



รายงานการวิจัย

การให้ปุ๋ยปาล์มน้ำมันโดยใช้แรงลม

Pneumatics fertilizer Spreader for Oil Palm



โดย

นาย พงษ์ศักดิ์ กฤตยพรพงศ์

นาย จรัสชัย เย็นพยับ

RCH

S

715

537

พ 1640

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 79683

วัน,เดือน,ปี..... 10 เม.ย. 2551

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2548

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

b. 11505072

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

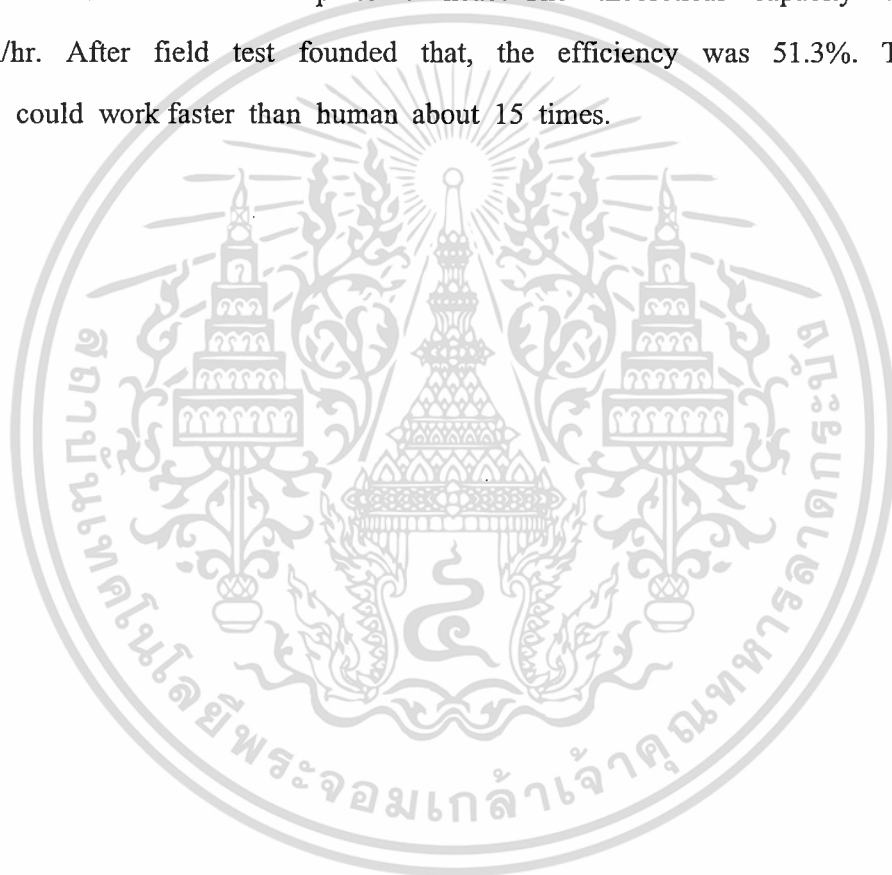
เครื่องให้ปุ๋ยปลั้มน้ำมันโดยใช้แรงลม ทำงานโดยการต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาด 40 แรงม้า ทำงานที่ความเร็วทางตรง 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หัวนํ้าปุ๋ยครอบคลุมแถวปลั้มนํ้า 2 แถว กว้าง 15.6 เมตร ใช้แม่ปุ๋ย 5 ชนิด แบ่งบรรจุเป็น 4 ถัง ได้แก่ ยูเรีย ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต โพแทช และ แมกนีเซียมซัลเฟตผสมรวมกับบอแรกซ์ อัตราการไหลของปุ๋ยแต่ละชนิด คือ 13.59 9.38 28.03 และ 6.76 กิโลกรัมต่อนาที ตามลำดับ แรงลมที่ใช้มาจากพัดลมชนิดหอยโข่ง ที่สร้างอัตราการไหล 0.15 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ที่แรงดัน 13 กิโลปาสคาล ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎีของเครื่องจักร 48.75 ไร่ต่อชั่วโมง จากการทดลองจริงพบว่า ประสิทธิภาพการทำงานเท่ากับ 51.3 เปอร์เซ็นต์ และ เครื่องจักรต้นแบบ ทำงานได้เร็วกว่าคน ประมาณ 15 เท่าตัว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

The pneumatic fertilizer spreader attached with 40 horsepower farm tractor, operated with 5 km/hr forward speed and 15.6 meter of working width, to cover 2 row of oil palm . Five fertilizer which included; Urea Di-ammonium phosphate Potash and magnesium sulfate mixed with Borax were separate into 4 hoppers. Each fertilizer had flow rate of 13.59 9.38 28.03 and 6.76 kg/min. respectively. Air moved from a centrifugal blower that created air flow rate of $0.15 \text{ m}^3/\text{sec}$ at 13 kPa pressure head. The theoretical capacity was 48.75 rai/hr. After field test founded that, the efficiency was 51.3%. The prototype could work faster than human about 15 times.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี เพราะได้รับการช่วยเหลือทางด้านวิชาการจากคณาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขต ชุมพร และนักศึกษสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คือ นายนรุฒม์ จำเมือง นายมงคล แซ่โจ้ว และ นายอินดี เหล็กเพชร ในการจัดสร้างเครื่องจักรต้นแบบ และเก็บผลการทดลอง

คณะผู้จัดทำหวังว่างานวิจัยนี้จะได้รับการพัฒนาให้สมบูรณ์ในอนาคต เพื่อการนำไป ใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของปาล์มน้ำมัน	3
2.2 การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน	4
2.3 การจัดการปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมัน	4
2.4 การใส่ปุ๋ย	4
2.5 เครื่องจักรกลทางการเกษตรที่ใช้ในการใส่ปุ๋ย	5
2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.6.1 Hopper	6
2.6.2 กลไกกำหนดจำนวนปุ๋ย	8
2.6.2 ทฤษฎีขนถ่ายวัสดุด้วยลม	11
2.7 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องหว่านปุ๋ย	13
บทที่ 3 การออกแบบ	15
3.1 การออกแบบชุดเครื่องหว่านปุ๋ยในแปลงปาล์ม	15
3.1.1 การออกแบบอุปกรณ์กำหนดจำนวนปุ๋ย	15
3.1.2 การออกแบบชุดถังบรรจุปุ๋ย	18
3.1.3 การออกแบบระบบขนถ่ายด้วยลม	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 วิธีการและผลการทดลอง	21
4.1 วิธีการทดลอง	21
4.2 ผลการทดลอง	24
4.2.1 ผลการทดสอบอัตราจ่ายปุ๋ยแต่ละชนิดของอุปกรณ์กำหนดจำนวน	24
4.2.2 ผลการปรับกลไกการป้อนลมความเร็วสูง	29
4.2.3 ผลการศึกษาลักษณะการกระจายปุ๋ยของปากท่อ 3 แบบ	30
4.2.4 ผลการศึกษาลักษณะการกระจายปุ๋ยเมื่อปลายท่อวางเอียงเป็นมุมต่างๆ	34
4.2.5 ลักษณะการกระจายเมื่อหัวจ่ายแยกแต่ละชนิดโดยใช้ปากพ่นขยาย	42
4.2.6 ผลการศึกษาลักษณะการกระจายเมื่อหัวจ่ายทุกชนิดพร้อมกัน	48
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	50
ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม	50
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	51
บรรณานุกรม	55
ภาคผนวก	56
การคำนวณอัตราจ่ายปุ๋ย	56
การคำนวณหาขนาด Blower	56
Table 1: Result of the medium diffuser operates on non-traveling test	58
Table 2: Result of the large diffuser operates on non-traveling test	60
Table 3: Result of the small diffuser operates on non-traveling test	62
Table 4 : The distribution of urea fertilizer operates with large diffuser	64
Table 5 : The distribution of DAP fertilizer operates with large diffuser	66
Table 6 : The distribution of KCl fertilizer operates with large diffuser	68
Table 7: The distribution of Mg+Bo fertilizer operates with large diffuser	70
Table 8: The distribution of Mixed fertilizer operates with large diffuser	72
Table 9: Distribution of mixed fertilizer with large diffuser and 15 degree rise angle	74
Table10: Distribution of mixed fertilizer with large diffuser and 20degree rise angle	75
Table11: Distribution of mixed fertilizer with large diffuser and 25 degree rise angle	76
Table12: Distribution of mixed fertilizer with large diffuser and 30 degree rise angle	77
Table13: Distribution of mixed fertilizer with large diffuser and 35 degree rise angle	78
Table14: Distribution of urea with large diffuser and 30 degree rise angle	78
Table15: Distribution of DAP with large diffuser and 30 degree rise angle	80

Table16: Distribution of KCl with large diffuser and 30 degree rise angle	81
Table17: Distribution of Mg+B with large diffuser and 30 degree rise angle	82
Table18: Distribution of mixed fertilizer with large diffuser and 30 degree rise angle	83



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชน้ำมันที่สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งเป็นอาหาร (food) และไม่ใช่อาหาร (non-food) หรือ มีประโยชน์ทั้งด้านการบริโภคและอุปโภค เช่น ใช้น้ำมันปาล์มโอเลอิน ทำอาหารในครัวเรือน หรือใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ที่ต้องมีการทอด เนยเทียม ไอศกรีม ขนมอบบี้ว ลูกกวาด ครีมเทียมประเภทต่างๆ สบู่ผงซักฟอก และอุตสาหกรรมโอเลโอเคมีคอล (oleochemical) ซึ่งรวมถึงการผลิตเชื้อเพลิงเพื่อใช้กับเครื่องยนต์

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นที่ต้องการปริมาณน้ำฝนมากและเพาะปลูกได้เฉพาะในพื้นที่เขตร้อนของโลก ที่อยู่ระหว่างเส้นละติจูด 10 องศาเหนือ-ใต้ ประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศเหมาะสมต่อการปลูกปาล์มน้ำมันจึงมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็ว มีพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต จำนวน 1.75 ล้านไร่ (ธีระ, 2548)

การผลิตปาล์มน้ำมันหรือการสร้างสวนปาล์มน้ำมันให้ประสบความสำเร็จ ได้ผลผลิตที่คุ้มค่ากับการลงทุน และได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าสูงสุดนั้น ควรจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะพันธุ์ที่ดี ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติหรือความต้องการของพืช การจัดการสวนปาล์มที่ดี รวมทั้งการจัดการใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้องเหมาะสมตรงตามความต้องการของพืช ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารจำนวนมากในการให้ผลผลิต แปลงปาล์มน้ำมันที่มีขนาดใหญ่นิยมใช้แม่ปุ๋ยชนิดต่างๆ เพื่อลดต้นทุนการผลิต ได้แก่ ยูเรีย ไคแอมโมเนียมฟอสเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ คีซอไรด์ และโบแรกซ์ ในแต่ละปีต้องใส่ปุ๋ย 2-3รอบ โดยใช้แรงงานคนหว่านแม่ปุ๋ยแต่ละชนิดบริเวณที่กำจัดวัชพืชรอบๆต้น การหว่านให้ปุ๋ยกระจายอย่างสม่ำเสมอขึ้นต้องใช้เวลาจากมือและไหลค่อนข้างมาก ทำให้เกิดความเหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้า

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงได้ทำศึกษา เพื่อสร้างเครื่องจักรให้ปุ๋ยเพื่อลดความยากลำบาก และลดต้นทุนแรงงานของการใส่ปุ๋ยในแปลงปาล์มน้ำมัน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเครื่องจักรหว่านแม่ปุ๋ยกับปาล์มน้ำมัน โดยใช้ต้นกำลังจากฟาร์มแทรกเตอร์
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและต้นทุนการใส่ปุ๋ยโดยแรงคนและเครื่องจักร

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ออกแบบสร้างเครื่องให้ปุ๋ยปาล์มน้ำมันด้วยแรงลมชนิดลากจูงด้วยรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ที่สามารถให้ปุ๋ยเป็นแถบในแนวต้นปาล์มได้ครั้งละ 2 แถว ในแต่ละเที่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องหว่านปุ๋ยเปรียบเทียบกับเครื่องหว่านปุ๋ยด้วยแรงงาน

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลการให้ปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมัน
2. ออกแบบและสร้างชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ
3. ทดสอบและพัฒนาส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องหว่านปุ๋ยต้นแบบ
4. ทดลองเพื่อศึกษาสมรรถนะเครื่องจักรต้นแบบ
5. สรุปผลและทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การลดต้นทุนค่าแรงงานการใส่ปุ๋ยในแปลงปาล์มน้ำมัน
2. ความสม่ำเสมอของปริมาณปุ๋ยที่ให้โดยเครื่องจักรดีกว่าแรงงานคน
3. เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันสามารถนำเทคโนโลยีที่ได้รับการถ่ายทอดไปปรับใช้ โดยใช้เงินลงทุนไม่สูงเกินไป



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของปาล์มน้ำมัน

ชื่อสามัญ	ปาล์มน้ำมัน (Oil palm)
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.
สายพันธุ์ปลูกเป็นการค้า	ลูกผสมเทนเอร่า (ดูรา X พิธิเฟอร่า)
ความสูง	15 – 18 เมตร
ขนาดลำต้น	45 – 60 เซนติเมตร
ความยาวทางใบ	6 – 9 เมตร
ความหนาแน่นของดิน	22 – 25 ต้น / ไร่
อายุการเก็บเกี่ยวตลอดการปลูก	20 – 30 ปี
ระยะปลูกที่แนะนำ	9 X 9 เมตร

2.2 การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน

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

พื้นที่ปลูกถือเป็นปัจจัยสำคัญเบื้องต้นในการสร้างสวนปาล์มน้ำมัน โดยในการเลือกพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจะต้องคำนึงถึงสภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ความลาดชัน การท่วมขังของน้ำ การระบายน้ำ/ความสามารถในการซึมซับน้ำของดิน ลักษณะเนื้อดิน และคุณสมบัติทางเคมีของดิน และสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณและการกระจายของฝน แสงแดด อุณหภูมิ และลม ถ้าสภาพพื้นที่ปลูกไม่เหมาะสมมีผล 2 ประการ คือ ประการแรกมีผลต่อต้นทุนในการเตรียมพื้นที่ หากพื้นที่ปลูกมีความเหมาะสมมีสภาพราบเรียบ การระบายน้ำดี ต้นทุนในการเตรียมพื้นที่ปลูกก็จะต่ำ แต่ถ้าหากสภาพพื้นที่ปลูกไม่เหมาะสมจำเป็นต้องปรับสภาพพื้นที่ เช่น มีการขุดคูระบายน้ำสำหรับพื้นที่ซึ่งมีน้ำขัง หรือทำขั้นบันไดในพื้นที่ซึ่งลาดชันต้นทุนจะสูง ประการที่สองมีผลต่อต้นทุนในการสร้างผลผลิต พบว่าในระดับที่ให้ผลผลิตเท่ากันการปลูกปาล์มในพื้นที่ที่เหมาะสมจะใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าปาล์มที่ปลูกในพื้นที่ซึ่งไม่เหมาะสม

2.3 การจัดการปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นที่ต้องการธาตุอาหารสูงในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต การเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายนอกจากจะออกจากสวนทำให้มีการสูญเสียธาตุอาหารออกไปกับผลผลิตโดยทุกๆ 1,000 กก. ของผลผลิตนั้นทำให้มีการสูญเสียธาตุอาหาร N, P, K, Mg, และ Ca ออกไปประมาณ 2.94, 0.44, 3.71, 0.77 และ 0.81 กก. ตามลำดับ นอกจากนี้ยังเกิดการชะล้างธาตุอาหารออกจากดินโดยน้ำฝน ดังนั้นจึงมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน

โดยทั่วไปปุ๋ยที่ให้กับปาล์มน้ำมันประกอบด้วยธาตุอาหาร 5 ชนิดคือไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แมกนีเซียม (Mg) และโบรอน (B) ปาล์มน้ำมันที่ขาดธาตุอาหารจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตเกษตรกรไม่ควรปล่อยให้ปาล์มน้ำมันขาดธาตุอาหารอย่างรุนแรงจนแสดงอาการขาดธาตุอาหารนั้นๆ ที่ใบซึ่งหมายถึงการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้ลดลงอย่างมากแล้วจำเป็นต้องมีการแก้ไขโดยให้ธาตุอาหารเพิ่มอย่างเร่งด่วนจากปุ๋ย

จากโครงการความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมัน (2541-2544, ชัยรัตน์ นิลนนท์ และคณะ) ได้ให้ ข้อมูลการใส่ปุ๋ยสำหรับปาล์มที่มีอายุ 5-9 ปี (กรัม/ต้น/ปี) ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายดังนี้

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลการใส่ปุ๋ยสำหรับปาล์มจากงานวิจัย

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

อย่างไรก็ตามปริมาณปุ๋ยที่ใช้เหล่านี้เป็นเพียงคำแนะนำทั่วไป ซึ่งเกษตรกรสามารถเลือกนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้ปุ๋ยในแปลงได้ แต่ต้องมีการติดตามผลโดยมีการเก็บตัวอย่างดินและใบวิเคราะห์ บันทึกลงผลผลิตอย่างสม่ำเสมอทุกปี เพื่อนำข้อมูลมาปรับปริมาณการใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่และสภาพแวดล้อมของเกษตรกรเองเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงได้ผลตอบแทนสูงสุดในการลงทุน

2.4 การใส่ปุ๋ย

ให้ใส่ปุ๋ยเมื่อดินมีความชื้นเพียงพอ หลีกเลี่ยงการใส่ปุ๋ยเมื่อแล้งจัดหรือมีฝนตกหนักในปีแรกควรแบ่งใส่ 4-5 ครั้ง / ปี ตั้งแต่ปีที่ 2-3 แบ่งใส่ 3 ครั้ง / ปี ในช่วงต้นฤดูฝน กลางฤดูฝน และปลายฤดูฝน และเมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 4 ปีขึ้นไป สามารถแบ่งใส่ได้ปีละ 2 ครั้ง ในช่วงต้นฤดูฝน และปลายฤดูฝน การใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง / ปี แนะนำให้ใช้สัดส่วนการแบ่งใส่ดังนี้ ในครั้งแรกใส่ 50% ครั้งที่สองและครั้งที่สามใส่ครั้งละ 25% ในกรณีแบ่งใส่ 2 ครั้ง / ปี โดยทั่วไปใช้สัดส่วนแบ่ง

ใส่ 60% ในครั้งแรกตอนต้นฤดูฝน และใส่ที่เหลืออีก 40% ในปลายฤดูฝน ปุ๋ย P และปุ๋ย B สามารถใส่ครั้งเดียวโดยใส่ครั้งแรกทั้งหมดได้

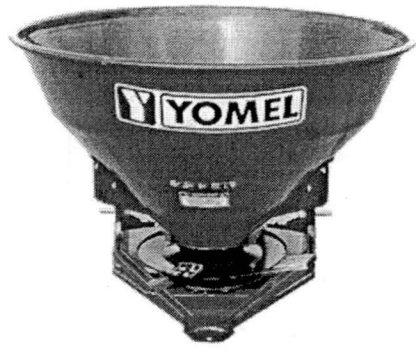
วิธีการใส่ปุ๋ย

- 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
- ลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชเนื่องจากการชะล้างโดยการแบ่งใส่และใส่ในช่วงที่ฝนตกน้อยหรือในกรณีที่เป็นพืชที่ลาดชันมากอาจมีการคลุมใส่ 3 – 4 หลุมรอบต้น ในบริเวณทรงพุ่ม
- เลือกใช้ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์มากที่สุดแต่ราคาถูกเช่น ยูเรีย, แอมโมเนียมซัลเฟต สำหรับให้ N และหินฟอสเฟตสำหรับให้ธาตุ P หรือการใช้แอมโมเนียมซัลเฟต (21 – 0 – 0) ร่วมกับโคโลไมต์แทนการใช้ปุ๋ยคีเซอไรต์ ซึ่งมีราคาแพงในการให้ธาตุ S และ Mg
- หว่านปุ๋ยให้ทั่วบริเวณกว้างที่สุดเพื่อจะเพิ่มการเจริญเติบโตของรากในการหาอาหาร ไม่ว่าจะเป็นในกรณีที่หว่านภายในบริเวณที่จำกัดวัชพืชหรือบริเวณที่มีพืชคลุมดินระหว่างแถวปาล์มสำหรับปาล์มที่มีอายุมาก

2.5 เครื่องจักรกลทางการเกษตรที่ใช้ในการใส่ปุ๋ย

ปุ๋ยอาจถูกหว่านกระจายทั่วพื้นที่ (Broadcast Application) หรือกระจายเป็นแถบ (Banded Application) ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช ส่วนการกระจายมี 3 ลักษณะ คือ

1. ปุ๋ยร่วงด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก
2. ปุ๋ยกระจายด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
3. ปุ๋ยกระจายด้วยแรงลม



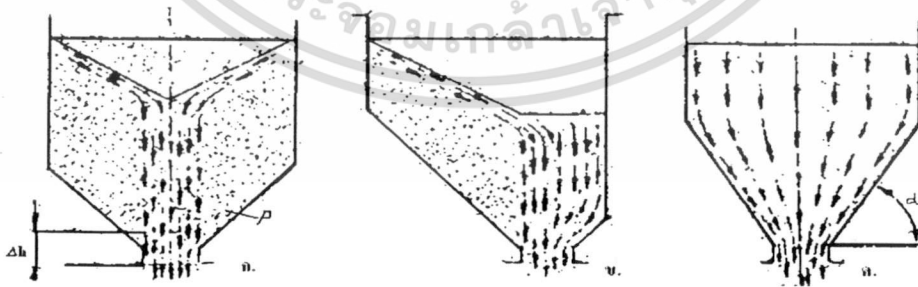
รูปที่ 2.3 เครื่องหว่านปุ๋ยแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

2.5.1 ส่วนประกอบของเครื่องให้ปุ๋ยด้วยแรงลม

1. ถังบรรจุ (Hopper) มีผนังเอียงเพื่อให้ปุ๋ยไหลลงได้สะดวก
2. ตัวกววนปุ๋ย (Agitator) จะช่วยค้ำปุ๋ยอยู่ก้นถัง เพื่อให้ไม่ให้ปุ๋ยจับตัวกันจนไม่สามารถไหลผ่านช่องจ่ายปุ๋ยไปได้
3. ช่องจ่ายปุ๋ย (Shutter) เป็นช่องสำหรับให้ปุ๋ยผ่านจากถังบรรจุลงสู่จานเหวี่ยง สามารถปรับ หรือปิดเปิดเพื่อควบคุมการไหลของปุ๋ย
4. กลไกกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering device) จะวางตามแนวตลอดความยาวถัง มีหลายลักษณะซึ่งจะแยกกล่าวในรายละเอียดต่อไป

2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 Hopper คือ อุปกรณ์ที่ทำให้การไหลของวัสดุผ่านช่องเปิด (Orifice) มีความสำคัญอย่างมากต่อกระบวนการไหลของวัสดุ เช่น การไหลออกของปุ๋ยจากถังอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งการคำนวณการไหลออกของปุ๋ยนี้ไม่สามารถใช้ทฤษฎีการไหลของของเหลวมาใช้ในการคำนวณได้ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุแบบเม็ดมีความแตกต่างจากของเหลว

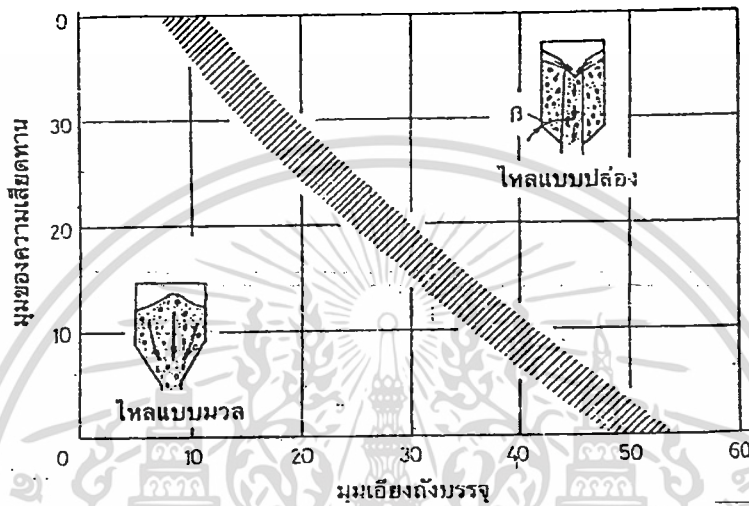


รูปที่ 2.15 การไหลของวัสดุเม็ดออกจากถัง

(สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีวิวัสดุ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



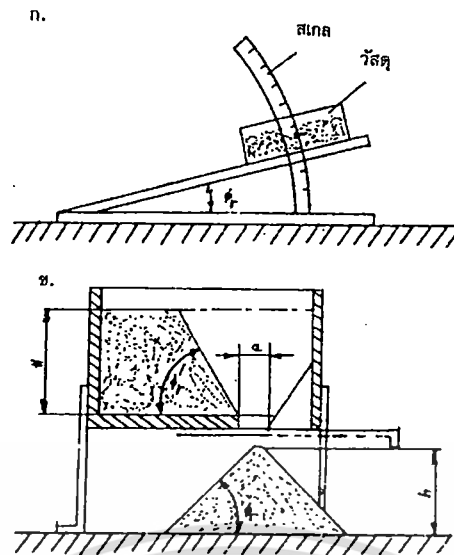
รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ของรูปแบบการไหลกับความเสียหายของวัสดุกับผนังและมุมเอียงของถังบรรจุ (สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีวะวัสดุ)

สมบัติความเสียหายที่สำคัญของวัสดุเม็ดที่กองรวมกัน เช่น เม็ดปุ๋ย ได้แก่ มุมของความเสียหายและมุมกองพื้น

มุมของความเสียหาย หมายถึง มุมของความเสียหายที่เกิดจากผลของความเสียหายระหว่างเม็ดวัสดุโดยที่ $f = \tan \theta$

ซึ่งที่ $f =$ สัมประสิทธิ์ความเสียหาย

$\theta =$ มุมของความเสียหาย



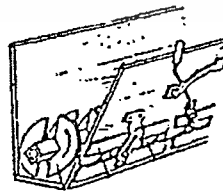
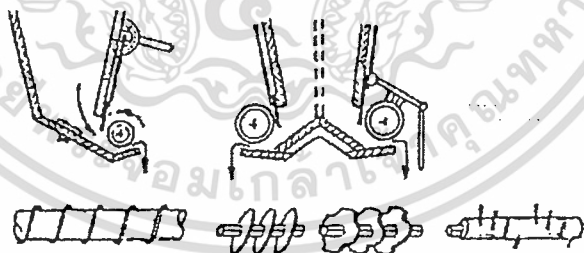
รูปที่ 2.17 อุปกรณ์สำหรับหามุมกองของวัสดุ

(สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ)

ใช้สำหรับหาค่ามุมกองพื้นสถิตของวัสดุ (static angle of repose) โดยนำวัสดุวางบนพื้นเอียง และค่อย ๆ ยกแผ่นเอียงขึ้นจนกระทั่งวัสดุเริ่มไหลมุมของแผ่นเอียง คือ มุมกองพื้นวัสดุ

2.6.2 กลไกกำหนดปริมาณป้อน (Metering device)

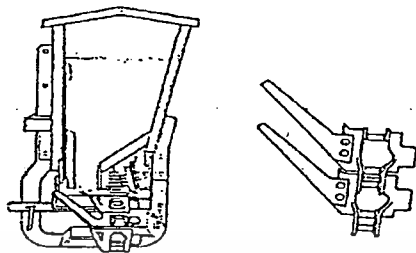
1. แบบเกลียวนำป้อน (Auger type) เกลียวนำป้อนติดอยู่บนเพลากันถึง รับคำสั่งจับจากล้อขับของเครื่องโรย หรือจากล้อรถแทรกเตอร์ก็ได้ แบบนี้จะค่อนข้างใช้ปริมาณป้อนมากต่อการหมุน 1 รอบ การทำความสะอาดและหล่อลื่นทำได้ง่าย หวานได้สม่ำเสมอ และมีราคาถูก แต่มีข้อเสียคือ เมื่อป้อนเปียกชื้นจะทำงานไม่ได้ผล เนื่องจากป้อนจะเกาะตัวกันเป็นสะพานอยู่เหนือเกลียวนำป้อน



รูปที่ 2.5 กลไกแบบเกลียวนำป้อน

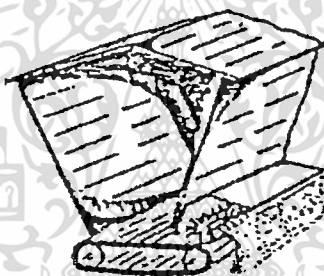
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบโซ่เลื่อน (Chain type) โซ่จะหมุนอยู่รอบพื้นของถังป้อนตามแนวความยาวของถัง โดยที่ก้นถังจะมีเส้นแบ่ง กันไม่ให้โซ่ถูกป้อน โซ่นี้ก็รับกำลังมาจากล้อขับ สามารถปรับได้ที่ช่องเปิด หรือเปลี่ยนเฟืองทดขับโซ่ แบบนี้จะมีข้อเสียที่ทำให้ความสะอาดยาก และราคาค่อนข้างแพง



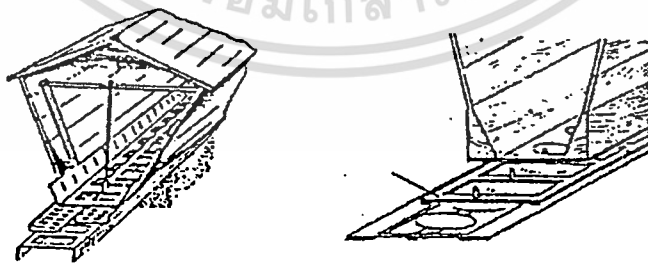
รูปที่ 2.6 กลไกแบบโซ่เลื่อน

3. แบบสายพานเลื่อน (Belt type) การทำงานมีลักษณะเช่นเดียวกันแบบโซ่ขับเคลื่อน แต่เปลี่ยนตัวขับป้อนจากโซ่มาเป็นสายพาน มักใช้เมื่อต้องการให้ป้อนในอัตราค่อนข้างสูง ข้อเสียคือ ทำความสะอาดยาก และมีราคาแพงเช่นกัน



รูปที่ 2.7 กลไกแบบสายพานเลื่อน

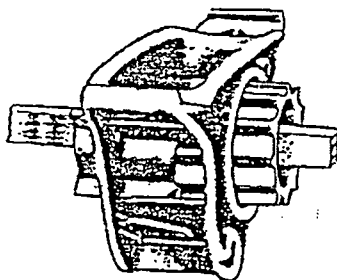
4. แบบแผ่นเลื่อน (Reciprocating plate type) แผ่นเลื่อน 2 แผ่น จะวางอยู่ที่พื้นของถังเจาะ เป็นช่องๆ สามารถปรับให้ช่องเอียงกันหรือตรงกันเล็กน้อยได้ เพื่อปรับปริมาณป้อน ทำให้เลื่อนไปมาและป้อนในถังร่วงลงสู่พื้นได้ แบบนี้ใช้หว่านป้อนได้สม่ำเสมอดี



รูปที่ 2.8 กลไกแบบแผ่นเลื่อน

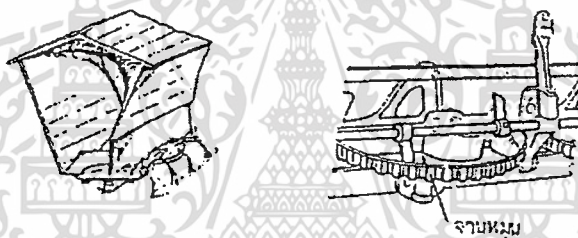
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แบบลูกกลิ้งเขาระื่อง (Fluted roller feed or Feed wheel) ลักษณะการทำงานเหมือนกับกลไกการจับเมล็ดของเครื่อง โรยเมล็ด การหมุนของลูกกลิ้งจะทำให้ปุ๋ยถูกขับออกมา



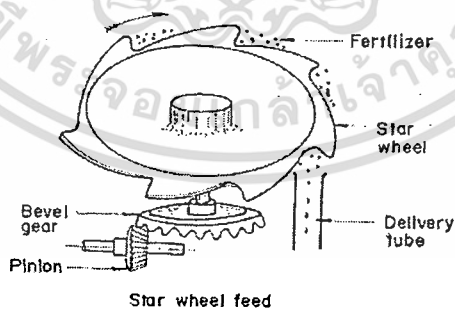
รูปที่ 2.9 กลไกแบบลูกกลิ้งเขาระื่อง

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



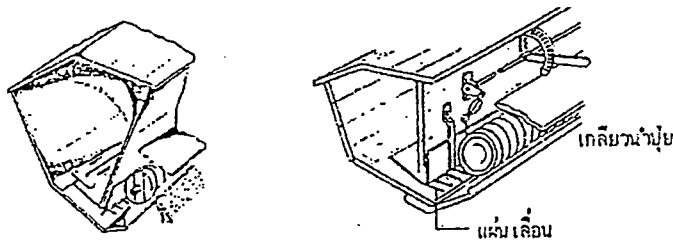
รูปที่ 2.10 กลไกแบบจานหมุน

7. แบบเฟืองวงดาว (Star wheel type) เฟืองวงดาวจะถูกติดตั้งอยู่ที่ก้นถัง ปุ๋ยจะถูกซี่เฟืองนำมาปล่อยที่ช่องเปิด การปรับปริมาณปุ๋ยทำได้โดยเปลี่ยนความเร็วรอบของเฟือง



รูปที่ 2.11 กลไกแบบเฟืองดาว

8. แบบแผ่นเลื่อนและเกลียนำปุ๋ย (Reciprocating plate and auger combination) แผ่นเลื่อนจะถูกขับให้เลื่อนไปมา เกลียนำปุ๋ยก็จะหมุนพาเอาปุ๋ยร่วงลงสู่พื้นดิน



รูปที่ 2.12 กลไกแบบแผ่นเลื่อนและเกลียวน้ำปุย

2.6.3 ทฤษฎีการขนถ่ายวัสดุด้วยลม

เมื่อวัสดุถูกนำเข้าสู่กระแสมในท่อ จะเกิดแรงจุด ถ้าความเร็วลมสูงเพียงพอ แรงจุด จะเอาชนะแรงโน้มถ่วง แรงที่กระทำระหว่างอนุภาคและแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคกับผนังท่อ เมื่ออัตราขนถ่ายเพิ่มขึ้น แรงต้านการเคลื่อนที่ของอากาศจะสูงขึ้น วัสดุที่แยกตัวแขวนลอยในกระแสม จะรวมกันเป็นกลุ่มจนเกิดการอุดตัน เฟสที่วัสดุแขวนลอยเรียกว่า Dilute Phase เฟสที่วัสดุรวมกันเป็นกลุ่มเรียกว่า Dense Phase จุดที่แยกเฟสทั้งสองคือจุดที่ค่าสัดส่วน อัตราการไหลของมวลวัสดุต่ออัตราการไหลของมวลอากาศ น้อยกว่า 15

การออกแบบระบบขนถ่ายวัสดุด้วยลมจะเกี่ยวข้องกับความเร็วลมที่ใช้ ปริมาณลมที่ใช้ขนถ่ายวัสดุ ความดันลด และขนาดกำลังของโบลเวอร์

1. ความเร็วลมขนถ่ายขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่าง และความหนาแน่นของวัสดุ
2. ปริมาณลมขนถ่ายขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของมวลวัสดุที่ต้องการ
3. ความดันลดในระบบขนถ่าย เป็นผลรวมของความดันลดต่างๆ ดังสมการ

$$\Delta p = \Delta p_l + \Delta p_a + \Delta p_s + \Delta p_g + \Delta p_b + \Delta p_c$$

โดย

Δp = ความดันลดรวมของระบบ

Δp_l = Line pressure loss เป็นความดันสูญเสียที่เกิดจากการไหลของอากาศผ่านท่อ

$$\Delta p_l = \lambda_l \frac{\rho}{2} v^2 \frac{L}{D}$$

λ_l = แฟกเตอร์ความเสียดทานของอากาศ

ในการไหลแบบปั่นป่วน $\frac{\lambda_l}{4} = 0.0014 + 0.125 \text{Re}^{-0.32}$ (Koo อ้างโดย Marcus et al. 1990)

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (Kg/m^3)

v = ความเร็วลมในท่อ (m/s)

L = ความยาวของท่อ (m)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ (m)

Δp_a = Acceleration pressure drop เมื่อวัสดุถูกนำเข้าไปในกระแสมในท่อ มันจะถูกเร่ง ให้

เกิดความเร็วในการเคลื่อนที่ จึงต้องการความดันเพื่อชดเชย

$$\Delta p_a = \phi_m v \rho c$$

ϕ_m = สัดส่วนของอัตราการไหลของมวลวัสดุต่ออัตราการไหลของมวลอากาศ

$$= \dot{M} / \rho Q$$

c = ความเร็วของวัสดุ(m/s)

Δp_s = Pressure drop due to solids เป็นความดันลดที่เกิดจากการมีผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างอนุภาค และความเสียดทานของผนังท่อ

$$\Delta p_s = \phi_m \lambda_s \frac{\rho}{2} v^2 \frac{L}{D}$$

โดยSolid friction factor $\lambda_s = \frac{0.0285 \sqrt{gD}}{c}$ (Konno and Saito อ้าง โดย Marcus et al. 1990)

Δp_g = Pressure drop due to lift height เป็นความดันลดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ในการยกวัสดุไปสู่ความสูงที่ต้องการ

$$\Delta p_g = \rho^* g \Delta z$$

ρ^* = ความหนาแน่นรวมของวัสดุขณะขนถ่าย

$$= \frac{\phi_m v \rho}{c}$$

Δz = ความสูงที่ยกตัว(m)

Δp_b = Pressure drop due to bends เมื่อส่วนผสมของอากาศและวัสดุไหลผ่านข้อโค้งจะเกิดการสูญเสียพลังงานจากความเสียดทานของอากาศและวัสดุกับผนังท่อ วัสดุจะเคลื่อนช้าลงเมื่อผ่านข้อโค้ง จึงต้องการความดันเพิ่ม เพื่อเร่งเข้าสู่ระดับความเร็วที่ต้องการ ในการคำนวณต้องแยกส่วนของลมและวัสดุออกจากกัน

$$\Delta p_b = \Delta p_{b.air} + \Delta p_{b.solid}$$

$$\Delta p_{b.air} = \frac{\Delta p_l}{L} L_{eq}$$

$$\text{ความยาวท่อสมมูล} L_{eq} = \frac{KD}{\lambda_l}$$

K=สัมประสิทธิ์การสูญเสียในFitting สำหรับการไหลแบบปั่นป่วน

Δp_c = Pressure drop in accessories เป็นความดันลดที่เกิดจากอุปกรณ์ต่างๆหาได้จากตาราง

- กำลังของBlower ขึ้นอยู่กับ อัตราการไหลของอากาศและความดันลดรวมของระบบ หาได้จาก

$$P = \frac{\Delta p Q}{\eta_b}$$

P = กำลังของ Blower(W)

Δp = ความดันครวมของระบบ(Pa)

Q = อัตราการไหลของอากาศ(m^3/s)

η_b = ประสิทธิภาพของ Blower (0.5-0.7)

2.7 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องหว่าน

การหว่านเมล็ดวัสดุให้กระจายบนผิวดิน มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาการประเมินค่าอยู่ด้วยกัน 2 หลักเกณฑ์ใหญ่ๆ คือ

1) ความแม่นยำของอัตราหว่าน

2) การกระจายตัวของอัตราหว่าน

จะต้องทำการปรับค่าเครื่องหว่านให้ได้ตามมาตรฐานและอัตราการหว่านได้ตามต้องการและมีความถูกต้อง ในการหว่านนั้นจะแยกตามชนิดของเมล็ดวัสดุอัตราเร็วของการเดินรถในการหว่าน ซึ่งชนิดของเมล็ดวัสดุและอัตราเร็วจะมีความสัมพันธ์กัน และช่องรูเปิดของการกระจายออกของเมล็ดพันธุ์ รวมทั้งความจำเพาะของลักษณะของเมล็ดวัสดุที่นำมาใช้หว่าน

2.7.1 สภาวะที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องหว่านที่ใช้ในการทดสอบจะต้องเป็นเครื่องจักรกลที่อยู่ในสภาพที่ดีและมีความเหมาะสม

2. การดำเนินการทดสอบแบบจำลองจะต้องมีการปรับค่าของเครื่องหว่านให้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับลักษณะจำเพาะของเมล็ดวัสดุที่ใช้หว่าน และจะต้องเป็นสภาพที่เหมือนจริงกับการทดสอบในภาคสนาม

3. ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองตามคำแนะนำและข้อมูลจากผู้ผลิตรายอื่นๆ

4. วัสดุที่ใช้ในการทดสอบจะต้องได้มาตรฐาน เช่น ลักษณะของวัสดุ ขนาดจะต้องเป็นรูปแบบเดียวกัน ความจำเพาะของเมล็ดวัสดุ ความคงทน ความชื้น ความหนาแน่น ของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ มีการรายงานวัสดุ ขนาด รูปร่าง ผิวสัมผัสของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

5. ความแม่นยำของการทดสอบนั้นจะมีอิทธิพลต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ลม ขนาดของเมล็ดวัสดุที่ใช้ทดสอบ อัตราที่ใช้ ความลาดเอียงของพื้นดิน อัตราเร็วในการเดินรถ ความหยาบของพื้นดิน และวิธีการในการเก็บรวบรวมตัวอย่าง ที่แนะนำในการทดสอบความแม่นยำ ดังต่อไปนี้

6. การหว่านจะเป็นที่ยอมรับเมื่อมีความแรงลม น้อยกว่า 8 กิโลเมตร/ชั่วโมง ที่ความสูงจากพื้นดินเท่ากับ 2.5 เมตร

7. ความลาดเอียงของพื้นที่ใช้ในการทดสอบจะต้องน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ และจะต้องทำการทดสอบทำการเปรียบเทียบที่ระดับความลาดเอียงต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เครื่องหว่านนั้นจะต้องมีการออกแบบให้มีการไหลหรือการหว่านของเมล็ดวัสดุที่มีความคงที่และได้เพียงพอกับช่วงเวลาในการทดสอบ แต่อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้ว ช่วงความยาวของระยะทางในการทดสอบเท่ากับ 100 เมตรถือว่าเพียงพอ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 การออกแบบชุดเครื่องหว่านปุ๋ยในสวนปาล์ม

แนวความคิดในการออกแบบเครื่องหว่านปุ๋ยต้นแบบนี้ คือ การใช้ Metering device 4 ชุด เพื่อกำหนดอัตราปุ๋ย 5 ชนิด แล้วใช้แรงลมจาก Blower พัดพาปุ๋ยให้กระจายลงสู่พื้น

ส่วนประกอบที่สำคัญของชุดเครื่องหว่านปุ๋ย แบ่งออกเป็น 3 ชุดดังนี้

3.1.1 ถังบรรจุปุ๋ย (Hopper) แบ่งเป็น 4 ถังย่อย เพื่อบรรจุปุ๋ย 5 ชนิด คือยูเรีย ไค แอมโมเนียมฟอสเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์และคิเซอไรต์ผสมกับโบแรกซ์

3.1.2 ชุดกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering device) เป็นแบบ Fluted roller feed แต่ควบคุม อัตราการไหลของปุ๋ยร่วมกับแผ่นเลื่อน (Shutter) ประกอบด้วย

3.1.2.1 Fluted Roller ทำจากเหล็กแบนจำนวน 3 ใบ เชื่อมติดเข้ากับท่อเหล็ก และสวม บนเพลาลับที่รับกำลังจากล้อของเครื่องหว่านปุ๋ยผ่าน โซ่ และล้อเฟือง (Sprocket) ชุดใบ กวาดปุ๋ยนี้จะหมุนอยู่ในท่อพีวีซี เพื่อกำหนดปริมาณปุ๋ย

3.1.2.2 ท่อพีวีซี 2.5 นิ้ว ชั้น PN 13.5 เปิดช่องขนาด 3x11 เซนติเมตร ให้ปุ๋ยไหลจากถัง บรรจุปุ๋ยเข้าสู่ชุด Roller ก่อนจะไหลผ่านช่องออกขนาด 3x11 เซนติเมตร ไปสู่ท่อลม

3.1.2.3 ชุดควบคุมอัตราการไหลของปุ๋ยแบบแผ่นเลื่อน ทำจากข้อต่อตรงพีวีซีขนาด 2.5 นิ้ว ชั้น PN 13.5 เปิดเป็นช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า 2 ช่อง อยู่ตรงข้ามกันขนาด 6.8x12 เซนติเมตร และ 3x11 เซนติเมตร และแผ่นเลื่อนขนาด 6.7x13 เซนติเมตร ผึงด้านในกลิ้งเรียบเพื่อนำ อุปกรณ์ในหัวข้อ 3.1.2.2 มาสวม

3.1.2.3 ชุดกระจาย ประกอบด้วย Blower และท่อลม ทำหน้าที่ส่งปุ๋ยจากชุดกำหนด ปริมาณปุ๋ย ด้วยแรงลมผ่านท่อซึ่งแยกออกทั้ง 2 ด้านเพื่อกระจายปุ๋ยในแนวตั้งฉากกับแนวการ เคลื่อนที่

3.1.1 การออกแบบอุปกรณ์กำหนดปริมาณปุ๋ย (metering device)

ข้อกำหนด

ความเร็วของรถแทรกเตอร์ 5 กิโลเมตร/ชั่วโมง (km/h)

หน้ากว้างของการหว่านปุ๋ย 15.6 เมตร (m)

จำนวนต้นปาล์ม = 22 ต้น / ไร่

จำนวนครั้งที่หว่านแบ่งออกเป็น 2 ครั้ง / ปี โดย หว่านปุ๋ยครั้งละ 50 %

ปริมาณความต้องการธาตุอาหารของดินปาล์ม อ้างอิงจากผลการวิจัยของสกว. แต่ลดปริมาณของยูเรีย เนื่องจากใช้ไดแอมโมเนียมฟอสเฟตแทนทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต ดังตารางที่ 3.1

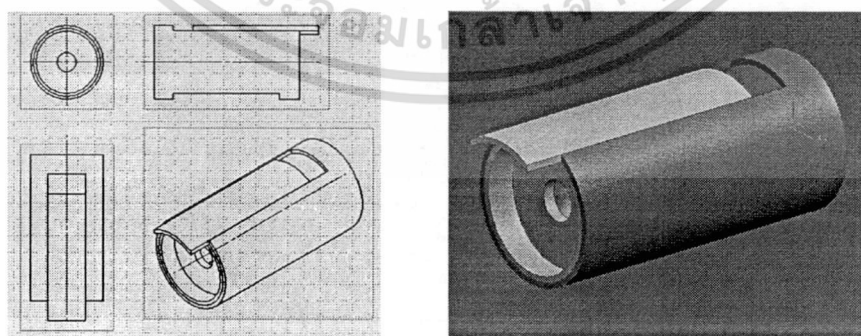
ตารางที่ 3.1 ปริมาณความต้องการธาตุอาหารของดินปาล์ม

ชนิดปุ๋ย	ปริมาณปุ๋ย (กรัม / ต้น/ปี)
ยูเรีย(Urea)	1,630
ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP)	1,050
โพแทสเซียมคลอไรด์(KCl)	2,800
กีเซอไรต์(MgSO ₄)	700
โบแรกซ์ (B)	56

ตารางที่ 3.2 อัตราการไหลของปุ๋ย

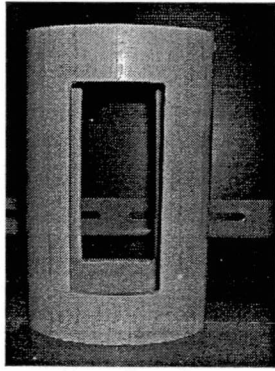
ชนิดปุ๋ย	ปริมาณปุ๋ยที่ต้นปาล์มต้องการ(kg/min)	
	ครั้งที่ 1(50%)	ครั้งที่ 2(50%)
ยูเรีย	13.53	13.53
DAP	9.384	9.384
โพแทสเซียม	25.02	25.02
แมกนีเซียม	6.25	6.25
โบรอน	0.5	0.5

จากการคำนวณจะได้ปริมาณอัตราปุ๋ยแต่ละชนิด ดังแสดงในตาราง จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ทำการออกแบบและสร้างตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering device) เพื่อทดสอบหาขนาดช่องเปิดที่เหมาะสม

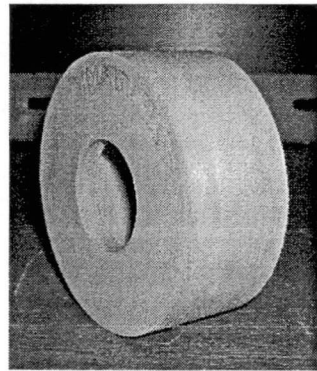


รูปที่ 3.1 ตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering device) ที่ได้ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



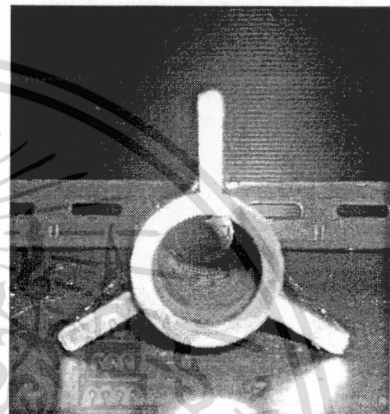
รูปที่ 3.2 ชุดคุมการไหลของปุ๋ย



รูปที่ 3.3 ตัวประกบหัวท้ายชุดRoller



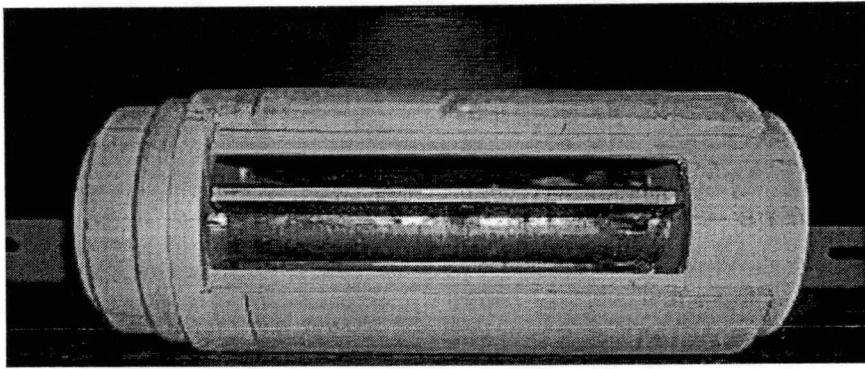
รูปที่ 3.4 ชุดปรับขนาดช่องเปิด



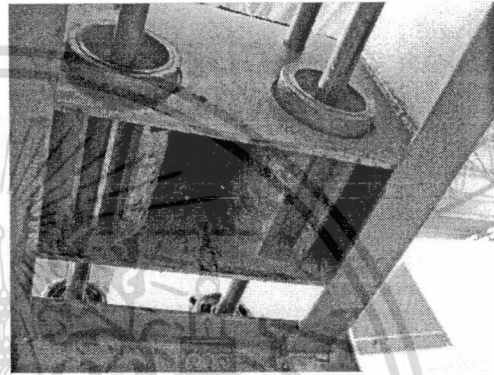
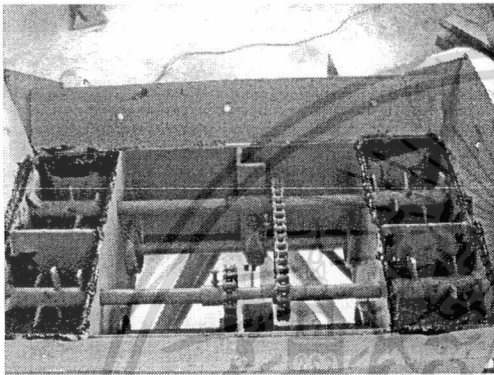
รูปที่ 3.5 ชุดRoller



รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะการประกอบเป็นชุด Metering device



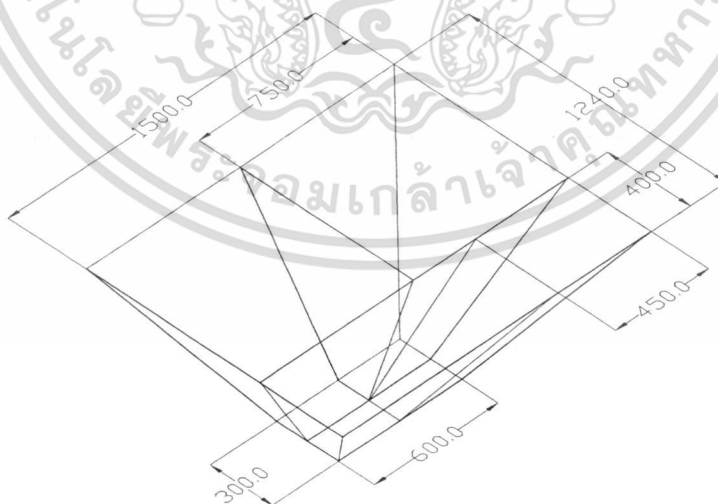
รูปที่ 3.7 แสดงรูปสำเร็จของตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering device)



รูปที่ 3.8 ชุดกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering device) ที่นำมาประกอบเข้ากับโครงสร้าง

3.1.2 การออกแบบชุด ถังบรรจุปุ๋ย (Hopper)

ในการออกแบบถังบรรจุปุ๋ย (Hopper) ได้มีการออกแบบให้ถังบรรจุปุ๋ยได้สูงสุด 350 กิโลกรัม จากการออกแบบถังจะได้ถังมีลักษณะดังนี้



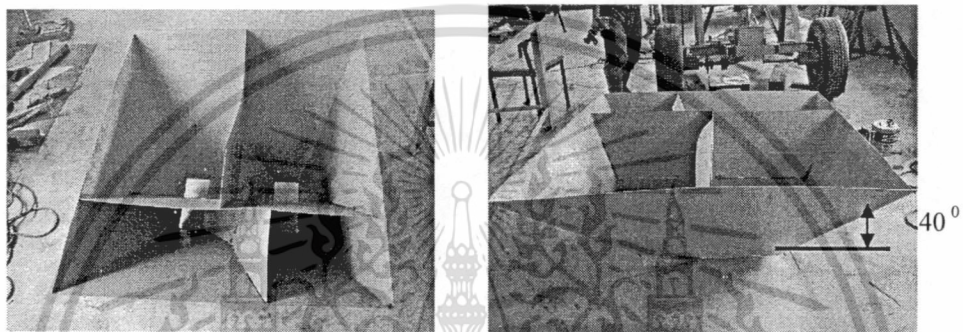
รูปที่ 3.9 แบบแสดงขนาดของถังบรรจุปุ๋ย (Hopper)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 มุมกองพื้นของปุ๋ย

ชนิดปุ๋ย	มุมกองพื้น
Urea	41°
DAP	30°
KCl	38°
B + Mg	45°

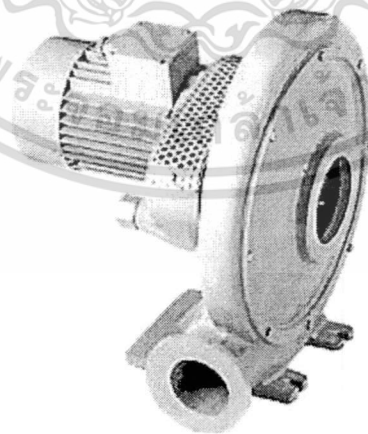
ดังนั้นได้สร้างถังบรรจุปุ๋ยที่ทำมุมเอียงกับแนวระดับประมาณ 40°



รูปที่ 3.10 ลักษณะถังบรรจุปุ๋ย (Hopper) ที่สร้างเสร็จ

3.1.3 การออกแบบระบบขนถ่ายด้วยลม

จากสมการข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้วจากบทที่ 2 นำมาคำนวณหาขนาดของBlowerได้ดังนี้ เนื่องจากไม่สามารถหาBlower ที่สร้างแรงดันลมขนาด 5.94 KPa ได้ จึงเลือกชนิดBlower ชนิด centrifugalซึ่งสร้างแรงดันลมได้ปานกลาง (แต่มีCapacity สูงกว่าที่ต้องการ) มาใช้



รูปที่ 3.11 ลักษณะของ Centrifugal Blower ที่นำมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รุ่น HB

รายละเอียดทั่วไป(General Description)

- โบลเวอร์รุ่น HB มีลักษณะโครงสร้างเหมือนกับรุ่น MB แต่สามารถให้แรงดันที่สูงด้วยความเร็วรอบที่สูงกว่าโดยทด ผ่านสายพาน โบลเวอร์รุ่น HB เหมาะสำหรับการใช้งานที่มีค่าสัมประสิทธิ์ด้านทานการไหลสูง เช่น การขนส่งลำเลียง ผ่านท่อยาวหรือผิวไม่เรียบ มีข้อต่อหรือข้อต่อจำนวนมาก การขนส่งลำเลียงที่ต้องผ่านตัวกรองอย่างหนา โบลเวอร์รุ่น HB ยังเหมาะสำหรับงานเป่าหรือดูดเพื่อ เคลื่อนย้ายหรือยกกระดาษ, พอยล์ หรือวัสดุต่างๆหรือใช้ใน งานขนส่งวัสดุต่างๆแบบนิวแมติก

โครงสร้าง(Construction)

- ตัวโบลเวอร์และใบพัดทำจากอลูมิเนียมด้วยการออกแบบที่ถูกต้องตามหลักพลศาสตร์และน้ำหนักเบา
- ตัวมอเตอร์กับตัวโบลเวอร์เป็นชิ้นส่วนกัน ทำให้สามารถซ่อมบำรุงได้สะดวก
- มอเตอร์ขับใบพัดโดยผ่านการทดสายพาน
- ใบพัดผ่านการถ่วงน้ำหนักด้วยเครื่องจักรทันสมัย ทำให้หมุนโดยไม่สั่นหรือแกว่ง

ตารางที่ 3.4 คุณลักษณะของ Centrifugal Blower

MODEL	HP	VOLTAGE	PHASE	INLET- OUTLET
HB-129	1/4	220 V.	1	1"
HB-129	1/4	220/380 V.	3	1"
HB-229	1/2	220 V.	1	1 1/4"
HB-229	1/2	220/380 V.	3	1 1/4"
HB-329	1	220 V.	1	1 1/2"
HB-329	1	220/380 V.	3	1 1/2"
HB-429	2	220 V.	1	2"
HB-429	2	220/380 V.	3	2"
HB-529	3	220/380 V.	3	2"
HB-629	5	220/380 V.	3	2"
HB-729	7.5	220/380 V.	3	2 1/2"
HB-829	10	220/380 V.	3	2 1/2"

บทที่ 4

วิธีการและผลการทดลอง

4.1 วิธีการทดลอง

การทดลองมีเป้าหมายอยู่สองประการคือ เพื่อหนึ่งการออกแบบและพัฒนากลไกการทำงานให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานที่มากที่สุด และ สองเป็นการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหว่านปุ๋ยระบบลำเลียงด้วยลมที่ได้ออกแบบไว้ และจากเป้าหมายดังกล่าวจึงได้แบ่งหัวข้อการทดลองดังนี้

การทดลองเพื่อออกแบบและพัฒนากลไกการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

4.1.1 ศึกษากลไกควบคุมอัตราการจ่ายปุ๋ย โดยทำการทดสอบหาอัตราการจ่ายปุ๋ยของชุดกำหนดปริมาณปุ๋ยแบบ Fluted rollers ที่ได้ออกแบบสร้าง เมื่อทำการปรับขนาดช่องปล่อยปุ๋ยตั้งแต่ 1 – 11 ซม. และ ปรับความเร็วรอบใช้งานที่ 50 60 70 80 และ 90 รอบต่อนาที โดยทดลองกับปุ๋ยแต่ละชนิด



รูปที่ 4.1 การศึกษากลไกควบคุมอัตราการจ่ายปุ๋ย

4.1.2 ปรับเครื่องจักร ให้กระจายปุ๋ยออกทั้ง 2 ด้านในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดย

- วัดความดันลมที่ปลายท่อทั้ง 2 ด้าน เพื่อปรับให้ความเร็วลมที่ปลายท่อทั้ง 2 ด้านใกล้เคียงกันให้มากที่สุดโดยใช้อุปกรณ์ Pitot tube และ มาโนมิเตอร์

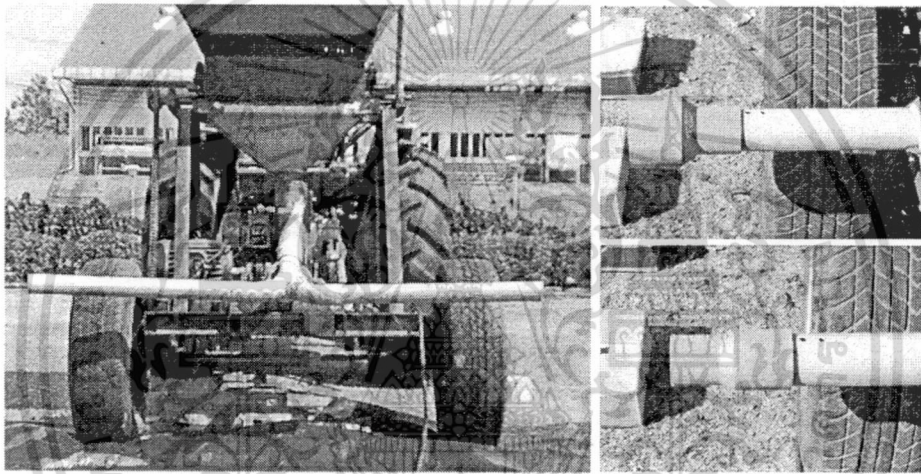
- ปล่อยปุ๋ยในอัตราที่กำหนด ลงสู่กระแสดลมในท่อ ทำการตรวจวัดปุ๋ยที่ปลายท่อทั้ง 2 ด้านว่ามีปริมาณใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ทดสอบปริมาณการจ่ายปุ๋ยที่ออกจากปลายท่อทั้งสอง

4.1.3 ศึกษาลักษณะการกระจายของปุ๋ยผ่านปากพ่น 3 ลักษณะคือปากแฉก ปากตรง และปากขยาย เพื่อเลือกชนิดปากทางออกที่เหมาะสม



รูปที่ 4.3 ปากพ่น 3 แบบ คือ ปากแฉก ปากตรง และปากขยาย

4.1.4 ทดลองลากเครื่องหว่านปุ๋ยดินแบบด้วยแทรกเตอร์ในระยะทาง 50 เมตรด้วยความเร็วรอบเครื่องยนต์และเกียร์ต่างๆ พบว่าที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,900 รอบ/นาที และใช้เกียร์ห้า วัดความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ 4.97 ก.ม./ช.ม. และความเร็วรอบของชุดกำหนดปริมาณปุ๋ยเป็น 93.8 รอบ/นาที จึงใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์และเกียร์ดังกล่าวในการทดสอบ

4.1.5 ศึกษาลักษณะการกระจายของปุ๋ยผ่านปากท่อที่ได้จาก 4.1.3 ในลักษณะวางเอียงเป็นมุมต่างๆ กับแนวระดับที่ 15° 20° 25° 30° และ 35° เพื่อให้ได้มุมเอียงที่เหมาะสม

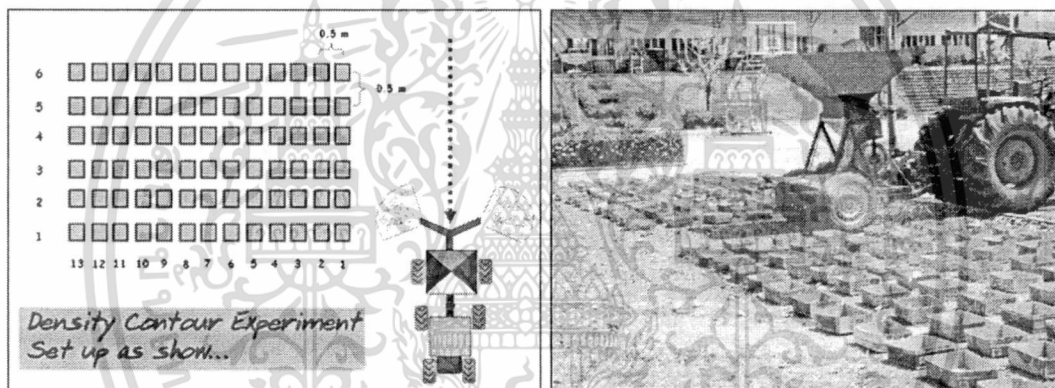
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การปรับมุมเอียงของท่อเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการหว่าน

การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหว่านปุ๋ยระบบลำเลียงด้วยลม

4.1.6 ศึกษาลักษณะการกระจายของปุ๋ยแยกแต่ละชนิดและลักษณะการกระจายของปุ๋ยเมื่อหว่านรวมกันในสภาพที่เครื่องจักรอยู่นิ่ง



รูปที่ 4.5 การเตรียมพื้นที่สำหรับเก็บผลการทดลอง

4.1.7 ทดสอบเครื่องจักรในสภาพใช้งานจริง ในแปลงปาล์มน้ำมันของวิทยาเขตชุมพร



รูปที่ 4.6 การทดสอบเมื่อเครื่องหว่านปุ๋ยเคลื่อนที่

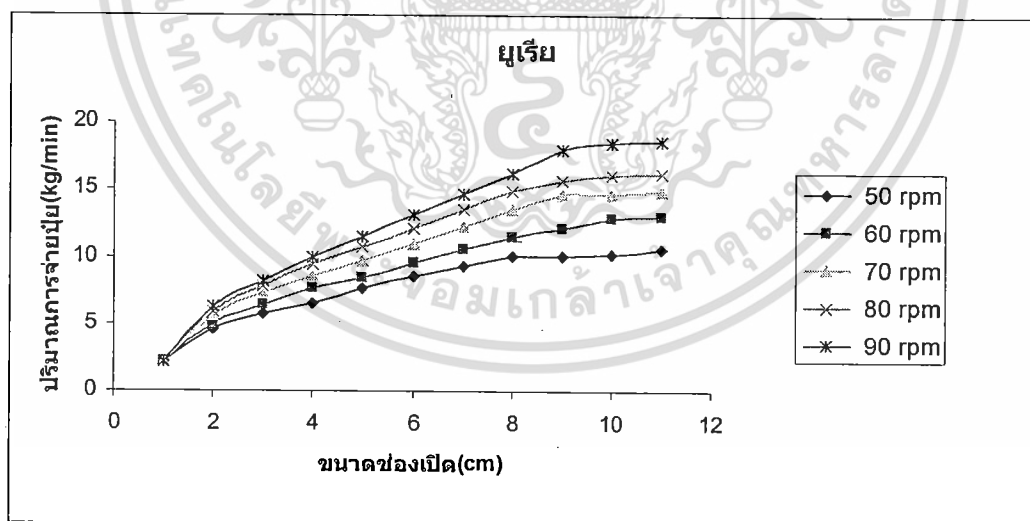
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 ผลการทดสอบอัตราจ่ายปุ๋ยแต่ละชนิด ของอุปกรณ์กำหนดจำนวน

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

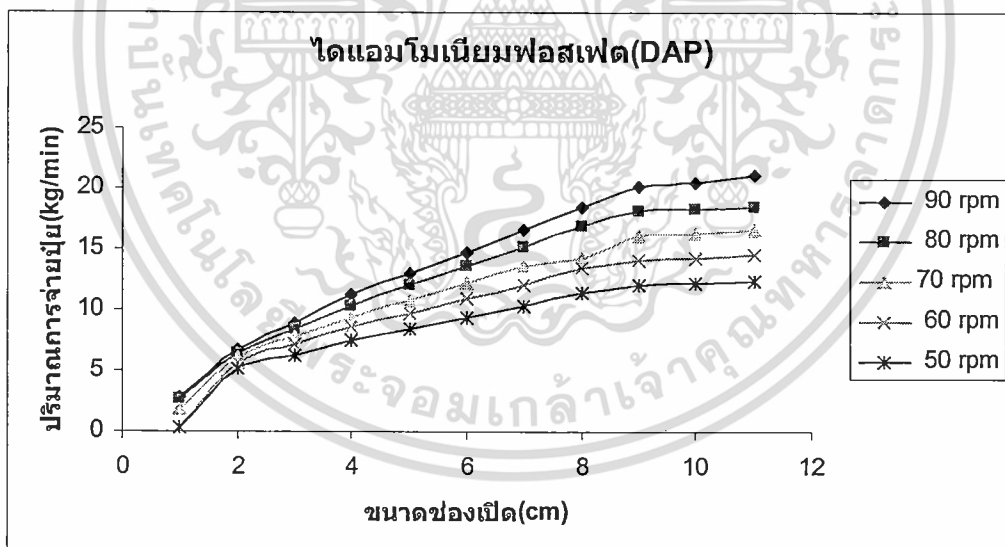


รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องเปิดกับปริมาณการจ่ายปุ๋ยยูเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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

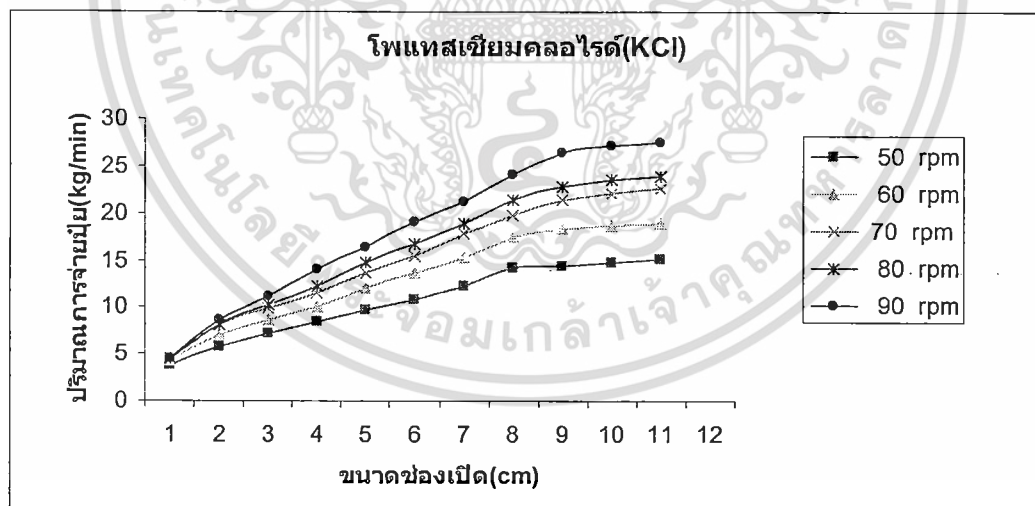


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องเปิดกับปริมาณการจ่ายปุ๋ย DAP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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

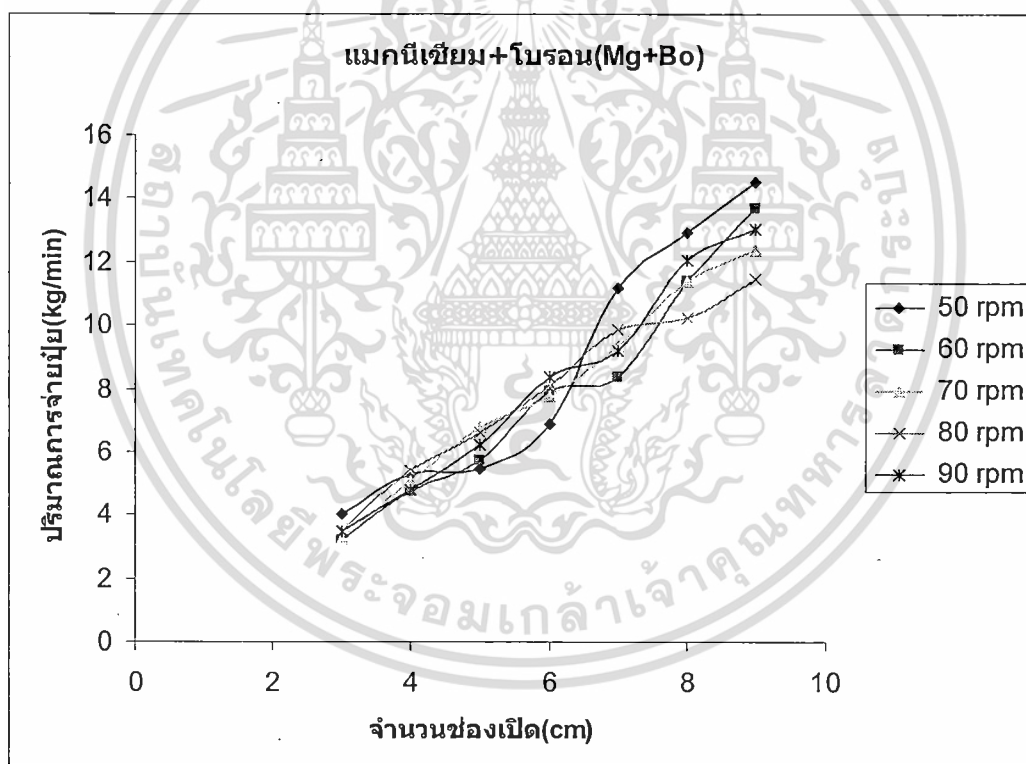


รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องเปิดกับปริมาณการจ่ายปุ๋ย KCl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกผลการทดลอง ทีเซอไรต์ผสมกับโบแรกซ์(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 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องเปิดกับปริมาณการจ่ายปุ๋ย Mg+ Bo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่าสำหรับปุ๋ยยูเรียไดแอมโมเนียมฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตราการจ่ายปุ๋ยที่ได้จากการทดลอง จะแปรผันตามการเพิ่มขนาดช่องเปิดและความเร็วรอบ ส่วน คีเซอไรต์ผสมกับบอแรกซ์(Mg+B) อัตราการไหลมีความแปรปรวนในทุกช่วงความเร็ว เนื่องจากมี ลักษณะทางกายภาพเป็นผงและดูดความชื้นจากอากาศได้ดี 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

ตารางที่ 4.6 การปรับขนาดของช่องเปิดเพื่อใช้งานจริง

ชนิดปุ๋ย	ปริมาณการไหลของปุ๋ยที่ต้องการ (ก.ก/นาที)		ความกว้างช่องเปิด (ซ.ม)
	ครั้งที่ 1 (50%)	ครั้งที่ 2 (50%)	
ยูเรีย	13.53	13.53	7.2
DAP	9.38	9.38	3.2
โพแทสเซียม	25.02	25.02	8.4
แมกนีเซียม+ โบรอน	6.25+0.50	6.25+0.50	5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการปรับกลไกการป้อนลมความเร็วสูง (การทดลองหาแรงลมที่ออกจาก BLOWER ผ่านระบบท่อแยก 2 ทาง)

ตารางที่ 4.7 เสดของลมที่ปลายท่อทั้งสองด้าน

ครั้งที่	ซ้าย(mm Aq)	ขวา(mm Aq)
1	126	125
2	125	127
3	126	125

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบปริมาณการขนถ่ายจากปลายท่อทั้งสองด้านแรงลมที่ปลายท่อแต่ละด้าน

ครั้งที่(Urea)	ซ้าย(ก.ก)	ขวา(ก.ก)
1	1.3	1.2
2	1.2	1.2
3	1.4	1.1

ครั้งที่(KCL)	ซ้าย(ก.ก)	ขวา(ก.ก)
1	1.7	2.6
2	1.2	1.3
3	1.4	1.1

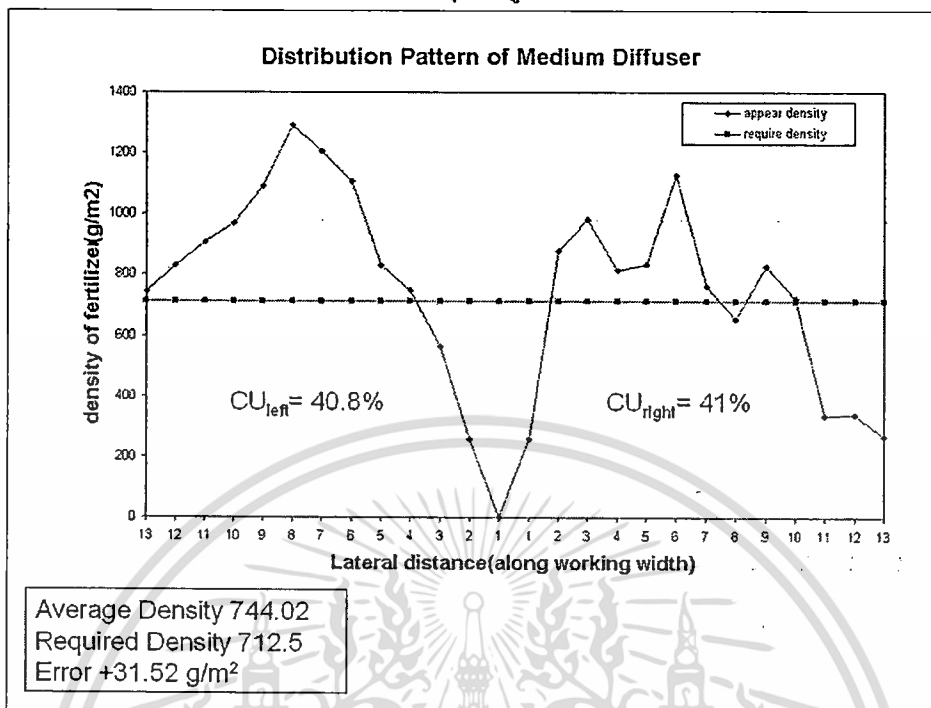
ครั้งที่(DAP)	ซ้าย(ก.ก)	ขวา(ก.ก)
1	0.9	0.9
2	0.8	0.6
3	0.8	0.9

ครั้งที่(BO+Mg)*	ซ้าย(ก.ก)	ขวา(ก.ก)
1	0.02	0.02
2	0.01	0.01
3	0.02	0.01

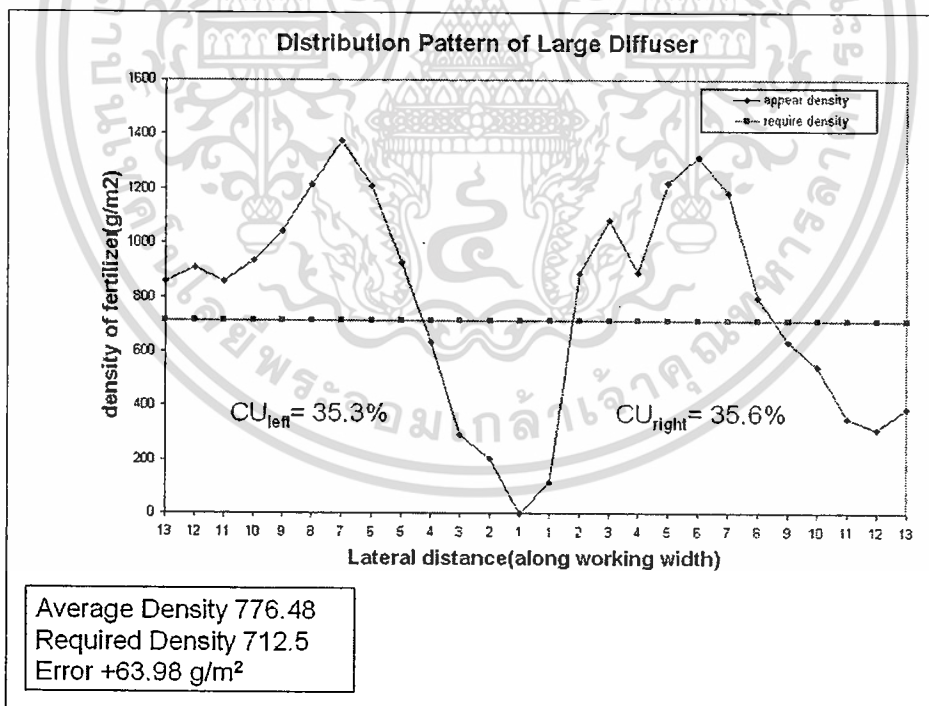
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การศึกษาลักษณะการกระจายของปุ๋ยของปากท่อ3แบบ (ไม่เคลื่อนที่)

- เปรียบเทียบ Distribution Pattern ของปุ๋ยที่อยู่บนพื้นตามแนวหน้ากว้างการหว่าน

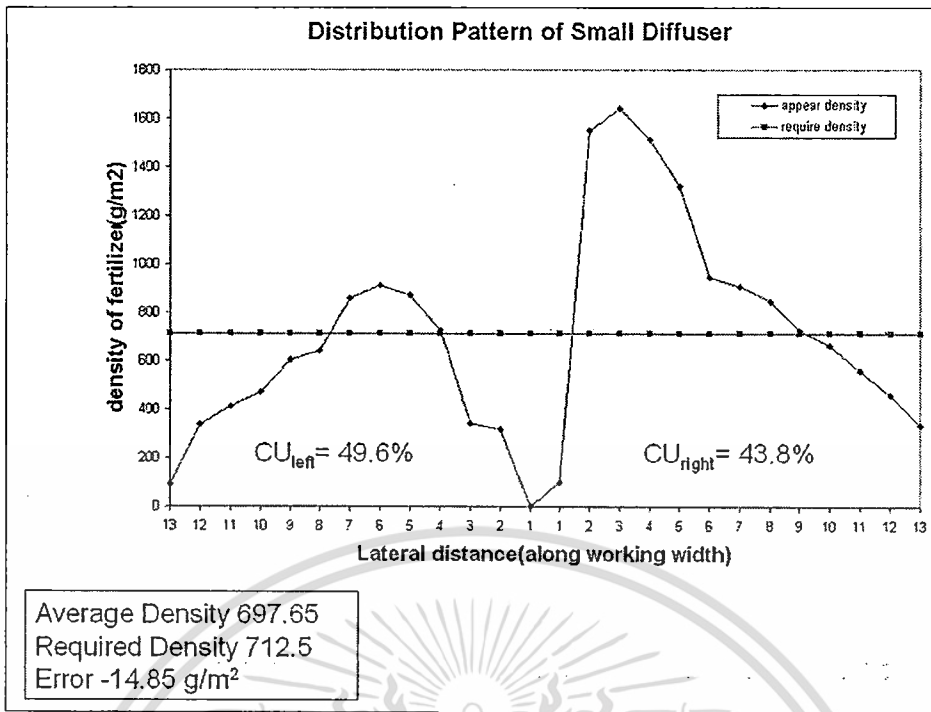


รูปที่ 4.11 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้ปากพ่นแบบปากตรง



รูปที่ 4.12 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้ปากพ่นแบบปากขยาย

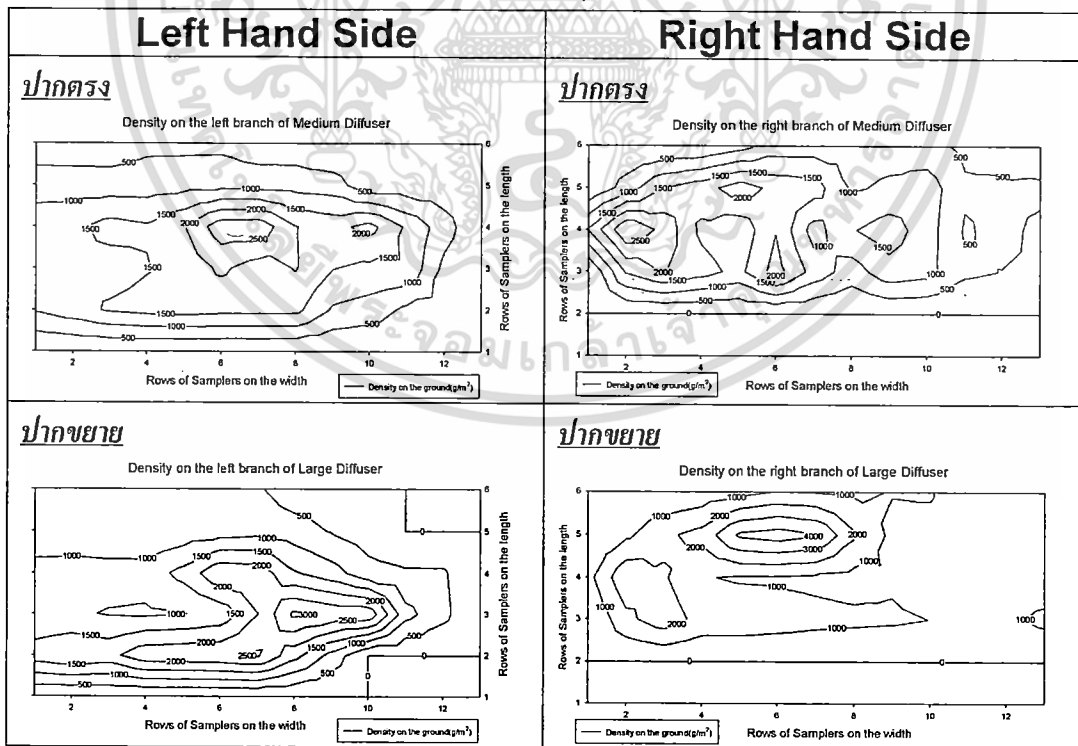
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



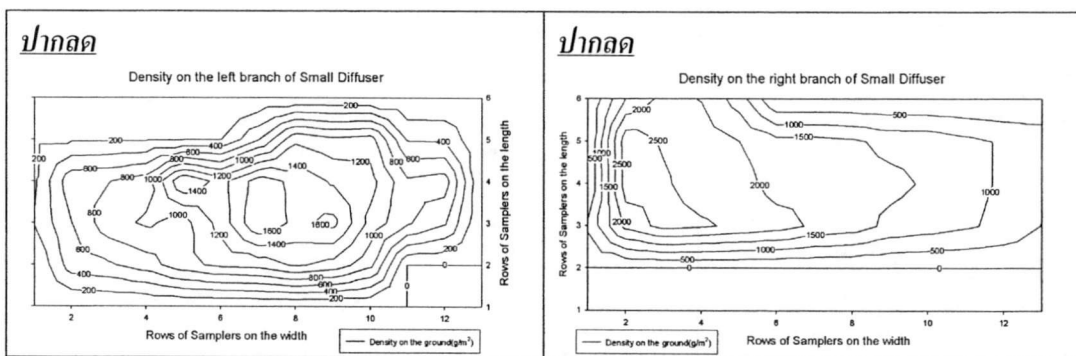
รูปที่ 4.13 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้ปากพ่นแบบปากลด

- เปรียบเทียบความหนาแน่นของปุ๋ยบนพื้น โดยพิจารณาจาก Contour Line ของความหนาแน่น

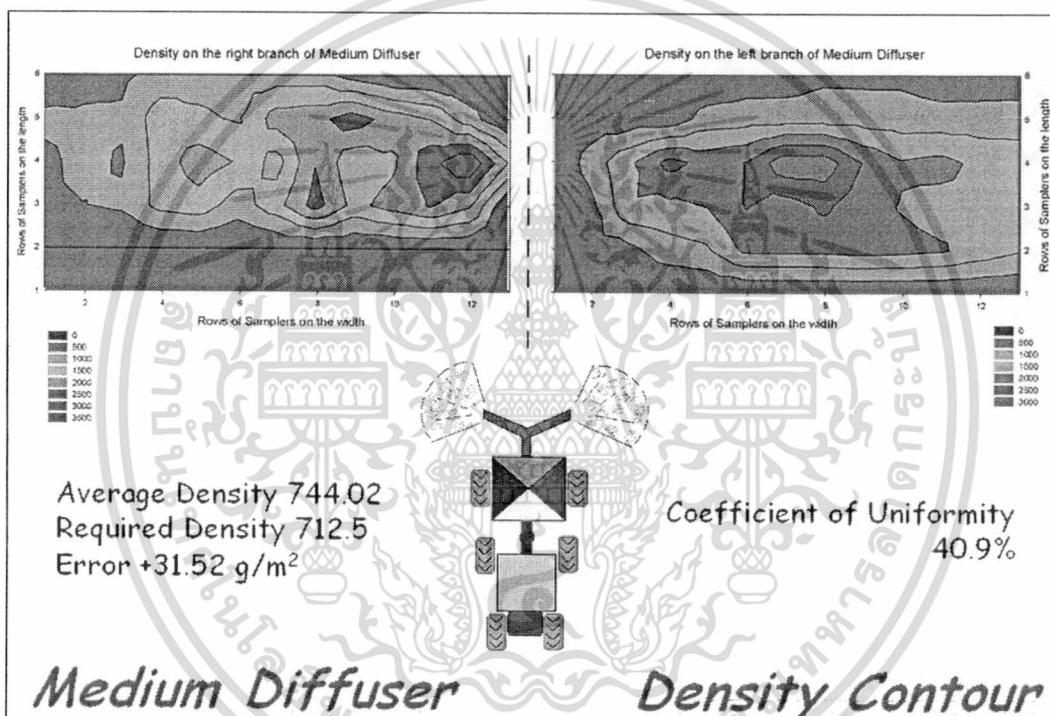
ตารางที่ 4.9 Contour Line แสดงความหนาแน่นของปุ๋ยบนพื้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

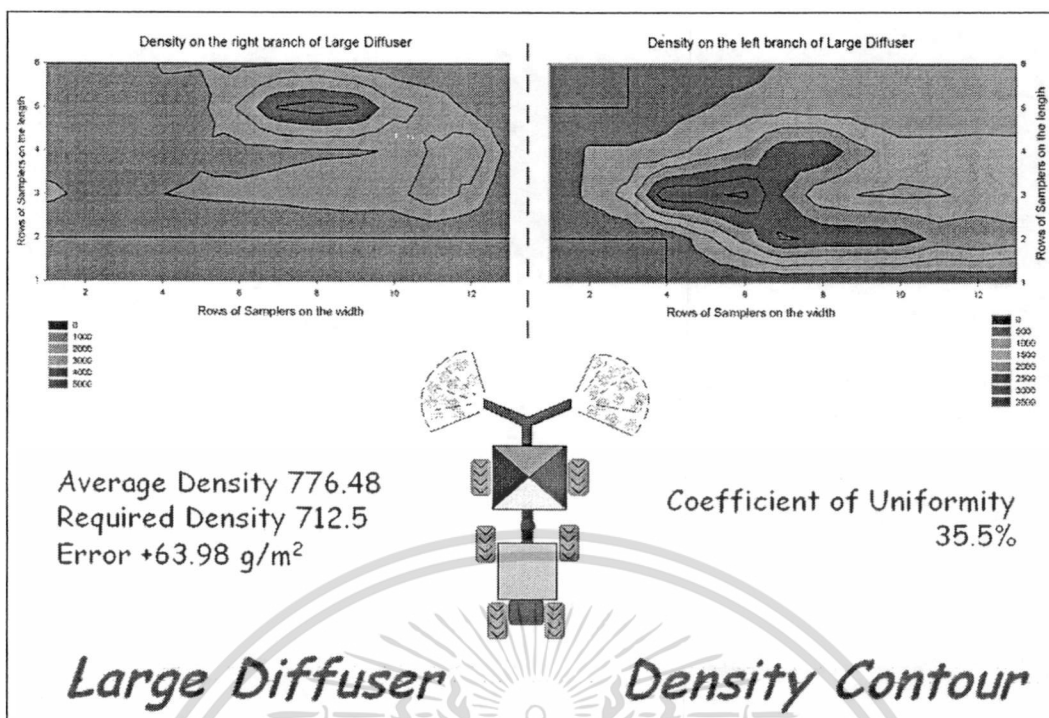


- เปรียบเทียบภาพแสดงความหนาแน่นของปุ๋ยบนพื้น โดยพิจารณาจาก Color Contour ของความหนาแน่น

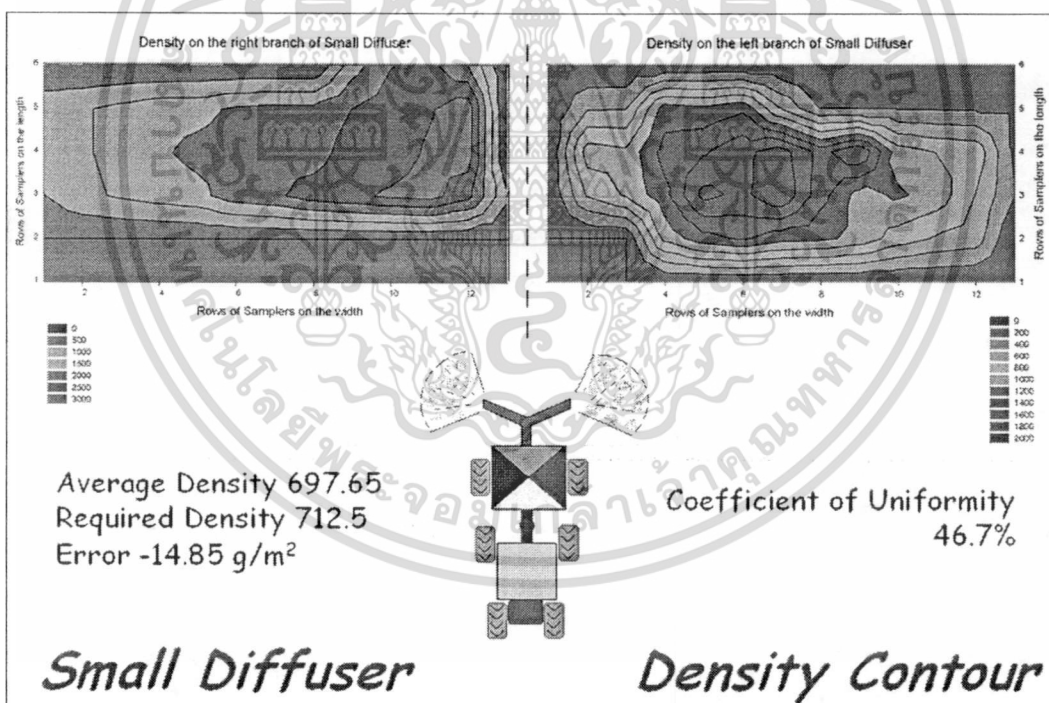


รูปที่ 4.14 การกระจายของปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้ปากพื้นแบบปากตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 การกระจายของปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้ปากพ่นแบบปากขยาย



รูปที่ 4.16 การกระจายของปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้ปากพ่นแบบปากลด

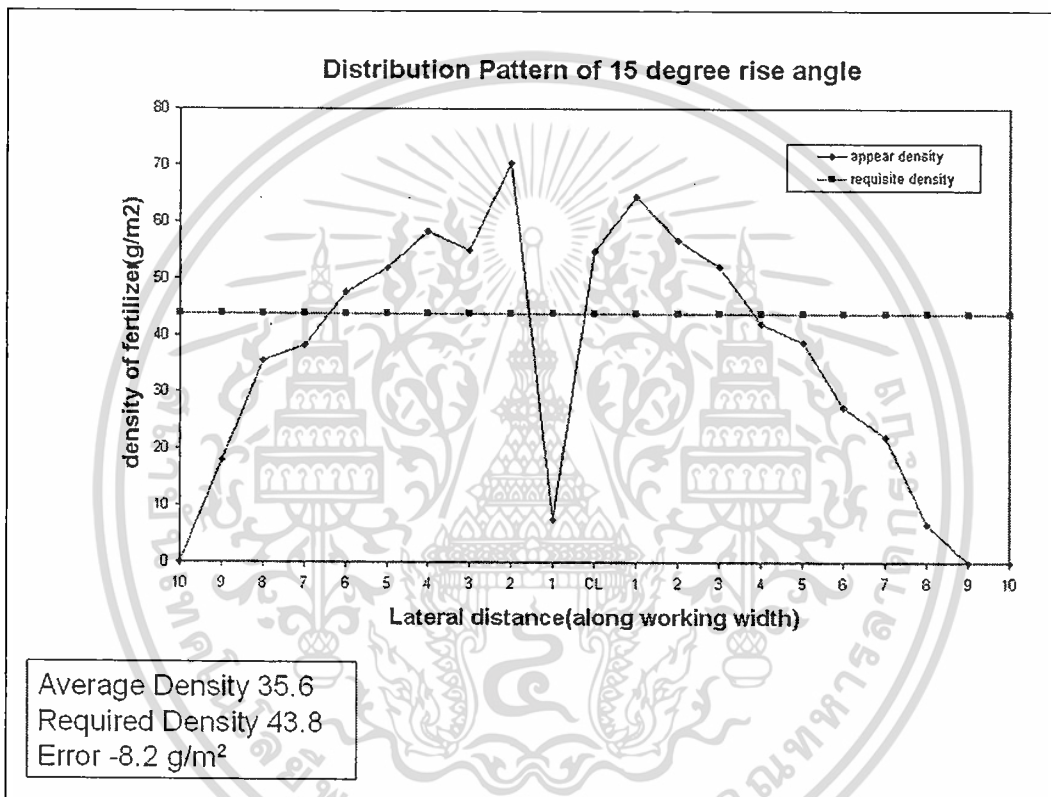
จะเห็นได้ว่าปากพ่นขนาดกลางและขนาดใหญ่ให้ค่าความหนาแน่นตลอดหน้ากว้างการ
หว่านที่ดีโดยปากพ่นขนาดใหญ่จะแสดงความสม่ำเสมอตลอดหน้ากว้างได้ดีที่สุด แต่เมื่อพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า CU พบว่าปากพ่นขนาดกลางทำได้ดีกว่า และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าความหนาแน่นปุ๋ยเฉลี่ยตลอดหน้ากว้างพบว่า ปากพ่นขนาดกลางให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการมากที่สุด จึงอาจสรุปได้ว่าปากพ่นขนาดกลางเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากที่สุด

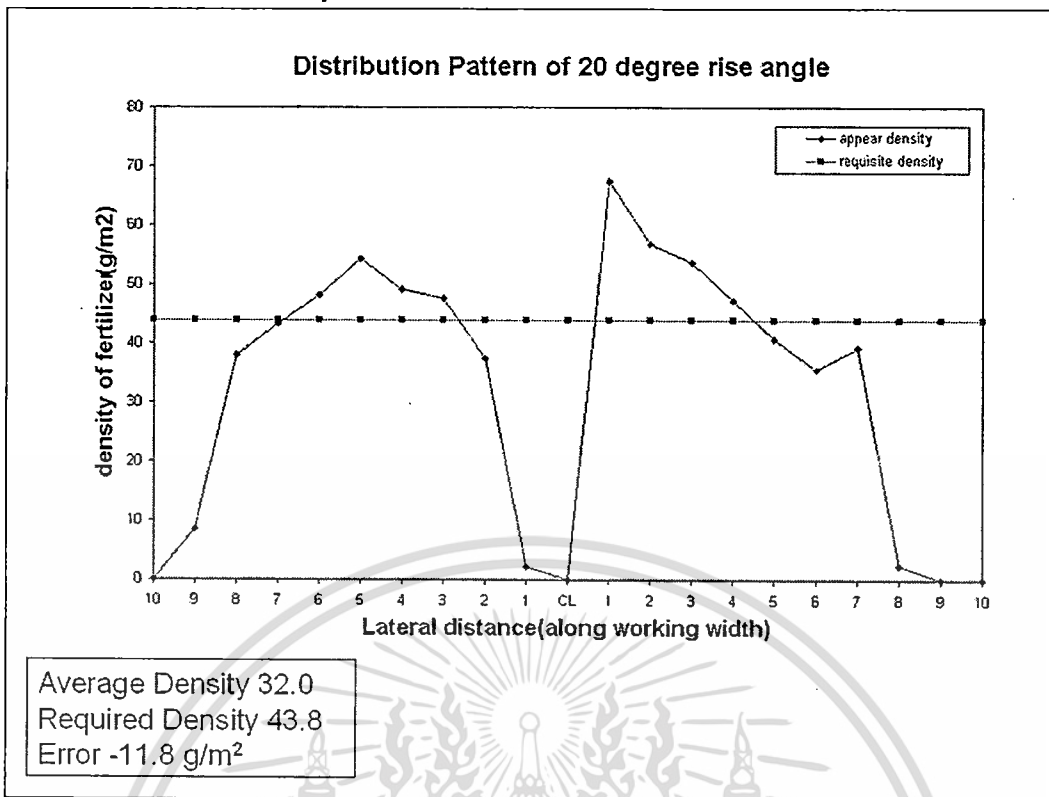
4.2.4 ผลการศึกษาลักษณะการกระจายของปุ๋ยในลักษณะปลายท่อวางเอียงเป็นมุมต่างๆกับแนวระดับที่ 15 20 25 30 และ 35 องศา เมื่อใช้ปากพ่นแบบขยายและวังทศสอบด้วยความเร็วทางตรง 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

- เปรียบเทียบ Distribution Pattern ของปุ๋ยที่อยู่บนพื้นตามแนวหน้ากว้างการหว่าน

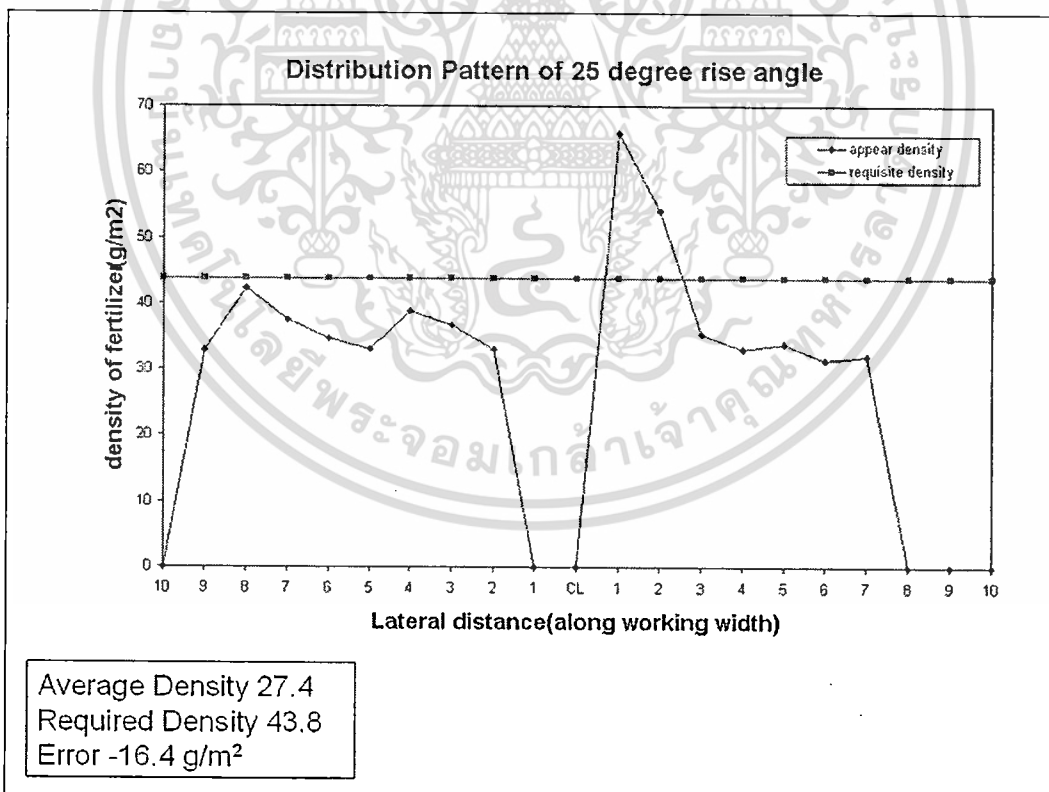


รูปที่ 4.17 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 15 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

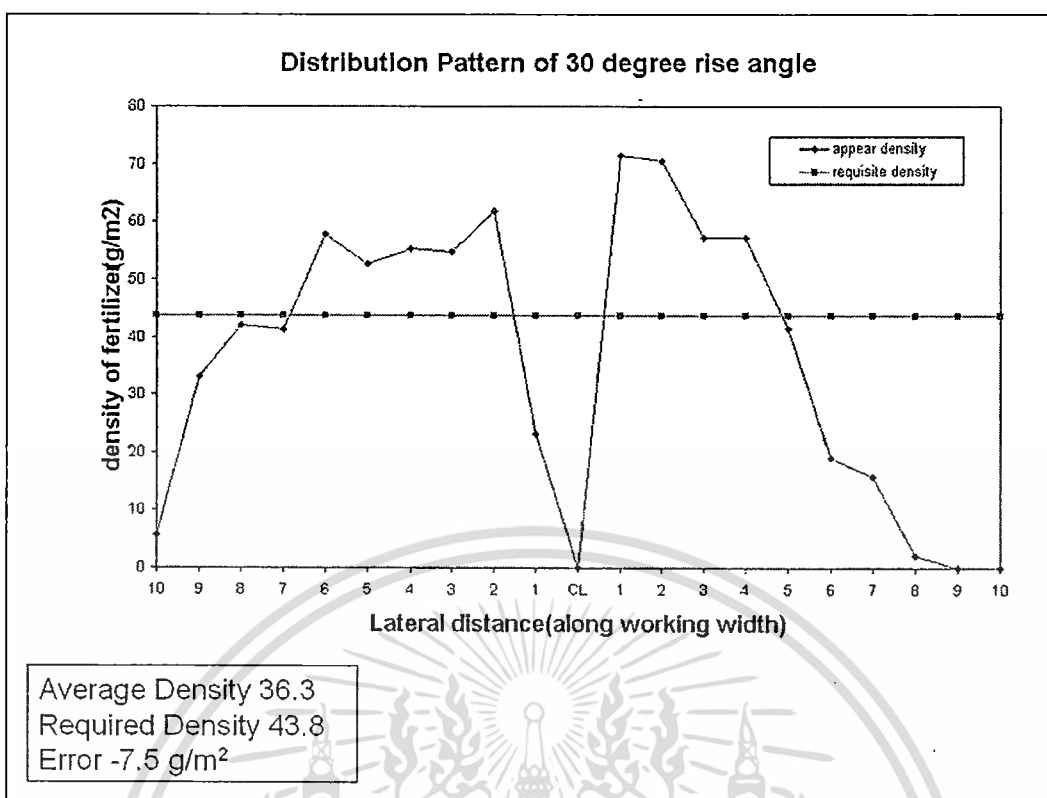


รูปที่ 4.18 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 20 องศา

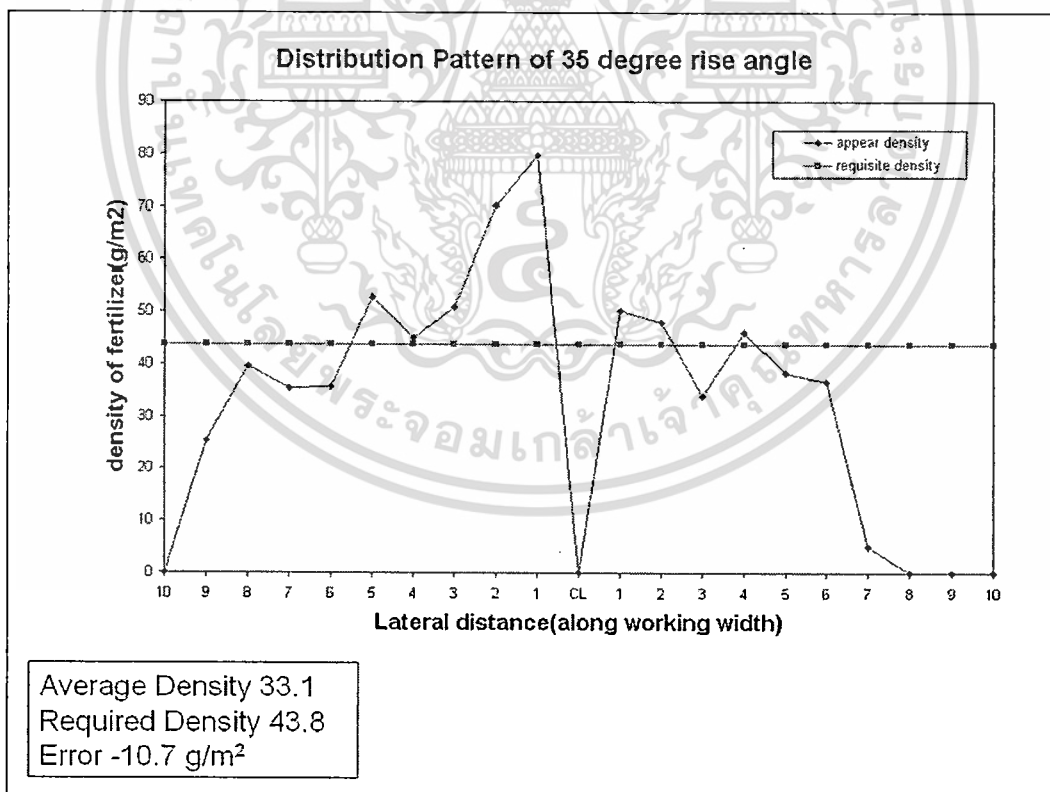


รูปที่ 4.19 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 25 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



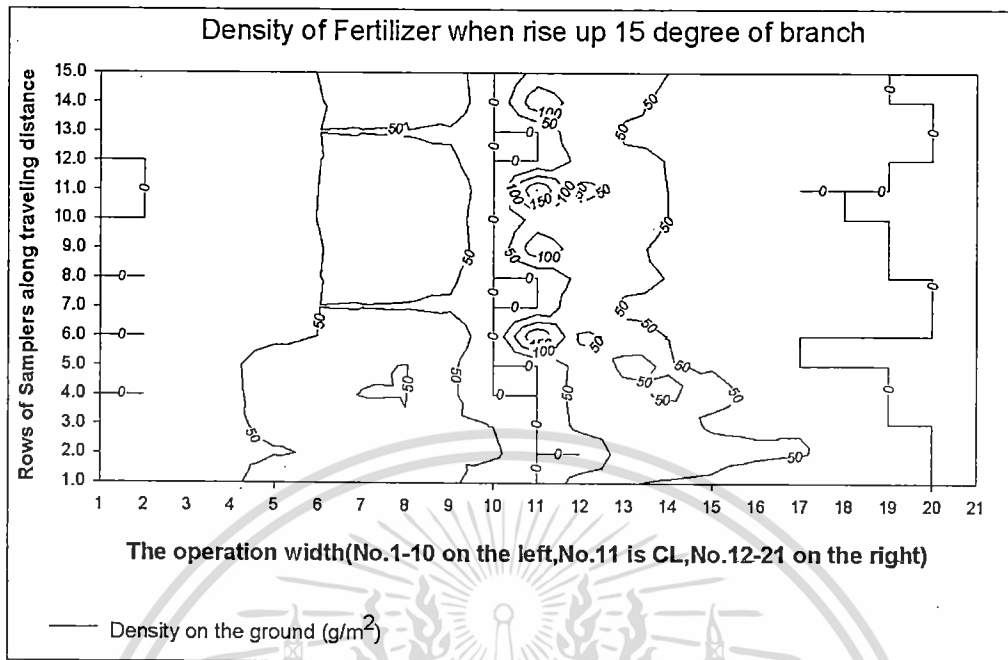
รูปที่ 4.20 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 30 องศา



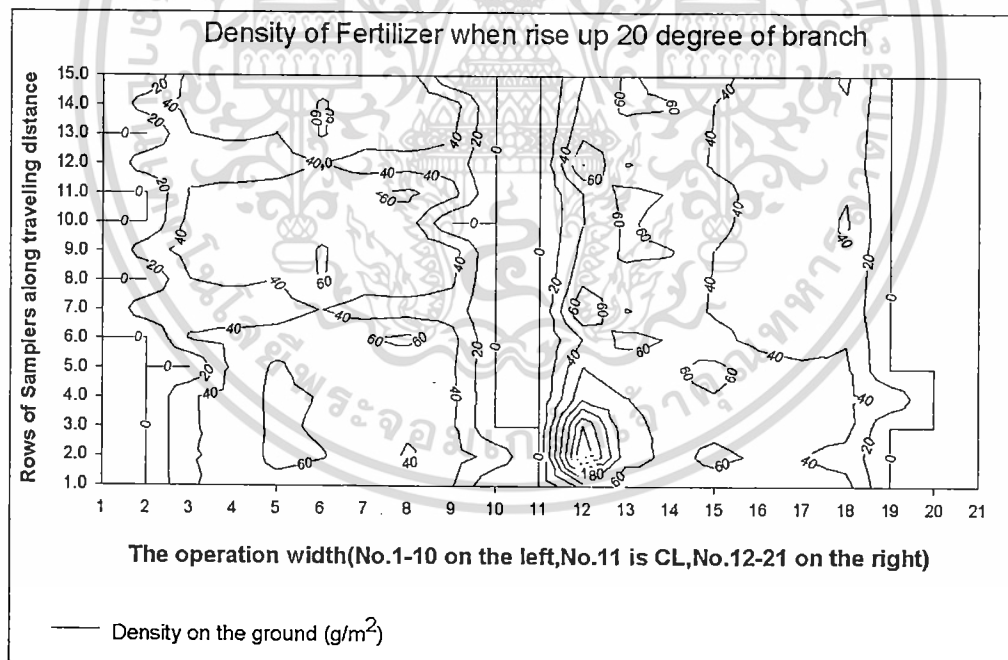
รูปที่ 4.21 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เปรียบเทียบความหนาแน่นของปุ๋ยบนพื้น โดยพิจารณาจาก Contour Line ของความหนาแน่น

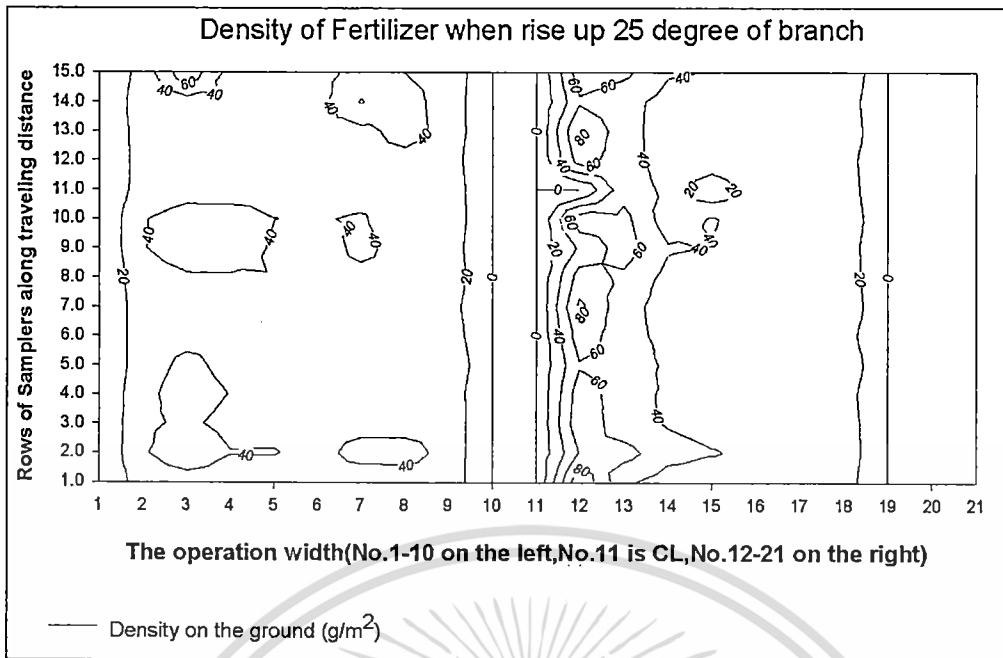


รูปที่ 4.22 Contour Line ของความหนาแน่นปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 15 องศา

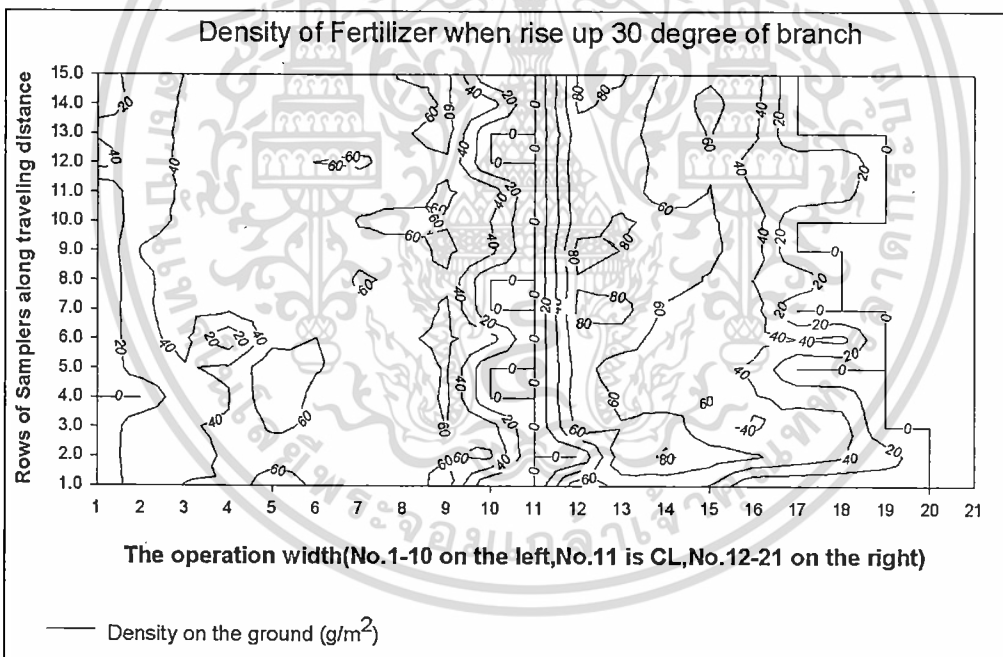


รูปที่ 4.23 Contour Line ของความหนาแน่นปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 20 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

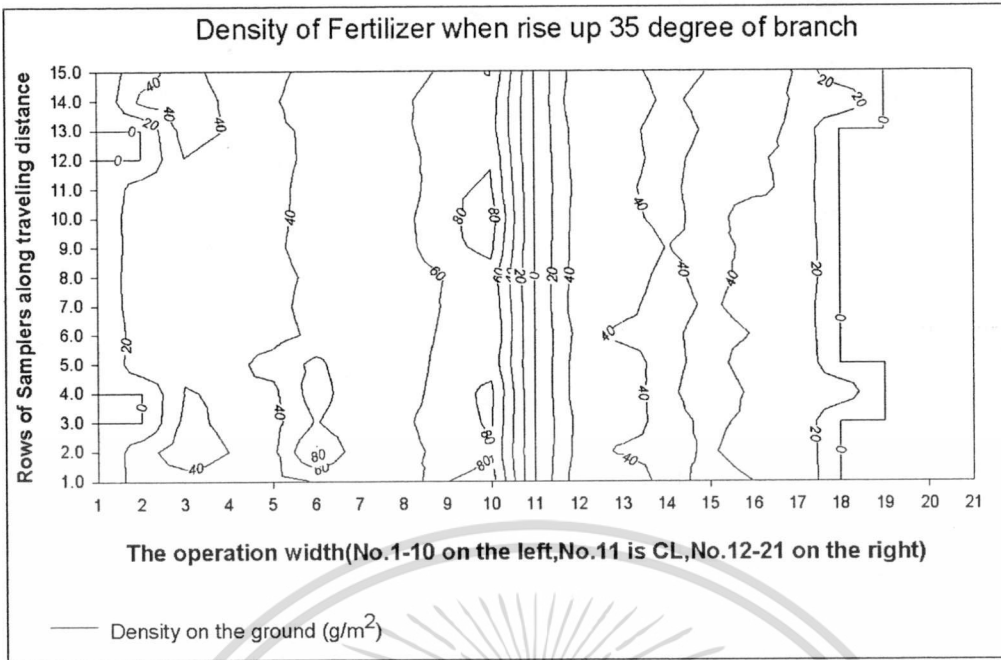


รูปที่ 4.24 Contour Line ของความหนาแน่นปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 25 องศา



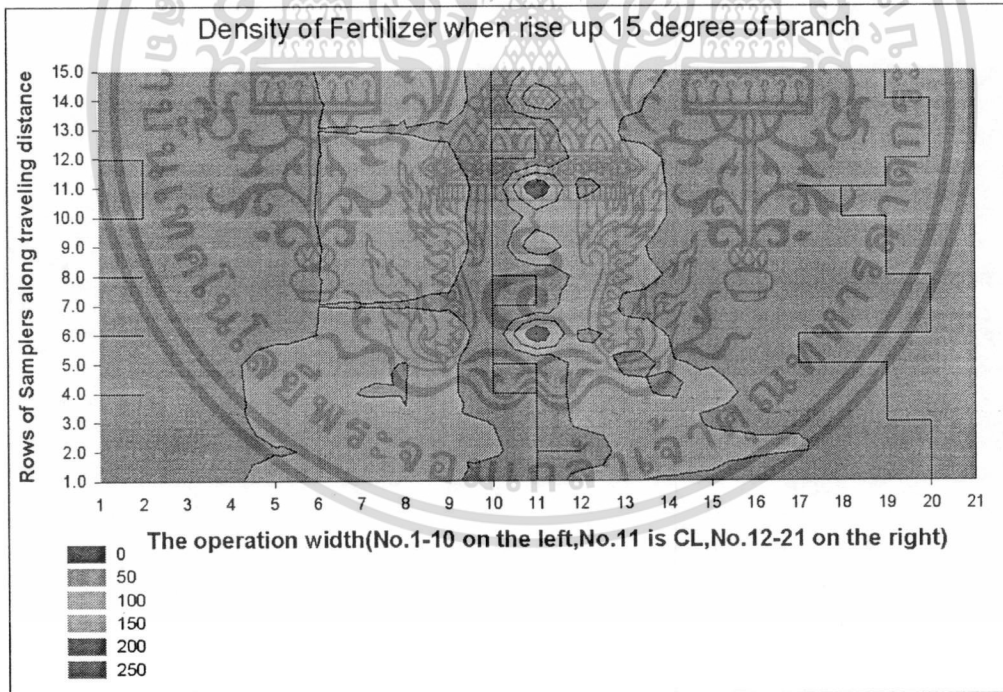
รูปที่ 4.25 Contour Line ของความหนาแน่นปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 30 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



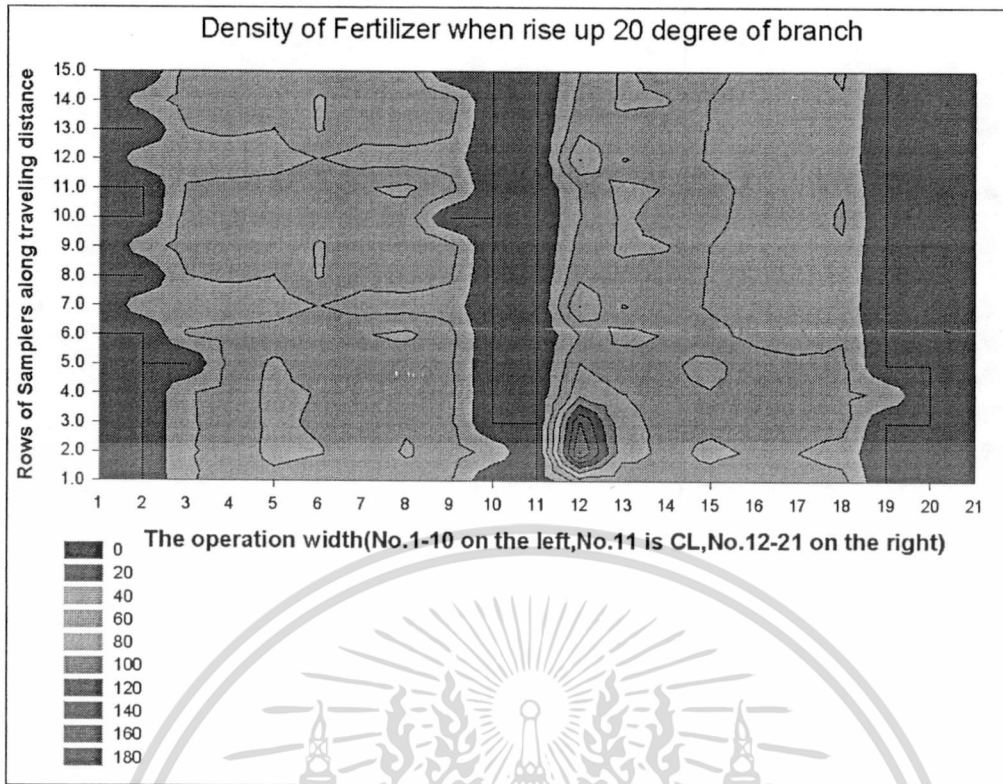
รูปที่ 4.26 Contour Line ของความหนาแน่นปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 35 องศา

- เปรียบเทียบภาพแสดงความหนาแน่นของปุ๋ยบนพื้น โดยพิจารณาจาก Color Contour ของความหนาแน่น

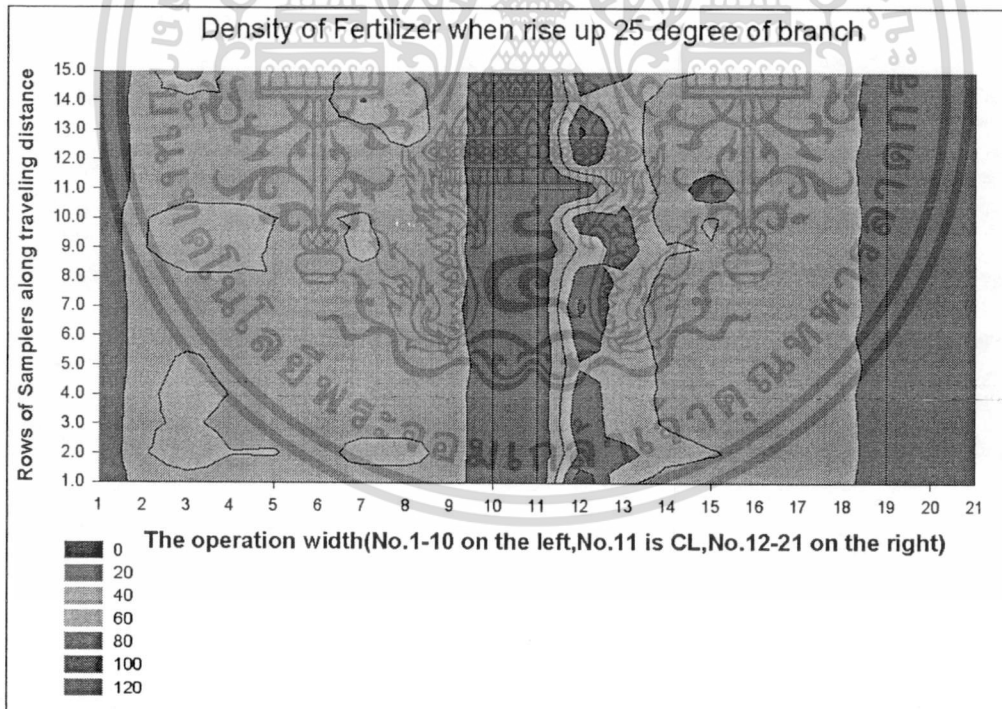


รูปที่ 4.27 Color Contour ของความหนาแน่นปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 15 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

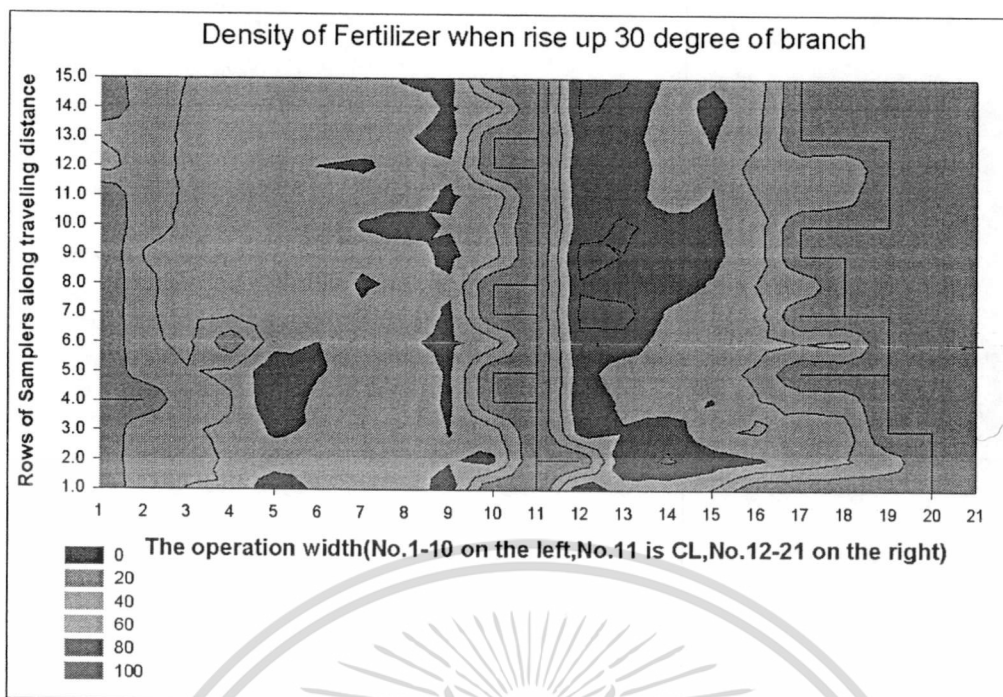


รูปที่ 4.28 Color Contour ของความหนาแน่นปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 20 องศา

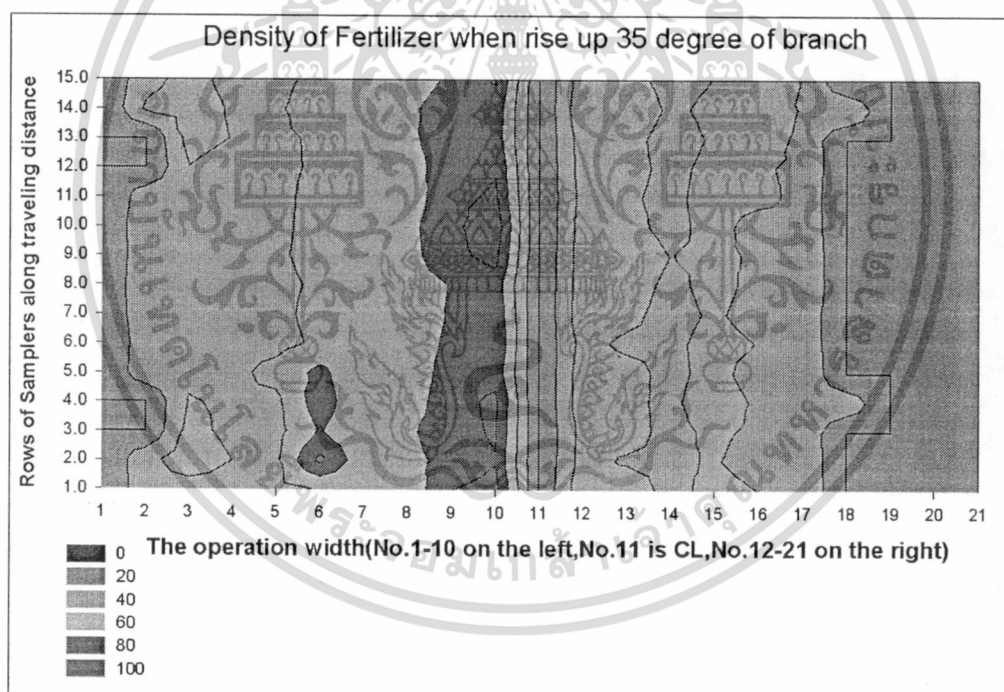


รูปที่ 4.29 Color Contour ของความหนาแน่นปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 25 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 Color Contour ของความหนาแน่นปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 30 องศา

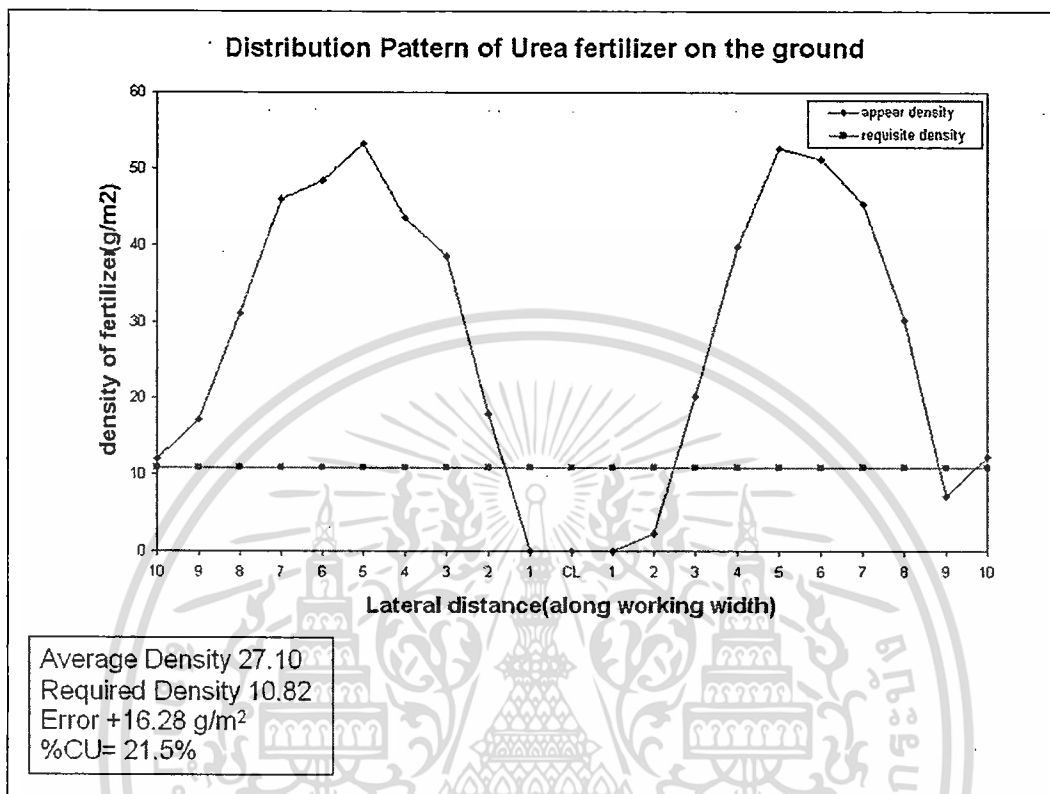


รูปที่ 4.31 Color Contour ของความหนาแน่นปุ๋ยตลอดหน้ากว้างเมื่อใช้มุมเอียง 35 องศา

จากภาพจะเห็นว่าเมื่อพิจารณาจากกราฟที่มุมยก 15° และ ให้ความสม่ำเสมอตลอดหน้ากว้างการหว่านได้ดีที่สุดแต่เมื่อพิจารณาประกอบกับค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของปุ๋ยตลอดหน้ากว้างการหว่านพบว่ามุมยกที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานมากที่สุดคือมุมยกเท่ากับ 30°

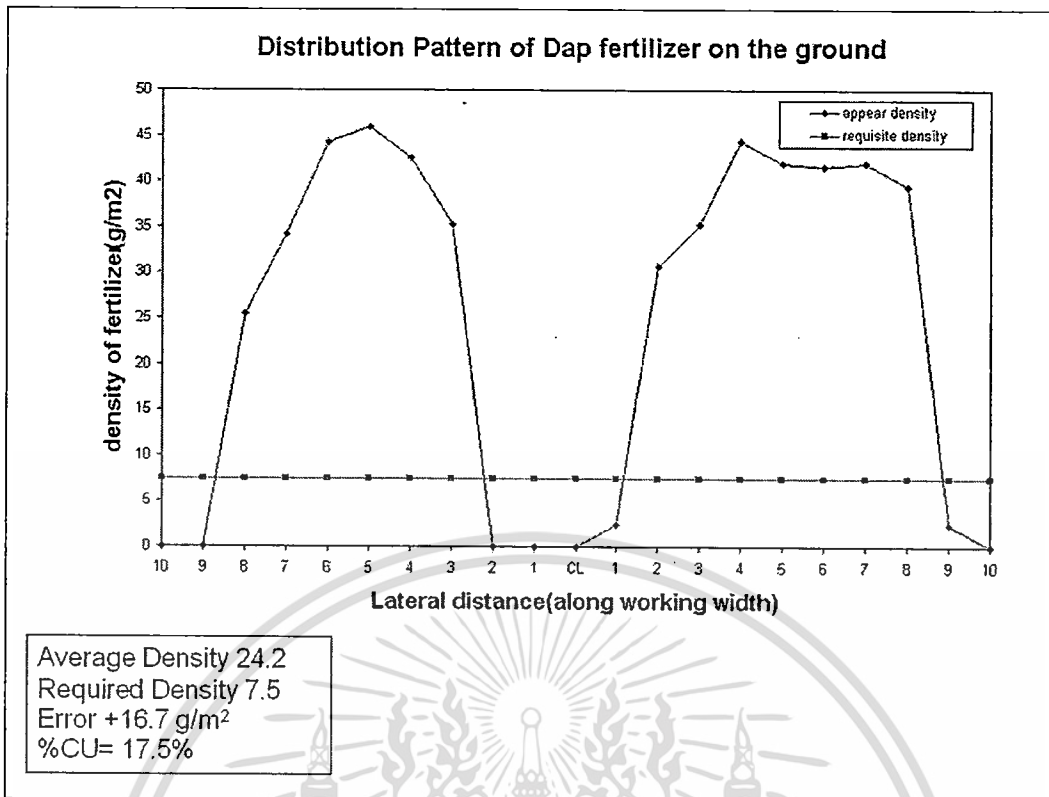
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4.2.5 การศึกษาลักษณะการกระจายของกรหว่านปุ๋ยแยกแต่ละชนิด เมื่อทำการทดสอบโดยใช้ปากพ่นแบบขยาย แล้ววัดทดสอบที่ความเร็วทางตรง 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- เปรียบเทียบ Distribution Pattern ของปุ๋ยที่อยู่บนพื้นตามแนวหน้ากว้างการหว่าน

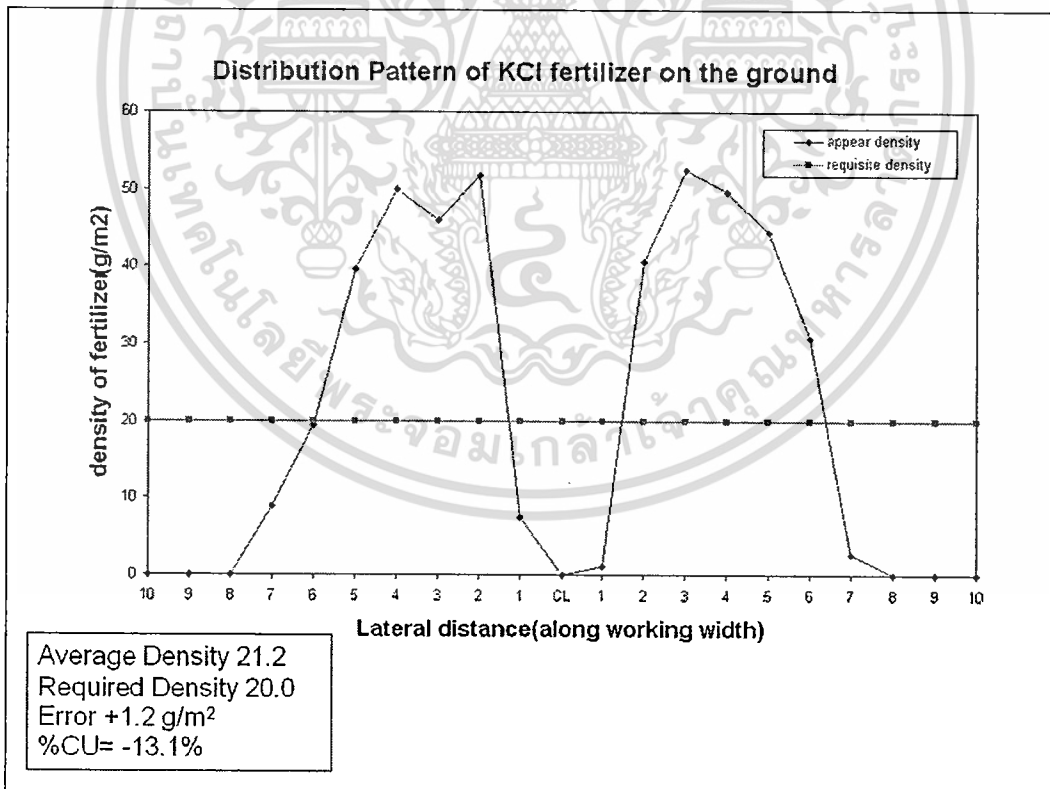


รูปที่ 4.32 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยยูเรียตลอดหน้ากว้างการหว่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

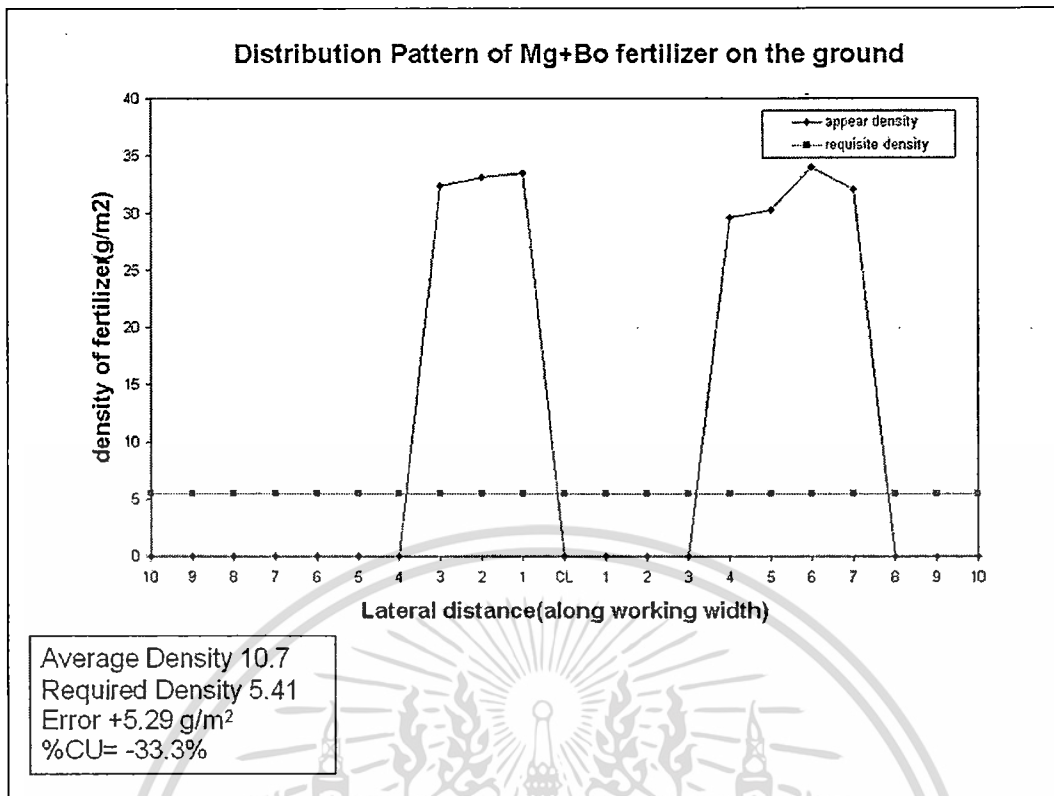


รูปที่ 4.33 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยDAPตลอดหน้ากว้างการหว่าน



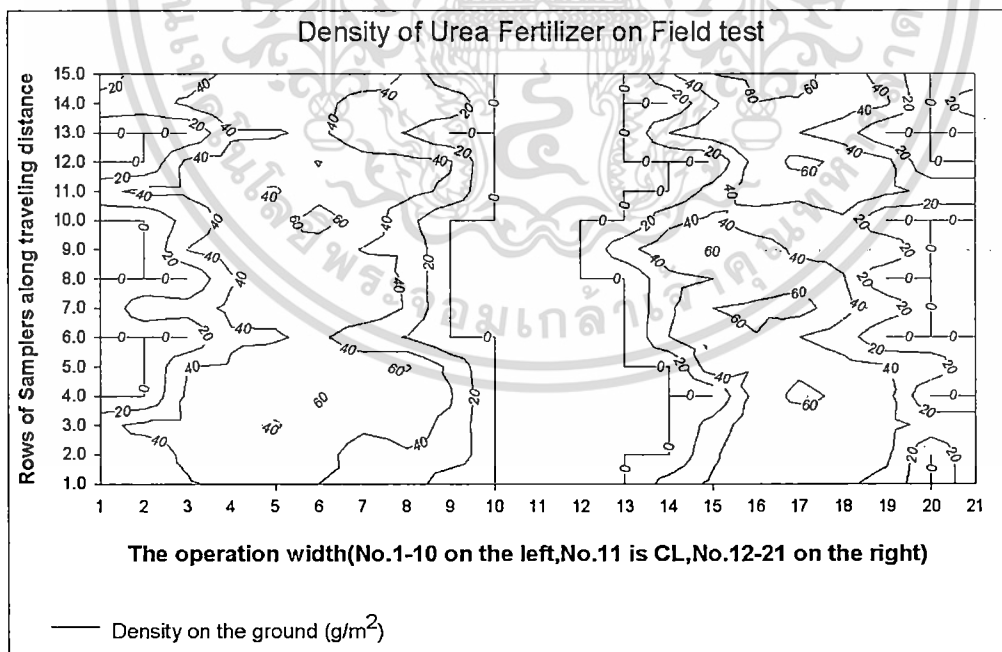
รูปที่ 4.34 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยKClตลอดหน้ากว้างการหว่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



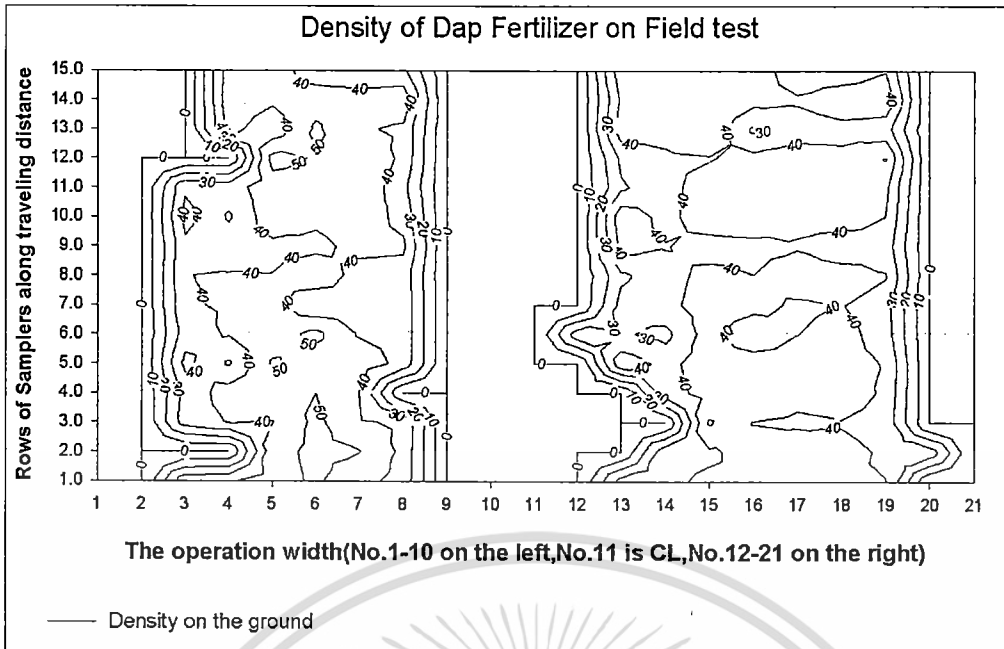
รูปที่ 4.35 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยMg+Boตลอดหน้ากว้างการหว่าน

- เปรียบเทียบความหนาแน่นของปุ๋ยบนพื้น โดยพิจารณาจาก Contour Line ของความหนาแน่น

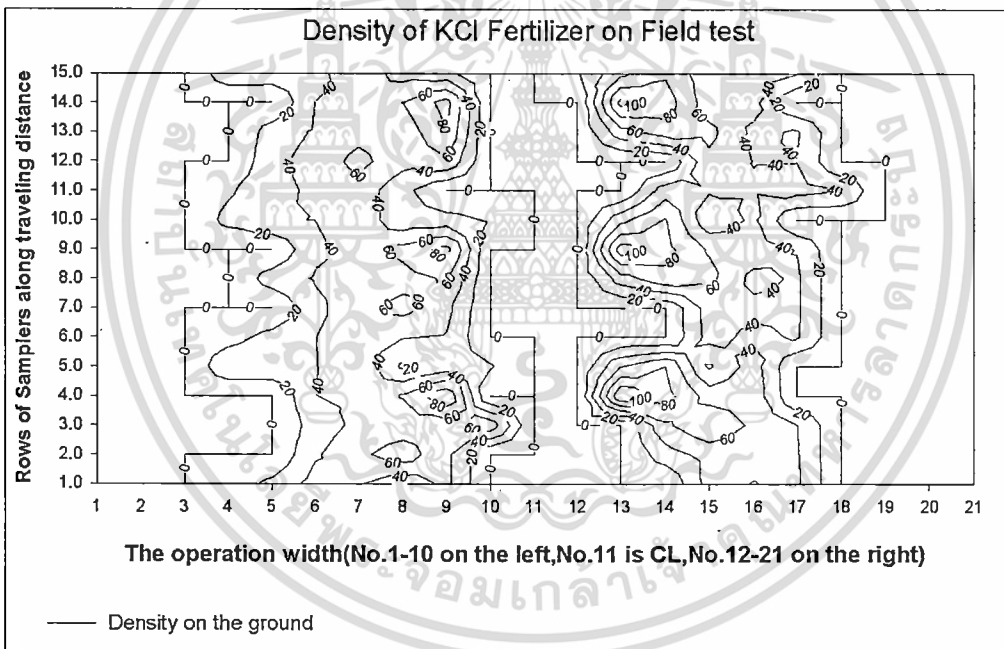


รูปที่ 4.36 Contour Line ของปุ๋ยUrea ตลอดหน้ากว้างการหว่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

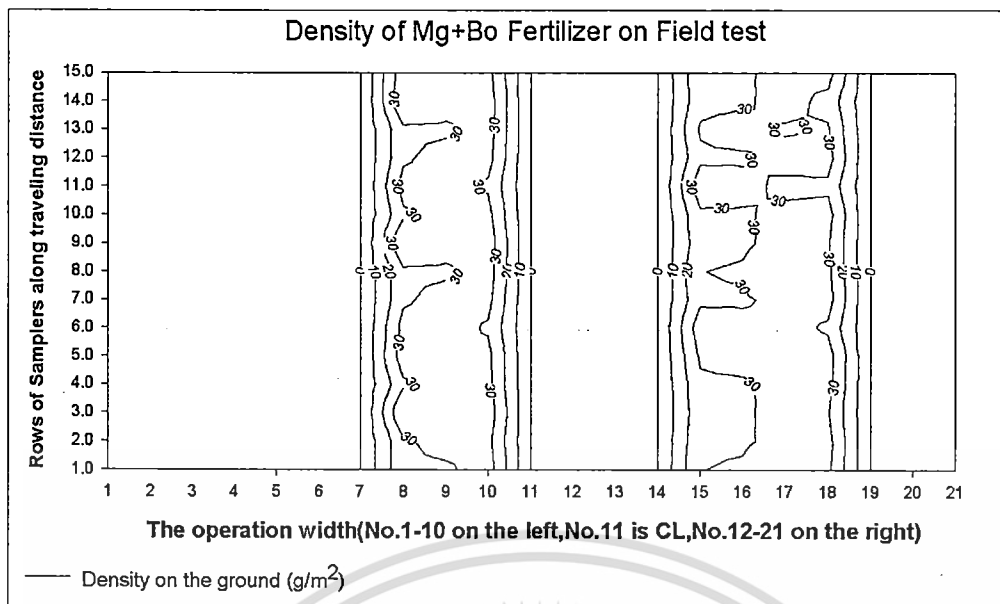


รูปที่ 4.37 Contour Line ของปุ๋ยDAP ตลอดหน้ากว้างการหว่าน



รูปที่ 4.38 Contour Line ของปุ๋ยKCl ตลอดหน้ากว้างการหว่าน

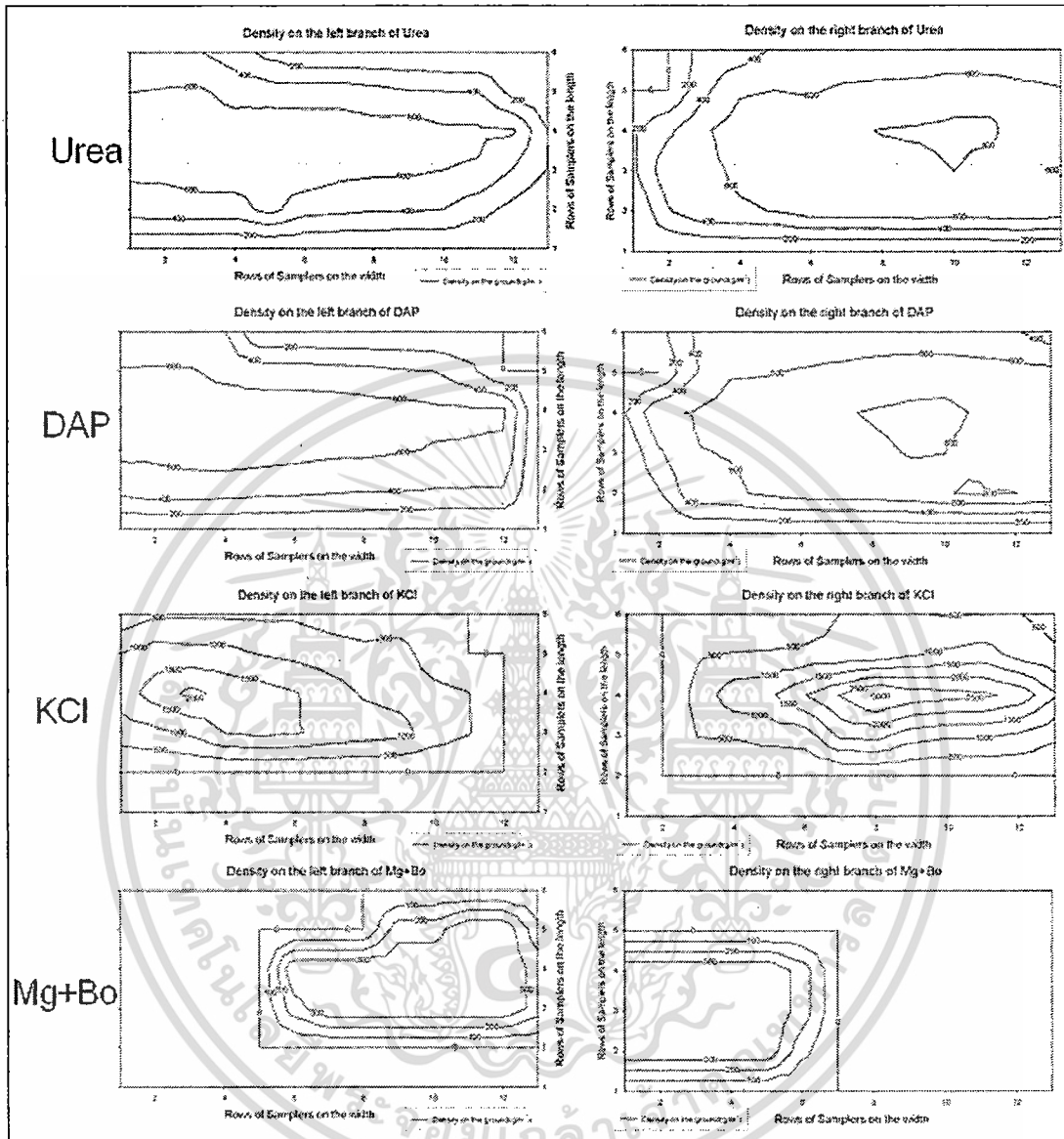
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.39 Contour Line ของปุ๋ยMg+Bo ตลอดหน้ากว้างการหว่าน

จากภาพจะเห็นได้ว่าลักษณะการกระจายตัวของปุ๋ยแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน โดยมีแนวโน้มว่าปุ๋ยยูเรียจะครอบคลุมหน้ากว้างการหว่านมากที่สุด รองลงมาคือ DAP, KCI และสุดท้ายคือ Mg+Bo สำหรับปุ๋ยแบบรวมพบว่าการกระจายตัวใกล้เคียงกับ KCI เมื่อพิจารณาค่า CU พบว่ามีแนวโน้มในลักษณะเดียวกัน และจากผลการทดลองได้ข้อสรุปว่าหน้ากว้างในการหว่านปุ๋ยด้วยเครื่องหว่านระบบลมต่ำเพียงมีค่าประมาณ 13-15 เมตร

การศึกษาลักษณะการกระจายของการหว่านปุ๋ยแยกแต่ละชนิด เมื่อทำการทดสอบโดยใช้ปากพ่นแบบขยาย (ไม่เคลื่อนที่)

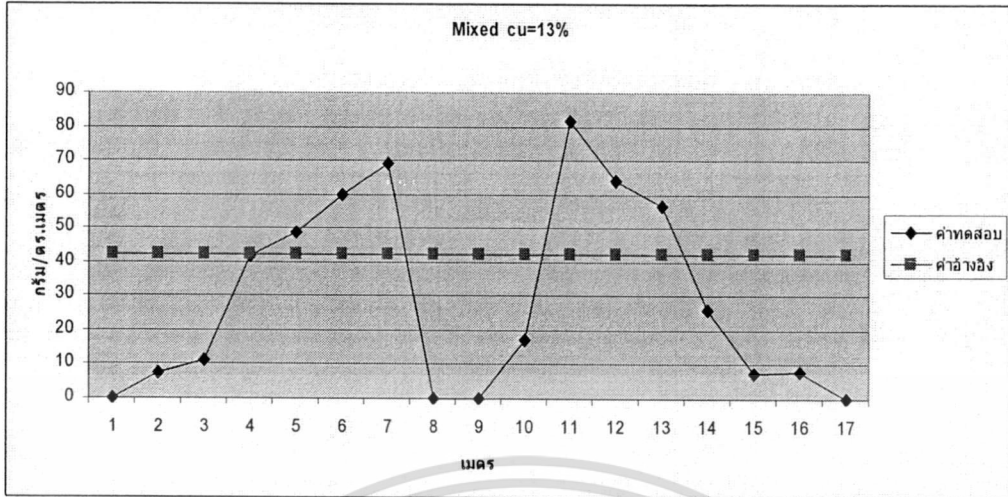


รูปที่ 4.40 Contour Line ของปุ๋ยแต่ละชนิดตลอดหน้ากว้างการหว่านเมื่อทดสอบแบบไม่เคลื่อนที่

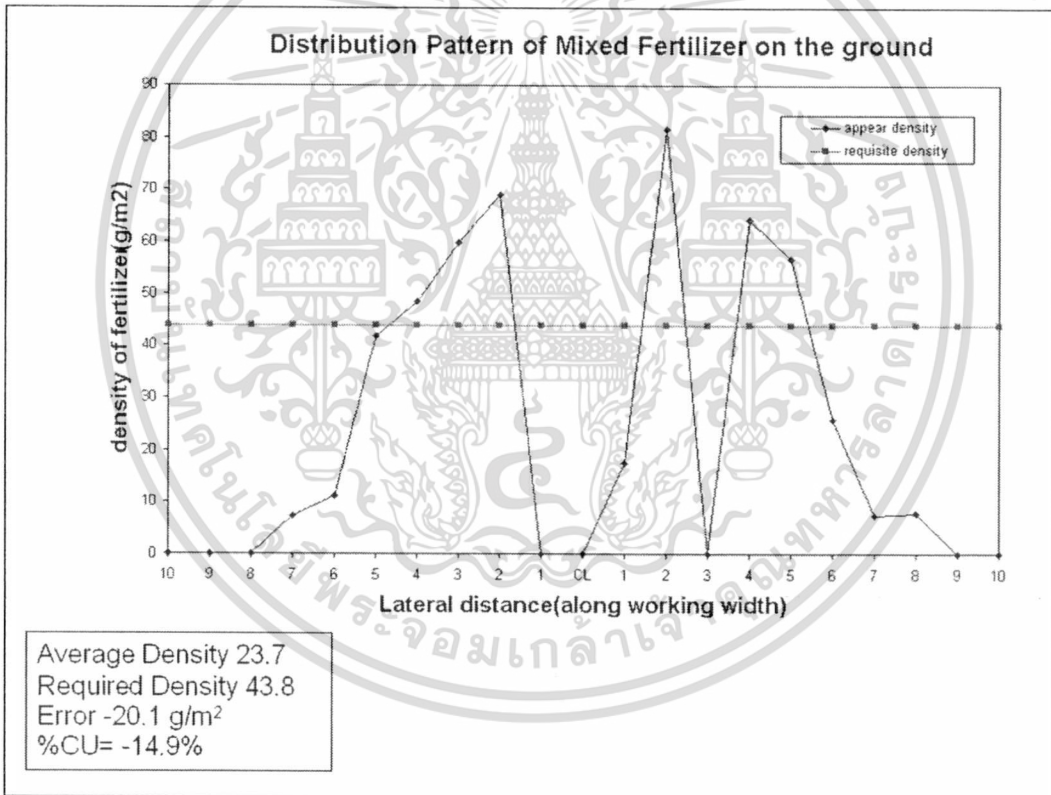
จากภาพจะเห็นได้ว่าลักษณะการกระจายตัวของปุ๋ยแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน โดยมีแนวโน้มว่าปุ๋ยยูเรียจะครอบคลุมพื้นที่การหว่านมากที่สุด รองลงมาคือ DAP, KCl และสุดท้ายคือ Mg+Bo เมื่อพิจารณาประกอบกับคุณสมบัติของปุ๋ยคือความหนาแน่น จะพบว่าป็นปฏิภาคผกผันกันคือยิ่งความหนาแน่นต่ำ การหว่านก็จะยิ่งไปได้ไกลดูได้จากยูเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ผลการศึกษาลักษณะการกระจาย ของการหว่านปุ๋ยทุกชนิดพร้อมกัน

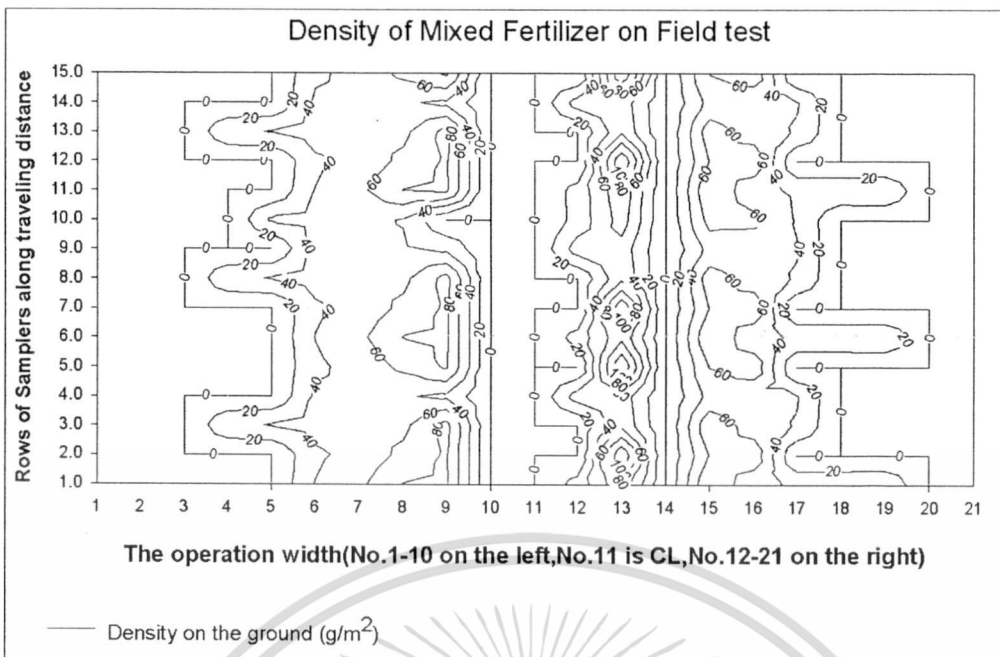


รูปที่ 4.41 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยรวมตลอดหน้ากว้างการหว่านเมื่อทดสอบแบบไม่เคลื่อนที่

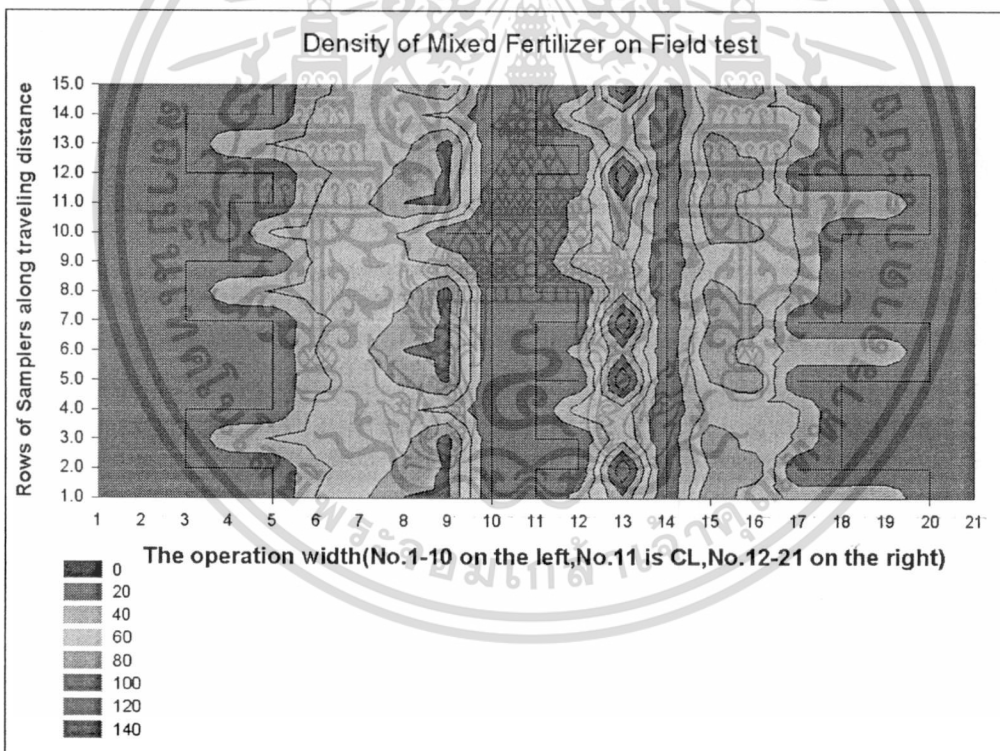


รูปที่ 4.42 รูปแบบการกระจายของปุ๋ยรวมตลอดหน้ากว้างการหว่านเมื่อทดสอบแบบเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.43 Contour Line ของปุ๋ยรวมตลอดหน้ากว้างการหว่านเมื่อทดสอบแบบเคลื่อนที่



รูปที่ 4.44 Color Contour ของปุ๋ยรวมตลอดหน้ากว้างการหว่านเมื่อทดสอบแบบเคลื่อนที่

เมื่อทำการทดสอบแบบเคลื่อนที่พบว่าในการทำงานจริงเมื่อหว่านปุ๋ยรวมทุกชนิดจะครอบคลุมหน้ากว้างประมาณ 13-15 เมตร แต่ในการทดสอบมักพบปัญหาการติดขัดเนื่องจากการต่ำเสียงปุ๋ยลงมาสู่ระบบท่อลมซึ่งต้องแก้ปัญหาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 ปลายท่อปากเปิดแบบตรงให้ลักษณะการกระจายดีกว่าแบบปากขยายขนาดและแบบปากลดขนาด (ค่า cu ของการหว่านด้านซ้าย,ขวา เป็น 39.4,41.8% 37.8,39.6% และ 46.9,29.4% ตามลำดับ) สาเหตุเป็นเพราะลักษณะดังกล่าวรบกวนการไหลของลมน้อยกว่า

5.2 ผลการศึกษาลักษณะการกระจายของปุ๋ยในลักษณะปลายท่อวางเอียงเป็นมุมต่างๆกับแนวระดับที่ 15 20 25 30 และ 35 องศา พบว่า ปลายท่อเอียง 30 องศาและปลายท่อเอียง 15 องศา มีความหนาแน่นของปุ๋ยที่ตรวจวัดเฉลี่ย สูงกว่าปลายท่อเอียง 20 25 และ 35 องศา (36.29 และ 35.28 เทียบกับ 32.0, 27.42 และ 33.08 กรัม/ตารางเมตร) แต่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานใกล้เคียงกัน (24.89 และ 22.88 เทียบกับ 23.0, 19.43 และ 23.98) ปลายท่อเอียง 30 องศา มีลักษณะการกระจายดีกว่าปลายท่อเอียง 15 องศาเล็กน้อยและมีค่าใกล้เคียงความต้องการปุ๋ยของปาล์มน้ำมันมากที่สุด (42.1 กรัม/ตารางเมตร) โดยความหนาแน่นของปุ๋ยที่ตรวจวัดเฉลี่ยสูงกว่า (36.29 > 35.28 กรัม/ตารางเมตร) แต่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า (24.89 > 22.88) หน้ากว้างของการหว่านใกล้เคียงกับความต้องการ (15.6 < 17 < 18 m.)

5.3 ผลการศึกษาลักษณะการกระจาย ของการหว่านปุ๋ยแยกแต่ละชนิด ปุ๋ยเม็ดมีการกระจายตัวไกลกว่า (Urea DAP มากกว่าข้างละ 8 เมตร KCl ข้างละ 6 เมตร B+Mg ข้างละ 4-5 เมตร) และความสม่ำเสมอดีกว่า ($cu = 44.7$ 47 31 และ 8%) เมื่อเทียบกับปุ๋ยผง

หมายเหตุ ค่า cu ต่ำเป็นเพราะรวมพื้นที่ในแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกว้าง 1.5-2 เมตร ในการคำนวณ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวไม่ได้ถูกหว่านปุ๋ย

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

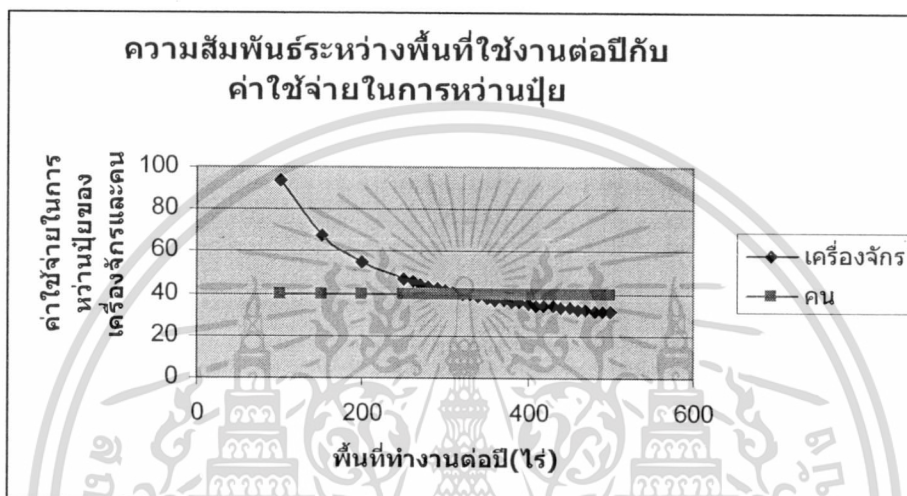
หลังจากปรับเครื่องจักรตามข้อ 4.1.1 แต่ในการทดสอบหว่านปุ๋ยกลับมีลักษณะการกระจายของด้านซ้ายและขวาแตกต่างกันค่อนข้างมาก สาเหตุอาจเกิดจาก การขัดขวางการไหลของปุ๋ยที่มีคุณสมบัติทางกายภาพต่างกันก่อนตกลงสู่ท่อลม การใช้ Rotary air lock น่าจะช่วยบรรเทาปัญหา

เครื่องหว่านปุ๋ยด้วยแรงลมไม่สามารถให้ลักษณะการกระจายที่ดีของปุ๋ยผง เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องหว่านปุ๋ยด้วยงานเหวี่ยง นอกจากนี้ยังใช้พลังงานในการกระจายปุ๋ยมากกว่า (ต้องเร่งเครื่องยนต์ต้นกำลังมาก) แรงดันของลมยังไม่เพียงพอกับอัตราการไหลที่สูงของปุ๋ย ทำให้เกิดการอุดตันได้ง่าย การเลือกใช้ Blower ชนิด positive displacement น่าจะ มีความเหมาะสมมากกว่า

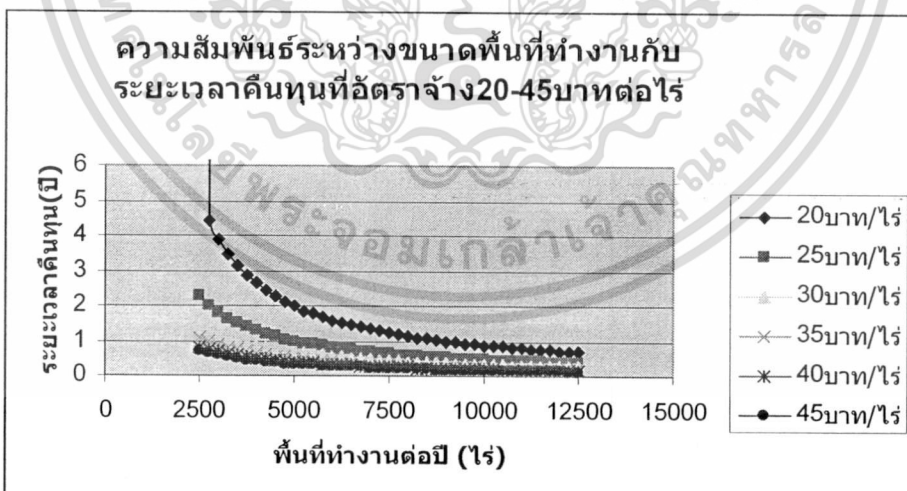
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การนำเครื่องหว่านปุ๋ยไปใช้ ต้องมีพื้นที่ใช้งานไม่ต่ำกว่า 320 ไร่/ปีจึงจะเกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจดังกล่าว ในกรณีที่เกษตรกรต้องการนำเครื่องจักรไปรับจ้าง สามารถเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนกับอัตราจ้างตั้งแต่ 20-45 บาท/ไร่จากกราฟ เช่นพื้นที่ทำงานขนาด 2,500 ไร่ต่อปีที่อัตราค่าจ้างหว่านปุ๋ย 25,30,35 บาท จะคืนทุนในเวลา 2.5, 1.44 และ 1.06 ปี ตามลำดับ



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบขนาดพื้นที่ทำงานกับต้นทุนการหว่านปุ๋ยด้วยเครื่องจักร



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนกับขนาดพื้นที่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การกำหนดหาต้นทุนการใช้งานของเครื่องหว่านปุ๋ย 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 = พื้นที่หว่านในปี 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 = 6.67%ของราคาซื้อ/100ชั่วโมงการทำงาน

จากHUNT(1976) = $0.0667 \times 50,000/100$

= 33.35 บาท/ชั่วโมง

6. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

$F = 2$ ลิตร/ชั่วโมง $\times 30$ บาท/ลิตร

= 60 บาท/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ค่าน้ำมันหล่อลื่น	$O = 10\%$ ของน้ำมันเชื้อเพลิง $= 0.1 \times 60$ $= 6$ บาท/ชั่วโมง
8. ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน	$Lo = 180$ บาท/8 ชั่วโมง $= 22.5$ บาท/ชั่วโมง
9. ค่าแรงงานคนเดมปุย	$L1 = 180$ บาท/8 ชั่วโมง $= 22.5$ 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 $= D+I$ $= 5,000+2,750$ $= 7,750$ บาท/ปี $= Fc/A+1/Ct(R\&M+F+O+Lo+L1)$ $= 7,750/A+1/25(33.35+60+6+22.5+22.5)$ $= 7,750/A+5.774$ บาท/ไร่

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

การคำนวณต้นทุนการหว่านปุ๋ยด้วยคน

ระบบที่นิยมใช้คือ รถแทรกเตอร์ลากเทรลเลอร์บรรทุกปุ๋ยในระหว่างแถวปล้ำม แล้วมีแรงงานแบ่งปุ๋ยไปหว่านรอบๆต้นปล้ำม ค่าใช้จ่ายในการหว่านปุ๋ยเป็นดังนี้

ถ้าเช่ารถแทรกเตอร์มาบรรทุกปุ๋ย อัตรา 250 บาท/ชั่วโมง ความสามารถในการทำงาน 10 ไร่/ชั่วโมง

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในส่วนของแทรกเตอร์ $= 25$ บาท/ไร่

แรงงาน 1 คนหว่านปุ๋ยได้ 800 กิโลกรัม/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราใส่ปุ๋ย 3.0 กิโลกรัม/ต้นหรือ 66 กิโลกรัม/ไร่ (อัตราปลูกป่าส้ม 22 ต้น/ไร่)

ดังนั้นแรงงาน 1 คน หว่านปุ๋ยได้ $800/66 = 12.1$ ไร่/วัน

ค่าแรงงานวันละ 180 บาท (8 ชั่วโมง)

ค่าใช้จ่ายในส่วนของคนหว่านปุ๋ย $= 180/12.1 = 14.78$ บาท/ไร่

ค่าใช้จ่ายในการหว่านปุ๋ยด้วยแรงงานคน $= 25 + 14.78 = 39.78$ บาท/ไร่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ธีระ เอกสมทราเมษฐ. 2548. เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนา
การผลิต ปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์. 118 หน้า.
- ปานมนัส ศิริสมบุรณ์. 2538. สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีวะวัสดุ. กรุงเทพฯ ๑. สถาบัน
เทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พงษ์ศักดิ์ กฤตยพรพงศ์ และคณะ. 2549. รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลของการใช้เครื่องหว่าน
ปุ๋ยชนิดต่อพ่วงกับแทรกเตอร์ในแปลงปาล์มน้ำมัน. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร. 102 หน้า.
- ฝ่ายวิจัยปาล์มน้ำมัน สำนักวิจัยและพัฒนา. ปาล์มน้ำมัน : การใช้ปุ๋ยและการจัดสวนปาล์มน้ำมัน
น้ำมัน. 2540. มหาลัย สงขลานครินทร์.
- Alit K. Srivastava , et al . Engineering Principles of Agricultural Machines . ASAE Textbook
Number 6 . USA . : American Society of Agricultural Engineer ; 1993.
- H.BERNACKI, et al. AGRICULTURAL MACHINES , THEORY AND CONSTRUCTION.
U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE , Nation Technical Information Service ; 1972 ,
576 – 588.
- Yenphayab C, Kingthong S and Benjapragairat J . 2005. Design of Pellet Fish Spreader.
Proceedings of the International Workshop 2005 on theme “ Strengthening the
Application of Agricultural Engineering and Post-harvest Technology for Effective and
Sustainable Development in Agricultural Production”. December 13-14, 2005 Hanoi –
VIETNAM.
- Yenphayab C and Krittiyapornpong P. 2007. Design of Fertilizer Broadcasting Attached to Small
Tractor for Oil Palm Plantation. Proceedings of the International Conference on
Agricultural, Food and Biological Engineering & Post Harvest/Production Technology.
January 21-24, 2007. Sofitel Raja Orchid Hotel, Khon Kaen, Thailand.
- Donnell HUNT. Farm power and Machinery Management 9th edition. USA. : Iowa State
University Press.AMES; 1995

ภาคผนวก

การคำนวณอัตราการจ่ายปุ๋ย

จากข้อมูลเบื้องต้นนำมาหาอัตราการความต้องการธาตุอาหารของต้นปาล์ม และ พื้นที่ในการทำงาน

$$\begin{aligned}
 1 \text{ ไร่} &= 1,600 \text{ m}^2 \\
 \text{พื้นที่ในการทำงาน} &= 5,000 \frac{\text{m}}{\text{h}} \times \frac{\text{h}}{60 \text{ min}} = 83.33 \text{ m/min} \\
 &= 83.33 \text{ m/min} \times 15.6 \text{ m} \\
 &= 1300 \text{ m}^2/\text{min}
 \end{aligned}$$

ยูเรีย = 1514 กรัม/ต้น x 22 ต้น = 33,310.82 กรัม

$$\frac{33,310.86 \text{ g}}{1600 \text{ m}^2} = 20.82 \text{ g/m}^2$$

$$\frac{20.82 \text{ g/m}^2 \times 1300 \text{ m}^2/\text{min}}{1000} = 27.066 \text{ kg/min}$$

$$\text{หว่าน 2 ครั้ง ครั้งละ 50\%} = 13.53 \text{ kg/min}$$

การคำนวณขนาดBlower

ความดันลดในระบบขนถ่าย เป็นผลรวมของความดันลดต่างๆ ดังสมการ

$$\Delta p = \Delta p_f + \Delta p_a + \Delta p_s + \Delta p_g + \Delta p_b + \Delta p_c$$

กำหนด $\phi_m = 8$ ท่อพีวีซีขนาด 3 นิ้ว (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน $D = 0.0084$ เมตร มี

พื้นที่หน้าตัด $A = 0.005544$ ตารางเมตร)

$$\text{ความเร็วลมในท่อ } v = \phi_m / \rho A$$

โดย $\rho = 1.2$ ก.ก./ลบ.เมตร

$$v = 18.04 \text{ m/s}$$

เรโนลด์ นัมเบอร์ $Re = \rho * v * D / \mu$ โดย $\mu = 10^{-5}$

เมื่อแทนค่า จะได้ $Re = 1.82 * 10^5$

$$\text{Line pressure loss} \quad \Delta p_f = \lambda_f \frac{\rho}{2} v^2 \frac{L}{D}$$

$$\frac{\lambda_f}{4} = 0.0014 + 0.125 Re^{-0.32}$$

เมื่อแทนค่าจะได้ $\lambda_f = 0.0056$

$$\Delta p_f = 0.052 \text{ KPa}$$

$$2. \quad \Delta p_a = \phi_m v \rho c$$

$$c/v = 1 - 0.68 d_p^{0.92} \rho_p^{0.5} \rho^{-0.2} D^{0.54}$$

โดยขนาดอนุภาคฝุ่น KCl, $d_p = 0.0018$ m และความหนาแน่นวัสดุของฝุ่น KCl, $\rho_p = 2062$ kg/m³

ความเร็วของเม็ดฝุ่น $c = 17.63$ m/s

แทนค่าต่างๆ จะได้ $\Delta p_a = 3.05$ KPa

$$3. \quad \Delta p_g = \rho^* g \Delta z$$

ความหนาแน่นรวมของวัสดุขณะขนถ่าย $\rho^* = \phi_m v \rho / c = 9.82$

ระยะยกตัว $\Delta z = 1$ m

$$\Delta p_g = 0.1 \text{ KPa}$$

$$4. \quad \Delta p_s = \phi_m \lambda_s \frac{\rho}{2} v^2 \frac{L}{D} \quad (\text{ความยาวท่อรวม } L = 4 \text{ m})$$

โดย Solid friction factor $\lambda_s = \frac{0.0285 \sqrt{gD}}{c} = 0.0015$

$$\Delta p_s = 0.12 \text{ KPa}$$

5. Pressure loss in bends, $\Delta p_b = \Delta p_{b.air} + \Delta p_{b.solid}$

$L_{eq} = KD / \lambda_i$ โดย $K = 0.9$

$L_{eq} = 13.5$ m

$$\Delta p_{b.air} = 0.52 * 13.5 / 4 = 1.76 \text{ KPa}$$

$$\Delta p_{b.solid} / \rho v^2 = 0.245 [m / \rho v D^2] (R/D)^{-0.26} \quad \text{สมมติ } R/D = 5$$

$$\Delta p_{b.solid} = 0.39 \text{ KPa}$$

ความดันสถิตในระบบขนถ่าย $\Delta p = 0.52 + 3.05 + 0.1 + 0.12 + 1.76 + 0.39 = 5.94$

6. กำลังของ Blower ขึ้นอยู่กับ อัตราการไหลของอากาศและความดันสถิตรวมของระบบ หาได้จาก

$$P = \frac{\Delta p Q}{\eta_b}$$

$\eta_b =$ ประสิทธิภาพของ Blower (0.5-0.7)

แทนค่าต่างๆ จะได้ $P = 1.2$ KW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1: Result of the medium diffuser operates on non-traveling test in 30 sec to observe density of fertilizer (gram/m²)
 Medium Diffuser on Left Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1501.16	1734.08	1879.827	2300.813	2412.867	2250.387	2036.413	1894.587	1201.667	1164.867	1119.387	865.9467	0
1	812.8	961.3467	777.7067	1180.36	1735.587	2742.12	1228.72	1096.093	1017.667	563.5333	493.3733	501.7067	0
1	1229.32	1257.173	1220.72	1077.213	1217.68	2299.893	2160.333	1666.107	695.28	515.36	510.08	504.8133	0
1	613.2533	544.9867	548.1867	608.48	768.56	694.2267	533.36	516.3733	515.9733	506.7333	516.3867	517.0533	0
1	0	0	0	572.3733	575.6533	552.3733	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1680.307	2146.227	2453.52	2301.68	2337.493	2295.947	2533.48	2638.293	1201.227	1161.893	0	0	0
2	804.16	1105.613	966.3467	954.3867	909.3733	1135.373	1735.76	2690.88	1096.027	962.64	1156.28	568.16	0
2	1233.08	1265.693	1202.2	1075.573	1215.533	2401.933	2241.52	244.4133	702.5467	517.0933	519.4	504.32	0
2	575.5333	603.9467	535.2	548.8667	537.1867	602.1333	769.6	695.2933	535.5733	0	0	0	0
2	549.0933	574.6133	549.5867	572.16	536.2533	586.4667	556.32	562.8	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	369.0667	381.76	386.7467	388.1333	389	376.5333	374.8	0	0	0	0
3	1893.747	2106.227	2135.387	2267.467	2413.373	2408.987	2280.867	2293.68	2435.6	2595.387	2641.653	0	0
3	1427.733	1601.867	2615.267	2522.853	3534.187	3722.4	4122.187	4135.573	4082.267	5473.653	3200.107	1193.773	0
3	1068.987	1068.853	1102.2	1068.227	1080.907	1148.893	1110.933	1125.6	1108.8	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	1060.49	1293.44	1567.47	1661.42	1712.37	1644.82	1652.96	1636.47	925.90	775.59	373.13	288.65	0.00
AVG3	1170.24	1391.06	1293.15	1467.40	1686.11	2095.49	1748.45	2026.88	1516.43	1373.85	1430.44	356.62	0.00
AVG4	1296.71	1374.91	1679.40	1558.55	1989.13	2808.08	2841.35	2015.36	1826.70	2168.70	1409.86	734.30	0.00
AVG5	752.59	739.26	728.53	741.86	795.55	815.08	804.63	779.09	720.12	168.91	172.13	172.35	0.00
AVG6	183.03	191.54	183.20	381.51	370.64	379.61	185.44	187.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Medium Diffuser on Right Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	2298.2	2256.6	1736.72	1366.08	1093.493	828.72	693.52	652.7733	542.1067	508.6933	482.0533	482.3733
1	829.12	2829.507	2275.933	1095.413	1163.387	567.5867	538.08	513.2667	510.2	502.12	440.5467	402.0533	376.72
1	0	1070.2	1606.027	2019.853	2713.987	1366.48	1306.827	961.9333	842.1067	695.2933	652.7733	495.44	499.9733
1	0	0	0	0	0	868.64	921.9733	966.1067	961.9333	562.1067	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	2429.227	2267.747	1625.68	1588.027	1304.32	1075.613	1042.693	970.8533	803.7067	784.36	562.56	534.56
2	707.5733	2702.587	2146.147	1202.56	1182.56	676.3733	637.68	535.8933	531.0533	508.1333	444.2667	1094.893	402.8533
2	0	1101.587	1661.493	2161.52	2835.853	2941.493	2683.08	1355.04	1208.373	828.2267	561.7067	828.4533	935.8667
2	0	0	0	0	875.0133	930.8267	960.0133	994.9867	1093.427	1102.173	809.4933	561.8933	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1611.413	1748.8	1075.387	4241.867	2014.4	482	2275	2142.867	448.6667	423.3867	419.44
3	3107.88	3397.213	2616.56	1876.667	1008	4669.867	1172.973	3320.44	4270.08	2643.067	467.1067	402.0267	403.5333
3	0	0	1202	1190.133	1215.467	1228.667	1208	509.8667	1202.027	2300.347	509.52	403.5333	392.7733
3	0	0	0	0	0	368.8	368.76	370.8933	370.9467	372.8667	370.8933	398.0533	376.8667
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG3	0.00	1575.81	2045.25	1703.73	1343.16	2213.23	1306.24	739.40	1299.54	1162.89	580.57	489.33	478.79
AVG4	1548.19	2976.44	2346.21	1391.55	1117.98	1971.28	782.91	1456.53	1770.44	1217.77	450.64	632.99	394.37
AVG5	0.00	723.93	1489.84	1790.50	2255.10	1845.55	1732.64	942.28	1084.17	1274.62	574.67	575.81	609.54
AVG6	0.00	0.00	0.00	0.00	291.67	722.76	750.25	777.33	808.77	679.05	393.46	319.98	125.62

Table 2: Result of the large diffuser operates on non-traveling test in 30 sec to observe density of fertilizer (gram/m²)
 Large Diffuser on Left Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2009.587	2029.013	994.7733	2340.387	2370.533	2434.96	2442.253	2358.4	2406.96	0	0	0	0
1	960.4	1080.827	960.4267	935.7067	884.2933	1190.68	2011.96	2936.64	2800.187	2810.933	1153.08	703.24	0
1	1238.933	1259.053	1210.04	1201.493	1220.28	2269.347	2141.813	1471.627	1231.213	690.6933	477.4933	520.36	0
1	549.0133	571.8267	551.2133	554.44	561.4667	701.88	835.2	713.3333	0	0	0	0	0
1	534.0133	552.1733	571.2267	584.92	580.64	596.6133	563.1333	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1367.32	1915.227	2185.187	2299.4	2384.547	2405.667	2635	0	0	0	0	0	0
2	1051.707	1077.027	959.8667	935.4133	898.5067	1103.853	1971.413	3198.12	2944.907	2865.827	1179.493	582.9733	0
2	1259.267	1312.28	1235.947	1215.787	1229.76	2540.747	2401.933	1601.813	1208.693	705.8667	648.5333	619.5067	0
2	569.6267	551.72	552.8533	555.5867	651.8	738.48	866.9467	731.7467	686.5333	0	0	0	0
2	544.44	550.4533	589.5333	577.8267	575.2133	573.6533	561.76	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1991.013	2002.133	2326.973	2376.48	2402.16	2401.333	2629.867	2646.08	0	0	0	0	0
3	990.08	1069.187	973.4933	905.2667	1165.587	1165.587	1969.147	3193.613	2942.547	2934.8	1161.853	626.1067	0
3	1255	1267.48	1229.133	1228.067	2534.173	2402.533	2402.533	1601.467	1202.627	693.5467	601.56	583.44	0
3	547	560.2133	546.6933	546.9067	738.92	750.4933	750.4933	725.5467	709.1467	683.9467	0	0	0
3	536.4667	549.3067	561.5067	574.2	587.9467	582.68	582.68	582.2	561.6	0	0	0	0
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	1789.31	1982.12	1835.64	2338.76	2385.75	2413.99	2569.04	1668.16	802.32	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG3	1000.73	1075.68	964.60	925.46	982.80	1153.37	1984.17	3109.46	2895.88	2870.52	1164.81	637.44	0.00
AVG4	1251.07	1279.60	1225.04	1215.12	1661.40	2404.21	2315.43	1558.30	1214.18	696.70	575.86	574.44	0.00
AVG5	555.21	561.25	550.25	552.31	650.73	730.28	817.55	723.54	465.23	227.98	0.00	0.00	0.00
AVG6	538.31	550.64	574.09	578.98	581.27	584.32	569.19	194.07	187.20	0.00	0.00	0.00	0.00

Large Diffuser on Right Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	2597.907	1601.427	1618.32	1472.24	1294.68	1181.533	1196.587	1023.44	969.08	944.24	851.96
1	701.8667	2809.76	2007.133	833.0933	901.4667	927.52	697.68	575.5733	511.24	485.2133	422.2667	463.56	448.56
1	0	0	1815.133	2401.373	4213.84	4279.72	4206.813	2317.56	918.64	601.4933	498.96	475.2933	623.7333
1	0	0	0	0	945.16	953.68	983.5733	984.0267	981.3067	1086.6	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	2572.653	2611.28	1606.12	1620.96	1495.627	1319.68	1299.24	1191.24	1013.707	512.5067	486.9867	631.5467
2	697.1067	2833.613	2172.547	1170.68	899.3467	880.4933	782.7733	631.3067	499.04	491.8667	421.08	458.3467	451.08
2	0	1161.307	1815.973	2299.987	4273.027	4626.627	4019.667	1373.813	904.6133	579.6133	955.52	921.6667	884.6933
2	0	0	0	0	0	1286.96	936.3067	415.2	963.0667	1097.2	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	2599.733	2616.72	1634.16	1613.467	1480.333	1315.267	1175.293	1068.333	935.2	933.4133	917.2	2228.053
3	685.1867	2801.827	2176.72	1176.48	923.7933	803.3867	799.9333	634.3867	1563.533	484.2667	423.68	466.1067	430.0533
3	0	1169.32	1736.16	2363.533	4055	4535.533	4016.72	2708.533	438.0533	888.12	576.8667	508.88	483.1467
3	0	0	0	921.6667	936.72	936.72	961.3067	1097.187	1188.853	1080.253	671.5333	0	0
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG3	0.00	1724.13	2608.64	1613.90	1617.58	1482.73	1309.88	1218.69	1152.05	990.78	805.00	782.81	1237.19
AVG4	694.72	2815.07	2118.80	1060.08	908.20	870.47	760.13	613.76	857.94	487.12	422.34	462.67	443.23
AVG5	0.00	776.88	1789.09	2354.96	4180.62	4480.63	4081.07	2133.30	753.77	689.74	677.12	635.28	663.86
AVG6	0.00	0.00	0.00	307.22	627.29	1059.12	960.40	832.14	1044.41	1088.02	223.84	0.00	0.00

Table 3: Result of the small diffuser operates on non-traveling test in 30 sec to observe density of fertilizer (gram/m²)
Small Diffuser on Left Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	516.5467	585.7067	739.5467	1019.44	1052.867	1089.733	1234.987	1122.373	1293.267	0	0	0
1	0	561.2933	851.4933	1119.88	1003.413	1216.013	1818.933	1706.92	2196.227	1100.827	1159.013	938.8	0
1	0	1052.96	1219.987	1114.947	1233.893	1819.427	1860.267	1474.813	1659.307	1364.333	1291.013	1235.027	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1176.307	1171.667	1110.053	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	507.8533	561.5067	685.72	828.5333	1048.427	1081.64	1234.853	1130.88	0	0	0	0
2	654.9467	676.8933	838.6533	997.48	704.3467	1502.827	2317.813	1315.573	921.4667	0	0	0	0
2	512.3867	615.2	581.76	801.6	2435.72	410.92	1624.48	1585.707	903.5333	1099.093	1234.907	1468.173	0
2	482.24	505.68	517.12	518.1867	545.4933	568.44	650.8667	1130.427	834.8133	1050.44	1158.863	1116.653	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	508.60	581.91	694.83	961.55	1052.84	1080.23	1225.24	1132.16	1273.21	0.00	0.00	0.00
3	0.00	549.64	1093.52	975.91	1075.61	1115.24	1229.64	1608.28	1865.09	2301.49	1317.89	929.88	0.00
3	0.00	561.96	575.68	811.81	1094.52	1735.79	1614.99	1579.31	1555.48	1372.49	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1108.61	1170.51	1148.03	1117.52	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	0.00	511.00	576.37	706.70	936.51	1051.38	1083.87	1231.69	1128.47	855.49	0.00	0.00	0.00
AVG3	218.32	595.94	927.89	1031.09	927.79	1278.03	1788.80	1543.59	1660.93	1134.11	825.64	622.89	0.00
AVG4	170.80	743.37	792.48	909.45	1588.04	1322.04	1699.91	1546.61	1372.77	1278.64	841.97	901.07	0.00
AVG5	160.75	168.56	172.37	172.73	181.83	189.48	586.49	1159.08	1051.50	1092.67	386.29	372.22	0.00
AVG6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Small Diffuser on Right Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1099.053	2801.547	2668.173	2492.88	2268.333	1896.333	2145.667	1608.693	1334.973	1116.333	861.04	905.36
1	0	2758.213	2429.24	2171.547	1997.707	1603.413	1836.693	1610.507	1478.2	1113.68	572.72	542.1067	512.2133
1	0	2882.187	2403.147	2241.2	2010.933	1364.867	1365.52	1313.653	1025.653	1122.027	575	581.6667	572.68
1	0	0	2165.893	2013.133	1841.653	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	828.5333	2678.48	2562.453	2401.547	2293.693	2145.493	1609.067	1421.613	1069.64	1075.24	955.3467	950.0133	0
2	0	2706.8	2641.893	2322.267	2505.147	2001.133	1762.453	1814.987	1712.547	1475.093	1368.307	1175	961.3467
2	0	2811.813	2405.547	2162.213	1843.947	1744.88	1674.813	1601.547	1239.573	1186.267	1068.187	1001.973	837.1333
2	0	2306.427	2170.813	1904.96	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	961.19	2715.85	2668.17	2637.53	2412.80	2282.27	2211.73	1736.40	1372.32	1242.80	1122.36	823.52	544.96
3	0.00	2805.72	2629.12	2295.15	2211.47	1746.83	1988.24	1746.83	1742.84	1695.91	1477.68	1104.15	559.76
3	0.00	2805.72	2535.20	2381.76	2161.49	1848.19	1988.27	1848.19	1770.88	1677.81	1773.23	1235.53	1094.80
3	0.00	2295.52	2136.48	2024.80	1992.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG3	596.57	2164.46	2677.39	2569.08	2399.79	2232.03	1905.71	1767.89	1350.22	1217.67	1064.68	878.19	483.44
AVG4	0.00	2756.91	2566.75	2262.99	2238.11	1783.79	1862.46	1724.11	1644.53	1428.23	1139.57	940.42	677.77
AVG5	0.00	2833.24	2447.96	2261.72	2005.46	1652.64	1676.20	1587.80	1345.37	1328.70	1138.80	939.72	834.87
AVG6	0.00	1533.98	2157.73	1980.96	1278.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Table 4: Result of the distribution of urea fertilizer operates with large diffuser on non-traveling test in 30 sec to observe density of fertilizer (gram/m²)

Urea Fertilizer on Left Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	514.9467	517.0133	494.88	492	514.9067	428.6133	411.2533	401.6133	397.76	390.1733	396.84	0	0
1	657.48	661.16	742.3467	689.4667	698.9733	658.1467	665.0267	664.04	646.48	640.9067	592.64	584.56	0
1	695.4933	742.9867	768.2933	724.6133	716.56	698.36	683.6533	673.08	646.2267	633.36	628.0133	574.6933	0
1	529.9467	515.64	502.9867	439.4667	480.9067	497.32	511.8533	414.3867	410.4	397.9333	391.2267	0	0
1	428.8533	406.44	406.3067	401.1467	398.0133	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	480.24	536.3867	549.88	529.44	940.36	468.5733	439.1467	427.2667	418.0533	386.6667	0	0	0
2	645.7467	617.08	662.8267	694.9867	681.9067	750.6267	660.5733	639.1467	643.4133	575.3867	574.7733	0	0
2	665.76	686.3733	671.72	697.1067	777.4133	717.9467	730.7467	687.16	668.3333	643.5333	632.2267	652.88	0
2	632.64	667.0267	690.3867	566.96	502.72	513.04	514.44	471.5333	416.72	402.8533	394.76	0	0
2	430.8533	433.2	426.1733	480.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	512.4267	530.0933	534.4933	549.2267	527.6267	542.4667	508.6	428.5867	433.12	414.9467	414.9467	396.12	0
3	612.4933	635	653.4933	712.4667	697.1333	795.8	656.7467	616.68	607.7867	584.0133	584.0133	576.3467	565.5867
3	660.92	682.6933	670.64	695.44	782.08	712.7867	721.6667	686.2	803.3467	645.9733	645.9733	629.52	603.5333
3	627.84	675.5333	691.4133	568.44	499.8	523.44	512.7733	513.52	419.7733	403.2667	403.3067	385.7467	0
3	400.44	390.72	392.0933	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	502.54	527.83	526.42	523.56	660.96	479.88	453.00	419.16	416.31	397.26	270.60	132.04	0.00
AVG3	638.57	637.75	686.22	698.97	692.67	734.86	660.78	639.96	632.56	600.10	583.81	386.97	188.53
AVG4	674.06	704.02	703.55	705.72	758.68	709.70	712.02	682.15	705.97	640.96	635.40	619.03	201.18
AVG5	596.81	619.40	628.26	524.96	494.48	511.27	513.02	466.48	415.63	401.35	396.43	128.58	0.00
AVG6	420.05	410.12	408.19	293.81	132.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Urea Fertilizer on Right Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	543.5733	555.5867	645.2933	655.2933	670.48	701.04	713.04	729.1333	791.5333	817.04	801.8133	701.0267
1	0	561.16	573.56	605.3067	654.6	695.92	750.2	779.9733	792.8267	819.9733	764.5733	647.5867	628.6933
1	0	0	574.64	697.1867	729.16	748.24	763.52	808.7733	819.8267	828.72	851.5733	712.7733	736.8533
1	0	0	545.0267	560.48	664.5067	617.0267	656.48	699.44	730.2533	766.48	759.8	647.9733	603.5733
1	0	0	401.1467	413.1067	411.5333	423.96	419.9733	428.72	443.3333	460.9067	428.72	441.8133	441.76
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	616.2667	551.4933	551.4933	573.5467	698.1067	712.92	708.9067	730.4693	781.6533	686.16	675.7867	772.76
2	520.8	560.68	560.68	644.3467	643.3467	696.64	722.4667	766.48	833.1867	748.3333	650.6	655.7067	562.24
2	551.9067	575.8533	575.8533	690.9067	723.544	748.64	782.12	803.3867	819.9733	833.3067	842.1067	656.72	751.9867
2	0	0	0	624.8667	571.5333	550.2	628.3333	662.4533	695.52	686.4933	672.9067	641.4533	624.9867
2	0	0	0	0	477.3067	402.1067	401.6	422.64	424.6267	421.3067	434.4533	451.72	446.56
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	535.6533	547.5733	585.4267	717.5067	710.4533	693.5467	721.9733	548.7733	670.2	766.52	647.9467
3	0	520.6533	533.6533	647.7867	665	664.9867	721.68	722.0533	643.5333	832.7733	748.64	644.8667	558.6267
3	0	521.84	580.72	698.2533	726.8933	727.8533	791.4933	807.3067	816.6	846.9467	841.9733	656.8667	701.5333
3	0	0	529.44	539.04	564.7467	562.08	643.3867	628.7733	590.2	724.3333	699.8267	668.64	615.4267
3	0	0	482.8933	435.3067	403.5333	415.84	416.9067	387.5867	392.8667	399.4133	379.8533	379.5867	379.8667
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	0.00	386.61	547.58	581.45	604.76	695.36	708.14	705.16	727.19	707.32	724.47	748.04	707.24
AVG3	173.60	547.50	555.96	632.48	654.32	685.85	731.45	756.17	756.52	800.36	721.27	649.39	583.19
AVG4	183.97	365.90	577.07	695.45	726.53	741.58	779.04	806.49	818.80	836.32	845.22	675.45	730.12
AVG5	0.00	0.00	358.16	574.80	600.26	576.44	642.73	663.56	671.99	725.77	710.84	652.69	614.66
AVG6	0.00	0.00	294.68	282.80	430.79	413.97	412.83	412.98	420.28	427.21	414.34	424.37	422.73

Table 5: Result of the distribution of DAP fertilizer operates with large diffuser on non-traveling test in 30 sec to observe density of fertilizer (gram/m²)

DAP Fertilizer on Left Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	482.5467	544.8533	535.52	522.9333	504.8533	476.2533	437.6533	430.56	423.88	398.16	390.1867	388.2133	0
1	650.8267	623.0133	665.6533	704.8133	690.1467	675.52	654.8267	639.0133	610.6933	582.9867	584.2133	572.16	0
1	661.96	691.0533	674.8533	702.6133	735.8533	709.8133	725.5733	691.4133	675.88	645.7067	632.36	645.72	0
1	666.5867	677.68	680.32	572.16	504.16	514.9867	474.1467	472.3733	418.6133	401.6533	0	0	0
1	430.1867	429.0933	420.8133	400.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	494.5867	494.8	515.5733	493.3467	481.3067	473.04	468.32	406.1067	407.9733	392.7867	393.04	392.7733	0
2	654.2	671	680.8133	695.2667	655.36	649.3067	655.36	661.16	642.0533	601.16	590.2	575	0
2	693.5067	746.8933	739.8	720.3067	709.52	713.16	695.2667	684.8667	671.5333	641.6667	628.6933	630.2	0
2	522.8667	516.8933	499.3467	495.36	482.0533	468.6	468.6	416.7467	407.5867	386.8533	392.2	0	0
2	434.1467	416.72	403.5467	401.2667	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	472.7733	544.9867	544.72	526.1067	486.4667	473.1333	432.7733	428.72	419.8	392.28	395.4933	388.3333	0
3	634.64	621.04	656.8667	695.5333	699.44	671.5333	623.44	630.24	603.5733	583.44	581.3067	549.8	0
3	643.5333	683.5333	673.1333	699.44	736.8667	712.3333	723.5333	686.48	673.28	643.3867	631.36	630.2	0
3	643.5333	675.7867	670.2107	568.7733	481.6667	512.7733	472.7733	476.6133	419	406.1067	392.7733	0	0
3	428.6933	432.7733	421.1867	403.3867	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	483.30	528.21	531.94	514.13	490.88	474.14	446.25	421.80	417.22	394.41	392.91	389.77	0.00
AVG3	646.56	638.35	667.78	698.54	681.65	665.45	644.54	643.47	618.77	589.20	585.24	565.65	0.00
AVG4	666.33	707.16	695.93	707.45	727.41	711.77	714.79	687.59	673.56	643.59	630.80	635.37	0.00
AVG5	611.00	623.45	616.63	545.43	489.29	498.79	471.84	455.24	415.07	398.20	261.66	0.00	0.00
AVG6	431.01	426.20	415.18	401.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

DAP Fertilizer on Right Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	537.2533	549.52	573.6133	693.52	709.56	698.2	723.5733	778.2	816.6	819.44	803.3867	763.5867
1	0	561.52	600.04	641.6533	701.6667	748.6	763.3067	789.88	834.64	750.1067	748.6267	601.96	615.44
1	548.32	576.32	682.2533	721.52	756.7733	775.2933	801.5867	816.8667	839.44	842.0267	656.8667	630.2	672.7733
1	0	0	621.8933	562.5867	608.8533	643.5333	674.8267	723.5733	766.4667	695.2667	670.0533	670.2	643.5333
1	0	415.9733	405.4933	403.0133	414.9867	433.04	439.9333	451.9333	433.9733	419.8	400.3333	401.9333	419.44
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	546.1067	555	647.9733	668.9867	686.52	706.8267	723.5333	788.3467	816.72	803.0533	741.6667
2	0	562.1067	583.44	609.16	655.3867	706.5467	749.52	779.44	794.4933	816.72	761.6667	641.6667	616.68
2	0	550.2	575.2667	695	723.5333	750.0533	776.8667	803.5333	816.7867	828.3387	842.5867	788.32	748.64
2	0	0	536.8667	562.2	573.4667	621.3067	656.7467	708.32	721.6667	766.1067	746.8267	670.2	643.5333
2	0	0	408.7733	403.5333	402.8667	441.6667	416.8667	428.7867	443.3867	455.0533	429.2533	443.5333	441.6667
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	538.2	550.2	575.44	695	715.9733	698.8667	731.5333	777.6667	816.72	802.8533	766.4667
3	0	0	575	582.2	643.5333	694.9867	748.8267	766.4667	786.6933	834.2533	749.6667	650.08	641.6667
3	0	590.2533	575.0533	689.24	731.24	750.2	782.64	810.4133	824.7867	831.1467	851.3867	656.6133	669.88
3	0	0	0	608.8667	570.0533	601.7067	647.9467	669.7467	729.1333	763.5733	698.92	672.64	658.2
3	0	0	426.7867	402.2133	407.9733	416.8667	434.08	446.12	427.4133	413.6533	401.6667	416.8667	0
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	0.00	179.08	544.61	559.60	638.98	691.18	700.23	709.76	744.42	794.20	817.63	803.10	757.24
AVG3	0.00	374.54	586.16	611.00	666.86	716.71	753.88	778.60	805.28	800.36	753.32	631.24	624.60
AVG4	182.77	572.26	610.86	701.92	737.18	758.52	787.03	810.27	827.00	833.84	783.61	691.71	697.10
AVG5	0.00	0.00	386.25	577.88	584.12	622.18	659.84	700.55	739.09	741.65	705.27	671.01	648.42
AVG6	0.00	138.66	413.68	402.92	408.61	430.52	430.29	442.28	434.92	429.50	410.42	420.78	287.04

Table 6: Result of the distribution of KCl fertilizer operates with large diffuser on non-traveling test in 30 sec to observe density of fertilizer (gram/m²)

KCl Fertilizer on Left Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	761.0933	945.4933	1226.8	1428.773	1655.733	1494.693	1367.573	1201.56	1075.36	547.5867	541.8933	0	0
1	1291.28	2002.613	2241.427	1755.827	1622.4	1348.187	1227.413	935.3867	833.1867	699.8267	515.88	0	0
1	1181.907	1208.333	1366.013	1070.2	945.56	904.1867	693.5733	656.48	1041.933	528.5467	0	0	0
1	435.2133	446.1067	426.8267	419.44	402.2267	414.8533	401.6533	403.5333	415.56	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	729.1867	915.7867	1102.413	1894.92	1790.853	1600.24	1400.827	1228.707	1208.547	648.0267	521.1867	0	0
2	1215.733	1894.76	2266.907	1502.2	1734.64	1615.813	1201.267	961.52	840.28	735.3733	502.5467	0	0
2	1228.24	1390.2	958.32	908.9867	867.5733	769.0667	652.2267	628.8	542.4267	0	0	0	0
2	0	408.3333	441.2533	414.8933	404.5333	413.5867	402.24	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	734.88	769.12	933.5733	1221.493	1414.933	1521.653	1384.613	1345.48	1227.787	1081.547	545.56	0	0
3	1215.027	1268.32	1875.613	2250.4	1813.573	1622.493	1235.747	943.76	828.1333	563.6533	517.68	0	0
3	601.5733	1162.373	1235.36	1493.68	1094.893	936	894.9333	701.5867	641.7067	0	0	0	0
3	0	415.52	402.52	415.8267	402.4267	422.0133	0	0	0	0	0	0	0
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG3	741.72	876.80	1087.60	1515.06	1620.51	1538.86	1384.34	1258.58	1170.56	759.05	536.21	0.00	0.00
AVG4	1240.68	1721.90	2127.98	1836.14	1723.54	1528.83	1221.48	946.89	833.87	666.28	512.04	0.00	0.00
AVG5	1003.91	1253.64	1186.56	1157.62	969.34	869.75	746.91	662.29	742.02	176.18	0.00	0.00	0.00
AVG6	145.07	423.32	423.53	416.72	403.06	416.82	267.96	134.51	138.52	0.00	0.00	0.00	0.00

KCl Fertilizer on Right Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	529.12	560.2133	668.2133	742.4533	1600.24	1675.853	1201.653	1068.16	1015.387	813.2267	640.24
1	0	0	668.8533	1369.133	1335.013	2009.307	2595.973	3329.12	2840.227	2702.107	2668.227	2482.32	2293.413
1	0	0	429.12	528.96	534.9067	622.9067	648.8533	693.4133	949.0667	1079.92	1214.853	802.24	534.9067
1	0	0	0	0	0	508.9067	519.36	542.4933	535.72	382.6	481.5867	508.2267	426.76
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	522.16	549.6667	702.4533	757.0933	1635.76	1683.227	1222.12	1094.8	1006.24	802.9467	617.76
2	0	0	696.9867	1249.133	1364.52	1985.613	2561.52	2944.32	2822.987	2669.413	2495.573	2296.547	1361.8
2	0	0	451.52	545.68	563.3067	613.2133	661.8	718.88	957.76	1083.28	1231.413	828.8533	660.9067
2	0	0	0	0	0	0	501.3067	517.68	543.6533	504.96	492.1333	512.4	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	517.4933	555.76	683.2267	717.68	1602.267	1656.053	1229.72	1070.96	1194.693	1142.28	575.6933
3	0	0	692.16	1254.853	1504.16	1943.493	2442.747	3002.64	2709.52	2668.827	2635.88	2242.627	1054.587
3	0	0	439.0133	548.16	585.5467	596.32	629.9467	695.2933	935.6267	1115.787	1214.52	848.16	542.5067
3	0	0	0	0	0	0	504.2133	505.4667	512.4267	519.8933	535.76	521.2133	508.2667
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG3	0.00	0.00	522.92	555.21	684.63	739.08	1612.76	1671.71	1217.83	1077.97	1072.11	919.48	611.23
AVG4	0.00	0.00	686.00	1291.04	1401.23	1979.47	2533.41	3092.03	2790.91	2680.12	2599.89	2340.50	1569.93
AVG5	0.00	0.00	439.88	540.93	561.25	610.81	646.87	702.53	947.48	1093.00	1220.26	826.42	579.44
AVG6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	169.64	508.29	521.88	530.60	469.15	503.16	513.95	311.68

Table 7: Result of the distribution of Mg+Bo fertilizer operates with large diffuser on non-traveling test in 30 sec to observe density of fertilizer (gram/m²)

Mg+Bo Fertilizer on Left Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	386.24	386.24	386.84	386.7333	386.68	386.68	386.76	0	0
1	0	0	0	0	0	386.24	386.24	386.24	386.24	386.24	386.8267	386.8	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	386.24	386.24	378.2	386.24	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	386.24	386.24	386.24	386.7467	389.4533	388.16	386.24	386.24	0
2	0	0	0	0	0	386.24	386.24	386.24	386.24	386.24	386.24	386.24	386.24	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	386.24	386.24	386.24	386.24	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	386.4133	386.5067	386.4133	388.2667	386.28	382.2667	386.24	0
3	0	0	0	0	0	386.2933	386.2667	386.2667	386.2667	388.28	388.0133	386.24	386.24	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	386.24	386.24	386.24	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	257.49	386.30	386.53	386.63	388.13	387.04	385.09	257.49	0
AVG4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	386.26	386.25	386.25	386.25	386.92	387.03	386.43	257.49	0
AVG5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	257.49	257.49	383.56	386.24	128.75	0
AVG6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Mg+Bo Fertilizer on Right Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	386.24	386.24	386.24	386.24	386.24	386.16	0	0	0	0	0	0	0	0
1	386.7733	386.68	386.24	386.24	386.24	386.24	0	0	0	0	0	0	0	0
1	386.24	386.24	386.24	386.24	386.24	386.24	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	386.24	386.3733	388.1733	386.24	386.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	388.1333	388.1467	388.1333	386.24	386.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	386.24	386.24	386.2533	386.24	386.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	386.24	386.2667	386.28	386.4133	375.76	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	386.24	388.56	388.4	388.5333	386.2933	386.4133	0	0	0	0	0	0	0	0
3	386.24	386.2667	386.2933	386.28	386.2933	386.4133	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	386.24	386.29	386.90	386.30	382.75	128.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG3	387.05	387.80	387.59	387.00	386.26	257.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG4	386.24	386.25	386.26	386.25	386.26	257.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Table 8: Result of the distribution of Mixed fertilizer operates with large diffuser on non-traveling test in 30 sec to observe density of fertilizer (gram/m²)

Mixed Fertilizer on Left Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	403.32	413.8133	479.28	416.7067	525.6133	0	343.96	471.4267	517.68	1706.667	0	0	0	0
1	715.0533	1261.693	8045.093	965.44	1125.547	1311.176	1156.213	444.7733	972.3467	4360	567.68	437.1333	0	0
1	513.6533	568.2533	584.16	1836.173	3078.893	3377.76	4266.667	4800	3802.187	5466.667	7000	4389.907	0	0
1	372.5867	362.8267	364.6933	368.2533	368.3733	417.76	403.9467	370.8133	370.88	572.2667	714.2933	0	0	0
1	0	0	0	0	371.8933	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	385.92	429.8933	408.88	423.3333	436.0133	411.9733	433.0933	0	0	435.3467	0	0	0	0
2	502.4133	650.7867	775.1467	754.8267	915.6267	1178.707	1189.507	969.5467	858.2667	612.4533	462.4267	371.48	0	0
2	648.2533	724.1333	1285.613	1798.747	2865.413	3761.427	3776.267	4066.667	5333.333	5466.667	6400	4049.04	397.4933	0
2	389.4933	395.36	394.92	408.3733	441.76	1030.613	958.88	853.08	593.2533	450.88	372.3733	0	0	0
2	360.48	378.44	381.5867	384.16	382.84	399.0267	401.4933	368.9733	0	0	0	0	0	0
2	367.04	365.0933	369.2267	369.5467	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	404.2667	416.1733	516.16	422.4133	531.52	521.8133	608.9467	517.0667	516.0133	611.9867	459.76	368.68	0	0
3	501.5733	604.1333	645.6133	758.7467	897.28	1202.933	1185.547	1033.253	810.88	609.0933	570.8267	509.76	0	0
3	864.92	565.64	729.2267	1246.933	1871.76	2875.707	3678.213	4135.853	5319.027	5406.587	4010.88	399.04	0	0
3	367.04	360.48	369.5467	372.4533	369.08	370.56	424.8133	425.0133	407.68	371.0133	565.6	772.56	0	0
3	0	0	0	0	0	375.0933	370.8133	0	0	0	0	0	0	0
AVG1	128.64	143.30	136.29	141.11	145.34	137.32	144.36	0.00	0.00	145.12	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	436.67	493.59	590.20	531.32	657.59	566.84	714.14	652.68	630.65	977.04	307.40	246.72	0.00	0.00
AVG3	621.63	863.32	3325.44	1174.31	1629.41	2091.85	2039.34	1848.23	2372.19	3478.59	2512.84	1665.31	132.50	0.00
AVG4	589.36	509.75	569.44	1163.83	1797.47	2428.03	2967.92	3262.98	3238.16	3774.71	3794.42	1596.32	0.00	0.00
AVG5	366.70	367.25	371.94	374.96	373.43	395.78	410.08	388.27	259.52	314.43	426.63	257.52	0.00	0.00
AVG6	122.35	121.70	123.08	123.18	123.96	125.03	123.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Mixed Fertilizer on Right Hand Side 3 replications & Average value

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	435.2	403.1067	563.4133	610.4933	701.8933	674.6933	589	467.64	402.68	0	0
1	2029.373	14666.67	7333.333	5333.333	4000	2044.867	2153.773	1765.613	1449.067	1031.413	472.48	499.8933	447.4933
1	0	4133.067	6934.493	1368.027	1768.2	2482.453	2166.413	3030.56	2133.613	1532.16	1018.52	604.5733	401.6
1	0	0	0	376.8133	410.4133	404.36	558.8	501.92	505.08	501.6133	408.8533	394.1733	397.08
1	0	0	0	0	0	0	391.48	390.4133	389.3867	389.6667	387.0933	386.8933	387.2267
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	361.8533	364.3413	401.6667	388.92	380.8933	403.4133	394.3733	395.8533	401.6667	430.12	394.2267	0
2	2705.947	12136.07	4134.733	3831.96	4074.213	1757.24	1462.347	952.2133	785.2267	688.0267	629.3467	502.4	429.12
2	0	400.5867	813.4933	1436.56	2204.133	3149.16	2872.693	3830.773	2984.72	2046.853	1478.56	730.6267	509.3467
2	0	0	401.16	509.7733	479.7333	581.5333	699.7467	760.28	709.9733	667.3467	649.5067	495.8933	477.6267
2	0	0	0	0	0	467.36	461.5867	4450.827	450.88	414.8267	412.2933	399.5467	394.92
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	435.8933	406.9333	572.5867	602.8267	698.0267	674.92	568.3733	468.4267	403.9467	371.0133	0	0
3	1905.973	14749.49	7167.04	5474.92	4077.493	1649.507	1959.027	1772.427	1403.107	895.52	439.7333	406.4133	413.6133
3	0	408.2533	564.6933	1368.373	1655.093	2617.28	2169.48	3077.547	2145.6	1502.36	1104.16	611.7467	438.88
3	0	0	0	375.7067	408.0267	402.68	549.0533	501.8667	496.3067	511.4133	493.56	403	390.4133
3	0	0	0	0	0	0	0	0	378.1467	376.8533	373.8933	381.5867	382.2933
AVG1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AVG2	0.00	265.92	402.16	459.12	518.39	563.14	593.41	545.81	484.43	424.42	401.27	131.41	0.00
AVG3	2213.76	13850.74	6211.70	4880.07	4050.57	1817.20	1858.38	1496.75	1212.47	871.65	513.85	469.57	430.08
AVG4	0.00	1647.30	2770.89	1390.99	1875.81	2749.63	2402.86	3312.96	2421.31	1693.79	1200.41	648.98	449.94
AVG5	0.00	0.00	133.72	420.76	432.72	462.86	602.53	588.02	570.45	560.12	517.31	431.02	421.71
AVG6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	155.79	284.36	1613.75	406.14	393.78	391.09	389.34	388.15

Table 9: Result of the distribution of mixed fertilizer operates with large diffuser and raise tube up 15 degree on traveling test at 5 km/hr to observe density of fertilizer (gram/m²)
 15 Degree raising angle of the tube

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	Avg	transfrom	require
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.8
	2.43	2.51	0	0	2.49	2.34	2.62	2.8	2.57	2.68	2.35	0	0	3.21	2.58	1.90533	25.4044	43.8
	2.38	3.85	3.42	3.05	2.84	2.64	2.38	2.69	2.74	2.19	2.67	2.95	3.54	3.62	3.45	2.96067	39.4756	43.8
	2.53	2.98	2.65	2.89	2.61	2.51	2.35	2.18	2.78	2.95	2.64	2.35	2.94	2.84	2.57	2.65133	35.3511	43.8
	2.55	2.71	2.49	2.65	3.47	2.54	2.51	2.64	2.74	2.61	2.54	2.65	2.68	2.76	2.48	2.668	35.5733	43.8
	3.1	6.36	4.63	5.37	4.91	3.25	3.62	3.24	3.57	3.59	3.61	3.25	3.27	3.98	3.59	3.956	52.7467	43.8
	3.08	3.5	3.21	3.16	3.13	3.15	3.26	3.56	3.48	3.29	3.12	3.61	3.54	3.64	3.95	3.37867	45.0489	43.8
	3.37	4.05	4.25	3.69	3.54	3.65	3.46	3.87	3.95	4.05	3.62	3.95	4.25	4.12	3.37	3.81267	50.8356	43.8
	5.97	4.98	5.36	5.42	5.17	4.84	4.69	4.57	5.59	5.66	5.64	5.26	5.19	5.67	4.93	5.26267	70.1689	43.8
	6.57	5.89	6.21	6.34	5.48	5.97	5.68	5.36	6.48	6.97	6.24	5.87	5.26	5.37	6.12	5.98733	79.8311	43.8
CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.8
1	3.95	3.56	3.49	3.87	3.84	3.54	3.95	3.87	3.77	3.64	3.48	3.68	3.75	4.21	3.92	3.768	50.24	43.8
2	4.13	2.82	3.67	3.41	3.65	2.68	3.45	3.87	4.26	3.58	3.21	3.54	3.68	4.29	3.65	3.59267	47.9022	43.8
3	2.38	2.71	2.51	2.61	2.47	2.64	2.39	2.58	2.97	2.45	2.62	2.54	2.19	2.68	2.39	2.542	33.8933	43.8
4	3.55	3.14	3.32	3.96	3.64	3.57	3.24	3.51	3.24	3.68	3.64	3.52	3.23	3.42	3.04	3.44667	45.9556	43.8
5	2.98	2.36	2.68	2.74	2.14	2.95	2.37	2.54	2.84	2.15	3.42	3.14	3.62	3.98	3.26	2.878	38.3733	43.8
6	2.84	2.77	2.64	2.64	2.88	2.64	2.54	2.97	2.85	2.68	2.57	2.78	2.69	2.83	2.96	2.752	36.6933	43.8
7	0	0	0	2.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.99	0	0.37067	4.94222	43.8
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.8
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.8
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.8
SD	1.92	1.964	1.97	1.95	1.82	1.72	1.704	1.71	1.91	1.95	1.842	1.875	1.82	1.799	1.815			
SD all	1.82																	
density	33.1																	
average	2.48																	

Table 10: Result of the distribution of mixed fertilizer operates with large diffuser and raise tube up 20 degree on traveling test at 5 km/hr to observe density of fertilizer (gram/m²)
 20 Degree raising angle of the tube

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	Avg	transfrom	require
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.8
9	0	0	0	0	0	0	2.46	0	2.31	0	0	2.46	0	2.31	0	0.636	8.48	43.8
8	2.79	2.92	2.84	2.87	0	3.12	2.41	2.98	3.64	3.51	3.12	2.41	2.98	3.64	3.51	2.84933	37.9911	43.8
7	3.67	3.2	3.51	3.48	3.34	3.41	2.17	3.24	3.28	3.72	3.41	2.17	3.24	3.28	3.72	3.256	43.4133	43.8
6	3.91	5.06	4.89	4.96	4.78	3.56	2.36	2.99	3.13	3.26	3.56	2.36	2.99	3.13	3.26	3.61333	48.1778	43.8
5	3.59	4.63	4.23	4.41	3.42	4.16	3.03	4.62	4.67	3.89	4.16	3.03	4.62	4.67	3.89	4.068	54.24	43.8
4	3.97	3.64	3.86	3.76	3.95	4.39	2.34	3.65	3.39	4.25	4.39	2.34	3.65	3.39	4.25	3.68133	49.0844	43.8
3	3.42	2.88	3.14	3.09	3.37	4.83	2.43	3.72	4.25	3.62	4.83	2.43	3.72	4.25	3.62	3.57333	47.6444	43.8
2	3.15	3.57	3.29	3.43	3.28	3.51	2.34	3.21	3.62	0	3.51	2.34	3.21	3.62	0	2.80533	37.4044	43.8
1	0	2.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.172	2.29333	43.8
CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.8
1	3.57	12.08	10.65	5.63	4.56	3.01	6.01	4.23	3.51	2.96	3.01	6.01	4.23	3.51	2.96	5.062	67.4933	43.8
2	3.29	5.12	4.78	4.52	3.36	5.03	2.93	3.97	4.75	4.75	5.03	2.93	3.97	4.75	4.75	4.262	56.8267	43.8
3	4.08	4.17	4.23	4.21	4.19	4.38	3.5	3.52	4.62	3.76	4.38	3.5	3.52	4.62	3.76	4.02933	53.7244	43.8
4	4.02	4.75	4.25	4.38	5.04	3.35	2.89	2.93	2.97	3.24	3.35	2.89	2.93	2.97	3.24	3.54667	47.2889	43.8
5	3.56	4.37	3.98	4.02	3.61	2.69	2.7	2.51	2.61	2.67	2.69	2.7	2.51	2.61	2.67	3.06	40.8	43.8
6	3.62	3.01	3.47	3.39	3.41	2.26	2.02	2.61	2.54	2.13	2.26	2.02	2.61	2.54	2.13	2.668	35.5733	43.8
7	3.52	2.45	3.45	3.32	3.26	2.91	2.5	2.64	2.84	3.2	2.91	2.5	2.64	2.84	3.2	2.94533	39.2711	43.8
8	0	0	0	2.72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18133	2.41778	43.8
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.8
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.8
SD	1.75	2.79	2.60	1.92	1.96	1.87	1.53	1.69	1.74	1.80	1.87	1.53	1.69	1.74	1.80			
SD all	1.90																	
density	32.01																	
average	2.40																	

Table 11: Result of the distribution of mixed fertilizer operates with large diffuser and raise tube up 25 degree on traveling test at 5 km/hr to observe density of fertilizer (gram/m²)
 25 Degree raising angle of the tube

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	Avg	transfrom	require
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
9	2.26	2.84	2.75	2.64	2.33	2.35	2.36	2.54	2.94	2.92	2.19	2.13	2.21	2.36	2.1	2.4613	32.8178	43.8
8	2.42	3.93	3.23	3.62	3.35	2.52	2.36	2.87	3.64	3.49	2.53	2.65	2.87	2.45	5.69	3.1747	42.3289	43.8
7	2.54	3.04	2.65	2.97	2.58	2.64	2.57	2.89	3.67	3.49	2.46	2.68	2.95	2.67	2.39	2.8127	37.5022	43.8
6	2.22	3.07	2.56	2.23	2.45	2.61	2.57	2.95	2.87	3.01	2.65	2.35	2.24	2.22	2.97	2.5980	34.6400	43.8
5	2.46	2.53	2.48	2.35	2.17	2.48	2.64	2.53	2.17	2.91	2.48	2.43	2.52	2.5	2.45	2.4733	32.9778	43.8
4	2.23	3.49	2.56	2.36	2.87	2.54	2.68	2.54	3.42	3.12	2.54	2.68	2.57	4.6	3.54	2.9160	38.8800	43.8
3	2.19	3.57	2.47	2.95	2.7	2.23	2.54	2.61	2.35	2.38	2.64	2.578	3.54	3.47	2.99	2.7472	36.6293	43.8
2	2.43	2.51	2.56	2.47	2.95	2.4	2.14	2.5	2.31	2.53	2.44	2.25	2.5	2.46	2.61	2.4707	32.9422	43.8
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
1	7.29	4.65	5.64	5.34	4.36	5.32	6.31	5.24	3.27	5.49	0	5.24	6.25	4.26	5.35	4.9340	65.7867	43.8
2	3.31	5.11	3.54	3.65	4.27	3.65	3.54	4.21	5.24	4.95	3.95	3.58	3.57	3.49	4.82	4.0587	54.1156	43.8
3	2.26	3.52	2.89	2.75	2.64	2.5	2.39	2.54	3.14	2.19	2.64	2.36	2.25	2.48	3.12	2.6452	35.2693	43.8
4	2.17	3.09	2.54	2.67	2.57	2.54	2.65	2.17	2.95	3.12	0.35	2.47	2.36	2.54	2.93	2.4747	32.9956	43.8
5	2.5	2.7	2.64	2.51	2.47	2.53	2.64	2.72	2.45	2.35	2.51	2.65	2.35	2.41	2.59	2.5347	33.7956	43.8
6	2.17	2.51	2.31	2.54	2.48	2.21	2.03	2.34	2.65	2.54	2.22	2.23	2.52	2.42	2.17	2.3560	31.4133	43.8
7	2.13	2.44	2.34	2.14	2.64	2.15	2.62	2.47	2.35	2.64	2.35	2.15	2.61	2.33	2.72	2.4053	32.0711	43.8
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
SD	1.66	1.65	1.50	1.50	1.43	1.42	1.56	1.49	1.55	1.65	1.31	1.41	1.59	1.42	1.77			
SD all	1.51																	
density	27.43																	
average	2.06																	

Table 12: Result of the distribution of mixed fertilizer operates with large diffuser and raise tube up 30 degree on traveling test at 5 km/hr to observe density of fertilizer (gram/m²)
 30 Degree raising angle of the tube

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	Avg	transfrom	require
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.54	2.87	0	0	0.4273	5.6978	43.8
9	2.53	2.83	2.65	0	2.47	2.78	2.83	2.74	3.1	2.51	2.65	2.35	2.58	2.39	2.74	2.4767	33.0222	43.8
8	3.01	2.86	2.96	2.71	2.95	3.25	3.42	3.62	3.47	3.24	3.12	3.25	3.19	3.12	3.02	3.1460	41.9467	43.8
7	3.02	3.05	3.07	2.95	3.12	0.45	3.24	3.59	3.25	3.67	3.23	3.45	3.62	3.48	3.25	3.0960	41.2800	43.8
6	5.8	3.52	4.81	5.74	5.73	3.87	3.95	3.89	3.54	3.68	4.32	4.35	3.95	3.57	4.36	4.3387	57.8489	43.8
5	4.15	3.99	4.23	4.09	4.61	4.51	3.68	3.68	3.28	3.47	3.64	4.51	4.21	3.57	3.64	3.9507	52.6756	43.8
4	4.01	3.98	4.21	3.71	3.95	4.21	4.32	4.65	4.21	4.58	4.13	4.6	4.21	3.97	3.48	4.1480	55.3067	43.8
3	3.82	4.29	3.79	3.72	3.71	4.31	3.68	4.28	3.87	4.98	3.96	4.25	4.38	3.79	4.67	4.1000	54.6667	43.8
2	4.99	4.42	4.52	4.67	4.62	4.82	4.67	4.29	4.83	4.38	4.67	4.28	4.97	4.69	4.71	4.6353	61.8044	43.8
1	0	4.76	3.64	0	0	3.65	0	0	3.47	2.98	3.96	0	0	3.64	0	1.7400	23.2000	43.8
CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
1	5.64	0	4.98	5.49	5.24	5.68	6.25	5.89	6.47	5.34	5.67	5.91	5.37	6.24	6.14	5.3540	71.3867	43.8
2	3.97	5.36	4.58	4.25	3.43	5.38	6.54	5.35	5.97	6.24	5.47	5.87	5.14	5.64	6.17	5.2907	70.5422	43.8
3	3.4	6.18	5.62	3.47	3.87	3.65	4.25	5.14	4.78	5.49	3.46	3.61	3.58	3.67	4.12	4.2860	57.1467	43.8
4	2.91	5.38	3.19	4.61	3.61	4.35	3.65	4.37	4.84	4.69	4.56	4.36	4.58	4.97	4.27	4.2893	57.1911	43.8
5	0	4.68	2.87	3.18	2.72	3.54	3.57	2.97	3.64	3.72	2.99	2.37	3.25	3.47	3.66	3.1087	41.4489	43.8
6	0	3.89	3.64	2.73	0	2.98	0	2.78	0	0	2.67	2.69	0	0	0	1.4253	19.0044	43.8
7	0	3.15	3.67	2.54	0	3.42	0	0	0	0	2.08	2.97	0	0	0	1.1887	15.8489	43.8
8	0	2.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1620	2.1600	43.8
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
SD	2.15	1.99	1.86	2.03	2.06	1.96	2.24	2.12	2.20	2.21	1.87	1.94	2.05	2.11	2.23			
SD all	2.04																	
density	36.29																	
average	2.72																	

Table 13: Result of the distribution of mixed fertilizer operates with large diffuser and raise tube up 35 degree on traveling test at 5 km/hr to observe density of fertilizer (gram/m²)
 35 Degree raising angle of the tube

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	Avg	transfrom	require
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
9	2.43	2.51	0	0	2.49	2.34	2.62	2.8	2.57	2.68	2.35	0	0	3.21	2.58	1.9053	25.4044	43.8
8	2.38	3.85	3.42	3.05	2.84	2.64	2.38	2.69	2.74	2.19	2.67	2.95	3.54	3.62	3.45	2.9607	39.4756	43.8
7	2.53	2.98	2.65	2.89	2.61	2.51	2.35	2.18	2.78	2.95	2.64	2.35	2.94	2.84	2.57	2.6513	35.3511	43.8
6	2.55	2.71	2.49	2.65	3.47	2.54	2.51	2.64	2.74	2.61	2.54	2.65	2.68	2.76	2.48	2.6680	35.5733	43.8
5	3.1	6.36	4.63	5.37	4.91	3.25	3.62	3.24	3.57	3.59	3.61	3.25	3.27	3.98	3.59	3.9560	52.7467	43.8
4	3.08	3.5	3.21	3.16	3.13	3.15	3.26	3.56	3.48	3.29	3.12	3.61	3.54	3.64	3.95	3.3787	45.0489	43.8
3	3.37	4.05	4.25	3.69	3.54	3.65	3.46	3.87	3.95	4.05	3.62	3.95	4.25	4.12	3.37	3.8127	50.8356	43.8
2	5.97	4.98	5.36	5.42	5.17	4.84	4.69	4.57	5.59	5.66	5.64	5.26	5.19	5.67	4.93	5.2627	70.1689	43.8
1	6.57	5.89	6.21	6.34	5.48	5.97	5.68	5.36	6.48	6.97	6.24	5.87	5.26	5.37	6.12	5.9873	79.8311	43.8
CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
1	3.95	3.56	3.49	3.87	3.84	3.54	3.95	3.87	3.77	3.64	3.48	3.68	3.75	4.21	3.92	3.7680	50.2400	43.8
2	4.13	2.82	3.67	3.41	3.65	2.68	3.45	3.87	4.26	3.58	3.21	3.54	3.68	4.29	3.65	3.5927	47.9022	43.8
3	2.38	2.71	2.51	2.61	2.47	2.64	2.39	2.58	2.97	2.45	2.62	2.54	2.19	2.68	2.39	2.5420	33.8933	43.8
4	3.55	3.14	3.32	3.96	3.64	3.57	3.24	3.51	3.24	3.68	3.64	3.52	3.23	3.42	3.04	3.4467	45.9556	43.8
5	2.98	2.36	2.68	2.74	2.14	2.95	2.37	2.54	2.84	2.15	3.42	3.14	3.62	3.98	3.26	2.8780	38.3733	43.8
6	2.84	2.77	2.64	2.64	2.88	2.64	2.54	2.97	2.85	2.68	2.57	2.78	2.69	2.83	2.96	2.7520	36.6933	43.8
7	0	0	0	2.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.99	0	0.3707	4.9422	43.8
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	43.8
SD	1.92	1.96	1.97	1.95	1.82	1.72	1.70	1.71	1.91	1.95	1.84	1.88	1.82	1.80	1.82			
SD all	1.82																	
density	33.08																	
average	2.48																	

Table 14: Result of the field test of urea fertilizer operates with large diffuser and raise tube up 30 degree on traveling test at 5 km/hr to observe density of fertilizer (gram/m²)

Urea fertilizer on field test

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	Avg	transfrom	require
10	2.57	2.76	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00	2.76	0.00	0.90	11.99	10.82
9	2.65	2.42	3.30	0.00	0.00	0.00	2.64	0.00	0.00	0.00	3.30	0.00	0.00	2.42	2.64	1.29	17.23	10.82
8	2.90	3.23	3.25	3.34	2.98	0.00	2.21	0.00	3.04	2.07	3.25	3.34	0.00	3.23	2.21	2.34	31.14	10.82
7	3.29	4.46	3.47	3.47	3.17	2.80	3.37	2.84	3.69	3.51	3.47	3.47	2.80	4.46	3.37	3.44	45.90	10.82
6	4.15	4.33	2.82	3.77	3.86	2.84	3.40	3.66	4.49	3.99	2.82	3.77	2.84	4.33	3.40	3.63	48.40	10.82
5	2.99	3.65	4.10	4.57	4.24	3.35	4.18	4.16	3.86	5.00	4.10	4.57	3.35	3.65	4.18	4.00	53.28	10.82
4	2.88	2.16	3.33	3.67	4.17	1.89	4.27	4.26	2.91	4.07	3.33	3.67	1.89	2.16	4.27	3.26	43.49	10.82
3	2.77	2.91	3.43	3.46	4.68	1.45	2.87	2.77	2.86	2.05	3.43	3.46	1.45	2.91	2.87	2.89	38.53	10.82
2	0.00	2.83	2.73	3.15	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.73	3.15	0.00	2.83	0.00	1.34	17.87	10.82
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.82
CL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.82
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.82
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	2.32	10.82
3	2.11	0.00	0.00	0.00	0.00	2.98	2.74	2.62	3.86	2.63	0.00	0.00	2.98	0.00	2.74	1.51	20.14	10.82
4	3.25	2.72	2.09	0.00	4.08	3.96	4.49	2.99	4.61	3.33	2.09	0.00	3.96	2.72	4.49	2.98	39.79	10.82
5	3.91	4.47	4.03	3.59	3.16	4.45	4.78	3.66	3.93	2.03	4.03	3.59	4.45	4.47	4.78	3.96	52.74	10.82
6	3.08	4.33	3.46	4.92	4.14	3.01	5.13	3.98	2.62	2.15	3.46	4.92	3.01	4.33	5.13	3.84	51.23	10.82
7	3.20	3.76	4.30	4.20	3.46	2.27	3.52	3.09	2.63	2.65	4.30	4.20	2.27	3.76	3.52	3.41	45.44	10.82
8	2.63	3.24	3.38	3.45	3.08	0.00	2.57	0.00	2.96	0.00	3.38	3.45	0.00	3.24	2.57	2.26	30.17	10.82
9	0.00	0.00	2.65	0.00	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	7.16	10.82
10	2.81	2.83	2.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.71	0.00	0.00	2.83	0.00	0.93	12.34	10.82

Table 15: Result of the field test of DAP fertilizer operates with large diffuser and raise tube up 30 degree on traveling test at 5 km/hr to observe density of fertilizer (gram/m²)

DAP fertilizer on field test

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	Avg	transfrom	require	
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50
8	2.76	0.00	2.64	2.53	3.22	2.64	2.94	2.99	2.87	3.23	2.89	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	25.51	7.50	
7	2.91	0.00	3.05	3.35	2.16	3.08	3.08	3.05	2.59	2.17	2.64	0.00	3.30	3.53	3.46	2.56	34.08	7.50	
6	3.42	3.45	2.97	3.58	3.82	3.41	3.27	3.02	2.81	3.53	3.49	3.95	2.47	3.15	3.46	3.32	44.27	7.50	
5	3.87	3.95	3.93	3.74	3.41	3.92	2.35	3.52	2.81	3.17	3.50	3.70	3.86	3.47	2.52	3.45	45.96	7.50	
4	3.22	3.79	3.11	3.02	3.46	2.93	2.78	2.70	3.22	3.47	3.66	3.74	3.11	3.46	2.25	3.19	42.59	7.50	
3	2.77	2.84	2.86	0.00	2.76	2.83	2.80	2.71	3.12	2.76	2.49	2.84	2.87	3.50	2.46	2.64	35.19	7.50	
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	
CL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	2.37	7.50	
2	2.58	0.00	0.00	0.00	3.51	2.36	2.51	2.10	3.27	3.51	2.15	2.41	3.42	3.12	3.57	2.30	30.68	7.50	
3	2.87	2.79	0.00	2.69	2.77	2.02	2.79	2.71	3.04	2.77	2.70	2.88	3.25	3.15	3.23	2.64	35.25	7.50	
4	3.12	2.89	3.83	3.25	3.41	3.38	3.35	3.25	2.66	3.45	3.47	2.95	3.65	3.67	3.57	3.33	44.35	7.50	
5	3.01	3.27	2.97	3.71	3.58	2.27	3.31	3.01	2.76	3.57	3.67	3.27	2.11	3.25	3.46	3.15	41.96	7.50	
6	3.52	3.60	2.85	3.25	3.32	2.99	2.82	3.56	2.92	3.23	3.03	3.56	2.55	3.11	2.48	3.12	41.58	7.50	
7	3.02	3.19	2.95	3.40	3.23	3.31	3.04	3.56	2.31	3.57	3.63	3.25	2.70	3.60	2.46	3.15	41.97	7.50	
8	3.01	2.91	2.75	2.88	2.96	2.60	2.54	3.05	2.65	2.99	3.15	3.79	2.55	3.55	2.95	2.96	39.40	7.50	
9	0.00	2.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	2.44	7.50	
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	

Table 16: Result of the field test of KCl fertilizer operates with large diffuser and raise tube up 30 degree on traveling test at 5 km/hr to observe density of fertilizer (gram/m²)

KCl fertilizer on field test

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	Avg	transfrom	require
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00
7	0.62	0.00	0.00	0.00	2.81	0.87	0.00	0.00	0.00	2.00	1.24	0.00	0.00	0.00	2.56	0.67	8.97	20.00
6	1.88	0.00	0.00	0.00	2.77	2.00	0.00	2.26	0.00	2.95	2.65	2.59	2.16	0.00	2.50	1.45	19.33	20.00
5	3.57	2.82	2.19	2.98	2.96	2.98	2.69	3.13	2.73	3.01	3.22	3.59	3.16	3.02	2.54	2.97	39.62	20.00
4	3.09	4.15	3.38	3.25	4.19	3.52	3.85	3.45	3.36	3.97	3.91	4.98	3.96	3.10	3.99	3.74	49.90	20.00
3	2.08	5.31	3.61	4.63	1.22	3.09	5.00	3.95	4.96	2.00	1.95	3.52	3.54	4.53	2.36	3.45	46.02	20.00
2	3.32	3.35	3.79	7.27	2.21	2.90	3.41	4.67	6.53	2.07	0.00	4.25	5.96	6.57	1.97	3.88	51.80	20.00
1	0.00	0.00	5.48	0.00	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	7.54	20.00
CL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.24	0.08	1.10	20.00
2	0.00	0.00	0.00	8.96	4.48	0.00	0.00	3.76	8.31	4.14	0.00	0.00	3.89	7.95	4.17	3.04	40.59	20.00
3	0.00	2.28	4.19	6.68	5.99	0.00	0.00	5.53	6.54	6.12	3.85	0.00	5.26	6.81	5.76	3.93	52.47	20.00
4	3.49	3.49	5.89	3.89	1.28	3.53	3.65	4.96	4.35	1.96	3.14	4.06	4.96	3.68	3.58	3.73	49.70	20.00
5	2.97	3.28	4.20	3.98	3.72	2.63	3.40	2.57	3.76	3.26	3.12	2.97	2.65	3.55	3.84	3.33	44.36	20.00
6	3.23	3.13	3.02	0.00	0.00	3.15	3.21	3.20	2.95	0.00	3.52	2.98	3.15	0.00	3.03	2.31	30.73	20.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	2.67	20.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00

Table 17: Result of the field test of Mg+Bo fertilizer operates with large diffuser and raise tube up 30 degree on traveling test at 5 km/hr to observe density of fertilizer (gram/m²)

Mg+Bo fertilizer on field test

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	Avg	transfrom	require
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
3	2.13	2.14	2.95	2.14	2.67	2.51	2.14	2.13	2.95	2.14	2.51	2.14	2.13	2.95	2.79	2.43	32.37	5.41
2	2.11	2.56	2.58	2.56	2.47	2.66	2.56	2.11	2.58	2.56	2.66	2.55	2.11	2.58	2.56	2.48	33.07	5.41
1	2.63	2.49	2.70	2.49	2.46	2.16	2.49	2.63	2.70	2.49	2.16	2.51	2.63	2.65	2.47	2.51	33.46	5.41
CL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
4	2.23	2.12	2.00	2.12	2.35	2.69	2.12	2.23	2.00	2.12	2.69	2.12	2.34	2.03	2.12	2.22	29.54	5.41
5	2.35	2.14	2.11	2.14	2.54	2.52	2.14	2.35	2.11	2.14	2.52	2.14	2.60	2.11	2.14	2.27	30.28	5.41
6	2.98	2.49	2.57	2.49	2.78	2.55	2.49	2.98	2.57	2.49	2.03	2.62	2.15	2.57	2.49	2.55	33.99	5.41
7	2.45	2.55	2.35	2.55	2.58	2.15	2.55	2.45	2.35	2.55	2.10	2.55	2.34	2.02	2.55	2.40	32.06	5.41
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41

Table 18: Result of the field test of Mixed fertilizer operates with large diffuser and raise tube up 30 degree on traveling test at 5 km/hr to observe density of fertilizer (gram/m²)

Mixed fertilizer on field test

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	Avg	transfrom	require	
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.8
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.8
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.8
7	0.00	0.00	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	2.73	0.00	0.00	0.55	7.29		43.8
6	0.00	0.00	3.06	0.00	0.00	0.00	0.00	3.06	0.00	3.22	0.00	0.00	3.06	0.00	0.00	0.83	11.01		43.8
5	3.04	2.73	3.61	3.24	2.73	3.04	2.74	3.65	3.28	3.47	3.04	2.73	3.69	3.28	2.73	3.13	41.77		43.8
4	4.12	3.49	3.96	3.16	3.49	4.12	3.49	3.96	3.16	3.41	4.12	3.49	3.96	3.16	3.49	3.64	48.49		43.8
3	6.03	4.88	4.12	3.14	4.88	6.03	4.88	4.11	3.19	2.92	6.03	4.88	4.11	3.19	4.88	4.48	59.77		43.8
2	6.25	6.21	6.55	2.73	6.21	6.25	6.23	6.55	2.73	0.00	6.25	6.21	6.58	2.73	6.21	5.18	69.06		43.8
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.8
CL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.8
1	2.07	0.00	0.00	3.74	0.00	2.08	0.00	0.00	3.74	2.04	2.08	0.00	0.00	3.74	0.00	1.30	17.33		43.8
2	5.66	8.98	4.32	3.90	8.98	5.66	8.98	4.32	3.90	5.22	5.66	8.98	4.32	3.90	8.98	6.12	81.56		43.8
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.8
4	5.88	4.55	5.69	3.47	4.55	5.88	4.55	5.35	3.47	5.05	5.88	4.55	5.35	3.47	4.55	4.82	64.21		43.8
5	3.48	5.51	3.78	3.10	5.51	3.48	5.51	3.78	3.10	4.98	3.48	5.51	3.78	3.10	5.51	4.24	56.54		43.8
6	2.76	0.00	2.90	3.11	0.00	2.76	0.00	2.85	3.11	2.85	2.76	0.00	2.85	3.11	0.00	1.94	25.84		43.8
7	2.76	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	7.39		43.8
8	2.89	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	7.72		43.8
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.8
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.8