกรัม/ต้นหรือ 66 กิโลกรัม/ไร่ (อัตราปลูกปาล์ม22ต้น/ไร่)

ดังนั้นแรงงาน1คนหว่านปุ๋ยได้ 800/66 =12.1ไร่/วัน

ค่าแรงงานวันละ 180บาท(8ชั่วโมง)

ค่าใช้จ่ายในส่วนของคนหว่านปุ๋ย =180/12.1 = 14.78บาท/ไร่

ค่าใช้จ่ายในการหว่านปุ๋ยด้วยแรงงานคน =25+14.78 = 39.78 บาท/ไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลของการใช้เครื่องหว่านปุ๋ยชนิดลากจูงด้วยแทรคเตอร์ในแปลงปาล์มน้ำมัน

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องหว่านปุ๋ยแบบจานเหวี่ยงหนีศูนย์ เพื่อศึกษาผลการใช้งานโดยมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องจักรมาใช้ทดแทนแรงงานคน

1. เครื่องหว่านปุ๋ยต้นแบบ สามารถปรับขนาดช่องเปิดของ Metering device ให้มีปริมาณการไหลของปุ๋ยแต่ละชนิดได้ดังนี้ ยูเรีย 2.22 – 18.57 กิโลกรัมต่อนาที ,ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต 0.27 – 12.29 กิโลกรัมต่อนาที , โพแทสเซียมคลอไรด์ 4.55 – 27.47 กิโลกรัมต่อนาที และ คีเซอไรต์ผสมกับโบแรกซ์ 3.48 – 13.02 กิโลกรัมต่อนาที ที่ความเร็วรอบของเพลา Metering device 90 รอบต่อนาที โดยเม็ดปุ๋ยจะถูกลำเลียงลงสู่จานเหวี่ยงที่มีความเร็วรอบของการหมุน 1,500 รอบต่อนาที เพื่อกระจายเม็ดปุ๋ยลงสู่พื้นดิน

2. เครื่องหว่านปุ๋ยสามารถปรับปริมาณการให้ปุ๋ยโดยการเลื่อนลิ้นปิด-เปิดให้ปุ๋ยไหลในปริมาณที่ต้องการ และปรับอัตราการจ่ายปุ๋ยแต่ละชนิดได้โดยอิสระ

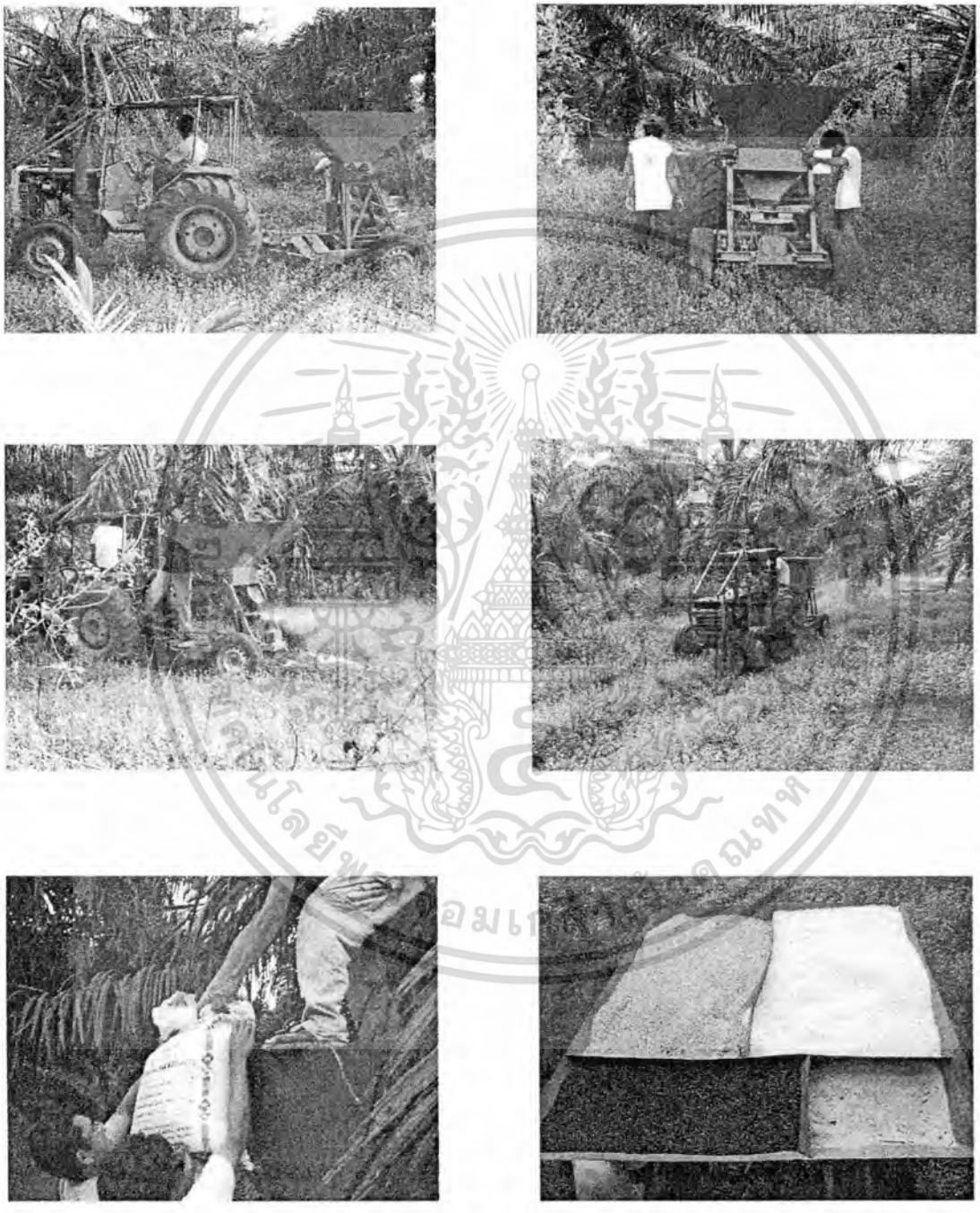
3. ตำแหน่งที่เม็ดปุ๋ยตกลงสู่จานเหวี่ยง มีผลต่อระยะทางการส่งเม็ดปุ๋ย และความสม่ำเสมอของการกระจาย โดยตำแหน่งที่ปุ๋ยตกพิจารณาจาก ระยะห่างจากศูนย์กลางจานและการทำมุมกับแกนอ้างอิง(θ) ที่มุม θ เท่ากับ 150^0 ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากับ 6.5 เซนติเมตร ความเร็วรอบของจานเหวี่ยง 1,600 รอบต่อนาที จากการทดสอบกับปุ๋ยยูเรีย ระยะส่งได้ไกลสุด 14 เมตร ระยะหน้ากว้างสุด 16 เมตร เม็ดปุ๋ยตกครอบคลุมพื้นที่ 238 ตารางเมตร สัมประสิทธิ์การกระจายตัว 59.6 %

4. จากการทดลองหว่านในสภาพแปลง อัตราการให้ปุ๋ยยูเรียและไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP) ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการ อัตราการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์(KCl)น้อยกว่าค่าที่ต้องการ 33% อัตราการให้ปุ๋ยคีเซอไรต์ผสมโบแรกซ์(B + Mg)น้อยกว่าค่าที่ต้องการ75%สาเหตุมาจาก เกิดการไหลติดขัดของปุ๋ยที่ช่องเปิดของ Metering device

5. การใช้ปุ๋ยที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นเม็ด เช่น ยูเรีย , ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต สามารถหว่านครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการ(หน้ากว้างของการหว่านที่มีประสิทธิภาพประมาณ15-18เมตร) แต่ยังมีลักษณะการกระจายตัวไม่ดีนัก(c.u=63.37%และ48.80%ตามลำดับ)ปุ๋ยที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นเกร็ดเล็กๆเช่น โพแทสเซียมคลอไรด์มีระยะของการหว่านรองลงมา(หน้ากว้างของการหว่านที่มีประสิทธิภาพประมาณ13เมตร)และมีลักษณะการกระจายตัวไม่ดี(c.u=38.48%)ส่วนที่มีลักษณะเป็นผง เช่น คีเซอไรต์ผสมกับโบแรกซ์มีระยะการหว่านแคบ(8-9เมตร)ไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดระหว่างปาล์ม2แถวได้และมีสัมประสิทธ์การกระจายตัวต่ำที่สุด(c.u=-74.97%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เครื่องหว่านปุ๋ย จะช่วยลดความยากลำบากในการใส่ปุ๋ย ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และทำงานเสร็จสิ้นในเวลาอันสั้น เพราะว่าเครื่องหว่านปุ๋ยมีหน้ากว้างการทำงานที่สามารถครอบคลุมต้นปาล์มได้ 2 แถว สวนปาล์มขนาด 5 ไร่ใช้เวลาหว่านปุ๋ยประมาณ 12 นาที ที่ความเร็ว5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 5.1 แสดงการทำงานของเครื่องหว่านปุ๋ยในแปลงปาล์มของวิทยาเขตชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่พบ

1. ในการกำหนดเงื่อนไขว่าเครื่องหว่านปุ๋ยเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบของ Metering device 90 รอบต่อนาที และความเร็วรอบของ จานเหวี่ยง 1,500 รอบต่อนาที เป็นสภาวะการใช้งาน แต่เมื่อได้ทดสอบการใช้งานในสภาพแปลงพบว่าที่เงื่อนไขดังกล่าวรถแทรกเตอร์มีกำลังขับไม่เพียงพอ จึงลดเกียร์และเร่งความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ทำให้ความเร็วรอบของ จานเหวี่ยงเป็น 1,600รอบต่อนาที สูงกว่าค่าที่กำหนดเล็กน้อย
2. จากผลการทดลองในหัวข้อ4.1เป็นการหาขนาดช่องเปิดที่เหมาะสม โดยทดสอบที่ความเร็วรอบของ Metering device ระหว่าง 50- 90 รอบต่อนาที แต่การทดลองในสภาพแปลง ชุด Metering device นั้นมีความเร็วรอบที่ 105 รอบต่อนาที จึงต้องนำค่าขนาดช่องเปิดจากการคำนวณมาใช้
3. อัตราปุ๋ยจากการทดลองจากตารางที่4.8 เป็นการนำค่าน้ำหนักปุ๋ยในกล่องหารด้วยพื้นที่กล่อง อาจจะไม่สะท้อนภาพสมรรถนะของเครื่องจักรต้นแบบที่แท้จริง เนื่องจากเงื่อนไขของสภาพแวดล้อม เช่นมีลมพัด จึงควรมีการชั่งน้ำหนักปุ๋ยก่อนและหลังการหว่าน เพื่อหาค่าน้ำหนักปุ๋ยที่ใช้จริง เมื่อนำค่าดังกล่าวมาหารด้วยพื้นที่ทำงาน ก็จะทราบอัตราปุ๋ยที่เครื่องจักรทำได้
4. ถังบรรจุปุ๋ยมีความจุน้อยเกินไป ต้องเสียเวลาหยุดเติมปุ๋ยบ่อยครั้ง
5. ถังบรรจุปุ๋ยมีความสูงจากพื้นมากเกินไป เติมปุ๋ยได้ยาก
6. ระยะการเหวี่ยงของปุ๋ยที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นเกร็ดหรือผงยังไม่เพียงพอ
7. ลักษณะของการกระจายตัวของปุ๋ยทุกชนิดที่ใช้ในการทดลอง ยังต้องปรับปรุง
8. การไหลของปุ๋ยคีเซอไรต์ผสมกับบอแรกซ์จาก Metering device ไม่สม่ำเสมอเนื่องจากความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. การหว่านปุ๋ยที่มีลักษณะทางกายภาพต่างกันโดยพร้อมกัน จำเป็นต้องมีการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องจักรเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เช่นอุปกรณ์กำหนดปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสม ระบบจานเหวี่ยงที่เหมาะสม ดังนั้นการศึกษาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่นความเร็วรอบของจานเหวี่ยง มุมเอียงของใบกวาดปุ๋ย ขนาดของจานเหวี่ยง จึงเป็นสิ่งจำเป็น
2. ควรออกแบบให้ปรับจุดที่ปุ๋ยตกลงสู่จานเหวี่ยงได้สะดวก เพราะในการหว่านปุ๋ยบริเวณขอบแปลง มีการหว่านปุ๋ยเพียงด้านเดียวของเครื่องจักร
3. ออกแบบอุปกรณ์คุ้ยปุ๋ย(Agitator)ที่สามารถลดการติดขัดและอุดตันของปุ๋ยผง
4. ควรออกแบบให้สามารถล้างทำความสะอาดชุด Metering device ได้โดยง่าย
5. ควรออกแบบให้สามารถถ่ายวัสดุที่เหลือในถังออกได้โดยง่าย
6. ควรกำจัดวัชพืชก่อนการหว่าน
7. วัสดุที่นำมาสร้างเครื่องต้องทนต่อการกัดกร่อน
8. ปุ๋ยที่หว่านด้วยเครื่องหว่านปุ๋ย ต้องแห้งและไม่จับตัวเป็นก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรรม

[1] ธีระ เอกสมทราเมษฐ. 2548. เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิต ปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์. 118 หน้า.

[2] ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. 2538. สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ.กรุงเทพ ฯ. สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[3] ฝ่ายวิจัยปาล์มน้ำมัน สำนักวิจัยและพัฒนา. ปาล์มน้ำมัน : การใช้ปุ๋ยและการจัดสวนปาล์มน้ำมัน น้ำมัน. 2540. มหาลัย สงขลานครินทร์.

[4] Alit K. Srivastava , et al . Engineering Principles of Agricultural Machines . ASAE Textbook Number 6 . USA . : American Society of Agricultural Engineer ; 1993.

[5] H.BERNACKI, et al. AGRICULTURAL MACHINES , THEORY AND CONSTRUCTION. U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE , Nation Technical Information Service ; 1972 , 576 – 588.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 90^0 ครั้งที่ 1

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	0	0	18.4	19.86	32.26	56.8	102.9	48.8	23.33	36.93	58	31.2	34.13	28.66	23.46
0	0	0	0	20.8	26	33.2	61.33	208.8	118.26	67.73	54.93	47.06	34.53	36	30.4	26.53
0	0	0	25.6	22.26	26.4	40.66	75.86	183.7	97.46	67.6	48.66	46.53	37.33	42.93	34.26	27.33
0	0	0	23.33	23.6	31.73	41.2	76.66	130.9	81.33	57.6	48.26	43.46	38.26	49.2	39.46	29.06
0	17.33	17.2	19.73	30.4	34.8	43.86	74.26	108.8	80.66	57.33	45.2	50.4	50.93	40.4	32.66	26.53
22.93	26.6	18.8	33.33	32.13	39.33	46	69.86	98.13	75.33	49.86	44.53	50.93	26	34	31.86	21.6
23.73	28.13	21.6	34.93	43.6	39.73	52.93	64.66	60.26	59.86	44.13	44.13	43.73	25.73	32.8	22	21.46
29.06	30.13	29.6	36.93	43.86	44.8	39.86	50.53	54.53	42.26	35.86	42.93	40.66	30.26	31.73	27.73	21.2
35.6	34.26	34.26	46.4	46.8	39.73	38.93	35.4	42.8	32.93	31.73	40.13	31.33	28.93	29.86	27.33	19.2
37.6	37.06	35.86	48.26	45.6	36.66	26.26	33.6	34.93	26	24.66	31.73	27.06	20.8	21.86	24.93	15.33
37.06	41.6	42.26	50.26	40.13	34.53	25.33	33.73	22	24.53	20.13	30.66	25.2	20.53	20.66	22.26	0
36.13	37.06	36.66	32.66	33.73	32.13	25.2	30.53	19.6	18.8	19.73	24.4	23.86	18.93	20.4	16.93	0
34.4	31.46	26.93	24.66	32.66	27.6	22.4	28.26	18.93	18.13	19.33	19.33	22	18	15.2	0	0
31.2	26	15.33	22.93	20.66	25.2	19.73	24	18.13	16.4	15.46	16.4	19.06	16.13	0	0	0

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 90^0 ครั้งที่ 2

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	22.93	20.4	26	20.66	22.66	27.06	60.66	100.26	88.13	42.93	36.26	17.2	36.53	24.53	29.73	19.73
0	24.66	22	22.93	19.46	24.93	32.26	62.4	84.13	88.93	76	52.53	21.46	32.4	42	28	34
0	25.06	16.26	20	22	27.6	43.73	58.93	112.4	96.6	73.2	45.33	26.8	39.86	34.93333	38.4	43.2
0	26.13	19.46	28.4	26.93	22.66	47.33	65.46	190.4	134.93	72.53	62.93	43.06	42	46.66667	32	34.13
0	27.86	20.4	31.86	33.6	43.73	45.2	90	103.8	71.46	63.6	42.93	38.13	34.93	54.53333	25.06	36.66
32.66	32.8	28.53	36.93	36.53	45.06	55.86	88.53	97.06	56.66	55.86	49.06	35.7	42	34.93333	21.6	32.9
24.66	31.33	32	33.06	52.26	51.73	54.53	58.13	56.53	55.06	35.46	38	32.26	41.6	32.93333	26.8	31.6
33.6	34.13	24.4	47.73	49.33	46.93	52.66	44.8	42.93	53.86	38.8	38.13	28.26	29.46	20.13333	17.6	30
22.26	42.13	35.86	54.93	45.06	45.6	47.2	31.46	38.8	46.53	32.53	35.73	27.06	21.6	21.2	18	21.6
28.66	43.2	53.06	52.53	46.93	36.26	44.8	31.86	29.6	32.26	34.93	30.4	21.6	19.46	21.73333	24.4	23.33
41.33	43.06	49.6	50.4	31.2	39.6	30	28.53	28.13	27.73	20.66	26.66	20.26	18.93	17.6	23.86	24.8
30.26	43.46	45.6	28.13	26.53	26.53	29.6	22	22.93	22.26	22.13	23.73	19.2	18.93	15.33333	25.33	13.06
32.26	36.13	31.86	27.2	24.66	25.46	25.86	17.2	22.8	19.46	24.26	23.46	18.4	17.46	18.26667	32.93	13.6
18	34.66	30.93	25.86	20.26	24.26	18.13	16.26	18.13	18.53	23.73	22.13	16.8	17.06	16.4	24.26	24.4

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 90^0 ครั้งที่ 3

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

16.8	18.67	18.27	18.93	42.53	30	23.47	64	37.87	58.67	51.2	41.47	36.13	27.87	22.4	27.07	26
17.33	16.27	19.6	21.6	20.93	26.13	32.53	57.33	81.6	92.27	42.4	46.53	48.8	39.87	25.2	40.8	30.4
16.4	11.33	14	16.53	12.67	29.6	37.33	60.67	135.2	85.33	67.33	49.87	31.33	37.73	43.47	36.27	23.2
14	14.53	23.2	24.67	19.47	23.2	43.73	48.4	130.27	65.47	94.13	102.4	18	39.47	44.53	36.8	27.87
8.8	7.33	16.8	21.47	22.13	35.33	44.53	60.8	110.53	72.93	94.8	40.53	43.33	46.93	49.07	38.53	30.67
10.53	11.2	22	25.47	19.2	36.27	43.73	48.27	120.8	57.47	62.4	34.67	36.67	37.33	38.4	33.47	16.53
8.67	14.93	26.13	43.47	29.87	45.6	46.67	52.93	51.87	36.27	59.2	32.13	48.8	41.47	36	22	16.13
25.2	15.33	35.2	41.73	34.8	48.93	44.4	52.93	51.73	28.8	38.93	18	54.67	22.27	16.8	20.27	17.07
15.33	22.93	40.27	43.33	45.07	53.6	40.67	39.87	52	38.4	35.6	19.2	45.2	19.07	19.07	19.47	17.6
16.8	35.2	42.67	57.07	43.73	34.4	25.87	37.73	50.67	47.73	35.33	22.8	33.73	26.53	21.33	18.4	24.8
31.47	23.07	44.67	43.07	41.6	27.33	45.33	36.8	27.87	30.13	26.93	21.33	29.73	16.4	22.8	16	19.07
26.53	19.33	26.53	37.87	30.93	27.07	42.93	27.73	26.4	29.6	28.67	21.87	26.53	16	23.73	15.73	0
26	16.53	26.27	27.73	30.4	22	31.47	25.07	24.53	22.53	24.27	27.73	25.2	16.13	24.27	0	0
23.87	16.13	22.67	18.8	28	18.8	25.73	20.27	16.27	19.2	24.67	15.73	23.33	22.53	19.6	0	0

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 120^0 ครั้งที่ 1

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	0	24.27	22.8	20.27	17.73	50	116.8	37.87	36.53	33.2	47.47	42.67	43.73	27.07	26
0	0	0	20.93	18	17.33	43.33	29.6	29.87	59.6	41.2	53.6	63.07	59.07	41.2	40.8	30.4
0	0	0	14	25.33	30.27	34.4	48.4	57.6	107.73	88.67	70.13	62	73.87	42.93	36.27	23.2
12.13	20.8	32.27	23.6	25.07	79.33	34.67	56.27	66.13	83.73	69.87	69.6	78.13	79.2	38.53	36.8	30.67
16.93	16.67	26	23.87	34.67	39.73	36	51.33	62.8	74.53	55.2	62	74.4	67.87	30.53	38.53	16.53
16.8	16.8	24.53	22.13	28.27	40.53	34	53.47	54	32.13	72.27	58.67	46	54.67	28.93	33.47	16.13
28	30.27	25.73	23.2	38.53	44.93	43.87	44.27	65.87	37.73	36.8	64.27	55.73	54.4	40.27	22	17.07
21.87	20.27	21.87	49.33	53.6	54.8	40.27	45.07	51.73	22.27	49.73	41.6	64.27	41.2	31.6	20.27	14.8
29.07	34.4	22.4	43.33	46.4	50.13	44	41.07	40.27	26.8	52.27	39.6	35.2	30.53	27.33	18.4	24.8
20.27	30.93	40.13	56.67	53.47	59.73	49.47	42.53	30.93	27.33	27.73	40.4	32.27	31.73	17.07	19.47	19.07
18.8	30.4	29.07	41.2	46.8	47.73	35.33	43.2	31.73	25.73	21.33	23.87	27.47	22.13	22.4	16	16.27
18.67	27.2	26.4	35.33	38.27	38.4	35.73	36.27	28.4	24.67	21.6	19.47	34	19.73	17.6	15.73	0
18	26	20	34.4	29.6	33.87	32.27	28.67	26.4	16.27	18	18	20	19.2	14.13	0	0
16.27	25.6	16.27	15.73	25.87	21.87	24.93	24.27	16.27	52.8	16.27	16.13	25.07	15.73	12.67	0	0

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 120^0 ครั้งที่ 2

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	22.8	22.27	56.93	27.07	28	44.27	31.33	28.13	70.27	49.87	43.6	49.73	39.6	34.53	39.6
0	0	19.33	24.27	52.53	18.4	43.6	44.53	24.67	96.27	65.33	79.73	57.47	48.13	40.8	35.87	49.73
0	0	20.53	19.2	76.27	31.07	30.13	39.6	23.6	84.8	98.93	62.4	69.6	60.27	51.6	45.87	37.6
0	14.93	15.33	15.47	75.2	28	38	58	71.73	79.47	74	65.47	57.07	46.8	38	48.27	41.6
17.47	16.27	18.4	28.8	103.2	33.47	45.33	55.73	65.87	76.53	51.33	38.27	56.4	36.67	32.27	33.2	40.27
14.27	22.13	19.07	30.53	65.47	35.07	41.87	55.33	18.93	51.07	29.73	27.73	47.2	32.93	46.4	39.87	34.27
22.8	42.27	25.2	36.13	50.53	53.73	50.8	40.4	30.93	52.8	41.47	47.73	47.33	34.8	42.13	31.33	33.07
25.6	23.07	33.07	50.93	29.87	139.6	46.27	41.33	43.33	57.87	20.67	34	39.73	22.8	37.87	31.73	26.13
19.73	34.93	31.33	59.73	24.67	66.13	50	54.93	45.87	44.27	29.6	48.4	30.67	27.87	22.4	21.47	30
27.47	39.33	47.47	58	37.73	75.07	47.87	47.73	42.67	37.07	34.4	40.27	29.07	26.13	21.73	24.53	29.47
26.67	28.13	39.6	40.67	23.2	89.07	38.27	48.93	41.6	34.67	28.27	23.87	22.13	22.53	17.2	23.87	18.67
24.4	17.73	42	34.8	17.73	47.33	37.47	27.6	22	24.53	23.07	20.13	19.87	22.4	14.27	19.47	17.47
22.8	17.6	34.4	18	16.27	38.67	32.13	19.2	20.67	22.8	19.47	19.33	19.07	20	12.67	19.07	16.27
16.4	14.53	24	17.2	16.53	32.67	31.07	18.4	17.6	19.47	17.07	15.73	12.67	15.33	3.47	16.8	13.07

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 120^0 ครั้งที่ 3

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	19.73	12.27	21.73	12.67	27.73	50.53	66.93	78.13	37.2	84.4	34.13	44.8	42.13	30.27	30.53
0	0	17.47	19.47	19.73	19.47	41.47	41.47	65.73	88.53	50.4	69.47	34.8	54.93	47.07	41.2	40.27
0	36.4	12.67	22	19.07	24.53	22.53	37.73	70.53	93.6	78	62.93	51.6	55.87	47.47	44.53	44.8
0	35.73	19.07	32.13	17.07	23.6	34.13	44.13	91.33	20.27	81.07	57.6	62.13	56	46.93	45.33	32.27
0	38.13	22.13	29.33	24.53	32.67	25.6	50.13	95.87	66.27	69.33	38.93	65.6	43.2	36.67	42.4	31.47
15.47	30.13	23.33	32	27.2	31.6	41.2	38.27	72.13	56.8	66.27	26.4	46.27	52.4	40.67	34.8	27.6
17.6	22	34	49.33	35.2	37.73	45.33	26.67	48.27	50	57.73	22.93	54.13	55.73	42.93	37.2	28.67
15.33	19.6	19.73	56.27	42.4	50.67	44.67	50.8	29.2	50.4	78.67	37.07	54.4	27.33	35.33	18.8	18.13
10.13	23.33	38.13	48.93	56.27	50.13	60.93	22.53	29.87	41.07	52.53	34.6	39.2	28.27	30	26.53	22.13
8.67	26.93	41.47	43.33	49.07	47.87	46.53	40	48.53	39.47	44	37.2	32	21.6	19.33	22.4	21.6
13.2	24.4	40.27	37.2	43.47	46.93	46.67	28.53	38.13	30.93	29.07	30.93	31.6	21.47	17.47	19.2	17.73
9.07	22	36.13	35.33	28.8	41.2	38.8	42.27	34	29.6	24.27	26.93	28.4	19.73	16.8	17.73	17.47
4.8	16.4	33.2	28	38.53	24.27	35.2	40.27	31.87	27.33	23.07	21.2	27.73	19.2	15.07	12.67	0
2.93	15.47	27.6	23.73	24	22.8	24.8	38.53	29.47	26.53	19.07	15.33	17.2	14.13	12.67	0	0

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 1

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	0	17.47	17.87	15.6	19.07	72.13	33.07	37.47	19.73	45.6	24.67	28.8	30.8	41.73	25.07
0	0	0	15.33	14.4	17.07	59.6	90.67	52.67	39.47	30	45.47	32.27	29.07	26.53	35.07	26
0	0	13.33	12.67	13.73	29.33	82.67	105.2	66.13	38.93	40.27	48.8	20.67	35.2	25.2	37.07	30.67
0	13.33	16.13	19.47	23.73	39.07	70.67	66.93	122.93	54	41.07	35.07	22.27	30.27	42.53	32.13	30.53
0	15.33	20.13	22	23.6	39.2	35.2	64.53	155.2	47.47	51.33	42.8	19.47	47.87	46.8	37.33	30.53
15.47	15.87	20.4	22.13	24.27	29.87	36.27	61.2	132.13	35.87	29.47	33.47	35.07	36.53	45.07	39.07	28.53
15.2	17.47	23.07	18.13	17.47	26.8	40.27	56.67	92.93	35.33	33.73	31.47	41.2	28.27	27.73	47.07	28.4
14.8	18.8	23.2	16.67	20.53	29.6	35.33	46	37.47	48	43.33	22.27	34.67	68.8	51.07	36.67	36.93
14.53	17.6	21.6	22.93	27.6	25.07	39.6	26.27	38.13	35.87	42	20	43.07	43.73	50.13	34.8	37.47
14.4	20	22.53	28	29.07	29.87	32.67	20.93	39.47	46.53	39.73	41.87	49.2	45.33	50.93	38	37.07
14.4	22.93	20	22.13	25.87	32.13	35.73	23.33	35.73	46	51.47	48	51.87	22.53	50.67	42.53	28.8
19.6	25.33	18.67	16.27	16.4	20.67	21.47	26.4	41.87	43.87	41.6	47.73	47.87	49.73	43.73	36.93	34.8
19.33	17.47	18.53	17.2	21.33	19.33	32.27	25.07	20.27	27.2	39.6	44	37.87	45.6	40	35.73	38.67
18.93	16	15.47	19.2	23.2	27.33	27.33	15.87	17.07	4.67	36.8	42.8	35.47	32.93	32.67	34.13	24

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 2

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	18.67	17.2	18.13	17.6	24.4	17.33	71.73	106.8	36.8	36.8	54.67	28.8	18.13	39.2	28.93	27.47
0	20.8	18.13	21.07	18.13	16.8	63.33	161.73	177.33	30.53	31.33	40.93	30.4	23.87	44	26.93	32.93
12.67	19.47	18.67	19.2	18.8	31.47	89.07	120.27	210.13	35.47	33.6	38.27	34.13	27.87	33.73	28.67	30.67
13.87	16.27	19.2	17.87	20.27	41.73	78.53	66.53	59.33	50.27	49.2	37.07	25.07	25.07	34.4	31.2	39.2
15.47	23.47	19.47	27.33	21.33	38.13	46.13	50.53	58.93	35.47	19.73	27.07	30.67	31.73	30.4	28.27	28.13
17.87	17.87	21.07	17.6	23.87	33.33	31.6	41.6	47.6	58.13	33.33	23.2	54.4	26	24.8	34.53	36.53
18.13	17.33	23.07	21.87	29.47	28.8	25.6	42.13	44.53	46.8	38.8	22.13	48.67	36.67	30.4	34.93	37.2
20.53	23.73	24.4	27.87	25.07	31.07	25.07	36.53	57.2	26.53	34	20.13	42.8	38.93	26	38.4	40.27
19.33	21.47	19.73	26	21.2	24.4	30.8	33.6	58.93	28.27	48.93	27.87	46.67	33.33	24.53	44.4	50
17.73	20.67	19.47	24.67	21.07	27.2	32	34.93	43.2	49.33	51.2	48.67	51.07	51.6	28.53	46.53	37.6
16.93	22.53	14.13	20.53	20	28.67	23.33	31.2	41.6	50.53	43.6	41.6	47.07	42.93	59.6	32.27	33.2
14.4	18.27	13.87	20.53	18.93	17.73	22.93	22.53	40.4	48.53	36.53	46.93	44.4	43.07	47.6	34	23.07
0	13.33	13.87	19.87	19.33	19.73	21.6	34.13	35.33	44.67	40.53	50.27	42.93	34.8	37.73	23.73	19.33
0	19.33	10.93	19.73	16.13	18.8	19.33	36.53	31.73	38.67	24.13	43.07	29.6	32.93	28.13	22.67	16.27

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 3

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	16.4	17.73	23.33	26	24.4	55.33	77.07	38.53	32.27	27.47	24.13	27.07	71.47	17.6	28
0	0	20.4	20.53	27.07	26.53	67.33	160.13	166.93	54.93	58	34	28.13	28.93	17.73	14.27	29.87
0	0	18.93	23.87	31.33	31.33	76	113.87	113.2	70.27	60.13	43.07	39.2	25.87	30.67	20	31.2
0	0	16.27	18.93	31.2	33.87	64.27	62.4	94.67	57.33	71.47	52.13	39.33	32.53	29.87	26.93	22.8
0	0	26.93	32.13	24.4	37.73	39.2	52.27	63.6	32	42	27.87	38.67	36.53	20.67	26	27.47
0	18.53	14.67	27.87	22.93	28.67	38.93	42.27	41.6	40	47.2	41.87	31.33	35.07	29.07	25.07	35.73
0	20	14.13	23.47	19.87	30.67	39.07	35.2	34.4	46	43.33	43.33	48.67	44.27	40.13	19.6	38
19.87	23.07	10.13	21.73	19.6	43.87	35.73	34.13	41.2	42.13	48.8	38.8	41.33	45.6	40.27	35.47	40.8
19.33	14.8	14.67	18.8	25.2	34.27	40	24.27	49.33	36.27	57.2	36.13	64.67	42.27	34.93	30.93	42.13
15.6	18.27	14.93	18.4	20.8	19.07	31.07	32.93	54	36	50.53	33.2	48.4	29.2	42.53	43.47	43.2
22.67	24.8	15.87	18	22.27	19.47	29.47	37.87	38.27	23.87	55.87	33.2	48.93	44	56.93	32.53	38.13
17.33	15.07	20.8	16.8	19.6	23.6	35.07	25.33	28.27	34.93	36.53	28.67	43.07	47.07	33.87	41.07	34.4
20	22	23.6	18.93	18.8	33.47	27.07	27.87	26.8	20.4	31.33	25.2	37.33	49.2	43.47	28.27	25.07
20.8	23.73	25.6	22.53	18.67	19.2	23.73	23.33	25.33	23.47	34	24.53	38.67	47.33	34.53	16.67	19.2

ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 180^0 ครั้งที่ 1

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	22.27	21.07	19.73	16.8	35.87	52.67	60	30.67	28.67	39.2	34.4	40	34.27	54.53	40.8
0	0	24.4	21.33	18.93	18.8	42.93	119.2	177.73	55.73	40.13	40.53	28.67	35.87	31.33	48.13	44.53
0	0	22.4	14.8	14.13	22.4	57.47	172.27	182	44.4	47.73	32.13	31.2	38.13	37.73	47.87	43.2
0	0	17.73	12.93	20.67	21.2	69.6	203.2	78.4	35.2	36	33.33	38.27	35.87	41.33	46.4	51.47
0	0	22	20.8	21.2	31.07	36.8	64.4	52.53	36.4	32.13	32.67	48.27	46.27	56	70.93	64
0	0	14.27	24.53	23.47	24.93	25.73	27.33	31.07	33.6	44.67	41.07	33.07	52.13	44.8	43.87	70.27
0	0	18.27	19.73	14.4	21.2	34.27	26.13	22.13	30.53	47.2	45.07	43.47	50.13	47.33	69.73	67.47
0	0	17.6	14.67	26.8	19.33	26.93	22	23.33	29.6	30.53	35.6	46.8	52.67	50.13	67.07	56.13
0	0	15.47	14	25.6	26	23.2	21.87	23.6	40.13	40.8	31.73	38.4	50.27	46.53	46.53	47.6
0	0	0	0	14.93	24.27	27.33	20.8	30.93	33.07	35.47	35.2	40.27	42.67	43.33	36.4	34.4
0	0	0	0	19.73	17.33	26.93	11.2	22.13	27.73	22.27	34.13	30.4	39.33	30	21.87	23.87
0	0	0	0	22.67	19.6	26.53	21.73	20.13	20.53	24.67	26.4	29.6	30.67	18.13	25.33	22.27
0	0	0	0	19.6	19.33	19.2	14.13	19.73	19.07	21.73	17.87	27.47	23.07	15.2	26.13	20.8
0	0	0	0	13.07	16.93	16.27	20.8	17.47	20.27	18.13	16.8	19.33	20.13	9.87	18.8	16.27

ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 180^0 ครั้งที่ 2

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	0	0	0	17.6	24.27	161.6	86.93	36.67	36.67	51.47	49.47	43.6	34.4	39.2	36.8
0	0	0	0	0	26.93	33.07	78.93	255.87	74.8	49.07	49.87	52.8	37.47	31.87	30.13	42.93
0	0	0	0	0	23.2	46	53.73	240.93	62.53	53.07	48.27	43.2	45.33	36.67	56.53	89.07
0	0	0	0	0	22.67	41.2	119.33	155.33	56.27	48.93	53.07	53.87	41.2	37.47	54.4	52.53
0	0	0	0	0	22.8	36.53	60.4	72.93	53.07	38.13	36.67	47.33	43.33	40.27	52.8	68
0	0	0	0	0	17.47	35.73	29.6	30.8	43.07	42.53	40.27	44.8	34.13	47.2	58.67	103.2
0	0	0	0	0	20.27	22.8	29.2	23.47	40.67	42	33.87	55.6	40.4	45.73	62.53	55.6
0	0	0	0	0	19.33	16.4	24.13	22.13	30.27	32.4	42.8	43.73	34.53	53.6	53.73	24.27
0	0	0	0	0	14.27	23.87	21.73	30.93	27.6	39.73	36.8	42.4	39.2	45.73	44.27	19.6
0	0	0	0	0	14.93	24	16	25.07	29.87	44.13	26.4	30.93	37.47	39.73	43.07	11.87
0	0	0	0	0	15.33	18.53	18	19.47	20.4	24.13	23.6	26	21.87	34.4	29.73	8.67
0	0	0	0	0	12.67	18.4	14	16.27	24.8	25.6	18	29.07	20.53	22.8	27.33	0
0	0	0	0	0	14.13	14.93	10.93	17.07	15.87	26	21.47	22.4	8.93	21.07	26.93	0
0	0	0	0	0	14.27	14.67	6.67	13.07	12	20.8	22.93	21.07	6.93	13.2	19.33	0

ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 180^0 ครั้งที่ 3

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

8.27	0	0	0	6	12.67	87.6	20.13	146.27	17.07	22.4	25.87	8.8	9.87	17.47	1.47	9.87
2.93	0	0	2.53	2.27	12.4	133.87	8.93	287.07	35.73	26.13	18.4	19.6	8.67	24.67	2.93	13.6
0	0	2	5.87	4.13	15.6	131.6	58	176.8	33.87	40.93	21.6	22.8	20.93	20.27	10.13	12.8
14.93	8.27	2.4	4.13	11.33	28.53	38.67	80.67	82.93	28.93	36.93	29.47	30.93	21.73	19.47	13.07	14.8
2.8	0.13	8.93	8.53	10.27	32.8	44.93	46.4	54.4	30.93	42.93	43.33	28.27	22.8	19.07	13.73	11.6
4.27	3.2	7.2	6.8	11.33	20.4	44.4	38.93	41.73	31.47	43.73	36.8	24.27	18.8	23.07	22.8	5.73
2.8	2.27	13.07	14.13	19.6	23.73	43.47	35.33	30.93	44	38.27	54.8	32.93	23.47	28.93	17.73	7.6
3.33	4	12.67	10.93	6.8	11.47	46.8	23.33	41.2	48.67	65.73	60.67	41.87	25.6	28.27	19.2	6
3.73	3.07	3.87	4	8	28.13	32.27	22.67	30.93	42	52.67	53.33	34.53	36.93	23.33	16.8	2.93
2.4	2.93	1.2	6	13.73	23.33	40.13	21.47	30.8	56.27	38.8	43.47	33.6	21.47	19.6	21.33	2
0	2.13	0.53	2	10.93	24.13	28	11.87	28.93	17.87	32.8	45.07	37.87	15.87	16.4	16.13	0
0	0	1.07	2.93	2.53	13.87	14.8	2.93	3.47	12.93	33.2	23.33	32.8	23.07	16.27	16.4	0
0	0	0	0	2.13	6.27	8.8	6.13	3.73	10.67	26.93	20.27	19.2	16.8	13.07	0	0
0	0	0	0	1.2	2.27	5.2	4.93	2.53	6.93	22.8	16.27	16.4	12.8	11.33	0	0

ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 1

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	0	17.47	17.87	15.6	19.07	72.13	33.07	37.47	19.73	45.6	24.67	28.8	30.8	41.73	25.07
0	0	0	15.33	14.4	17.07	59.6	90.67	52.67	39.47	30	45.47	32.27	29.07	26.53	35.07	26
0	0	13.33	12.67	13.73	29.33	82.67	105.2	66.13	38.93	40.27	48.8	20.67	35.2	25.2	37.07	30.67
0	13.33	16.13	19.47	23.73	39.07	70.67	66.93	122.93	54	41.07	35.07	22.27	30.27	42.53	32.13	30.53
0	15.33	20.13	22	23.6	39.2	35.2	64.53	155.2	47.47	51.33	42.8	19.47	47.87	46.8	37.33	30.53
15.47	15.87	20.4	22.13	24.27	29.87	36.27	61.2	132.13	35.87	29.47	33.47	35.07	36.53	45.07	39.07	28.53
15.2	17.47	23.07	18.13	17.47	26.8	40.27	56.67	92.93	35.33	33.73	31.47	41.2	28.27	27.73	47.07	28.4
14.8	18.8	23.2	16.67	20.53	29.6	35.33	46	37.47	48	43.33	22.27	34.67	68.8	51.07	36.67	36.93
14.53	17.6	21.6	22.93	27.6	25.07	39.6	26.27	38.13	35.87	42	20	43.07	43.73	50.13	34.8	37.47
14.4	20	22.53	28	29.07	29.87	32.67	20.93	39.47	46.53	39.73	41.87	49.2	45.33	50.93	38	37.07
14.4	22.93	20	22.13	25.87	32.13	35.73	23.33	35.73	46	51.47	48	51.87	22.53	50.67	42.53	28.8
19.6	25.33	18.67	16.27	16.4	20.67	21.47	26.4	41.87	43.87	41.6	47.73	47.87	49.73	43.73	36.93	34.8
19.33	17.47	18.53	17.2	21.33	19.33	32.27	25.07	20.27	27.2	39.6	44	37.87	45.6	40	35.73	38.67
18.93	16	15.47	19.2	23.2	27.33	27.33	15.87	17.07	4.67	36.8	42.8	35.47	32.93	32.67	34.13	24

ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 2

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	18.67	17.2	18.13	17.6	24.4	17.33	71.73	106.8	36.8	36.8	54.67	28.8	18.13	39.2	28.93	27.47
0	20.8	18.13	21.07	18.13	16.8	63.33	161.73	177.33	30.53	31.33	40.93	30.4	23.87	44	26.93	32.93
12.67	19.47	18.67	19.2	18.8	31.47	89.07	120.27	210.13	35.47	33.6	38.27	34.13	27.87	33.73	28.67	30.67
13.87	16.27	19.2	17.87	20.27	41.73	78.53	66.53	59.33	50.27	49.2	37.07	25.07	25.07	34.4	31.2	39.2
15.47	23.47	19.47	27.33	21.33	38.13	46.13	50.53	58.93	35.47	19.73	27.07	30.67	31.73	30.4	28.27	28.13
17.87	17.87	21.07	17.6	23.87	33.33	31.6	41.6	47.6	58.13	33.33	23.2	54.4	26	24.8	34.53	36.53
18.13	17.33	23.07	21.87	29.47	28.8	25.6	42.13	44.53	46.8	38.8	22.13	48.67	36.67	30.4	34.93	37.2
20.53	23.73	24.4	27.87	25.07	31.07	25.07	36.53	57.2	26.53	34	20.13	42.8	38.93	26	38.4	40.27
19.33	21.47	19.73	26	21.2	24.4	30.8	33.6	58.93	28.27	48.93	27.87	46.67	33.33	24.53	44.4	50
17.73	20.67	19.47	24.67	21.07	27.2	32	34.93	43.2	49.33	51.2	48.67	51.07	51.6	28.53	46.53	37.6
16.93	22.53	14.13	20.53	20	28.67	23.33	31.2	41.6	50.53	43.6	41.6	47.07	42.93	59.6	32.27	33.2
14.4	18.27	13.87	20.53	18.93	17.73	22.93	22.53	40.4	48.53	36.53	46.93	44.4	43.07	47.6	34	23.07
0	13.33	13.87	19.87	19.33	19.73	21.6	34.13	35.33	44.67	40.53	50.27	42.93	34.8	37.73	23.73	19.33
0	19.33	10.93	19.73	16.13	18.8	19.33	36.53	31.73	38.67	24.13	43.07	29.6	32.93	28.13	22.67	16.27

ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 3

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 6.5 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	16.4	17.73	23.33	26	24.4	55.33	77.07	38.53	32.27	27.47	24.13	27.07	71.47	17.6	28
0	0	20.4	20.53	27.07	26.53	67.33	160.13	166.93	54.93	58	34	28.13	28.93	17.73	14.27	29.87
0	0	18.93	23.87	31.33	31.33	76	113.87	113.2	70.27	60.13	43.07	39.2	25.87	30.67	20	31.2
0	0	16.27	18.93	31.2	33.87	64.27	62.4	94.67	57.33	71.47	52.13	39.33	32.53	29.87	26.93	22.8
0	0	26.93	32.13	24.4	37.73	39.2	52.27	63.6	32	42	27.87	38.67	36.53	20.67	26	27.47
0	18.53	14.67	27.87	22.93	28.67	38.93	42.27	41.6	40	47.2	41.87	31.33	35.07	29.07	25.07	35.73
0	20	14.13	23.47	19.87	30.67	39.07	35.2	34.4	46	43.33	43.33	48.67	44.27	40.13	19.6	38
19.87	23.07	10.13	21.73	19.6	43.87	35.73	34.13	41.2	42.13	48.8	38.8	41.33	45.6	40.27	35.47	40.8
19.33	14.8	14.67	18.8	25.2	34.27	40	24.27	49.33	36.27	57.2	36.13	64.67	42.27	34.93	30.93	42.13
15.6	18.27	14.93	18.4	20.8	19.07	31.07	32.93	54	36	50.53	33.2	48.4	29.2	42.53	43.47	43.2
22.67	24.8	15.87	18	22.27	19.47	29.47	37.87	38.27	23.87	55.87	33.2	48.93	44	56.93	32.53	38.13
17.33	15.07	20.8	16.8	19.6	23.6	35.07	25.33	28.27	34.93	36.53	28.67	43.07	47.07	33.87	41.07	34.4
20	22	23.6	18.93	18.8	33.47	27.07	27.87	26.8	20.4	31.33	25.2	37.33	49.2	43.47	28.27	25.07
20.8	23.73	25.6	22.53	18.67	19.2	23.73	23.33	25.33	23.47	34	24.53	38.67	47.33	34.53	16.67	19.2

ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 1

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 12.75 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	0	7.6	2.53	11.33	17.47	143.73	115.6	42.93	31.6	29.07	21.07	19.2	19.07	17.87	16.93
0	0	0	7.73	10.13	7.2	56.93	270.13	155.33	61.2	26.67	31.2	23.33	19.47	16.67	18.53	15.73
0	0	0	4.8	11.87	27.2	72.93	206.53	88.53	48.53	38.67	34.53	22	25.47	31.47	18.27	18.8
0	0	20.27	11.07	20.53	41.07	98.93	1174.67	72.8	59.6	40.8	31.6	19.87	20.93	28.27	17.33	16.27
0	22.93	25.33	9.6	10.67	31.73	52.4	73.07	65.2	54.53	40.93	48.27	27.07	23.07	19.33	17.73	23.2
0	19.33	16.4	19.87	6.67	41.87	37.87	46.67	66.4	53.87	54.13	38.53	28.27	27.47	19.47	22.67	16.67
0	13.73	20	14.53	16.53	23.6	33.33	48	65.33	60	53.07	55.2	32.4	21.33	34.67	51.2	18.8
0	2.67	23.47	7.73	14.27	18.8	28.13	54	63.6	57.73	61.2	65.07	31.73	32.27	30.93	24.8	18.4
0	9.47	15.6	13.73	17.2	30.88	27.33	42.4	62.4	58.13	59.6	67.6	33.47	37.2	25.87	23.73	19.2
0	0	24.67	11.6	17.47	19.47	49.2	31.47	52.67	62.4	53.33	60.8	40.27	31.47	22.8	21.33	21.33
0	0	20.27	18.93	10.13	21.6	18.8	31.6	59.07	46	40.8	42.53	43.2	25.6	22.53	14.93	19.73
0	0	0	14.67	7.07	9.87	11.2	15.6	37.87	36.93	46	29.2	40.4	24	19.33	18.67	16.13
0	0	0	2.8	6.53	3.2	7.47	7.33	30.93	25.07	34.67	31.33	31.33	16.93	18.27	16	0
0	0	0	2.4	2.8	2.93	5.47	7.07	20.13	23.73	27.87	24.67	18.93	14.27	12.8	15.6	0

ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 2

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 12.75 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	0	0	8.67	0	31.33	154.4	131.07	35.87	23.07	17.47	16.8	16.67	16.27	15.87	8.8
0	0	0	10.13	11.6	14.53	68.13	283.2	150	54.8	29.2	20.53	24.8	18.93	14	15.47	9.47
0	0	14.27	9.6	14.53	23.47	70.4	207.2	77.2	55.07	38.8	24.93	24	16.67	15.73	8.53	10.93
0	0	12.67	10	19.47	31.07	99.2	86.93	79.33	53.33	28.4	34.27	23.73	21.07	24.4	22.67	7.47
0	0	15.47	27.6	8.93	39.6	50.93	75.6	60.67	42.8	36	29.6	19.6	19.6	24.53	19.87	2.93
0	0	14.8	29.33	24.93	44	43.73	51.73	60.27	59.2	53.87	40	35.07	23.2	27.73	21.2	8.27
0	0	16.8	27.33	25.6	21.47	42	64.4	54	54.53	49.2	54.93	33.6	20.93	28.93	24.4	2
0	0	18.53	21.47	18.67	26	42.4	53.87	50.67	64.93	63.33	61.73	34.4	29.07	34.4	23.73	7.33
0	0	15.73	19.07	27.6	28.93	21.73	42.4	57.73	52	54.4	64.67	38.53	42	34.13	22.8	10.8
0	0	12.67	20.4	21.33	33.73	30.93	33.2	45.73	68.93	39.87	48.53	37.33	22.93	27.07	22	5.33
0	0	10.8	22.13	16.13	31.47	24.93	30.53	34.53	44.53	35.6	26.13	40.93	20	24.27	20	6.8
0	0	6.93	15.6	13.07	22.53	19.73	18.13	28.27	28.8	32.67	27.6	30.53	15.47	18.53	17.6	3.33
0	0	0	0	0	23.87	15.6	16.13	24	28.53	18.4	16.67	26.13	15.87	16.4	16.13	5.07
0	0	0	0	0	20.67	0	0	0	20.53	14.8	15.33	17.6	14	15.47	13.07	0

ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 3

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 12.75 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

8.27	0	0	0	6	12.67	87.6	20.13	146.27	17.07	22.4	25.87	8.8	9.87	17.47	1.47	9.87
2.93	0	0	2.53	2.27	12.4	133.87	8.93	287.07	35.73	26.13	18.4	19.6	8.67	24.67	2.93	13.6
0	0	2	5.87	4.13	15.6	131.6	58	176.8	33.87	40.93	21.6	22.8	20.93	20.27	10.13	12.8
14.93	8.27	2.4	4.13	11.33	28.53	38.67	80.67	82.93	28.93	36.93	29.47	30.93	21.73	19.47	13.07	14.8
2.8	0.13	8.93	8.53	10.27	32.8	44.93	46.4	54.4	30.93	42.93	43.33	28.27	22.8	19.07	13.73	11.6
4.27	3.2	7.2	6.8	11.33	20.4	44.4	38.93	41.73	31.47	43.73	36.8	24.27	18.8	23.07	22.8	5.73
2.8	2.27	13.07	14.13	19.6	23.73	43.47	35.33	30.93	44	38.27	54.8	32.93	23.47	28.93	17.73	7.6
3.33	4	12.67	10.93	6.8	11.47	46.8	23.33	41.2	48.67	65.73	60.67	41.87	25.6	28.27	19.2	6
3.73	3.07	3.87	4	8	28.13	32.27	22.67	30.93	42	52.67	53.33	34.53	36.93	23.33	16.8	2.93
2.4	2.93	1.2	6	13.73	23.33	40.13	21.47	30.8	56.27	38.8	43.47	33.6	21.47	19.6	21.33	2
0	2.13	0.53	2	10.93	24.13	28	11.87	28.93	17.87	32.8	45.07	37.87	15.87	16.4	16.13	0
0	0	1.07	2.93	2.53	13.87	14.8	2.93	3.47	12.93	33.2	23.33	32.8	23.07	16.27	16.4	0
0	0	0	0	2.13	6.27	8.8	6.13	3.73	10.67	26.93	20.27	19.2	16.8	13.07	0	0
0	0	0	0	1.2	2.27	5.2	4.93	2.53	6.93	22.8	16.27	16.4	12.8	11.33	0	0

ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 1

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 19 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	0	14.27	27.07	10.67	27.33	118	357.47	58.13	35.6	22.4	25.07	26.4	18.4	13.07	2.93
0	0	15.87	15.73	31.2	16.67	46.93	238.53	319.87	140.53	36.13	30.93	19.07	15.73	17.2	11.87	3.73
0	0	2.8	19.73	48.93	24.67	51.33	143.47	158.67	101.2	37.47	25.2	25.47	16.53	17.87	16.27	4
0.93	12.4	14.27	11.6	38.4	19.07	112	131.07	114.93	68.4	39.73	27.73	20.67	18.8	14.67	15.33	3.73
1.2	11.33	10.93	13.6	67.07	31.33	82.8	67.33	81.2	44	36.13	32	19.87	14.93	12	8.27	2.93
0.93	11.73	15.73	15.6	51.6	40.53	75.73	65.73	63.87	50.4	22.8	37.07	27.33	15.87	11.87	6.4	1.87
1.47	2.93	20	14.8	45.73	39.73	57.87	47.33	50.8	35.87	35.87	30.13	26.8	13.47	9.07	4.27	1.2
2.4	4.27	6.93	16.13	38.8	31.6	49.07	25.33	38.4	25.07	26.8	30.53	18.93	5.87	1.2	0.67	0
2	5.73	20	10.13	28.93	27.07	35.33	25.33	29.47	18.8	27.87	26.8	8.8	2.4	0	0	0
0	1.2	18.13	6.53	23.07	27.2	38.8	17.33	23.73	19.33	22.67	12.13	2.93	0	0	0	0
0	0.8	16.8	3.87	26.67	21.73	20.13	16.13	14.13	10.13	16.4	4.53	0	0	0	0	0
0	0	14.27	2.4	18.53	15.07	4.93	0	21.73	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	17.2	14.93	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 2

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 19 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	1.2	0.27	18.67	24.8	31.73	381.07	131.47	56.13	30.93	29.33	12.93	18	20.53	13.07	4.27
0	0	1.47	1.47	20.27	27.87	38.93	353.47	252.93	154.4	36.67	30.4	18.27	16.27	18.8	11.2	5.73
0	0	1.6	2.8	22.27	30.8	64.67	160.27	448.8	118.93	38.53	32.4	22.4	15.6	19.07	4.27	3.2
0	0	0.4	2.53	15.73	36.27	89.87	113.87	147.33	68.4	35.33	31.73	12.53	15.07	18.67	6.93	5.2
0	1.2	2.27	3.07	23.47	42.13	83.2	85.07	126.4	40.4	34.27	30.27	21.47	14.27	14.8	3.2	3.2
0	1.47	2.93	4.27	27.6	37.47	72.13	56.53	69.6	41.33	35.33	27.87	19.07	16.27	11.6	2.53	2.27
0	0.93	4.27	5.47	20.67	46.4	54.8	44.4	56	38	24.53	26.4	20.27	15.33	4.27	1.33	1.2
0	1.73	6.27	7.73	18.8	43.2	50.93	34.4	40.4	28.13	26.13	22.67	18.8	11.6	3.2	0.4	0
0	2.27	2.53	8.27	15.6	49.07	37.73	24.8	33.6	22.27	20.67	21.73	15.33	8.53	0	0	0
0	1.73	0.93	4.27	9.87	32.53	30.13	10.93	14.53	20.13	20.93	18.8	13.07	0	0	0	0
0	0	0	2.8	9.07	30.8	29.2	19.2	15.87	15.73	11.6	0	9.6	0	0	0	0
0	0	0	2.27	5.47	27.6	19.6	16.13	9.73	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1.2	0.93	19.33	17.6	13.87	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองหาตำแหน่งช่องเปิดของจานเหวี่ยงที่มุม 150^0 ครั้งที่ 3

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่ 19 เซนติเมตร (กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	0	0	18.27	19.07	30.4	94.13	387.6	65.73	26.13	30.8	27.6	22.13	15.07	13.87	8.27
0	0	0	0.67	19.6	40.27	52.4	275.33	296.53	142.93	41.87	35.07	18.8	80.93	11.07	9.07	4.27
0	0	2.93	2.4	4.67	26.93	68.8	201.73	73.07	96.53	48.93	28.27	22.27	21.73	5.47	4.27	2.53
0	1.73	6.53	2.8	16.27	39.33	105.73	132.67	65.47	50	40.53	29.33	27.33	18.8	2.8	2.53	2
0	1.47	9.87	4.27	30.93	51.2	100.67	101.6	32.13	42.4	35.73	28.4	29.6	27.6	6.53	2.8	0.4
0	1.2	8	6.53	26.4	65.33	72.67	59.47	38.13	36.67	28	40	20.13	20.27	3.2	1.2	2.27
0	0.67	11.87	7.6	34.8	53.2	59.2	61.07	21.87	42.93	23.47	29.6	16.27	26.4	0.93	0	2.53
0	0	4.27	5.87	22.53	59.87	39.87	44.53	24.93	22.67	24.4	26.4	20.4	15.33	0	0	0
0	0	6.93	4.8	22.67	35.47	27.33	34.8	19.07	22.13	13.07	17.6	19.33	0.93	0	0	0
0	0	4.53	3.33	13.07	38.4	30.53	10.53	10.27	16.67	2.93	6.53	4.27	0	0	0	0
0	0	2.4	2.53	4.67	28.67	12.93	5.47	2	0	0	2.4	0	0	0	0	0
0	0	1.2	0	0	0	0	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ก. 8 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องหว่านปุ๋ย (ยูเรีย)

(กรัมต่อตารางเมตร)

14.27	15.73	14.13	14.4	14.27
14	18.13	15.33	16.93	16.8
14.93	18.8	18.13	16.4	18.4
17.07	19.33	18	19.73	20.4
17.6	25.07	18.8	20.53	20.53
18.4	23.87	17.07	21.47	21.87
18.67	26	18.13	23.33	22.8
24.93	26.4	19.87	23.87	23.2
25.47	24.93	24.27	26.13	25.07
26.93	28.27	26.93	28.4	27.73
31.47	42.13	30.93	29.07	33.73
29.07	32.13	36.4	30	37.07
28.67	28.13	22.53	33.07	36.4
26.13	25.47	22	26.53	26.93
25.07	22.93	21.33	25.47	22
15.33	21.6	20.8	23.2	18.8
14.13	19.33	19.33	22.67	17.73
14	17.07	14.53	16.27	16.8
8.4	14.13	12.8	15.87	15.33
4.27	0	12.27	13.87	0
0	0	11.87	12.13	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 8 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องหว่านปุ๋ย (DAP)

(กรัมต่อตารางเมตร)

1.73	2.8	1.47	1.2	1.6
7.2	4.4	5.6	6.53	6.93
14.27	7.47	11.87	13.73	10.27
17.73	19.73	14.27	16.67	12.8
18	19.87	21.87	17.07	17.6
19.07	21.2	22.27	18.93	18.93
19.6	22	24.4	19.07	20.13
20.8	22.53	24.8	21.07	21.2
22.13	22.8	25.6	21.6	21.87
22.4	24.27	26.53	22	22
27.47	25.73	27.33	25.07	23.6
25.07	25.2	32	27.07	24.53
23.33	24.8	23.73	26.27	28.8
20.53	21.2	22.13	23.73	26.93
19.6	19.33	19.2	21.87	22
19.2	18	18.4	19.33	20
18.93	12.67	15.33	18.8	18.8
17.07	5.73	11.73	17.6	9.6
16.4	3.47	2.93	10.13	6
0	2.13	0	5.07	3.07
0	0.27	0	0	1.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 8 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องหว่านปุ๋ย (KCL)

(กรัมต่อตารางเมตร)

13.47	19.33	14	14.53	15.73
14.93	20.13	15.47	15.07	17.07
15.73	20.8	19.47	16.27	17.6
16.8	21.73	20.4	18	22.8
17.87	24	22.93	18.4	23.73
18.67	25.87	22.93	22.93	24.27
19.07	30.93	28	26.93	25.07
19.33	35.33	30.8	32.8	33.73
24.13	37.07	30.93	33.87	34.8
25.87	61.2	34.13	43.33	35.2
26.4	99.73	42.8	66.4	40.8
31.07	43.47	68.93	83.33	47.33
50	32.27	99.6	35.33	58.8
78	26.93	41.07	21.73	30
43.47	23.73	23.73	21.07	24.53
32.53	18.8	20.67	18.8	17.87
22	15.47	15.73	16.67	17.07
20.13	11.33	11.47	14.53	15.6
17.47	0	0	13.47	13.73
16.27	0	0	0	0
0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 8 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องหว่านปุ๋ย (Bo + Mg)

(กรัมต่อตารางเมตร)

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0.27	0	0.27	0	0
0.8	0.53	0.53	0	0.13
1.73	0.67	5.73	0.13	0.4
4.4	1.2	9.6	0.27	1.73
17.6	5.6	14.13	0.53	2.27
17.07	19.73	16.27	0.8	8.13
11.07	23.73	12.93	15.33	14.13
2	14.4	3.73	11.2	12.67
1.07	1.87	1.2	6.4	5.07
0.67	0.67	0.8	1.07	0.27
0.27	0.4	0.67	0.67	0.13
0	0.27	0.4	0.13	0.13
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

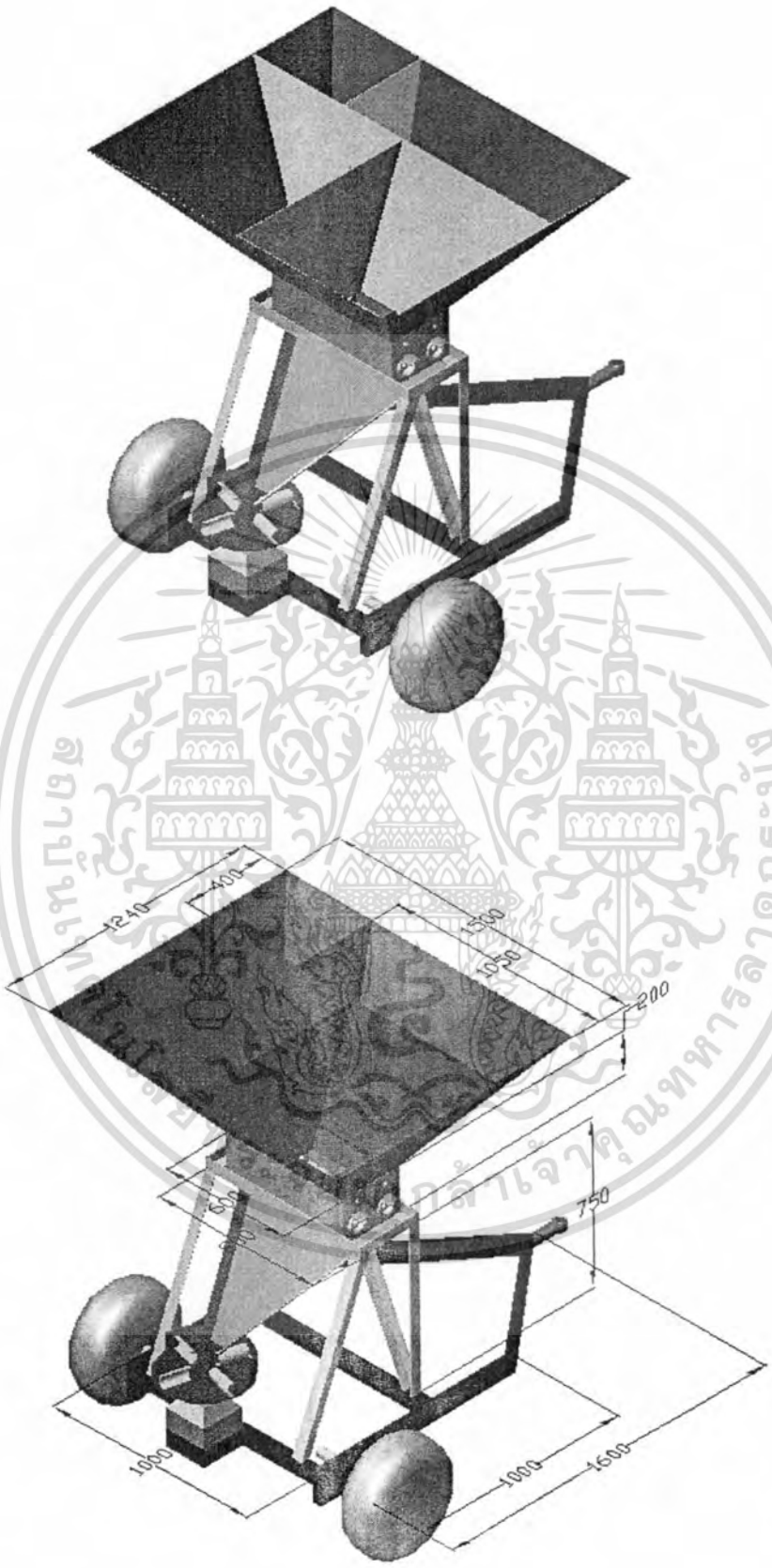
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 8 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องหว่านปุ๋ย (รวมปุ๋ยทุกชนิด)

(กรัมต่อตารางเมตร)

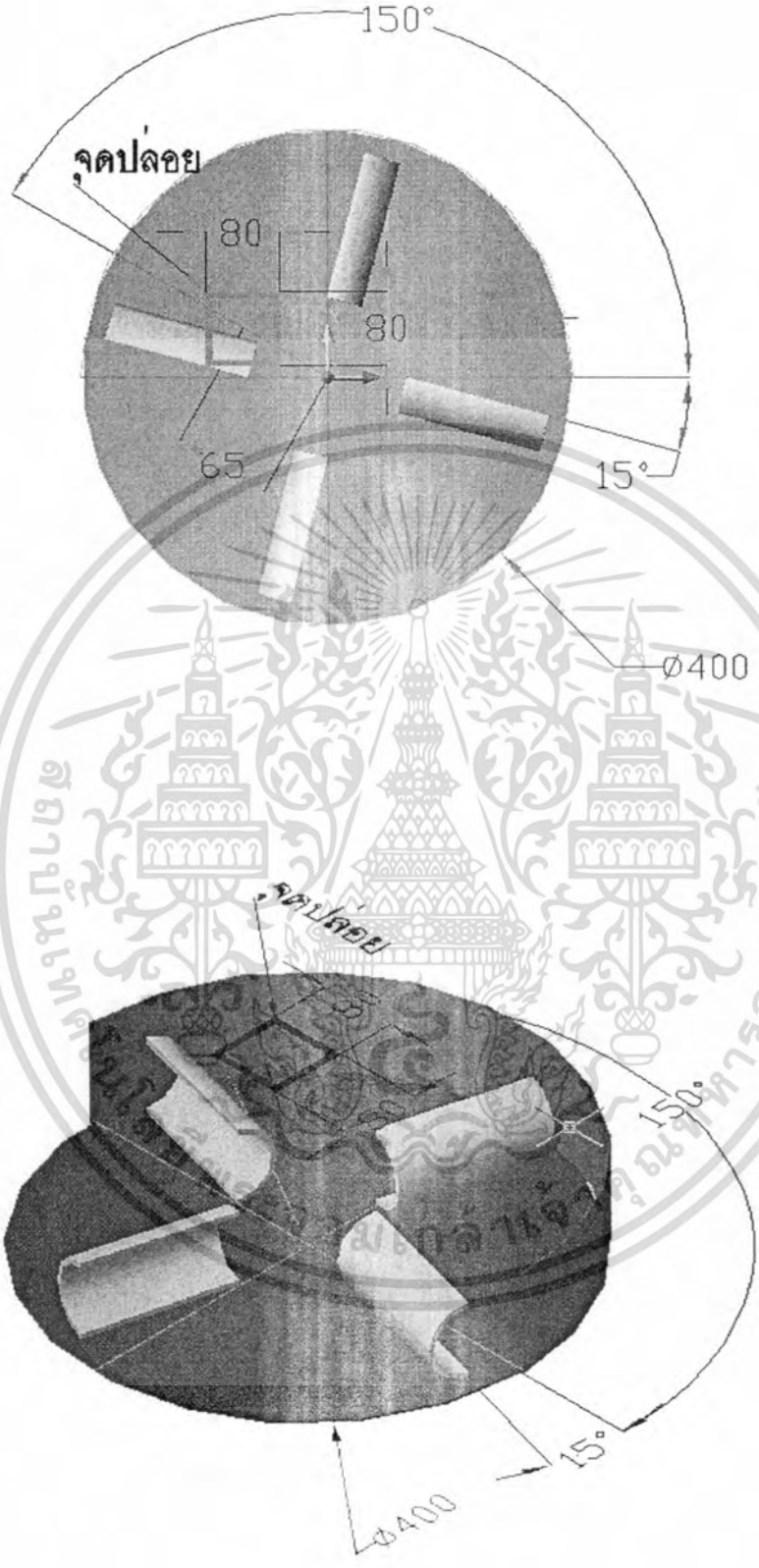
15.73	12.8	16.13	18.27	19.47
16.8	15.73	17.47	20	25.6
18.67	20.27	18	22.13	26.4
21.33	21.47	23.47	23.73	27.33
22	21.73	23.87	25.2	28.13
22.8	23.33	26.4	26.4	22.93
26.13	26.13	27.6	28.8	30.53
27.33	31.73	28.27	32.27	31.6
32.93	32.13	29.87	34.4	32.8
40	43.87	36.8	36.27	32.93
68.67	73.2	66.4	69.6	60.53
232.27	171.73	136.93	124.67	168.53
62.13	53.6	85.47	96.67	89.87
33.07	39.47	40.93	52.13	47.73
22.4	32.13	23.47	33.87	32.27
14.93	23.87	20.4	26.8	24.27
14	18.8	17.07	19.2	21.73
13.6	15.2	15.33	17.47	18.53
0	0	14.8	14.53	16.13
0	0	14.27	13.6	15.73
0	0	0	0	15.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค. 1 ภาพประกอบโครงสร้างเครื่องหว่านปุ๋ยในสวนปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค. 2 จานแกว่งหนีศูนย์

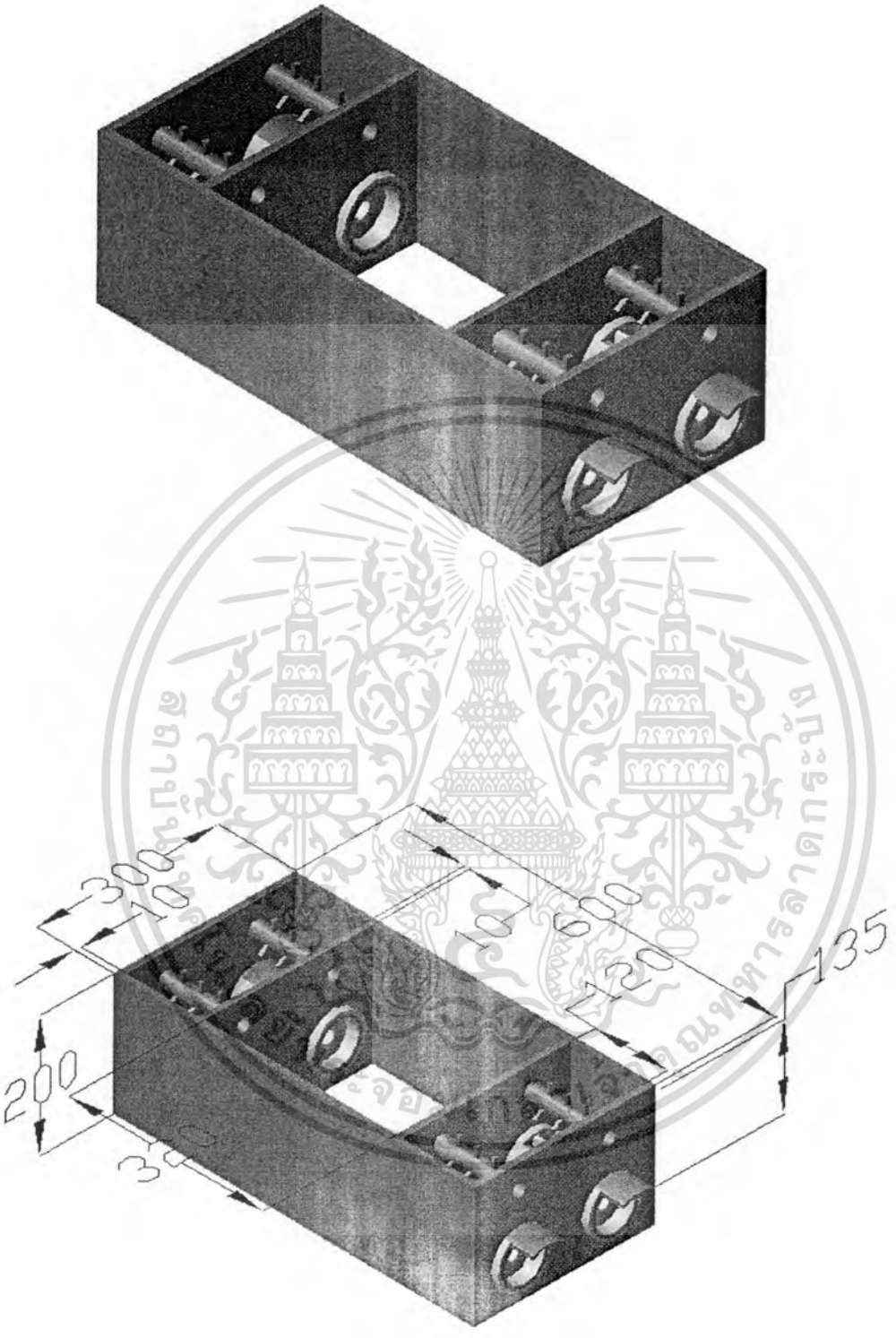
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค. 3 ถังบรรจุปุ๋ย (Hopper)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค. 4 ตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค. 5 ภาพประกอบชุดตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้