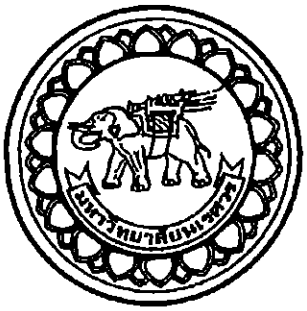


เครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

MACHINE FOR FERTILIZER AID IN CONVERTING WATERMELON

นางสาวเสาวภาคย์ เทียนสว่าง รหัส 50360388

นางสาวนิรันตรี ทองดี รหัส 50361521

1551895 4

ม.

ส943ค

2553

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่รับ 10 ก.ค. 2554

เลขทะเบียน 1551895 4

เลขเรียกหนังสือ ม.ส.

มหาวิทยาลัยนเรศวร ส943ค 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวเสาวภาคย์	เทียนสว่าง	รหัส 50360388
	นางสาวนิรันตรี	ทองดี	รหัส 50361521
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์ธนา	บุญฤทธิ์	
ที่ปรึกษาร่วม	ครูช่างประเทือง	โมรารายย	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2553		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์ธนา บุญฤทธิ์)

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์พิสุทธิ์ อภิชยกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ
(อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวเสาวภาคย์	เทียนสว่าง	รหัส 50360388
	นางสาวนิรันตรี	ทองดี	รหัส 50361521
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์ธนา	บุญฤทธิ์	
ที่ปรึกษาร่วม	ครูช่างประเทือง	โมรารายย	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2553		

.....

บทคัดย่อ

เครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมที่สร้างขึ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการออกแบบและสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมมาช่วยลดขั้นตอนและแรงงานคนในการใส่ปุ๋ย ทำให้การทำงานสะดวกมากยิ่งขึ้น ใส่ปุ๋ยได้เร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยแบบวิธีเดิม แล้วยังเป็นการช่วยลดต้นทุนในการใส่ปุ๋ยให้กับเกษตรกรรายย่อยที่มีงบน้อยในการลงทุนจ้างคนมาช่วยในการใส่ปุ๋ยซึ่งเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมที่สร้างขึ้นมีขนาดเล็ก กะทัดรัด เหมาะสมต่อการใช้งาน จากการทดลองครั้งนี้ได้ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า เครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมสามารถใช้คน 1 คน เจาะหลุมได้ความลึกไม่ต่ำกว่า 5 เซนติเมตรโดยมีตัวค้ำยันเป็นตัวช่วยบอกตำแหน่งความลึกในการเจาะและใส่ปุ๋ยภายในครั้งเดียวกันได้ โดยสามารถใส่ปุ๋ยในปริมาณที่ใกล้เคียงกันทุกหลุม โดยสามารถปรับปริมาณปุ๋ยโดยใช้ตัวปรับปริมาตรในช่องใส่ปุ๋ย โดยปริมาณปุ๋ยที่ใส่จะอยู่ที่ 10, 20 และ 30 กรัม/หลุม ใน 1 วันสามารถใส่ปุ๋ยได้ 2,880 หลุม/วัน เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยแบบวิธีเดิมที่สามารถใส่ปุ๋ยได้ 1,200 หลุม/วัน จะเห็นได้ว่าเครื่องใส่ปุ๋ยสามารถใส่ปุ๋ยได้จำนวนหลุมมากกว่าการใส่ปุ๋ยแบบเดิม 58 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีให้แก่เกษตรกรไร่แตงโม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอแสดงความขอบคุณบุคคล หน่วยงาน และสถาบันที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้การจัดทำโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ทำให้ได้มีโอกาสในการดำเนินโครงการนี้

ขอขอบพระคุณ อ.ธนา บุญฤทธิ์ ที่ได้ให้แนวคิด ช่วยแก้ปัญหา ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการดำเนินโครงการที่เกิดขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณยรรยงค์ ค้ำจุน ที่ได้ให้คำแนะนำและแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม ให้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และเพื่อนๆ ที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่คณะผู้ดำเนินโครงการตลอดมา ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้ดำเนินโครงงาน
นางสาวเสาวภาคย์ เทียนสว่าง
นางสาวนิรันตรี ทองดี

เมษายน 2554

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญรูป.....ช

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output).....1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome).....1
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน.....1
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน.....2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน.....2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน.....2
1.9 แผนการดำเนินโครงการ (Gantt Chart).....3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....4
2.1 แตงโม.....4
2.2 ปุ๋ย.....6
2.3 วิธีการใส่ปุ๋ย.....8
2.4 ดิน.....9
2.5 หลักการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม.....10
2.6 ชุดเครื่องใส่ปุ๋ย.....10
2.7 การลดความสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS.....12
2.8 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์.....12
2.9 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.....14
2.10 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์.....16
2.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ (ONE-WAY ANOVA).....17
2.12 การหาค่าจากการสุ่ม.....19
2.13 การหาค่าความคาดเคลื่อน.....19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 20
3.1 ศึกษารายละเอียดวิธีการใส่ปุ๋ยและศึกษาหลักการทำงานในแปลงปลูกแตงโม 20
3.2 การออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม 20
3.3 จัดหาวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ และทำการผลิตชิ้นส่วนตามที่ได้ออกแบบไว้ 21
3.4 ทำการสร้างโดยผลิตชิ้นส่วนแต่ละส่วน 21
3.5 ทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม 21
3.6 ทดสอบระบบการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม 22
3.7 ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่ผิดพลาด 22
3.8 การทดสอบเชิงสถิติ 23
3.9 สรุปผลการทำโครงงานวิจัยและเสนอโครงงานวิจัย 24

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ 25
4.1 การออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม 25
4.2 จัดหาวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ 28
4.3 ทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม 28
4.4 การทดสอบเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม 29
4.5 ผลการทดสอบ 31
4.6 ทำการทดสอบเชิงสถิติการเปลี่ยนคนที่ใช้เครื่องไม่มีผลต่อการกำหนดปริมาณและการปล่อยปุ๋ยของเครื่องใส่ปุ๋ย 35
4.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 37
4.8 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ 41

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 44
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 44
5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการดำเนินงาน การประเมินผลหลังการปรับปรุงและการแก้ไข 44
5.3 ข้อเสนอแนะ 46

เอกสารอ้างอิง 47
ภาคผนวก ก 48
ภาคผนวก ข 54
ภาคผนวก ค 57
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ 68

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงแผนการดำเนินโครงการ 3

2.1 ตารางการทดลองประเภทวิเคราะห์ปัจจัยทางเดียว 17

2.2 ตาราง ONE-WAY ANOVA 18

3.1 แสดงการทดลองสมมุติฐาน 23

4.1 ผลการทดสอบการปล่อยปุ๋ย 31

4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างปริมาณการตวงปุ๋ยแบบเดิม และปริมาณการตวงโดยใช้เครื่อง เทียบกับปริมาณมาตรฐาน 32

4.3 แสดงผลการทดลองการเจาะหลุมใส่ปุ๋ย 33

4.4 ตารางการทดลองที่ปริมาณปุ๋ย 30 กรัม 35

4.5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับปริมาณปุ๋ยจากการใส่ 36

4.6 ต้นทุนการสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม 37

4.7 แสดงการคิดจุดคุ้มทุนของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม 39

4.8 แสดงผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม 40

4.9 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม 42

5.1 ผลการทดสอบการปล่อยปุ๋ย 45

5.2 แสดงผลการทดลองการเจาะหลุมใส่ปุ๋ย 45

5.3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับปริมาณปุ๋ยจากการใส่ 45

ข.1 อัตราการใส่ปุ๋ยแบบเดิมกับแบบใช้เครื่องใส่ปุ๋ย 55

ข.2 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนวันใส่ปุ๋ยโดยเฉลี่ย (ปัดเศษขึ้นเนื่องจากจ้างเต็มวัน) และค่าแรงงานใส่ปุ๋ยแบบเดิมกับการใช้เครื่องใส่ปุ๋ย 55

ข.3 ตารางค่าความคลาดเคลื่อน 56

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ภาพแตงโมพันธุ์เบา 4
2.2 ภาพแตงโมพันธุ์หนัก 4
2.3 ภาพพันธุ์แตงโมเหลือง 5
2.4 ภาพการปลูกแตงโมแบบร่องเดี่ยว 6
2.5 ภาพการปลูกแตงโมแบบร่องคู่ 6
2.6 ภาพปุ๋ยสูตร 13-13-21 7
2.7 ภาพการใส่ปุ๋ยแตงโม 9
2.8 หลักการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม 10
2.9 เครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม 10
4.1 แสดงตัวหลักเครื่องใส่ปุ๋ย 25
4.2 ส่วนของตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย 26
4.3 แสดงบริเวณปากของเครื่อง 26
4.4 แสดงด้ามส่งกำลัง 27
4.5 แสดงสปริงดันและสปริงดึง 27
4.6 ตัวปรับปริมาณปุ๋ยของเครื่อง 28
4.7 แสดงชิ้นส่วนก่อนประกอบและแสดงเครื่องใส่ปุ๋ยเมื่อประกอบเสร็จแล้ว 29
4.8 แสดงการปรับระดับปริมาณปุ๋ยโดยใช้ยางพลาสติก 29
4.9 แสดงการต่อพ่วงเครื่องกับถังบรรจุปุ๋ย 30
4.10 แสดงการทดลองปล่อยปุ๋ย 30
4.11 แสดงการชั่งน้ำหนักปุ๋ย โดยใช้มือแบบเดิม และใช้เครื่องใส่ปุ๋ย 33
4.12 แสดงการการทดลองการเจาะหลุมใส่ปุ๋ย 34
4.13 แสดงการทดลองใส่ปุ๋ยในไร่แตงโม 35
4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ปี) กับระยะเวลาคืนทุน (ปี) 40
4.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ (ไร่) กับระยะเวลาคืนทุน (ปี) 41
ก.1 คู่มือการใช้งานและวิธีการบำรุงรักษาเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม 49
ค.1 งานเขียนแบบเครื่องใส่ปุ๋ย 3 มิติ 58
ค.2 งานเขียนแบบส่วนตัวด้ามเครื่อง 59
ค.3 งานเขียนแบบชุดส่งกำลัง 1 61
ค.4 งานเขียนแบบชุดส่งกำลัง 2 62
ค.5 งานเขียนแบบส่วนตัวกำหนดปริมาณ 63
ค.6 งานเขียนแบบด้ามจับ 64
ค.7 งานเขียนแบบปากเปิด - ปิด 65
ค.8 งานเขียนแบบตัวกำหนดปริมาณ 10 กรัม 66
ค.9 งานเขียนแบบตัวกำหนดปริมาณ 20 กรัม 67

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำโครงงาน

ปัจจุบันการทำการเกษตรได้มีการพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ มากขึ้น เพื่อนำมาช่วยเป็นเครื่องทุ่นแรง หรือลดจำนวนแรงงาน เพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานรวมถึงสามารถปฏิบัติงานได้ง่ายขึ้น ทางผู้จัดทำโครงงานจึงเกิดแนวคิดในการทำเครื่องมือที่ใช้ในการทำการเกษตร โดยเลือกทำเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม และได้ทำการหาข้อมูลเกี่ยวกับการใส่ปุ๋ยแตงโม พบว่า การใส่ปุ๋ยเสริม หลังจากการปลูกแตงโม ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการใส่ปุ๋ยอยู่ 2 วิธี คือ แบบหว่านปุ๋ยลงในร่องน้ำและแบบใส่ปุ๋ยไว้ใต้ผิวดินเป็นกลุ่มๆ โดยวิธีการใส่ปุ๋ยแบบหว่าน จะทำให้ปุ๋ยละลายไปกับน้ำซึ่งจะทำให้ต้นแตงโมไม่ได้ปุ๋ยเต็มที่ ส่วนแบบใส่ปุ๋ยไว้ใต้ผิวดินเป็นกลุ่มๆ จะทำให้ต้นแตงโมได้รับปุ๋ยได้เต็มที่และปุ๋ยจะอยู่ได้นานกว่า ผู้จัดทำโครงงานเลือกวิธีการใส่ปุ๋ยไว้ใต้ผิวดินเป็นกลุ่มๆ ซึ่งวิธีการใส่ปุ๋ยไว้ใต้ผิวดินเป็นกลุ่มๆ นั้นจะต้องทำการใส่ปุ๋ย โดยจะเริ่มเจาะผิวดินให้เป็นหลุมก่อน และจากนั้นจะตวงปุ๋ยใส่ในหลุมที่เจาะไว้ ดังนั้นผู้จัดทำโครงงานจึงคิดที่จะลดแรงงานคนให้สามารถเจาะหลุมและใส่ปุ๋ยให้เสร็จได้เพียงคนเดียว จึงสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยแตงโมขึ้นมา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

1.2.2 เพื่อลดขั้นตอน และแรงงานที่ต้องใช้ในการทำงาน

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ได้เครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

1.4.1 สามารถใช้คน 1 คน เจาะหลุมได้ความลึกไม่ต่ำกว่า 5 เซนติเมตรและใส่ปุ๋ยภายในครั้งเดียวกันได้

1.4.2 สามารถใส่ปุ๋ยในปริมาณที่เท่ากันทุกหลุมโดยสามารถปรับปริมาณปุ๋ยที่ต้องการใส่ได้ตามปริมาณที่ต้องการ โดยปริมาณจะอยู่ระหว่าง 10, 20 และ 30 กรัม

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 ใช้เฉพาะไร่แตงโมที่ทำเป็นร่องคู่

1.5.2 ใช้งานกับร่องแตงโมที่มีการให้น้ำแล้ว

1.5.3 ใช้ปรับปริมาณปุ๋ยได้ตั้งแต่ 10, 20 และ 30 กรัม

1.5.4 ใช้เจาะหลุมที่มีความลึกตั้งแต่ 5 เซนติเมตรขึ้นไป

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

วันที่ 1 กรกฎาคม 2553 – วันที่ 31 มกราคม 2554

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

1.8.1 การวางแผน (Plan)

1.8.1.1 จัดทำแผนการดำเนินงาน

1.8.1.2 ศึกษารายละเอียดเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

1.8.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Do)

1.8.2.1 ออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

1.8.2.2 จัดหาวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ

1.8.2.3 ทำการผลิตชิ้นส่วนตามที่ได้ออกแบบไว้แล้ว

1.8.2.4 ทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

1.8.3 ขั้นตอนการตรวจสอบ (Check)

1.8.3.1 ทดสอบระบบการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

1.8.3.2 ออกแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องใส่ปุ๋ย โดยเกษตรกรไร่แตงโม บ้านนาป่าคาย ต.ป่าคาย อ.ทองแสงขัน จ.อุตรดิตถ์

1.8.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Action)

หลังจากทำการทดสอบเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมแล้ว หากเกิดข้อผิดพลาดหรือปัญหาขึ้น เช่น เจาะหลุมไม่ได้ตามความลึกที่กำหนด และปรับปริมาณปุ๋ยไม่ได้ตามที่กำหนด จึงนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง

1.8.5 ขั้นตอนการกำหนดเป็นมาตรฐานในการใช้งาน

จัดทำคู่มือการใช้งานเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

1.8.6 สรุปผลการทำโครงการวิจัยและเสนอโครงงานวิจัย

1.9 แผนการดำเนินโครงการ (Gantt Chart)

ตารางที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินโครงการ

ลำดับ	การดำเนินงาน	2553						2554			
		ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1	ศึกษารายละเอียดวิธีการใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมและศึกษาหลักการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม	◄	─	─	─►						
2	ออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม				◄	─►					
3	จัดหาวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ และทำการผลิตชิ้นส่วนตามที่ได้ออกแบบไว้แล้ว					◄	─	─►			
4	ทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม						◄	─	─►		
5	ทดสอบระบบการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม							◄	─	─►	
6	ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่ผิดพลาด								◄	─	─►
7	สรุปผลการทำโครงการวิจัยและเสนอโครงงานวิจัย									◄	─►

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 แตงโม

แตงโมเป็นผักตระกูลแตง ที่คนไทยรู้จักบริโภคกันมานานแล้ว นิยมใช้ผลรับประทาน ส่วนของผลอ่อนยอดอ่อน ยังใช้ในการปรุงอาหารได้หลายอย่าง การปลูกแตงโม จะมีผลมากที่สุดในปลายเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนธันวาคม โดยจะเป็นแตงโมตามฤดูกาล แตงโมปลูกได้ดีในดินร่วนปนทรายทั่วทุกภาคของประเทศ สภาพความเป็นกรดด่างของดินที่ pH ระหว่าง 5.5 – 6.8 สภาพแปลงปลูกควรระบายน้ำได้ดี

2.1.1 พันธุ์แตงโม

2.1.1.1 พันธุ์เบา

พันธุ์เบา ที่รู้จักกันโดยทั่วไป คือ พันธุ์ชูการ์เบบี้ มีผลกลม**สีเขียวคล้ำ** อายุเก็บเกี่ยว 65 วัน นับจากวันที่งอก

รูปที่ 2.1 ภาพแตงโมพันธุ์เบา
ที่มา : http://www.matichon.co.th

2.1.1.2 พันธุ์หนัก

พันธุ์หนัก คือ พันธุ์ชาร์ลสตันเกรย์ ผลสีเขียวอ่อน มีลายที่ผิวผล ผลกลมยาว ขนาดใหญ่ อายุเก็บเกี่ยว 85 วัน นับจากวันงอก

รูปที่ 2.2 ภาพแตงโมพันธุ์หนัก

ที่มา : http://www.phkaset.com/wizContent.asp?wizConID=117&txtmMenu_ID=7

2.1.1.3 พันธุ์แตงโมเหลือง

พันธุ์แตงโมเหลือง คือ พันธุ์ลูกผสม เนื้อสีเหลือง ผลกลมสีเขียวอ่อนลายเขียวเข้ม อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 70 - 75 วัน (คณะอาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534)

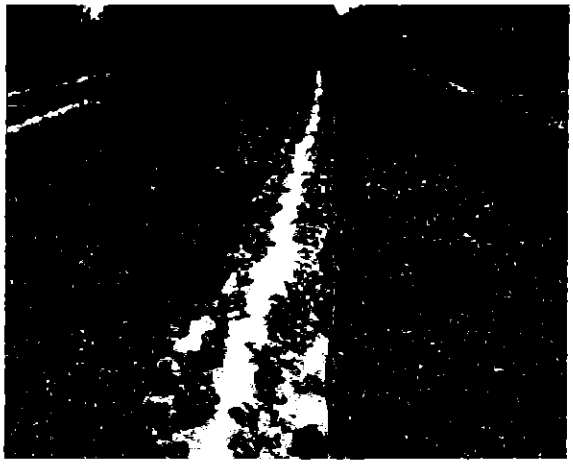
รูปที่ 2.3 ภาพพันธุ์แตงโมเหลือง

ที่มา : http://www.udon108.com/board/index.php?topic=23425.0

2.1.2 การทำร่องแตงโม

2.1.2.1 การเลือกทำแตงโมร่องเดี่ยว

การเลือกทำแตงโมร่องเดี่ยว คือ การปลูกแตงโมแบบร่องเดียว มีการให้น้ำแตงโมบนกลางร่อง ใช้สายยางพลาสติกวางตรงกลางร่อง แล้วคลุมด้วยพลาสติก เพื่อป้องกันความชื้นและวัชพืช



รูปที่ 2.4 ภาพการปลูกแตงโมแบบร่องเดี่ยว
ที่มา : http://www.kasettoday.com/kasetboard/index.php?topic=128.0

2.1.2.2 การเลือกทำแตงโมร่องคู่

การเลือกทำแตงโมร่องคู่ คือ การปลูกแตงโมโดยมีการยกร่องแตงโม 2 ร่องให้อยู่คู่กันมีการแหวกร่องระหว่างร่องแตงระหว่างร่องคู่ประมาณ 30 เซนติเมตร และมีการปล่อยน้ำเข้ามาตรงกลางระหว่างร่อง

รูปที่ 2.5 ภาพการปลูกแตงโมแบบร่องคู่

2.2 ปุ๋ย

2.2.1 การจำแนกปุ๋ยโดยถือเอาที่มาหรือแหล่งกำเนิดเป็นหลัก

สามารถแบ่งปุ๋ยออกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

2.2.1.1 ปุ๋ยธรรมชาติ (natural fertilizer หรือ non-synthetic fertilizer)

ได้แก่ปุ๋ยที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น guano saltpeter rock phosphate ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด ฯลฯ เป็นต้น

2.2.1.2 ปุ๋ยเคมี (chemical fertilizer)

ได้แก่ปุ๋ยที่สังเคราะห์ขึ้นโดยขบวนการทางเคมีจากวัสดุที่เป็นอนินทรีย์สารชนิดต่างๆ เช่น ปุ๋ยแอมโมเนีย ซัลเฟต ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต ฯลฯ เป็นต้น

ปุ๋ยเม็ด (granular) คือ ปุ๋ยเดี่ยวบางชนิด เช่น ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยซูเปอร์ซัลเฟต และปุ๋ยผสมสูตรต่างๆ แต่ที่เกษตรกรนิยมใช้กันมาก คือ ปุ๋ยที่มีลักษณะทางกายภาพจัดอยู่ในประเภทปุ๋ยเม็ด (granular) หรือเรียกว่า ปุ๋ยปั้นเม็ด (granulated fertilizer) ซึ่งผลิตโดยกระบวนการปั้น โดย

ก. ปั้นเม็ดโดยใช้น้ำ

ข. ปั้นเม็ดในขณะที่แม่ปุ๋ยส่วนผสมยังอยู่ในสภาพหลอมเหลว

ค. ปั้นเม็ดโดยขบวนการทางเคมี

ปุ๋ยเม็ดที่ผลิตออกมาส่วนใหญ่จะมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 1 - 3.36 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในประเทศไทยปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยผสมสูตรต่างๆ ที่นิยมใช้ เช่น ปุ๋ยสูตร 13-13-21, 16-16-8, 18-12-6 และ 15-15-15 ฯลฯ เป็นต้น

2.2.2 สมบัติของปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีชนิดของแข็งที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปนั้น สมบัติของปุ๋ยเคมีที่จะเป็นเครื่องชี้บ่งถึงคุณภาพที่สำคัญ ได้แก่

2.2.2.1 สมบัติทางกายภาพของตัวปุ๋ยที่เห็นได้จากภายนอก และโดยการสัมผัสหรือโดยการทดสอบโดยวิธีการต่างๆ

2.2.2.2 สมบัติทางเคมีของปุ๋ยและผลกระทบหลังจากใส่ลงดินต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

2.2.2.3 สมบัติในการปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

รูปที่ 2.6 ภาพปุ๋ยสูตร 13-13-21

2.3 วิธีการใส่ปุ๋ย

จะมีวิธีการใส่ปุ๋ย แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

2.3.1 การใส่ปุ๋ยแบบหว่าน

2.3.1.1 เมื่อต้องการใส่ปุ๋ยเคมีให้กับพืชที่ปลูกแบบหว่านหรือปลูกแบบไม่เป็นแถวเป็นแนวและเป็นพืชที่ปลูกแล้วและขึ้นอยู่แล้วในไร่นาพืชปลูกที่มีระบบรากฝอยแพร่กระจายอยู่ทั่วไปหมดบนดินชั้นบน เช่น หญ้าสนามและหญ้าเลี้ยงสัตว์ ฯลฯ เป็นต้น

2.3.1.2 พืชปลูกที่มีระบบรากฝอยแพร่กระจายอยู่ทั่วไปหมดบนหน้าดินชั้นบน เช่น หญ้าสนามและหญ้าเลี้ยงสัตว์ ฯลฯ เป็นต้น

2.3.1.3 เมื่อดินมีระดับธาตุอาหารพืชเพียงพออยู่แล้ว แต่เป็นการใส่ปุ๋ยลงไปเพื่อชดเชยส่วนที่สูญเสียไปโดยพืชที่ปลูกดึงดูดไปใช้เท่านั้น

2.3.1.4 เมื่อปุ๋ยมีราคาถูกและต้องการใส่ให้กับพืชในอัตราที่สูงมาก

2.3.1.5 เมื่อปุ๋ยที่ใส่เป็นปุ๋ยประเภทไนโตรเจนหรือโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ง่าย

2.3.1.6 เมื่อปุ๋ยที่ใส่เป็นปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้น้อย เช่น ปุ๋ยหินฟอสเฟต

2.3.1.7 เหมาะสำหรับดินที่มีเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย ดินร่วนปนทราย

2.3.2 การใส่ปุ๋ยแบบเฉพาะจุด หรือเป็นแถบ

2.3.2.1 เหมาะสมสำหรับปุ๋ยเคมีที่มีการเคลื่อนย้ายในดินน้อย เช่น ปุ๋ยฟอสเฟต

2.3.2.2 เหมาะสมสำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถวเป็นแนว เพราะการใส่ปุ๋ยแบบเป็นแถบสามารถทำได้สะดวก

2.3.2.3 เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมที่ละลายน้ำง่าย

2.3.2.4 เมื่อพืชที่ปลูกมีระบบรากจำกัดหรือไม่แพร่กระจายทั่วไปในชั้นดินบน

2.3.2.5 เมื่อดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก

2.3.3 การใส่ปุ๋ยทางใบ

2.3.3.1 เมื่อเกิดกรณีที่พืชแสดงอาการขาดธาตุอาหารและจะเป็นการช้าเกินไปถ้าจะให้แต่ปุ๋ยทางดินเท่านั้น เช่น เมื่อรากเสียหรือเพิ่งเริ่มย้ายปลูก

2.3.3.2 เมื่อเกิดกรณีที่พืชแสดงอาการขาดธาตุอาหารเสริม และในขณะเดียวกันมีปัญหาเกี่ยวกับสมบัติของดินบางประการ เช่น ดินอาจเป็นดินด่างที่สมบัติตรึงเหล็กได้สูง

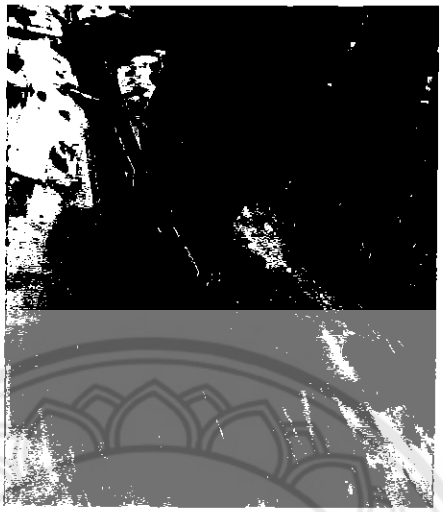
2.3.3.3 เป็นธาตุอาหารเสริมที่พืชต้องการเพียงเล็กน้อย

2.3.3.4 เมื่อจำเป็นต้องมีการฉีดยาป้องกันและกำจัดโรคและแมลงศัตรูอยู่แล้ว การใช้ปุ๋ยทางใบอาจใช้ผสมไปกับสารเคมีควบคุมศัตรูพืชพร้อมๆ กันไปก็ได้

2.3.3.5 เมื่อต้องการเสริมธาตุอาหารให้แก่พืชนอกจากที่พืชได้รับมาจากทางรากเท่านั้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

จากการเก็บข้อมูลเกษตรไร่แตงโมพบว่าการปลูกแตงโมส่วนใหญ่นิยมใส่ปุ๋ยโดยการหว่านหรือวางเป็นกระจุกบนหน้าผิวดิน แล้วรดน้ำให้ปุ๋ยละลายน้ำซึมลงไปสู่รากแตงโม ซึ่งการใส่ปุ๋ยดังกล่าวเป็นวิธีการที่ผิด ทำให้ต้องใช้ปริมาณปุ๋ยที่มาก ซึ่งธาตุฟอสฟอรัสจะไม่ลงไปสู่รากแตงโมเพราะธาตุฟอสฟอรัสจะไม่เคลื่อนย้ายจากผิวดินสู่รากแตงโมและธาตุฟอสฟอรัสยังเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อ

การเจริญเติบโตของแตงโมอีกด้วย ฉะนั้น การใส่ปุ๋ยเคมีจึงควรใส่ไว้ใต้ดินเป็นกลุ่มๆ เช่น ใส่รองก้นหลุมก่อนปลูก หรือใส่ไว้ใต้ผิวดินให้ห่างจากโคนต้นแตงโมประมาณ 20 เซนติเมตร ใส่เป็นกลุ่มเพื่อให้แตงโมจะได้รับปุ๋ยอย่างเต็มที่



รูปที่ 2.7 ภาพการใส่ปุ๋ยแตงโม

2.4 ดิน

2.4.1 ประเภทเนื้อดิน จะแบ่งย่อยออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ

2.4.1.1 กลุ่มดินเนื้อละเอียด (fine-text soils) แบ่งเป็น 5 ประเภท คือ

ก. ดินเหนียว (clay)

ข. ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay)

ค. ดินเหนียวปนทราย (sandy clay)

ง. ดินร่วนเหนียว (clay loam)

จ. ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam)

2.4.1.2 กลุ่มดินเนื้อปานกลาง (medium-textured soils) แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ

ก. ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam)

ข. ดินร่วน (loam)

ค. ดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam)

ง. ดินทรายแป้ง (silt)

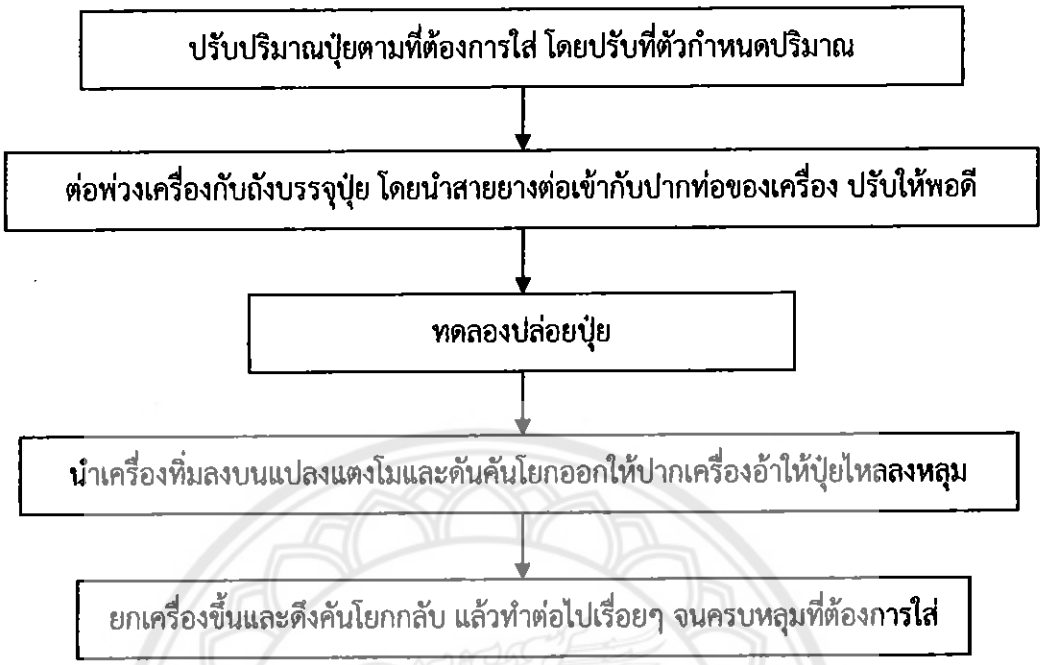
2.4.1.3 กลุ่มดินเนื้อหยาบ (coarse-textured soils) แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

ก. ดินทราย (sandy)

ข. ดินทรายร่วน (loamy sand)

ค. ดินร่วนทราย (sandy loam) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

2.5 หลักการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม



รูปที่ 2.8 หลักการทำงานของเครื่องช่วยใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

รูปที่ 2.9 เครื่องช่วยใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

2.6 ชุดเครื่องช่วยใส่ปุ๋ย

2.6.1 การเลือกใช้วัสดุ

เนื่องจากเป็นเครื่องทางการเกษตรควรเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง ทนต่อการกัดกร่อน มีราคาถูก และสามารถหาซื้อได้ง่าย

เหล็กกล้า (Steel) คือ เหล็กที่มีธาตุคาร์บอนเป็นส่วนผสมเช่นเดียวกับเหล็กดิบแต่ปริมาณคาร์บอนไม่สูงมากนัก คือ ไม่เกิน 2 เปอร์เซนต์คาร์บอน นอกจากนี้ยังต้องมีแร่ธาตุอื่นๆ ผสมในลักษณะของสารที่เจือปน เช่น แมงกานีส กำมะถัน ซิลิคอน และฟอสฟอรัส

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel) ซึ่งจะมีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.1 - 0.3 เปอร์เซ็นต์คาร์บอน ซึ่งเป็นเหล็กที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในท้องตลาดบางครั้งเรียกว่า เหล็กละมุน (Mild Steel) มีคุณสมบัติอ่อนสามารถตีขึ้นรูปและรีดเป็นแผ่นได้ง่าย เหล็กเส้นที่ใช้ในงานก่อสร้างชนิดนี้ไม่มีความแข็งแรงมากนัก แต่มีความเหนียว ดึงออกเป็นเส้น ตียืดออกเป็นแผ่นได้ดี ไม่สามารถทำให้แข็งได้ด้วยการอบชุบด้วยความร้อน (Heat Treatment) และสามารถเชื่อมได้ดีโดยใช้ลวดเชื่อมเหล็กเหนียวธรรมดา ใช้ประกอบเป็นฐานเครื่องมือการเกษตรได้ดี หาง่าย และราคาไม่แพง ถ้าเทียบกับเหล็กชนิดอื่นๆ (สุรสิทธิ์ แก้วพระอินทร์, 1991)

2.6.2 ชุดหัวเครื่อง

เป็นส่วนที่ต้องสัมผัสกับพื้นผิวดิน และกระทบกับหน้าดินเจาะลึกลงไปในดิน ซึ่งดินมีทั้งความแข็ง และชื้นอย่างมากในการเลือกใช้วัสดุจึงควรมีความแข็งแรง ทนต่อการกัดกร่อน เป็นสนิม และต้องสามารถเชื่อมต่อได้ดีอีกด้วย

2.6.2.1 ชุดตัวปากเครื่อง

เป็นส่วนที่ต้องเจาะหน้าดินลงไปให้เป็นหลุม เพื่อหยอดปุ๋ยจึงต้องมีลักษณะเป็นปลายแหลม และมีแผ่นปิดป้องกันดินเข้าสู่เครื่อง

2.6.3 ชุดตัวหลักของเครื่อง

เป็นส่วนโครงสร้างหลักของเครื่อง ซึ่งเป็นส่วนหลักให้ส่วนประกอบอื่นๆ มาเข้าประกอบด้วย ต้องมีความง่ายต่อการเชื่อมประกอบ แข็งแรง ทนทาน มีรูปร่างกะทัดรัด

2.6.4 ชุดของตัวกำหนดปริมาณของเครื่อง

ต้องสามารถใช้เป็นตัวรับปุ๋ยและกำหนดปริมาณได้ใกล้เคียงกัน ต้องมีความแข็งแรง ง่ายต่อการเชื่อมประกอบ

2.6.5 ชุดส่งกำลังของเครื่อง

2.6.5.1 คันโยก

เป็นส่วนที่สำคัญเพราะเป็นตัวส่งกำลังให้ปุ๋ยลงสู่หลุมได้โดยมีปริมาณใกล้เคียงกัน และส่งกำลังให้ปากเครื่องเปิดได้ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการทำงานของเครื่อง และต้องมีความแข็งแรง

2.6.5.2 สปริง

เป็นส่วนที่ช่วยให้ตัวส่งกำลังกลับสู่ตำแหน่งเดิม เพื่อรอรอบการทำงานในรอบต่อไป ซึ่งสปริงต้องให้ความยืดหยุ่นพอดีกับจังหวะกลไก การทำงานของตัวส่งกำลัง และต้องมีแรงที่พอดีเพื่อร่วมทำงานกับกลไกการทำงานของเครื่อง

2.6.6 สปริงดัน

สปริงดันเป็นลักษณะขดลวด ยืดหยุ่น เมื่อสปริงถูกดันให้หด สปริงดันจะทำหน้าที่ดันให้ยืดกลับตามเดิม ในเครื่องสปริงดันจะช่วยดันช่วยให้ปากเครื่องปิดลงมา ทำหน้าที่ผลักดันชุดที่ต่อพ่วงกับปากเครื่องดันกลับสู่ตำแหน่งเดิม

2.7 การลดความสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS

หลัก ECRS คือ เทคนิคการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในการทำงาน หลัก ECRS ประกอบไปด้วย

2.7.1 การกำจัด (Eliminate = E) ให้ดูว่ามีงานใดที่เราสามารถกำจัดทิ้งไปได้ ซึ่งหมายถึง เราต้องประเมินว่า ถ้าตัดทิ้งไปจะส่งผลอย่างไร หากเป็นเรื่องที่ไม่สำคัญ ก็สามารถตัดทิ้งไปได้หรือจะตัดอย่างอื่นที่เป็นอุปสรรคในการทำงานออกไปแทน

2.7.2 การรวม (Combine = C) ให้ดูว่าเราสามารถนำเรื่องมากกว่า 2 เรื่อง มารวมเป็นเรื่องเดียวกันได้หรือไม่ หรืออาจเป็นการรวมขั้นตอนหลายๆ ขั้นตอนเข้าเป็นขั้นตอนเดียวกัน เพื่อปรับให้ระบบงานกระชับและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.7.3 การจัดลำดับใหม่ (Rearrange = R) คือ การนำงานที่ทำอยู่มาจัดลำดับใหม่เพื่อให้เกิดความเหมาะสมทั้งในด้านเครื่องมือ เครื่องต่างๆ เป็นต้น เพื่อช่วยลดขั้นตอนการทำงานลง หรือลดขั้นตอนการขนย้ายชิ้นงานระหว่างผลิตหรือบริการ เป็นต้น

2.7.4 ทำให้ง่ายขึ้น (Simplify = S) วิธีนี้นับเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้การทำงานง่ายยิ่งขึ้น คือ พยายามปรับปรุงหาวิธีใหม่ที่ดีกว่าวิธีปัจจุบันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน

หลัก ECRS นี้สามารถนำไปใช้ในการทำงาน และยังสามารถปรับใช้เพื่อลดเวลาเรื่องที่ใกล้ตัว หรือเป็นเรื่องในชีวิตประจำวันอื่นๆ ที่ไม่ใช่เรื่องงานได้ด้วย เมื่อเรารู้จักประเมินการใช้เวลาในแต่ละเรื่อง และหาทางตัดทิ้ง รวมเข้าด้วยกัน ปรับเปลี่ยน หรือทำให้ง่ายขึ้น จะทำให้เราใช้เวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดเอาต์พุตเพิ่มขึ้นด้วย (รองศาสตราจารย์สุมล มาลาสิทธิ์, 2552)

2.8 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ดีย่อมเกิดจากกระบวนการผลิตที่ดี นักออกแบบควรคำนึงถึง หน้าที่การใช้สอย ความปลอดภัย ความแข็งแรง ความสะดวกสบายในการใช้ ความสวยงาม ราคา การซ่อมแซมง่ายวัสดุ และวิธีการผลิตและการขนส่ง ซึ่งจะส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดี ตามที่ต้องการได้ ซึ่งจะอธิบายดังต่อไปนี้

2.8.1 หน้าที่การใช้สอย (Function)

หน้าที่ใช้สอยถือเป็นหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญที่สุดเป็นอันดับแรกที่ต้องคำนึง ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ คือ สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสะดวกสบาย ผลิตภัณฑ์ถือว่ามีประโยชน์ใช้สอยดี แต่หากผลิตภัณฑ์ใดไม่สามารถสนองความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลิตภัณฑ์นั้นก็จะถือว่ามีประโยชน์ใช้สอยไม่ดีเท่าที่ควร

2.8.2 ความปลอดภัย (Safety)

สิ่งที่อำนวยประโยชน์ได้มากเพียงใด ย่อมจะมีโทษเพียงนั้น สิ่งต่างๆ มักจะเกิดจากการออกแบบควรคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ต้องแสดงเครื่องหมายไว้ให้ชัดเจน หรือมีคำอธิบายไว้ เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน

2.8.3 ความแข็งแรง (Construction)

ผลิตภัณฑ์จะต้องมีความแข็งแรงในตัวของผลิตภัณฑ์หรือโครงสร้างเป็นความเหมาะสมในการที่นักออกแบบรู้จักใช้คุณสมบัติของวัสดุและจำนวน หรือปริมาณของโครงสร้าง ในกรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่จะต้องมีการรับน้ำหนัก เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ต้องเข้าใจหลักโครงสร้างและการรับน้ำหนัก อีกทั้งต้องไม่ทิ้งเรื่องของความสวยงามทางศิลปะ เพราะมีปัญหาว่า ถ้าใช้โครงสร้างให้มากเพื่อความแข็งแรง จะเกิดสวนทางกับความงาม นักออกแบบจะต้องเป็นผู้ดึงเอาสิ่งสองสิ่งนี้เข้ามาอยู่ในความพอดีให้ได้

2.8.4 ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomic)

ต้องศึกษาวิชากายวิภาคเชิงกลเกี่ยวกับสัดส่วน ขนาด และขีดจำกัดที่เหมาะสมสำหรับอวัยวะส่วนต่างๆ ในร่างกายของมนุษย์ทุกเพศ ทุกวัย ซึ่งจะประกอบด้วยความรู้ทางด้านขนาดสัดส่วนมนุษย์ ด้านสรีรศาสตร์ จะทำให้ทราบ ขีดจำกัด ความสามารถของอวัยวะส่วนต่างๆ ในร่างกายมนุษย์เพื่อใช้ประกอบการออกแบบ หรือศึกษาด้านจิตวิทยา ซึ่งความรู้ในด้านต่างๆ ที่กล่าวมา จะทำให้นักออกแบบ ทำการออกแบบและกำหนดขนาดส่วนโค้ง ส่วนเว้า ส่วนตรง ส่วนแคบ ของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้อย่างพอเหมาะกับร่างกาย หรืออวัยวะของมนุษย์ที่ใช้ ก็จะทำให้เกิดความสะดวกสบายในการใช้ ไม่เกิดการเมื่อยมือหรือเกิดการล้าในขณะที่ใช้ไปเป็นเวลานานๆ

2.8.5 การซ่อมแซมง่าย (Maintenance)

หลักการนี้คงจะใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องจักรกลเครื่องยนต์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่มีกลไกภายในซับซ้อนอะไหล่บางชิ้นย่อมต้องมีการเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งานหรือการใช้งานไปในทางที่ผิด นักออกแบบย่อมที่จะต้องศึกษาถึงตำแหน่งในการจัดวางกลไกแต่ละชิ้นงาน ตลอดจนน็อต สกรู เพื่อที่จะได้ออกแบบส่วนของฝาครอบบริเวณต่างๆ ให้สะดวกในการถอดซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอะไหล่ได้ง่าย

2.8.6 วัสดุและวิธีการผลิต (Material and Production)

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ผลิตด้วยวัสดุสังเคราะห์ อาจมีกรรมวิธีการเลือกใช้วัสดุและวิธีผลิตได้หลายแบบ แต่แบบหรือวิธีการใดถึงจะเหมาะสมที่สุดที่จะไม่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ประมาณ ฉะนั้นนักออกแบบคงจะต้องศึกษาเรื่องของวัสดุและวิธีผลิตให้ลึกซึ้ง โดยเฉพาะวัสดุจำพวกพลาสติกในแต่ละชนิดนั้น จะมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ต่างกันออกไป เช่น มีความใส ทนความร้อน ผิวมันวาว ทนกรดด่างได้ดี ไม่ลื่น เป็นต้น ก็ต้องเลือกให้คุณสมบัติดังกล่าวให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่พึงมียิ่งในยุคสมัยนี้ มีการรณรงค์ช่วยกันพิทักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการใช้วัสดุที่นำกลับหมุนเวียนมาใช้ใหม่ได้ก็ยิ่งทำให้พวกนักออกแบบย่อมต้องมีบทบาทเพิ่มขึ้นอีก คือ เป็นผู้ช่วยพิทักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการเลือกใช้วัสดุที่หมุนเวียนกลับมาใช้ ใหม่ได้ ที่เรียกว่า รีไซเคิล

ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมาขายนั้นย่อมต้องมีข้อมูลทางด้านผู้บริโภคและการตลาดที่ได้ค้นคว้า และสำรวจมาแล้ว ผลิตภัณฑ์ย่อมจะต้องมีการกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่จะใช้ ว่าเป็นคนกลุ่มใด อาชีพฐานะเป็นอย่างไร มีความต้องการใช้สินค้า หรือผลิตภัณฑ์นี้มากน้อยเพียงใด นักออกแบบก็จะเป็นผู้กำหนดแบบผลิตภัณฑ์ ประมาณราคาขายให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายที่จะซื้อได้การจะได้มาซึ่ง ผลิตภัณฑ์ที่มีราคาเหมาะสมกับผู้ซื้อนั้น ก็อยู่ที่การเลือกใช้ชนิดหรือเกรดของวัสดุ และเลือกวิธีการผลิตที่ง่าย รวดเร็ว และเหมาะสม (ผู้ช่วยศาสตร์จารย์ธีระชัย สุขสด, 2544)

2.9 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม คือ การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในทางวิศวกรรมอย่างมีประสิทธิภาพโดยวัดมูลค่าของผลงานด้านวิศวกรรม

2.9.1 ต้นทุน (Cost)

ต้นทุน (Cost) ความหมายของต้นทุนว่า คือ ส่วนของการลงทุน โดยจ่ายเป็นจำนวนเงินหรือสิ่งแลกเปลี่ยนอย่างอื่นเพื่อให้ได้มาซึ่งทรัพย์สินหรือบริการใดๆ ต้นทุนสามรถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ที่เหมาะสมกับการใช้งานและลักษณะปัญหาที่จะวิเคราะห์ ในการประเมินต้นทุนถ้าใช้ชนิดของต้นทุนไม่ถูกต้อง หรือใช้วิธีการประเมินต้นทุนที่ไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดการวิเคราะห์บิดเบือนได้

2.9.2 ประเภทของต้นทุน

2.9.2.1 การจำแนกต้นทุนตามลักษณะส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์
2.9.2.2 การจำแนกต้นทุนตามความสำคัญและลักษณะของต้นทุนการผลิต
2.9.2.3 การจำแนกต้นทุนตามความสัมพันธ์กับระดับของกิจกรรม
2.9.2.4 การจำแนกต้นทุนตามความสัมพันธ์กับหน่วยต้นทุน
2.9.2.5 การจำแนกต้นทุนตามหน้าที่งานในสายการผลิต
2.9.2.6 การจำแนกต้นทุนตามหน้าที่งานในกิจการ
2.9.2.7 การจำแนกต้นทุนตามความสัมพันธ์กับเวลา
2.9.2.8 การจำแนกต้นทุนตามลักษณะของความรับผิดชอบ
2.9.2.9 การจำแนกต้นทุนตามลักษณะของการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อตัดสินใจ

2.9.3 องค์ประกอบของของต้นทุนที่ใช้ในการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

ส่วนประกอบของต้นทุน (Cost of a Manufactured Product) ซึ่งจะประกอบด้วยวัตถุดิบทางตรงค่าแรงงานทางตรงและค่าใช้จ่ายการผลิตซึ่งถ้าพิจารณาในด้านทรัพยากรที่เป็นส่วนประกอบของสินค้าแล้ว ประกอบด้วย

2.9.3.1 วัตถุดิบ (Materials)

วัตถุดิบนับว่าเป็นส่วนประกอบสำคัญของการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยทั่วไปซึ่งต้นทุนที่เกี่ยวกับการใช้วัตถุดิบในทางการผลิตสินค้านั้นอาจจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

ก. วัตถุดิบทางตรง (Direct materials) หมายถึง วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต และสามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าใช้ในการผลิตสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งในปริมาณและต้นทุนเท่าใด รวมทั้งจัดเป็นวัตถุดิบส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตสินค้าชนิดนั้นๆ เช่น ไม้แปรรูปจัดเป็นวัตถุดิบทางตรงของการผลิตเฟอร์นิเจอร์ ผ้าที่ใช้ในอุตสาหกรรมเสื้อผ้า ยางดิบที่ใช้ในการผลิตยางรถยนต์ แร่เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมถลุงเหล็ก กระดาษที่ใช้ในธุรกิจสิ่งพิมพ์ เป็นต้น

ข. วัตถุดิบทางอ้อม (Indirect materials) หมายถึง วัตถุดิบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทางอ้อมกับการผลิตสินค้าแต่ไม่ใช่วัตถุดิบหลักหรือวัตถุดิบส่วนใหญ่ เช่น ตะปู กาว กระดาษทรายที่ใช้เป็นส่วนประกอบของการทำเครื่องหนังหรือเฟอร์นิเจอร์ น้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร เส้นด้ายที่ใช้ในการตัดเย็บเสื้อผ้า เป็นต้น โดยปกติแล้ววัตถุดิบทางอ้อมอาจจะถูกเรียกว่า "วัสดุโรงงาน" ซึ่งจะถือเป็นค่าใช้จ่ายการผลิตชนิดหนึ่ง

2.9.3.2 ค่าแรงงาน (Labor)

ค่าแรงงาน หมายถึง ค่าจ้างหรือผลตอบแทนที่จ่ายให้แก่ลูกจ้าง หรือคนงานที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า โดยปกติแล้วค่าแรงงานนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ค่าแรงงานทางตรง (Direct labor) และค่าแรงงานทางอ้อม (Indirect labor)

ก. ค่าแรงงานทางตรง (Direct labor) หมายถึง ค่าแรงงานต่างๆ ที่จ่ายให้แก่คนงาน หรือลูกจ้างที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการผลิตสินค้าสำเร็จรูปโดยตรง รวมทั้งเป็นค่าแรงงานที่มีจำนวนมากเมื่อเทียบกับค่าแรงงานทางอ้อมในการผลิตสินค้าหน่วยหนึ่งๆ และจัดเป็นค่าแรงงาน ส่วนสำคัญในการแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นสินค้าสำเร็จรูป เช่น คนงานที่ทำงานเกี่ยวกับการควบคุมเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ก็ควรถือเป็นแรงงานทางตรง พนักงานในสายการประกอบ ก็ควรถือเป็นแรงงานทางตรงเช่นกัน เป็นต้น

ข. ค่าแรงงานทางอ้อม (Indirect labor) หมายถึง ค่าแรงงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับค่าแรงงานทางตรงที่ใช้ในการผลิตสินค้าแต่อย่างใด เช่น เงินเดือนผู้ควบคุมโรงงาน เงินเดือนพนักงานทำความสะอาดเครื่องจักร และทำความสะอาดโรงงานโรงงาน เงินเดือนพนักงานตรวจสอบคุณภาพ เงินเดือนของช่างซ่อมบำรุง ตลอดจนต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับคนงาน เช่น ค่าภาษีที่ออกให้ลูกจ้าง สวัสดิการต่างๆ เป็นต้น ซึ่งค่าแรงงานทางอ้อมเหล่านี้จะถือเป็นส่วนหนึ่งของค่าใช้จ่ายการผลิต

2.9.3.3 ค่าใช้จ่ายการผลิต (Manufacturing Overhead)

ค่าใช้จ่ายการผลิต หมายถึง แหล่งรวบรวมค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าซึ่งนอกเหนือจากวัตถุดิบทางตรง ค่าแรงงานทางตรง เช่น วัตถุดิบทางอ้อม ค่าแรงงานทางอ้อม ค่าใช้จ่ายในการผลิตทางอ้อมอื่นๆ ได้แก่ ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าเช่า ค่าเสื่อมราคา ค่าประกันภัย ค่าภาษี เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายเหล่านี้ก็จะต้องเป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการดำเนินการผลิตในโรงงานเท่านั้น ซึ่งไม่รวมถึงเงินเดือน ค่าเช่า ค่าไฟฟ้า ค่าเสื่อมราคา ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานต่างๆ ภายในสำนักงาน ดังนั้นในส่วนค่าใช้จ่ายการผลิตจึงถือเป็นที่รวมของค่าใช้จ่ายในการผลิตทางอ้อมต่างๆ (Cost pool of indirect manufacturing costs) และนอกจากนี้ ยังจะพบว่าในบาง

กรณีนั้น ก็อาจมีการเรียกค่าใช้จ่ายการผลิตในชื่ออื่นๆ เช่น ค่าใช้จ่ายโรงงาน (Factory Overhead) ค่าโสหุ้ยการผลิต (Manufacturing Burden) และต้นทุนผลิตทางอ้อม (Indirect Costs) เป็นต้น (วันชัย ริจิรวนิช, 2536)

2.10 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ นั้นใช้หลักการของ Donnell R. Hunt (1976) เมื่อจะคิดหาค่าเสื่อมราคาเป็นเส้นตรง (Straight-Line Method) โดยจะการคำนวณหาต้นทุนการใช้เครื่อง จุดคุ้มทุน และระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องช่วยใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยแตงโมแบบเดิม โดยใช้แรงงานคนในการใส่ปุ๋ย สำหรับผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์มีดังต่อไปนี้

2.10.1 การคำนวณหาต้นทุนการใช้เครื่อง

ต้นทุนการใช้เครื่อง (Ac)

$$Ac = (Fc/A)+(1/Ct)[R\&M+F+O+Lo] \quad (2.1)$$

ค่าเสื่อมราคา (D)

$$D = (P-S)/N \quad (2.2)$$

ต้นทุนคงที่ (Fc)

$$Fc = D+I \quad (2.3)$$

ดอกเบี้ย (I)

$$I = [(P+S)/2](r/100) \quad (2.4)$$

เมื่อ A = พื้นที่ใส่ปุ๋ยแตงโมใน 1 ปี (ไร่)
Ac = ต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ไร่)
Ct = ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (ไร่/ชั่วโมง)
D = ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)
Fc = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)
I = ดอกเบี้ย (บาท/ปี)
Lo = ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน (บาท/ชั่วโมง)
N = อายุการใช้งาน (ปี)
P = ราคาซื้อ (บาท)
R&M = ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (บาท/ชั่วโมง)
r = อัตราดอกเบี้ย (เปอร์เซนต์/ปี)
S = มูลค่าซาก (บาท)

2.10.2 การคำนวณระยะคืนทุนในการใช้เครื่องช่วยใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period, PBP) คือ ระยะเวลาจากการเริ่มต้นลงทุนถึงเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits) ของการใช้เครื่องมีค่าเท่ากับการลงทุน คำนวณได้จากสมการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินลงทุน}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \qquad (2.5)$$

ผลประโยชน์สุทธิ = ผลประโยชน์ (บาท/ปี) – ต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ปี ไม่รวมค่าเสื่อมราคา)
ผลประโยชน์ = พื้นที่ใส่ปุ๋ย x ค่าจ้างใส่ปุ๋ย (ค่าจ้างใส่ปุ๋ย 170 บาท/วัน)
ต้นทุนการใช้เครื่อง = ดอกเบี้ย + ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา + ค่าแรงงานคนทำงาน (Donnell R. Hunt, 1986)

2.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ONE-WAY ANOVA

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เป็นการทดสอบโดยพิจารณาเลือกปัจจัยเพียงปัจจัยเดียวจากหลายๆ ปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองมากที่สุด แล้วนำมาทดสอบที่วิธีการทดสอบ (treatment) ที่แตกต่างกัน แล้วพิจารณาว่าปัจจัยที่นำมาพิจารณานั้นมีผลกระทบต่อการทดลองหรือไม่ แล้วทดสอบสมมติฐาน (กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง, 2553)

ตารางที่ 2.1 การทดลองประเภทวิเคราะห์ปัจจัยทางเดียว (experiments with single factor)

treatment	observations				total	average
1	y_{11}	y_{12}	.....	y_{1n}	$y_{1.}$	$\bar{y}_{1.}$
2	y_{21}	y_{22}	.....	y_{2n}	$y_{2.}$	$\bar{y}_{2.}$
:						
k	y_{k1}	y_{k2}	.....	y_{kn}	$y_{k.}$	$\bar{y}_{k.}$
					$y_{..}$	$\bar{y}_{..}$

จากตารางเป็นการทดลอง 1 ปัจจัย ประกอบด้วย k treatments แต่ละ treatments ประกอบด้วย n observations

y_{ij} = ค่าสังเกต (observations) จากวิธีปฏิบัติที่ i ตัวอย่างที่ j
$y_{i.}$ = ผลรวมของค่าสังเกต (observations) ทุกค่าวิธีปฏิบัติที่ i
$\bar{y}_{..}$ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต (observations) ในวิธีปฏิบัติที่ i
$y_{..}$ = ผลรวมของค่าสังเกต (observations) ทั้งหมดในการทดลอง
k = จำนวนปัจจัยที่ทดลอง

2.11.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับหนึ่งปัจจัย

2.11.1.1 ตั้งสมมติฐาน

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = ... = \mu_k$

$H_1 = \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่

2.11.1.2 ความแปรปรวนรวม (Total Sum of Squares : SS_T) จะเกิดมาจาก 2 แหล่ง คือ

ก. ความแปรปรวนที่เกิดวิธีปฏิบัติ (Treatment Sum of Squares: SS_{treat})

ข. ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในกลุ่ม (Error Sum of Squares: SS_E)

ดังนั้น $$SS_T = SS_{treat} + SS_E \quad (2.6)$$

โดย $$SS_T = \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n} y_{ij}^2 - \frac{y^2..}{N} \quad (2.7)$$

$$SS_{treat} = \sum_{i=1}^{k} \frac{y_i^2}{n_i} - \frac{y^2..}{N} \quad (2.8)$$

$$SS_E = SS_T - SS_{treat} \quad (2.9)$$

เมื่อ N คือ จำนวนค่าสังเกตทั้งหมด และ n_i คือ จำนวนค่าสังเกตในวิธีปฏิบัติที่ i

2.11.1.3 นำค่า SS_{treat} SS_E และ SS_T จากข้อ 2.11.1.2 มาสร้างตาราง ANOVA

ตารางที่ 2.2 ตาราง ONE-WAY ANOVA

Source (แหล่งที่มา)	d.f. (องศาเสรี)	SS (ผลบวกกำลังสอง)	MS (ค่าเฉลี่ย SS)	F_C (ค่าสถิติ)
Treatment	k-1	SS_{treat}	$MS_{treat} = SS_{treat}/k\text{-}1$	MS_{treat}/MS_E
Error	N-k	SS_E	$MS_E = SS_E/N\text{-}k$	
Total	N-1	SS_T		

$F_{ตาราง} = F_{\alpha,k-1,N-k}$ (ได้จากการเปิดตารางสถิติ F ที่ระดับนัยสำคัญ α องศาเสรี k-1,N-k)

2.11.1.4 วิเคราะห์ผลโดย

ก. ถ้า $F_c > F_{\alpha,k-1,N-k}$ ให้ปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

ข. ถ้า $F_c < F_{\alpha,k-1,N-k}$ ให้ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1

2.11.1.5 สรุปผลการทดลอง

2.12 การหาค่าจากการสุ่ม

การสุ่มหาค่าที่ต้องการโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel Random function โดยป้อนค่าจะส่งกลับจำนวนจริงแบบสุ่มที่แจกแจงเท่าๆ กันซึ่งมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 และน้อยกว่า 1 จำนวนจริงที่สุ่มมาใหม่จะถูกส่งกลับทุกครั้งที่มีการคำนวณแผ่นงาน เมื่อต้องการสร้างเลขจำนวนจริงแบบสุ่มระหว่าง a และ b ให้ใช้ RAND()*(b-a)+a ถ้าต้องการใช้ฟังก์ชัน RAND เพื่อสร้างเลขสุ่ม แต่ไม่ต้องการให้ค่านั้นเปลี่ยนแปลงทุกๆ ครั้งที่เซลล์มีการคำนวณ สามารถป้อน=RAND() ลงในแถบสูตร จากนั้นกด F9 เพื่อเปลี่ยนแปลงสูตรให้เป็นเลขสุ่ม

$$= \text{RAND}(\,)*100 \tag{2.10}$$

2.13 การหาความคลาดเคลื่อน

$$s^2 = \frac{k^2(1-p)}{np} \tag{2.11}$$

เมื่อ S = ค่าความคลาดเคลื่อน (Desired relative accuracy) (± 5 % = ± 0.05)

p = เปอร์เซ็นต์ของการเกิดของกิจกรรมหรืองานที่ไม่ตรงต่ำที่สุด (Percentage occurrence of an activity or delay being measured expressed as a decimal) (5% = ± 0.05)

n = จำนวนครั้งที่สุ่ม (Number of random observation) (Sample size)

k = ระดับความเชื่อมั่น (Confidence level) โดยที่

k = 1 Confidence level 68 %

k = 2 Confidence level 95 %

k = 3 Confidence level 99 %

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

3.1 ศึกษารายละเอียดวิธีการใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมและศึกษาหลักการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

3.1.1 เอกสาร

คณะผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ บทความ ตำราเอกสารต่างๆ รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวกับเครื่องใส่ปุ๋ยในพืชไร่พืชสวนต่างๆ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ รูปแบบลักษณะของเครื่อง

3.1.2 ข้อมูลภาคสนาม

พื้นที่ศึกษา คณะผู้ศึกษาเลือกพื้นที่ในหมู่บ้านนาป่าคาย หมู่ 4 ต.ป่าคาย อ.ทองแสงขัน จ.อุตรดิตถ์ และที่สำนักเกษตรวังทอง อ.วังทอง จ.พิษณุโลก

3.2 การออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

หลังจากศึกษาข้อมูลต่างๆ จึงเกิดแนวคิด นำมาออกแบบและสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม โดยต้องการออกแบบให้เครื่องสามารถทำงานพร้อมกันได้ในครั้งเดียว ทั้งส่วนเจาะหลุมและส่วนหยอดปุ๋ย แล้วยังสามารถกำหนดปริมาณปุ๋ยที่ต้องการใส่ในแต่ละครั้งได้ ถึง 3 ระดับ รวมถึงได้ปริมาณการใส่ปุ๋ยแต่ละครั้งใกล้เคียงกัน โดยสร้างเป็นเครื่องใส่ปุ๋ยใช้สำหรับแรงงานคน 1 คนที่ใช้เครื่องใส่ปุ๋ยได้อย่างสะดวกสบาย ง่ายต่อการใช้งานและง่ายต่อการบำรุงรักษา และช่วยลดภาระการทำงานของแรงงานและช่วยลดแรงงานคนได้ โดยนำแนวคิดมาออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solid work มาช่วยในการเขียนแบบ

3.2.1 โครงสร้างของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

3.2.1.1 ส่วนของตัวหลักของเครื่องใช้เหล็กเพลากลมเป็นส่วนของตัวเครื่อง

3.2.1.2 ส่วนของตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย

3.2.1.3 ส่วนของปากเจาะหลุมและปล่อยปุ๋ย

3.2.1.4 ส่วนของชุดส่งกำลัง

ก. คันโยก

ข. สปริง

3.2.2 ออกแบบโครงสร้างการทำงานของเครื่อง

3.2.2.1 ออกแบบตัวหลักของเครื่องใช้เหล็กเพลากลมเป็นส่วนของตัวเครื่อง

เราจะออกแบบให้ตัวเครื่องมีขนาดเหมาะสม ทนทานแข็งแรง บำรุงรักษาง่าย เหมาะกับการใช้งานคนเดียวทั้งเจาะหลุมและใส่ปุ๋ย

3.2.2.2 ออกแบบส่วนของตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย

ออกแบบให้สามารถกำหนดปริมาณปุ๋ยได้ สามารถปล่อยปุ๋ยได้ปริมาณที่เท่าๆ กันทุกครั้งที่ปล่อยปุ๋ย โดยทำการคำนวณหาปริมาตรปุ๋ยที่จะใส่ มีค่าสูงสุดและต่ำสุดของการปล่อยปุ๋ยแต่ละครั้ง

3.2.2.3 ส่วนของปากเจาะหลุมและปล่อยปุ๋ย

ออกแบบให้สามารถเจาะหลุมได้ไม่ต่ำกว่าความลึกที่กำหนด ให้มีความแหลมสามารถแทงทะลุแผ่นพลาสติกคลุมดินที่แปลงปลูกแตงโม ทนต่อการกระแทกกับหน้าดินมีความคงทนแข็งแรง และสามารถเปิดปากให้ปุ๋ยไหลลงสู่หลุมได้อย่างรวดเร็ว

3.2.2.4 ส่วนของชุดส่งกำลัง

ออกแบบให้กลไกการทำงานสามารถเจาะหลุมใส่ปุ๋ยได้ตามปริมาณที่กำหนดไว้ โดยใช้ตัวส่งกำลังเป็นตัวช่วยผลักดันกลไกการทำงานของเครื่อง

ก. คันโยก ออกแบบให้เป็นตัวดึงให้ปากเจาะเปิดออกโดยสามารถเปิดส่วนปากที่อยู่ในดินให้ปุ๋ยลงสู่หลุมที่เจาะไว้ได้ ป้องกันการปิดปากเจาะก่อนที่ปุ๋ยจะลงสู่ก้นหลุม และส่งต่อแรงให้ส่วนกำหนดปริมาณ ให้มีการเคลื่อนที่เพื่อรับ - ปล่อยปุ๋ย

ข. สปริง ออกแบบให้สปริงมาช่วยดันให้ส่วนปากเจาะปิดลง เพื่อรอปุ๋ยรอบต่อไปลงสู่บริเวณปากเจาะหลุม และช่วยดึงส่วนของตัวดันส่งกำลังส่วนกำหนดปริมาณปุ๋ย ให้กลับมาสู่ตำแหน่งเดิมและพร้อมที่จะเป็นตัวส่งกำลังดันตัวกำหนดปริมาณต่อไป

3.3 จัดหาวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ และทำการผลิตชิ้นส่วนตามที่ได้ออกแบบไว้

การพิจารณาหาวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่จะนำมาสร้างเป็นเครื่องใส่ปุ๋ย ตามที่ออกแบบไว้ในขั้นตอนที่ 1.8.2.2

การพิจารณาถึงคุณสมบัติของวัสดุแต่ละประเภทมีดังนี้

3.3.1 ลักษณะการใช้งาน

3.3.2 ประเภทของวัสดุ

3.3.3 คุณภาพตามการใช้งาน

3.3.4 หาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด

3.3.5 การบำรุงรักษา

3.3.6 ความสวยงาม

เมื่อเราได้คุณสมบัติที่เหมาะสมของวัสดุแต่ละชนิดและประเภท ก็จะมาคำนึงถึงด้านราคาที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการสร้างเครื่องใส่ปุ๋ย

3.4 ทำการสร้างโดยผลิตชิ้นส่วนแต่ละส่วน

3.4.1 สร้างชิ้นส่วนเครื่องใส่ปุ๋ยให้ตรงตามแบบที่กำหนดไว้

3.4.2 จัดทำคู่มือประกอบการใช้งานเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

3.5 ทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

นำชิ้นส่วนที่สร้างเสร็จแล้วมาประกอบเข้ากัน เป็นเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมที่สามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

3.6 ทดสอบระบบการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

การทดสอบเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมนี้ จุดประสงค์เพื่อที่จะทดสอบสมรรถนะของเครื่องในส่วนต่างๆ

3.6.1 ทดสอบในส่วนการกำหนดปริมาณปุ๋ย และทดสอบในส่วนการปล่อยปุ๋ยได้ตามวัตถุประสงค์ โดยการเปรียบเทียบ วิธีการเติม และใช้เครื่องใส่ปุ๋ย

3.6.1.1 วิธีการทดสอบโดยวิธีการเติม

ก. ทดสอบปริมาณปุ๋ยจากอุปกรณ์เดิม (กรัม) เพื่อหาความคลาดเคลื่อน

ข. ทำการตวงปุ๋ยใส่ภาชนะที่เตรียมไว้ ตามปริมาณปุ๋ยที่ต้องการทดสอบ คือ 10, 20 และ 30 กรัม จำนวน 20 ครั้ง

ค. นำปุ๋ยที่ตวงไปชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึกผล เพื่อหาค่าเฉลี่ย

3.6.1.2 วิธีการทดสอบโดยใช้เครื่อง

ก. ทำการทดสอบปริมาณปุ๋ยที่ปล่อยจากส่วนกำหนดปริมาณเพื่อหาความคลาดเคลื่อน

ข. ปรับตัวกำหนดปริมาณในเครื่องใส่ปุ๋ยเพื่อทำการทดสอบ

ค. นำถังบรรจุปุ๋ยต่อพ่วงเข้ากับเครื่องใส่ปุ๋ย

ง. ทำการทดสอบการปล่อยปุ๋ยโดยการปล่อยปุ๋ยลงในภาชนะที่เตรียมไว้ จากนั้นนำปุ๋ยที่อยู่ในภาชนะ ไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณที่ปุ๋ยออกมา จนครบจำนวนที่ทดสอบ 20 ครั้ง

จ. ทำการทดสอบตัวกำหนดปริมาณจนครบทั้ง 3 ระดับ พร้อมบันทึกผลการทดสอบ

ฉ. ทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของผลที่บันทึกมา พร้อมหาความคลาดเคลื่อนค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ที่ยอมรับได้

3.6.2 ทดสอบในส่วนของการเจาะลงดินได้ความลึกตามวัตถุประสงค์

ในการทดสอบจะมีวิธีการทดสอบดังขั้นตอนต่อไปนี้

3.6.2.1 นำเครื่องใส่ปุ๋ยไปทดสอบในแปลงปลูกแตงโม

3.6.2.2 ทำการสุ่มหาหลุมที่จะทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel Random function

3.6.2.3 เมื่อได้ค่าจากการสุ่มแล้ว จึงนำเครื่องใส่ปุ๋ยไปสุ่มตามหลุมที่ได้จากการสุ่ม

3.6.2.4 ทำการเจาะหลุมทีละหลุม วัดความลึก และบันทึกผลไว้

3.6.2.5 ทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดที่ยอมรับได้

3.6.2.6 สรุปผลการทดลอง

3.7 ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่ผิดพลาด

เมื่อทราบถึงปัญหาหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับการสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมจึงทำการแก้ไขเพื่อให้ได้เครื่องใส่ปุ๋ยแตงโมที่สามารถทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.8 การทดสอบเชิงสถิติ

เป็นการศึกษาถึงการกำหนดปริมาณปุ๋ยและการปล่อยปุ๋ยได้แม่นยำที่สุด

3.8.1 ออกแบบการทดลอง

3.8.1.1 กำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดปริมาณและการปล่อยของปุ๋ยได้แม่นยำที่สุด

ก. คน

3.8.1.2 กำหนดระดับของปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ย

ข. การเปลี่ยนคนที่ใช้เครื่องใส่ปุ๋ยจำนวน 5 คน

สมมุติฐาน

H_0 : การเปลี่ยนคนที่ใช้เครื่องใส่ปุ๋ยไม่มีผลต่อการกำหนดปริมาณและการปล่อยปุ๋ยของเครื่อง

H_1 : การเปลี่ยนคนที่ใช้เครื่องใส่ปุ๋ยมีผลต่อการกำหนดปริมาณและการปล่อยปุ๋ยของเครื่อง

เมื่อ = การเปลี่ยนคนที่ใช้เครื่องใส่ปุ๋ยจำนวน 5 คน

3.8.2 กำหนดการทดลอง

ตารางที่ 3.1 แสดงการทดลองสมมุติฐาน

คนที่ใช้เครื่อง	ปริมาณปุ๋ย (กรัม)										ค่าเฉลี่ยรวม
	5 หลุม		10 หลุม		15 หลุม		20 หลุม		25 หลุม		
	รวม	เฉลี่ย	รวม	เฉลี่ย	รวม	เฉลี่ย	รวม	เฉลี่ย	รวม	เฉลี่ย	
คนที่ 1											
คนที่ 2											
คนที่ 3											
คนที่ 4											
คนที่ 5											

หมายเหตุ ใช้ไร่ที่ทดลองเป็นไร่เดียวกัน

3.8.3 ดำเนินการทดลอง

ทำการดำเนินการทดลองตามตางรางที่ 3.1 โดยทำการทดลองเปลี่ยนคนใช้เครื่องจากคนที่ 1 - 5 จนครบทั้ง 5 คน

3.8.4 สรุปผลเชิงสถิติ

วิเคราะห์ว่าการเปลี่ยนคนที่ใช้เครื่องใส่ปุ๋ยมีผลต่อการกำหนดปริมาณปุ๋ยและการปล่อยปุ๋ยของเครื่องใส่ปุ๋ยหรือไม่ โดยใช้วิธี ONE-WAY ANOVA

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 การออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

เมื่อได้ทำการศึกษาทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับการออกแบบแล้ว คณะผู้ดำเนินงานวิจัยจึงได้ทำการออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม โดยโครงสร้างและลักษณะการทำงานคำนึงถึงลักษณะการใช้งานและความแข็งแรงของเครื่อง ซึ่งจะมีการออกแบบและดำเนินการสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม ดังนี้

4.1.1 ส่วนตัวหลักของเครื่องใช้เหล็กท่อกลมเป็นส่วนของตัวเครื่อง

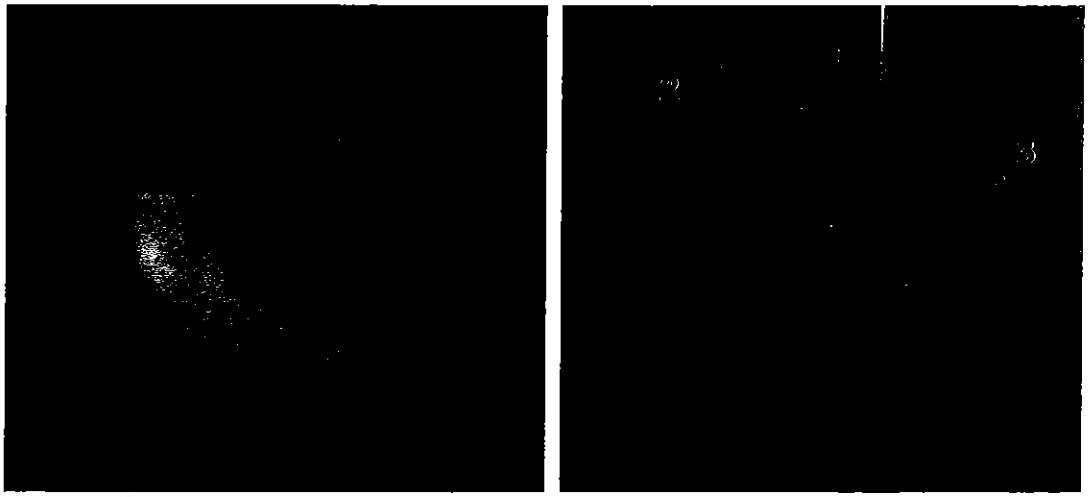
วัสดุที่นำมาใช้สร้างจะเป็นแท่งเหล็กท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 27 มิลลิเมตร ยาว 120 เซนติเมตร มีขนาดเหมาะสมต่อการใช้งาน สามารถจับถือได้สะดวก

รูปที่ 4.1 แสดงตัวหลักเครื่องใส่ปุ๋ย

1'5518957
ม.
ร9430
2553

4.1.2 ส่วนของตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย

สามารถกำหนดปริมาณปุ๋ยได้และปล่อยปุ๋ยได้ปริมาณแต่ละครั้งใกล้เคียงกัน โดยใช้เหล็กแผ่นตัดเป็นวงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น หนา 1 มิลลิเมตร มาประกบกัน ห่างกัน 2.54 เซนติเมตร แล้วแบ่งช่องกำหนดปริมาณปุ๋ยให้ได้ 8 ช่อง เป็นตัวกำหนดปริมาณปุ๋ยดังหมายเลข 1 ในรูปที่ 4.2 ก. และส่วนตัวที่ใช้ร่วมกับตัวกำหนดปริมาณ ใช้เป็นเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด 30×30 มิลลิเมตร ยาว 27 เซนติเมตรดังหมายเลข 2 ในรูปที่ 4.2 ข. และส่วนที่ใช้ยึดตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย ใช้เป็นเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด 23×23 มิลลิเมตร ยาว 12 เซนติเมตร ดังหมายเลข 3 ในรูปที่ 4.2 ข. แสดงให้เห็นส่วนต่างๆ ดังนี้

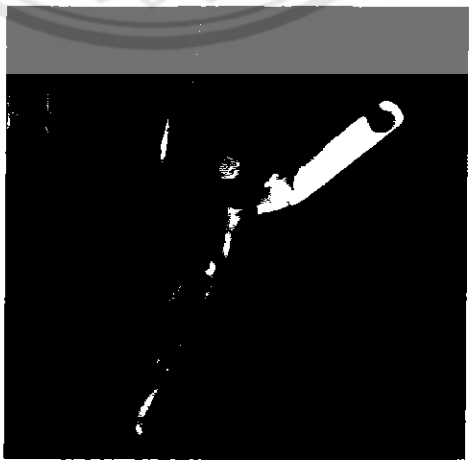


ก) ข)

รูปที่ 4.2 ส่วนของตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย
ก) แสดงตัวกำหนดปริมาณ
ข) แสดงตัวที่ใช้ร่วมกับตัวกำหนดปริมาณ

4.1.3 ส่วนของปากเจาะหลุมและปล่อยปุ๋ย

ในส่วนของแผ่นปิดปากเครื่องใช้เหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร กว้าง 32 มิลลิเมตร ยาว 6.5 เซนติเมตร สามารถเจาะหลุมได้ความลึกไม่ต่ำกว่า 5 เซนติเมตร โดยปากเครื่องมีลักษณะแหลมทำมุม 25 องศากับด้ามจับ มีส่วนของแผ่นปากเปิดเครื่องให้ปุ๋ยออก และสามารถปิดเมื่อยกขึ้นและพร้อมจะแทงลงดินในหลุมต่อไป ช่วยป้องกันดินเข้าสู่เครื่องขณะเจาะหลุม และสามารถปล่อยปุ๋ยได้ตามที่ต้องการ โดยมีตัวค้ำยันเป็นตัวช่วยบอกตำแหน่งความลึกในการเจาะสูงสุดที่ 6.5 เซนติเมตร และความยาวของตัวค้ำยันมีขนาด 3 เซนติเมตร ดังหมายเลขที่ 1 เนื่องจาก ถ้าใหญ่เกินจะทำให้ผ้ายางที่คลุมแปลงปลูกแตงโมขาด รูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นส่วนของปากเครื่องดังนี้

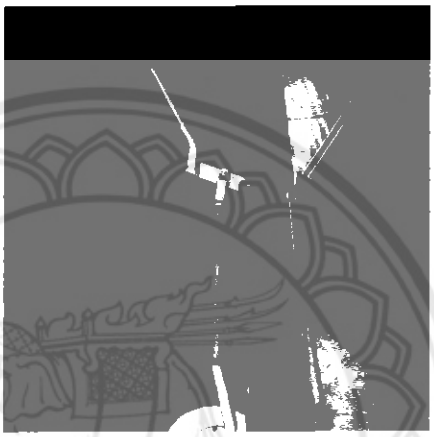


รูปที่ 4.3 แสดงบริเวณปากของเครื่อง

4.1.4 ส่วนของชุดส่งกำลัง

4.1.4.1 ด้ามมือโยกตัวส่งกำลัง

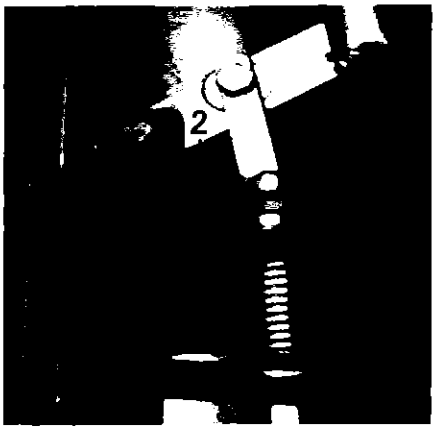
ใช้เหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ทำเป็นด้ามจับตัวส่งกำลังให้ตัวกำหนดปริมาณหมุนกำหนดปริมาณ และยังเชื่อมส่งกำลังให้ปากเครื่องเปิดออกพร้อมๆ กับการกำหนดปริมาณ โดยเม็ดปุ๋ยจะไหลลงสู่หลุมที่เจาะไว้ได้ดังหมายเลข 1 ในรูปที่ 4.4 และใช้เหล็กเส้นสี่เหลี่ยมตันขนาด 10×10 มิลลิเมตร ทำเป็นก้านส่งกำลังไปหมุนตัวกำหนดปริมาณดังหมายเลข 2 ในรูปที่ 4.4 และใช้เหล็กเส้นต่อกับด้ามจับของตัวส่งกำลังและปากเครื่อง เพื่อเป็นตัวส่งกำลังให้ปากเครื่องเปิดออกดังหมายเลข 3 ในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงด้ามส่งกำลัง

4.1.4.2 สปริง

ใช้สปริงที่ตัวส่งกำลังโดยใช้สปริงดันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตร ยาว 6 เซนติเมตร ที่ก้านของตัวส่งกำลัง เพื่อให้ก้านตัวส่งกำลังถูกดันขึ้นกลับสู่ตำแหน่งเดิมดังหมายเลข 1 ในรูปที่ 4.5 และใช้สปริงดึงขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ยาว 2 เซนติเมตร ให้ทำหน้าที่เพิ่มแรงดึงให้ก้านส่งกำลังกลับตำแหน่งเดิมอีกด้วย ซึ่งจะยึดระหว่างก้านส่งกำลังกับตัวเครื่องดังหมายเลข 2 ในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงสปริงดันและสปริงดึง

4.2 จัดหาวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

จากที่ได้พิจารณาตามหลักข้อที่ 3.2 แล้วจึงทำการสำรวจและจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างเครื่อง โดยใช้หลักการพิจารณาการเลือกใช้เครื่องตามหลักการ การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ ลักษณะการใช้งาน ประเภทของวัสดุ คุณภาพตามการใช้งาน หาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด การบำรุงรักษา และความสวยงาม

4.2.1 โบลต์ และ นัต

จัดหาเพลารถจักรยานขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 12 เซนติเมตร จำนวน 1 ตัว นัตหัวหกเหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร จำนวน 2 ตัว โบลต์หัวหกเหลี่ยม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ยาว 3 เซนติเมตร จำนวน 3 ตัว นัตหัวหกเหลี่ยม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร จำนวน 6 ตัว และ แหวนรอง จำนวน 7 ตัว เพื่อนำมาเป็นข้อต่อให้กับเครื่องใส่ปุ๋ย

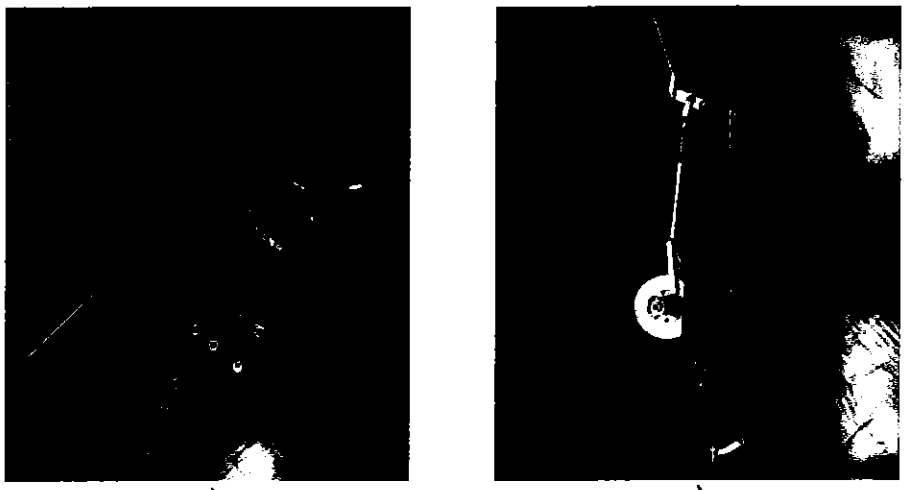
4.2.2 ตัวปรับปริมาณ

ทำจากแผ่นยาง เนื่องจากมีความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี มีน้ำหนักเบา หาซื้อง่าย ราคาถูก โดยนำแผ่นยางมาตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูเป็น 2 ขนาด เพื่อให้เข้ากับช่องใส่ปุ๋ยในตัวกำหนดปริมาณได้พอดี คือ ขนาดสำหรับใส่ปริมาณปุ๋ย 10 กรัม คือ ฐานล่างมีความยาว 12 มิลลิเมตร ฐานบนมีความยาว 30 มิลลิเมตร หนา 25 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตรดังหมายเลข 1 ในรูปที่ 4.6 และสำหรับปริมาณปุ๋ย 20 กรัม ฐานล่างมีขนาดยาว 12 มิลลิเมตร ฐานบนมีความยาว 25 มิลลิเมตร หนา 25 มิลลิเมตร สูง 18 มิลลิเมตรดังหมายเลข 2 ในรูปที่ 4.6 สำหรับปริมาณ 30 กรัม โต๊ะนั้นไม่ต้องใส่ตัวปรับปริมาณเพราะช่องกำหนดปริมาณกำหนดอยู่ที่ 30 กรัม

รูปที่ 4.6 ตัวปรับปริมาณปุ๋ยของเครื่อง

4.3 ทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

นำชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องที่สร้างขึ้นมา นำมาประกอบสร้างเป็นเครื่องใส่ปุ๋ยแตงโมให้ตรงตามแบบที่กำหนดไว้โดยดังรูปที่ 4.7



ก)　　ข)

รูปที่ 4.7 ก) แสดงชิ้นส่วนก่อนประกอบของเครื่องใส่ปุ๋ยแสดงตัวกำหนดปริมาณจำนวน 26 ชิ้น
ข) แสดงเครื่องใส่ปุ๋ยเมื่อประกอบเสร็จแล้ว

4.4 การทดสอบเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

เมื่อได้ทำการสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมตามที่ได้ออกแบบไว้เสร็จแล้ว ต่อไปเป็นขั้นตอนการทดสอบการใช้งานเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.4.1 นำเครื่องมาปรับระดับปริมาณปุ๋ยที่ต้องการ

เครื่องสามารถปรับปริมาณการใส่ปุ๋ยได้ 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 กรัมโดยนำชุดเครื่องการกำหนดปริมาณมาปรับเปลี่ยนได้โดยง่าย โดยนำก้อนยางพลาสติกดังหมายเลขที่ 2 ในรูปที่ 4.8 ใส่ในช่องกำหนดปริมาณปุ๋ยดังหมายเลขที่ 3 ในรูปที่ 4.8 ตามแบบคู่มือการใช้งาน ใส่ให้ครบทั้ง 8 ช่อง โดยใช้ห่วงทิ่มลงไปในยางพลาสติกดังหมายเลขที่ 1 ในรูปที่ 4.8 แล้วใส่ลงไปในช่องดันให้ติดแน่นกับช่องที่ใส่ แสดงดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 แสดงการปรับระดับปริมาณปุ๋ยโดยใช้ยางพลาสติก

4.4.2 ต่อพ่วงเครื่องกับสายยางที่ต่อพ่วงกับถังบรรจุปุ๋ย

โดยนำสายยางขนาดพอดีกับช่องใส่ปุ๋ยที่ต่อพ่วงจากถังบรรจุปุ๋ยมาต่อพ่วงเข้ากับตัวเครื่อง ดังรูปที่ 4.9 แล้วทำการรัดด้วยสายยางให้แน่น

รูปที่ 4.9 แสดงการต่อพ่วงเครื่องกับถังบรรจุปุ๋ย

4.4.3 ทดลองปล่อยปุ๋ยออกมาก่อนใช้งานในไร่

ทำการปล่อยปุ๋ยออกมาโดยให้ปุ๋ยลงสู่ถังที่เตรียมไว้ เพื่อตรวจสอบความพร้อมของเครื่องก่อนใช้งานจริง ว่าเครื่องพร้อมใช้งานปล่อยปุ๋ยได้ตามปกติ ดังรูปที่ 4.10

รูปที่ 4.10 แสดงการทดลองปล่อยปุ๋ย

4.4.4 ทดลองการกำหนดปริมาณปุ๋ยและการปล่อยปุ๋ย

โดยทำการทดลองระหว่างการใส่ปุ๋ยแบบเดิม และใช้เครื่องใส่ปุ๋ย ซึ่งในการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 แบบ จะใช้ตวงปริมาณ 10, 20 และ 30 กรัม ตามลำดับ เพื่อทำการทดลองใส่ปุ๋ย

4.5 ผลการทดสอบ

ทำการทดสอบตามขั้นตอนที่ 3.6.1 และ 3.6.2 แล้วบันทึกผลเพื่อหาค่าเฉลี่ย ซึ่งในการใส่ปุ๋ยแตงโมเป็นการใส่ปุ๋ยครั้งแรกของการปลูกแตงโมหลังจากที่ได้ระยะเวลาปลูก 25 - 30 วัน ซึ่งการปลูกแตงโมจะปลูกโดยใช้การปลูกแบบร่องคู่ มีระยะห่างระหว่างร่องประมาณ 30 เซนติเมตร ในการปลูกแตงโม 1 ไร่ เกษตรกรจะปลูกแตงโมประมาณ 1,200 ต้น แตงโมจะได้รับปุ๋ยประมาณ 30 กรัมต่อต้น

4.5.1 ผลการทดสอบการปล่อยปุ๋ยโดยใช้วิธีการเติมเปรียบเทียบกับการใช้เครื่อง

ทำการทดสอบการปล่อยปุ๋ยแบบเดิมโดยให้เกษตรกรที่ทำไร่แตงโมมาทดสอบนำอุปกรณ์ที่เกษตรกรใช้ตวงปุ๋ยมาทำการทดสอบในปริมาณปุ๋ย 10, 20 และ 30 กรัม ทำการทดสอบอย่างละ 20 ครั้ง โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล จดบันทึกและทำการหาค่าเฉลี่ย

ทำการทดสอบการปล่อยปุ๋ยแบบใช้เครื่องใส่ปุ๋ย โดยทำการทดสอบที่อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ นำเครื่องใส่ตัวปรับปริมาณ 10, 20 และ 30 กรัม ตามลำดับ ทำการทดลองปล่อยปุ๋ยอย่างละ 20 ครั้ง โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล จดบันทึกและทำการหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการปล่อยปุ๋ย

จำนวนครั้งที่ใช้ทดลอง	การปล่อยปุ๋ย					
	ปริมาณ 10 กรัม		ปริมาณ 20 กรัม		ปริมาณ 30 กรัม	
	น้ำหนักของการตวง (กรัม)		น้ำหนักของการตวง (กรัม)		น้ำหนักของการตวง (กรัม)	
	วิธีการใส่แบบเดิม	ใช้เครื่อง	วิธีการใส่แบบเดิม	ใช้เครื่อง	วิธีการใส่แบบเดิม	ใช้เครื่อง
1	16.22	9.50	30.66	18.51	46.14	28.91
2	14.76	10.09	25.76	20.09	45.00	30.29
3	13.79	9.63	29.21	19.19	41.90	28.53
4	14.30	9.44	28.23	19.18	43.80	30.04
5	15.54	9.51	28.60	19.31	39.05	29.06
6	14.81	10.01	30.29	19.27	44.86	28.93
7	16.71	9.64	29.86	20.10	44.29	28.28
8	11.65	10.03	28.08	19.52	43.62	28.78
9	11.48	9.57	29.49	18.95	44.35	29.51
10	13.01	9.71	27.53	19.06	42.48	28.29
11	14.82	9.77	28.67	20.03	45.86	27.82
12	15.37	9.98	29.35	19.50	41.95	29.36

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ผลการทดสอบการปล่อยปุ๋ย

จำนวนครั้งที่ใช้ทดลอง	การปล่อยปุ๋ย					
	ปริมาณ 10 กรัม		ปริมาณ 20 กรัม		ปริมาณ 30 กรัม	
	น้ำหนักของการตวง (กรัม)		น้ำหนักของการตวง (กรัม)		น้ำหนักของการตวง (กรัม)	
	วิธีการใส่แบบเดิม	ใช้เครื่อง	วิธีการใส่แบบเดิม	ใช้เครื่อง	วิธีการใส่แบบเดิม	ใช้เครื่อง
13	12.96	9.71	28.90	21.39	44.65	28.90
14	16.55	9.59	29.64	19.07	40.54	28.78
15	14.80	10.04	28.26	19.25	39.31	28.52
16	11.54	9.88	28.75	18.51	38.96	30.10
17	13.86	9.43	30.39	19.29	38.64	28.94
18	16.32	9.63	29.92	18.93	39.96	28.45
19	12.94	9.72	29.68	18.97	37.68	28.52
20	14.27	9.37	28.85	20.17	39.95	28.43
ค่าเฉลี่ย	14.29	9.17	29.01	19.41	42.15	28.92

4.5.1.1 ปริมาณการปล่อยปุ๋ย 10 กรัมมีน้ำหนักเฉลี่ยของการตวงโดยมือแบบเดิม ประมาณ 14.29 กรัม/ต้น และมีน้ำหนักเฉลี่ยการตวงโดยเครื่องโดยเฉลี่ย 9.17 กรัม/ต้น

4.5.1.2 ปริมาณการปล่อยปุ๋ย 20 กรัมมีน้ำหนักเฉลี่ยของการตวงโดยมือแบบเดิม ประมาณ 29.01 กรัม/ต้น และมีน้ำหนักเฉลี่ยการตวงโดยเครื่องโดยเฉลี่ย 19.41 กรัม/ต้น

4.5.1.3 ปริมาณการปล่อยปุ๋ย 30 กรัมมีน้ำหนักเฉลี่ยของการตวงโดยมือแบบเดิม ประมาณ 42.52 กรัม/ต้น และมีน้ำหนักเฉลี่ยการตวงโดยเครื่องโดยเฉลี่ย 28.92 กรัม/ต้น

ตารางที่ 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างปริมาณการตวงปุ๋ยแบบเดิม และปริมาณการตวงโดยใช้เครื่อง เทียบกับ ปริมาณมาตรฐาน

ปริมาณมาตรฐาน (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างปริมาณการตวงปุ๋ยแบบเดิม	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างปริมาณการตวงโดยใช้เครื่อง
10	30.02	8.3
20	31.06	2.95
30	28.83	3.6

ดังนั้น ทดสอบการกำหนดปริมาณปุ๋ยและการปล่อยปุ๋ย ระหว่างมือและเครื่อง พบว่ามีค่าเฉลี่ยต่างกัน ซึ่งการใส่ปุ๋ยแตงโมแบบเดิมไม่เป็นที่พอใจของเกษตรกรมากนัก เพราะมักจะใช้ปริมาณปุ๋ยเกินความต้องการของแตงโม โดยเกษตรกรสังเกตจากเมื่อทำการรื้อถอนแปลงแตงโม พบว่ายังมีปุ๋ยหลงเหลืออยู่ที่ร่องแตงโม สาเหตุเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยที่ไม่มีความสม่ำเสมอของการตวงจากอุปกรณ์แบบเดิม ทำให้ใส่ปุ๋ยเกิน และเกษตรกรมีความพึงพอใจมากเมื่อทดสอบการใส่ปุ๋ยโดยใช้เครื่อง เพราะปริมาณปุ๋ยที่ทดสอบมีปริมาณใกล้เคียงกัน ใช้งานง่าย และลดค่าใช้จ่ายทางด้านแรงงาน และข้อมูลจากหนังสือแนะวิชาชีพเกษตรกรรม ปริมาณปุ๋ยมาตรฐาน พบว่ามาตรฐานการใส่ปุ๋ยอยู่ที่ 50

กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นประมาณ 41 กรัม/หลุม โดยทำการใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะได้ปุ๋ยประมาณ 20.5 กรัม/หลุม ซึ่งเครื่องใส่ปุ๋ยสามารถปล่อยปุ๋ยได้ปริมาณใกล้เคียงกับมาตรฐานดังกล่าว

รูปที่ 4.11 แสดงการชั่งน้ำหนักปุ๋ย โดยใช้มือแบบเดิม และใช้เครื่องใส่ปุ๋ย

4.5.2 ผลการทดสอบการเจาะหลุมใส่ปุ๋ย

จากข้างต้นที่กล่าวมา ไร่แตงโม 1 ไร่จะปลูกแตงโมประมาณ 1,200 ต้น เนื่องจากเป็นการทดสอบจึงทำการสุ่มหลุมทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel Random function โดยจะทำการทดสอบความลึกของการเจาะเป็นจำนวน 20 หลุม โดยทำการสุ่มจากใน 100 หลุม เหลือเพียงจำนวน 20 หลุม ดังตารางที่ 4.3 จากการทดลอง ตัวปากเครื่องจะมีตัวที่บอกความว่าต้องเจาะลึกไว้เพื่อให้คนใช้เครื่องเห็นว่าได้ความลึกที่ต้องการ

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองการเจาะหลุมใส่ปุ๋ย

ลำดับ	ไร่ที่ 1		ไร่ที่ 2		ไร่ที่ 3	
	หลุมที่สุ่ม	ความลึกที่ได้ (เซนติเมตร)	หลุมที่สุ่ม	ความลึกที่ได้ (เซนติเมตร)	หลุมที่สุ่ม	ความลึกที่ได้ (เซนติเมตร)
1	3	6.3	11	5.8	1	6.1
2	7	6.5	14	6.3	3	6.4
3	11	5.9	16	6.2	4	5.7
4	13	6.2	19	5.7	6	6.5
5	22	6.1	22	6.5	8	6.3
6	26	5.8	25	6.1	9	5.9
7	28	5.9	26	6.3	11	6.1
8	30	6.7	45	5.9	13	5.6

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) แสดงผลการทดลองการเจาะหลุมใส่ปุ๋ย

ลำดับ	ไร่ที่ 1		ไร่ที่ 2		ไร่ที่ 3	
	หลุมที่สุ่ม	ความลึกที่ได้ (เซนติเมตร)	หลุมที่สุ่ม	ความลึกที่ได้ (เซนติเมตร)	หลุมที่สุ่ม	ความลึกที่ได้ (เซนติเมตร)
9	31	6.1	52	6.0	15	6.6
10	33	5.8	55	6.3	28	5.4
11	34	6.4	61	5.9	29	5.9
12	38	6.1	62	6.5	39	6.2
13	45	5.7	68	6.2	54	6.4
14	46	6.5	77	5.3	61	5.5
15	52	6.1	78	6.2	73	6.5
16	69	6.3	81	6.4	77	5.8
17	73	5.9	84	6.1	81	6.4
18	76	6.4	93	5.8	88	6.1
19	79	6.1	96	6.2	89	6.4
20	92	6.5	98	6.3	92	5.8
ค่าเฉลี่ย		6.17		6.10		6.08
Max		6.7		6.5		6.6
Mln		5.7		5.3		5.4

4.5.2.1 ผลการทดสอบการเจาะหลุมใส่ปุ๋ยไร่ที่ 1 ได้ค่าเฉลี่ย คือ 6.17 เซนติเมตร ค่าสูงสุด คือ 6.7 เซนติเมตร ค่าต่ำสุดคือ 5.7 เซนติเมตร

4.5.2.2 ผลการทดสอบการเจาะหลุมใส่ปุ๋ยไร่ที่ 2 ได้ค่าเฉลี่ย คือ 6.10 เซนติเมตร ค่าสูงสุด คือ 6.5 เซนติเมตร ค่าต่ำสุดคือ 5.3 เซนติเมตร

4.5.2.3 ผลการทดสอบการเจาะหลุมใส่ปุ๋ยไร่ที่ 3 ได้ค่าเฉลี่ย คือ 6.08 เซนติเมตร ค่าสูงสุด คือ 6.6 เซนติเมตร ค่าต่ำสุดคือ 5.4 เซนติเมตร

รูปที่ 4.12 แสดงการการทดลองการเจาะหลุมใส่ปุ๋ย

4.6 ทำการทดสอบเชิงสถิติการเปลี่ยนคนที่ใช้เครื่องไม่มีผลต่อการกำหนดปริมาณและการปล่อยปุ๋ยของเครื่องใส่ปุ๋ย

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการกำหนดปริมาณปุ๋ยและการปล่อยปุ๋ยของเครื่องใส่ปุ๋ย คือ การเปลี่ยนคนที่ใช้เครื่องไม่มีผลต่อการกำหนดปริมาณและการปล่อยปุ๋ยของเครื่องใส่ปุ๋ย ทดลองโดยการนำปุ๋ย 1 กิโลกรัม ใส่ในเครื่องใส่ปุ๋ย จากตาราง 4.4 เมื่อทดสอบครบจำนวน 5 หลุม ให้นำปุ๋ยที่เหลือไปชั่งน้ำหนัก เพื่อต้องการหาน้ำหนักปุ๋ยที่หายไปจากการใส่ปุ๋ยแตงโม แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ทำแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนครบ 25 หลุม

รูปที่ 4.13 แสดงการทดลองใส่ปุ๋ยในไร่แตงโม

ตารางที่ 4.4 ตารางการทดลองที่ปริมาณปุ๋ย 30 กรัม

คนที่ใช้เครื่อง	ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ (กรัม)										ค่าเฉลี่ยรวม y_i
	5 หลุม		10 หลุม		15 หลุม		20 หลุม		25 หลุม		
	รวม	เฉลี่ย /หลุม	รวม	เฉลี่ย /หลุม	รวม	เฉลี่ย /หลุม	รวม	เฉลี่ย /หลุม	รวม	เฉลี่ย /หลุม	
คนที่ 1	144	28.8	291	29.1	432	28.8	580	29	725	29	144.7
คนที่ 2	148	29.6	289	28.9	444	28.9	578	28.9	728	29.12	145.42
คนที่ 3	145	29	288	28.8	430	28.85	577	28	729	29.16	143.81
คนที่ 4	143	28.6	290	29	438	29.1	582	27	722	28.88	142.58
คนที่ 5	147	29.4	287	28.7	441	29.2	584	30	732	29.28	146.58

จากการทดสอบพบว่า คนที่ใช้เครื่อง

จะได้ n_i คือ จำนวนค่าสังเกตในวิธีปฏิบัติที่ i = 5

N คือ จำนวนค่าสังเกตทั้งหมด = 25

y.. คือ ผลรวมของค่าสังเกต (observations) ทั้งหมดในการทดลอง = 723.09

$$SS_{treat} = \sum_{i=1}^{k} \frac{y_i^2}{n_i} - \frac{y^2..}{N}$$

$$= \frac{144.7^2 + 145.42^2 + 143.81^2 + 142.58^2 + 146.58^2}{5} - \frac{723.09^2}{25}$$

$$= 20,916.2271 - 20,914.37$$

$$= 1.861136$$

$$= 1.86$$

$$SS_T = \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n} y_{ij}^2 - \frac{y^2..}{N}$$

$$= 28.8^2 + 29.6^2 + 29^2 + ... + 29.28^2 - \frac{723.09^2}{25}$$

$$= 20,921.36 - 20,914.37$$

$$= 6.9941$$

$$= 7$$

ตารางที่ 4.5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับปริมาณปุ๋ยจากการใส่

Source (แหล่งที่มา)	d.f. (องศาเสรี)	SS (ผลบวกกำลังสอง)	MS (ค่าเฉลี่ย SS)	F_C (ค่าสถิติ)
Treatment	4	1.86	0.465	1.81
Error	20	5.14	0.257	
Total	24	7		

4.6.1 สมมติฐาน

4.6.1.1 $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = ... = \mu_k$ การเปลี่ยนคนที่ใช้เครื่องไม่มีผลต่อการกำหนดปริมาณและการปล่อยปุ๋ยของเครื่องใส่ปุ๋ย

4.6.2.2 $H_1 = \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ การเปลี่ยนคนที่ใช้เครื่องมีผลต่อการกำหนดปริมาณและการปล่อยปุ๋ยของเครื่องใส่ปุ๋ย

4.6.2 กำหนดระดับนัยสำคัญ (α)

$\alpha = 0.05$

4.6.3 ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ

$F_c = \frac{MS_{treat}}{MS_E}$ และ $F_{ตาราง} = F_{\alpha,k-1,N-k}$

$= 1.81 < F_{0.05,(4,20)} = 2.87$

ดังนั้น $F_c < F_{\alpha,k-1,N-k}$ ให้ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1

4.6.4 สรุปผล

จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน ตารางที่ 4.5 ได้ผลสรุป คือ F_C มีค่า < $F_{ตาราง}$ โดยยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 คือ การเปลี่ยนคนที่ใช้เครื่องใส่ปุ๋ยไม่มีผลต่อการกำหนดปริมาณและการปล่อยปุ๋ยของเครื่องใส่ปุ๋ย

4.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

4.7.1 การคำนวณต้นทุนการสร้างเครื่อง

ต้นทุนการสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

ตารางที่ 4.6 ต้นทุนการสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

ต้นทุนการสร้างเครื่อง	ราคา (บาท)
ค่าวัสดุทางตรง	
เหล็กเพลากลม ϕ 27 มิลลิเมตร ยาว 150 เซนติเมตร	60
เหล็กเพลากลม ϕ 20 มิลลิเมตร ยาว 30 เซนติเมตร	10
เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 3.05 เซนติเมตร×3.05 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร	20
เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 2.54 เซนติเมตร×2.54 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร	15
เหล็กแผ่น หนา 1 มิลลิเมตร กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร	20
เหล็กแผ่น หนา 2 มิลลิเมตร กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร	10
เหล็กเส้นแบน ขนาด 1.27 เซนติเมตร x ยาว 100 เซนติเมตร	20
เหล็กเส้นแบน ขนาด 25 มิลลิเมตร x ยาว 10 เซนติเมตร	10
เหล็กสี่เหลี่ยมตันขนาด กว้าง 10 มิลลิเมตร x 10 มิลลิเมตร ยาว 30 เซนติเมตร	10
เหล็กเส้นกลมเคลือบสังกะสี ϕ 3.175 มิลลิเมตร	9
เหล็กเส้นกลมตัน ϕ 4.76 มิลลิเมตร ยาว 10 เซนติเมตร	10
บูทเพลากลาง ϕ 12.7 มิลลิเมตร ยาว 5 เซนติเมตร	30
เพลารถจักรยาน ขนาด ϕ 10 มิลลิเมตร ยาว 5 เซนติเมตร 1 ตัว + นัต	15
โบลต์และนัตหัวหกเหลี่ยม ขนาด ϕ 5 มิลลิเมตร 6 ตัว + แหวนรอง	20

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ต้นทุนการสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

ต้นทุนการสร้างเครื่อง	ราคา (บาท)
ยางพลาสติก	30
ห่วงแขวนผ้าม่าน 1 ตัว	5
สปริงดึง ขนาด ϕ 14 มิลลิเมตร ยาว 6 เซนติเมตร	10
สปริงดัน ขนาด ϕ 8 มิลลิเมตร ยาว 3 เซนติเมตร	10
รวมค่าวัสดุทางตรง	314
ค่าแรงงานทางตรง	
ค่าเชื่อม	250
ค่าพ่นสี และประกอบ	200
รวมค่าแรงงานทางตรง	450
ค่าโสหุ้ย	
ลวดเชื่อม 10 ก้าน	50
ค่าสี	90
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ (ค่ากาว, ใบมีดคัตเตอร์)	100
รวมค่าโสหุ้ย	240
รวมทั้งหมด	1,004

4.7.2 เครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมมีราคา 1,004 บาท ผลการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

4.7.2.1 ราคาเครื่อง (P) = 1,004 บาท

4.7.2.2 อายุการใช้งาน (N) = 10 ปี

4.7.2.3 อัตราดอกเบี้ย (r) = 7 % ต่อปี (ข้อมูลจาก ธนาคาร SME มีนาคม, 2554)

4.7.2.4 มูลค่าซาก (S) = 30 บาท

4.7.2.5 ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (R&M) (Hint, 1976. page 79, table 2.5)

= 6 % ของราคาซื้อ/100ชั่วโมงการทำงาน

= 0.06 X 1,004/100 = 0.60 บาท/ชั่วโมง

4.7.2.6 ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน (Lo)

= 170 บาท/วัน ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง (ข้อมูลจากการจ้างงานเกษตรกรรมที่ อ.ทองแสนขัน จ.อุตรดิตถ์)

= 170/8 = 21.25บาท/ชั่วโมง

= 21.25 X 0.06 = 1.275 บาท/ชั่วโมง (ใส่ปุ๋ย)

4.7.2.7 ความสามารถในการทำงาน (Ct)

= 0.3 ไร่/ชั่วโมง (มาจาก 8 ชั่วโมงใส่ปุ๋ยได้ = 2.4 ไร่)

ในการคำนวณสามารถแทนค่าในสมการ ดังนี้

จากสมการที่ 2.7 D = (P-S)/N

= (1,004-30)/10 = 97.4 บาท/ปี

จากสมการที่ 2.9 I = [(P+S)/2](r/100)

= [(1,004+30)/2](7/100) = 36.19 บาท/ปี

แทนค่า D และ I ในสมการที่ 2.8

Fc = D+I

= 97.4 + 36.19 = 133.59 บาท/ปี

แทนค่า D I และ Fc ในสมการที่ 2.6

Ac = (Fc/A)+(1/Ct)[R&M+Lo]

= (133.59 /A)+(1/0.3)[0.06+1.275]

= (133.59 /A)+4.45

D = 97.4 บาท/ปี

I = 36.19 บาท/ปี

Fc = 133.59 บาท/ปี

Ac = (133.59 /A)+4.45

4.7.3 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

การคำนวณจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องใส่ปุ๋ย สามารถคำนวณได้โดยแทนค่าต้นทุนการใส่ปุ๋ยโดยใช้แรงงานคน (Ac) 21.25 บาท/ชั่วโมง ลงในสมการที่ 2.1 แล้วคำนวณหาค่า A ออกมา (A = พื้นที่ใส่ปุ๋ยแตงโมใน 1 ปี (ไร่)

Ac = (133.59 /A) + 4.45

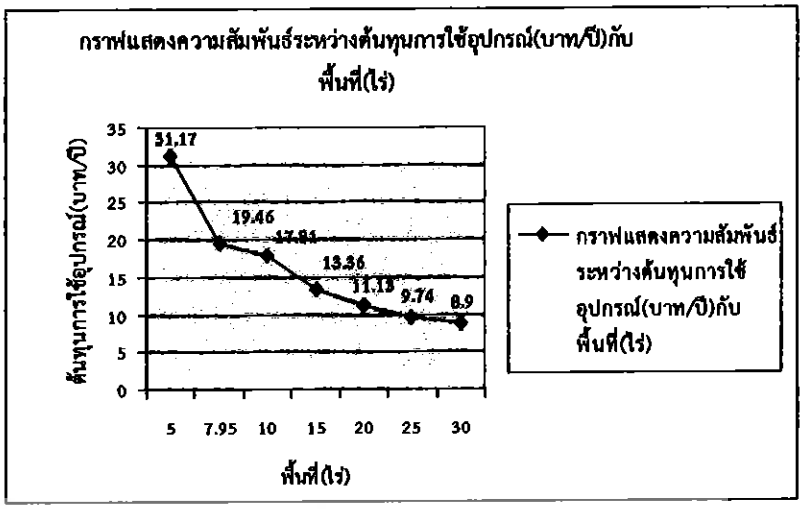
21.25 = (133.59 /A) + 4.45

A = 7.95 ไร่/ปี

ดังนั้น จุดคุ้มทุนของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมมีค่าเท่ากับ 7.95 ไร่/ปี เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยโดยใช้แรงงานคนโดยเมื่อใช้เครื่องนี้ใส่ปุ๋ยได้ 7.95 ไร่/ปี จะทำให้คุ้มทุนที่ลงทุนไป

ตารางที่ 4.7 แสดงการคิดจุดคุ้มทุนของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

พื้นที่ (ไร่)	ดอกเบี้ย (บาท/ปี)	ซ่อมแซมและบำรุงรักษา (บาท/ปี)	แรงงาน (บาท/ปี)	ค่าต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ปี)	รวมต้นทุน (บาท/ปี)
5	36.19	10	21.25	31.17	98.61
7.95	36.19	15.9	33.79	19.46	105.34
10	36.19	20	42.5	17.81	116.5
15	36.19	30	63.75	13.36	143.3
20	36.19	40	85	11.13	172.49
25	36.19	50	106.25	9.74	202.18
30	36.19	60	127.5	8.90	232.59



รูปที่ 4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ปี) กับพื้นที่ (ไร่)

4.7.4 การคำนวณระยะคืนทุนในการใช้เครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period, PBP) คือ ระยะเวลาจากการเริ่มต้นลงทุนถึงเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits) ของการใช้เครื่องมีค่าเท่ากับการลงทุน คำนวณได้จากสมการ 2.10 ดังต่อไปนี้

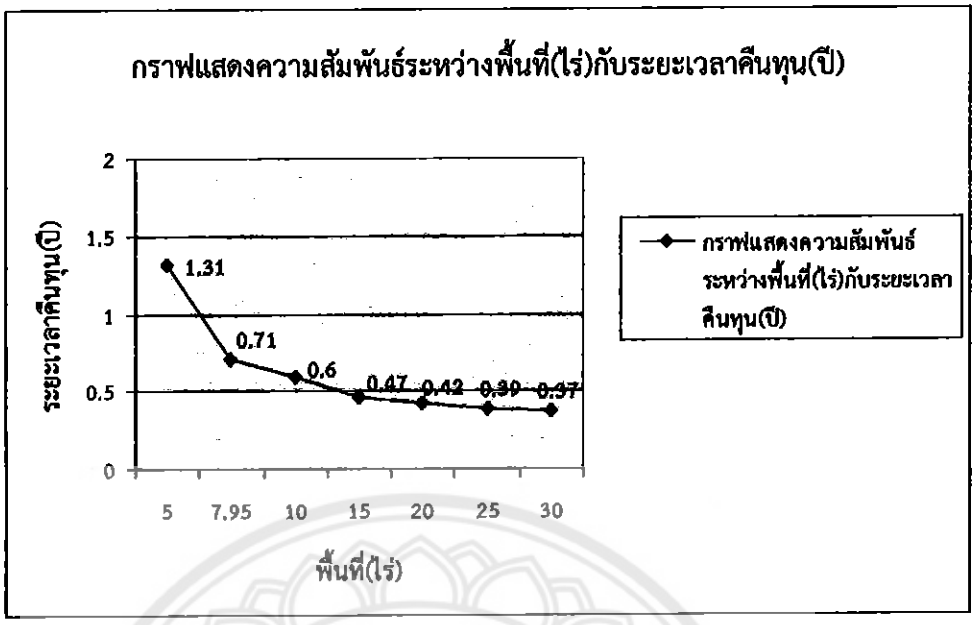
$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินลงทุน}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

ผลประโยชน์สุทธิ = ผลประโยชน์ (บาท/ปี) – ต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ปี ไม่รวมค่าเสื่อมราคา)
ผลประโยชน์ = พื้นที่ใส่ปุ๋ย x ค่าจ้างใส่ปุ๋ย (ค่าจ้างใส่ปุ๋ย 21.25 บาท/ชั่วโมง)
ต้นทุนการใช้เครื่อง = ดอกเบี้ย + ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา + ค่าแรงงานคนทำงาน

4.7.5 ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

พื้นที่ (ไร่)	ผลประโยชน์ที่ได้รับ	ค่าต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ปี)	ต้นทุน (บาท/ปี)	ผลประโยชน์สุทธิ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
5	106.25	31.17	98.61	75.08	1.31
7.95	168.94	19.46	105.34	149.48	0.71
10	212.5	17.81	116.5	194.69	0.60
15	318.75	13.36	143.3	305.39	0.47
20	425	11.13	172.49	413.87	0.42
25	531.25	9.74	202.18	521.51	0.39
30	637.5	8.90	232.59	628.6	0.37



รูปที่ 4.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ (ไร่) กับระยะเวลาคืนทุน (ปี)

4.7.6 สรุปการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

จากตารางที่ 4.8 และกราฟในรูป 4.15 จะพบว่า จำนวนพื้นที่ 5 ไร่ ได้รับผลประโยชน์ 106.25 บาท/ปี ต้นทุน 98.61 บาท/ปี ผลประโยชน์สุทธิ 75.08 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 1.31 ปี เมื่อเทียบกับจำนวนพื้นที่ 30 ไร่ ได้รับผลประโยชน์ 637.5 บาท/ปี ต้นทุน 232.59 บาท/ปี ผลประโยชน์สุทธิ 628.6 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 0.37 ปี และเห็นว่าระยะเวลาคืนทุนได้ภายใน 1 ปี โดยเกษตรกรจะต้องใช้พื้นที่เป็นประมาณ 7.95 ไร่ ขึ้นไปและจากเกษตรกรไร่แตงโม ใน 1 ปีจะทำไร่แตงโม ประมาณ 28 ไร่ ต่อปี ดังนั้น ระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนใช้เครื่อง คือ 0.345 ปีหรือ 4.14 เดือน

4.8 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

นำข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS/W เพื่อแสดงผลของการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม โดยการหาค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนตามรายการแล้วนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์โดยกำหนดเกณฑ์มาตรฐานเป็นระดับการปฏิบัติการดังนี้

4.51-5.00 หมายถึง มากที่สุด
3.51-4.50 หมายถึง มาก
2.51-3.50 หมายถึง ปานกลาง
1.51-2.50 หมายถึง น้อย
1.00-1.50 หมายถึง น้อยที่สุด (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2552)

ข้อมูลของการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมโดยเกษตรกรที่ผ่านการทดลองใช้เครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม ใส่ปุ๋ยจำนวน 20 คน

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

ประเด็นการประเมิน	ความถี่	ระดับความพึงพอใจ					
		5	4	3	2	1	ค่าเฉลี่ย
1. ลักษณะทางกายภาพของเครื่อง							**4.4**
1.1 การออกแบบและสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม	จำนวน	9	10	1	0	0	4.4
	ร้อยละ	45	50	5	0	0	
1.2 เครื่องมีความคงทนแข็งแรง	จำนวน	10	8	2	0	0	4.4
	ร้อยละ	50	40	10	0	0	
1.3 เครื่องมีขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งาน	จำนวน	10	8	2	0	0	4.4
	ร้อยละ	50	40	10	0	0	
2. ลักษณะการใช้งาน							**4.35**
2.1 เครื่องสามารถใช้งานได้สะดวก	จำนวน	9	8	3	0	0	4.4
	ร้อยละ	45	40	15	0	0	
2.2 เครื่องสามารถทำงานได้นานติดต่อกัน	จำนวน	9	9	2	0	0	4.35
	ร้อยละ	45	45	10	0	0	
2.3 เป็นเครื่องที่ช่วยลดขั้นตอนการทำงาน	จำนวน	8	10	2	0	0	4.3
	ร้อยละ	40	50	10	0	0	
3. ลักษณะด้านประสิทธิภาพ							**4.35**
3.1 ช่วยลดแรงงานคนในการใส่ปุ๋ย	จำนวน	6	13	1	0	0	4.6
	ร้อยละ	30	65	5	0	0	
3.2 ช่วยลดเวลาในการใส่ปุ๋ย	จำนวน	7	10	3	0	0	4.2
	ร้อยละ	35	50	15	0	0	
3.3 กำหนดปริมาณปุ๋ยได้ตามที่ต้องการ	จำนวน	7	10	3	0	0	4.2
	ร้อยละ	35	50	15	0	0	
3.4 เจาะหลุมได้ความลึกตามที่กำหนด	จำนวน	11	6	3	0	0	4.4
	ร้อยละ	55	30	15	0	0	
4. ลักษณะการบำรุงรักษา							**4.38**
4.1 เครื่องสามารถเก็บรักษาได้ง่ายและประหยัดเนื้อที่	จำนวน	9	8	3	0	0	4.3
	ร้อยละ	45	40	15	0	0	
4.2 หลังการใช้งานเครื่องสามารถทำความสะอาดได้ง่าย	จำนวน	12	5	3	0	0	4.45
	ร้อยละ	60	25	15	0	0	

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

ประเด็นการประเมิน	ความถี่	ระดับความพึงพอใจ					
		5	4	3	2	1	ค่าเฉลี่ย
5. ด้านราคา							**4.25**
5.1 เครื่องที่นำมาใช้มีราคาถูกและจัดหาได้ง่าย	จำนวน	7	11	2	0	0	4.25
	ร้อยละ	35	55	10	0	0	
5.2 เป็นทางเลือกที่ดีให้กับเกษตรกรที่ต้องการเครื่องมาช่วยผ่อนแรง	จำนวน	7	11	2	0	0	4.25
	ร้อยละ	45	40	15	0	0	

หมายเหตุ จำนวนผู้ประเมิน 20 คน

จากตารางที่ 4.9 พบว่า ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประเด็นด้านลักษณะทางกายภาพของเครื่องมีค่าเฉลี่ย 4.4 ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์พึงพอใจมากที่สุด ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประเด็นด้านลักษณะการใช้งานมีค่าเฉลี่ย 4.35 ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์พึงพอใจมากที่สุด ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประเด็นด้านลักษณะด้านประสิทธิภาพมีค่าเฉลี่ย 4.35 ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์พึงพอใจมากที่สุด ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประเด็นด้านการบำรุงรักษามีค่าเฉลี่ย 4.35 ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์พึงพอใจมากที่สุด ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประเด็นด้านด้านราคามีค่าเฉลี่ย 4.25 ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์พึงพอใจมาก

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1.1 จากการออกแบบและสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมขึ้นมาและนำเครื่องใส่ปุ๋ยไปทดสอบในแปลงปลูกแตงโม พบว่าเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมสามารถใส่ปุ๋ยแตงโมได้ตามที่กำหนด สามารถทำงานได้จริง โดยสามารถใส่ปุ๋ยได้ 2,880 หลุม/วัน

5.1.2 ได้ทราบถึงความแตกต่างของการใช้แรงงานในการใส่ปุ๋ยโดยการใส่ปุ๋ยแบบใช้เครื่องใส่ปุ๋ยจะลดแรงงานคนในการใส่ปุ๋ยได้ และได้ทราบถึงความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการใส่ปุ๋ยแตงโมระหว่างการใส่ปุ๋ยแบบเดิมกับการใช้เครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมซึ่งการใส่ปุ๋ยแบบเดิมนั้นจะได้ปริมาณหลุมประมาณ 1,200 หลุม/วัน ส่วนการใช้เครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมจะได้ปริมาณหลุมประมาณ 2,880 หลุม/วัน เห็นได้ว่าเครื่องใส่ปุ๋ยสามารถใส่ปุ๋ยได้จำนวนหลุมมากกว่าการใส่ปุ๋ยแบบเดิม 58 เปอร์เซ็นต์

5.1.3 จากการประเมินเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม พบว่าระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประเด็นด้านลักษณะทางกายภาพของเครื่องมีค่าเฉลี่ย 4.4 ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์พึงพอใจมากที่สุด ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประเด็นด้านลักษณะการใช้งานมีค่าเฉลี่ย 4.35 ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์พึงพอใจมากที่สุด ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประเด็นด้านลักษณะด้านประสิทธิภาพมีค่าเฉลี่ย 4.35 ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์พึงพอใจมากที่สุด ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประเด็นด้านการบำรุงรักษามีค่าเฉลี่ย 4.35 ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์พึงพอใจมากที่สุด และระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประเด็นด้านราคามีค่าเฉลี่ย 4.25 ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์พึงพอใจมาก

5.1.4 ถ้าเกษตรกรใช้เครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมจะได้จุดคุ้มทุนที่ 7.95 ไร่/ปี และระยะเวลาคืนทุน คือ ถ้าใน 1 ปีเกษตรกรทำไร่แตงโม ประมาณ 28 ไร่ ต่อปี ดังนั้น ระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนใช้เครื่องจะอยู่ที่ 0.345 ปีหรือประมาณ 4.14 เดือน

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการดำเนินงาน การประเมินผลหลังการปรับปรุงและการแก้ไข

5.2.1 ปัญหาด้านวัสดุเครื่อง

5.2.1.1 วัสดุบางอย่างเกิดสนิม แก้ไข โดยทำความสะอาดโดยทาน้ำมันหรือพ่นสีกันสนิม

5.2.1.2 วัสดุที่ใช้ทำเครื่อง เพื่อจะทำให้เครื่องมีน้ำหนักเบา มีราคาแพง แก้ไขโดยใช้วัสดุที่สามารถหาได้ง่าย และมีราคาถูก

5.2.2 ปัญหาด้านการปฏิบัติงาน

5.2.2.1 ปากเครื่องเมื่อทิ่มลงสู่แปลงแตงโม ส่วนที่ค้ำดินบริเวณปากแหวกดินเปิดพร้อมกับการทำงานที่จะทิ่มลงดิน ทำให้กลไกปล่อยปุ๋ยทำงานก่อนจะถึงความลึกที่กำหนดไว้ และเมื่อดึงปากเครื่องออก ปากเครื่องก็จะดันดินปิดปากหลุมและดึงปุ๋ยออกมาจากหลุมด้วย แก้ไขโดยเปลี่ยนการทำงานของระบบเปิดปากเครื่อง โดยนำกลไกตัวเดิมออกแล้วใส่ระบบมือดึงลงไปแทน เมื่อเราต้องการ

ให้ปากเครื่องแหวกดินออกจึงใช้มือผลักด้ามออกส่งผลให้ปากเครื่องเปิดและปากเครื่องจะปิดได้เมื่อเราปล่อยด้ามกลับสู่ตำแหน่งเดิม จึงทำให้ปากเครื่องไม่ดึงดินและปุ๋ยขึ้นมาจากหลุมที่ได้ทำการใส่ปุ๋ยลงไป

5.2.2.2 ส่วนที่รับปุ๋ยเข้ากระบอก ปุ๋ยจะเคลื่อนที่ลงสู่ส่วนกำหนดปริมาณช้า แก้ไขโดยเปลี่ยนขนาดส่วนที่รับปุ๋ยให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และมีความชันมากขึ้น ทำให้ปุ๋ยสามารถไหลลงสู่เครื่องได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

5.2.3 การประเมินผลหลังการปรับปรุง

5.2.3.1 ผลการทดสอบการปล่อยปุ๋ยโดยใช้วิธีการเดิมเปรียบเทียบกับการใช้เครื่อง

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบการปล่อยปุ๋ย

ปริมาณการปล่อยปุ๋ย(กรัม)	ตวงโดยมือแบบเดิม	การตวงโดยเครื่อง
1	14.29	9.17
2	29.01	19.41
3	42.15	28.92

5.2.3.2 ผลการทดสอบการเจาะหลุมใส่ปุ๋ย

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดลองการเจาะหลุมใส่ปุ๋ย

	ความลึกที่ได้ (เซนติเมตร)		
ไร่ที่สุ่ม	ไร่ที่ 1	ไร่ที่ 2	ไร่ที่ 3
ค่าเฉลี่ย	6.17	6.10	6.08
Max	6.7	6.5	6.6
Min	5.7	5.3	5.4

5.2.3.3 ผลการทดสอบเชิงสถิติการเปลี่ยนคนที่ใช้เครื่องไม่มีผลต่อการกำหนดปริมาณและการปล่อยปุ๋ยของเครื่องใส่ปุ๋ย

ตารางที่ 5.3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับปริมาณปุ๋ยจากการใส่

Source (แหล่งที่มา)	d.f. (องศาเสรี)	SS (ผลบวกกำลังสอง)	MS (ค่าเฉลี่ย SS)	F_C (ค่าสถิติ)
Treatment	4	1.86	0.465	1.81
Error	20	5.14	0.257	
Total	24	7		

สรุปผล คือ F_C มีค่า < $F_{ตาราง}$ โดยยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 คือ การเปลี่ยนคนที่ใช้เครื่องใส่ปุ๋ยไม่มีผลต่อการกำหนดปริมาณและการปล่อยปุ๋ยของเครื่องใส่ปุ๋ย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ก่อนใช้งานเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม ควรตรวจสอบในส่วนของการทำงานของสายส่งปุ๋ยและตัวถังใส่ปุ๋ย

5.3.2 หลังการใช้งานทุกครั้งควรทำความสะอาดทันทีและเช็ดหรือตากแดดให้แห้งพร้อมทาน้ำยากันสนิม เพราะปุ๋ยมีความเป็นกรดและด่าง ทำให้ตัวเครื่องเกิดการผุกร่อน

5.3.3 วัสดุที่ใช้ทำมีน้ำหนักมากแต่มีราคาถูก ถ้าต้องการน้ำหนักเบา สามารถเปลี่ยนประเภทของวัสดุที่ใช้ทำได้ แต่ราคาจะสูงขึ้น

5.3.4 ในส่วนของวัสดุที่ใช้ทำตัวดันปากให้ปิด และดึงปากให้เปิด มีความแข็งน้อย ทำให้เกิดการงอของวัสดุ ควรหาวัสดุที่มีความแข็งมากขึ้น แต่ราคาจะสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

คณะอาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2534). **แนะวิชาชีพเกษตรกรรม.** กรุงเทพฯ: บริษัทโรงพิมพ์กรุงธนพัฒนา จำกัด.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2548). **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ผู้ช่วยศาสตร์จารย์ธีระชัย สุขสด. (2544). **การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1.** กรุงเทพฯ: โอ เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์ฯ.

รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา. (2552) **การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 15.** กรุงเทพฯ: บริษัท ธรรมสาร จำกัด

รองศาสตราจารย์สุมล มาลาสิทธิ์. (2552). **การจัดการผลิตและการดำเนินงาน. พิมพ์ครั้งที่ 3.** กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด สามลดา.

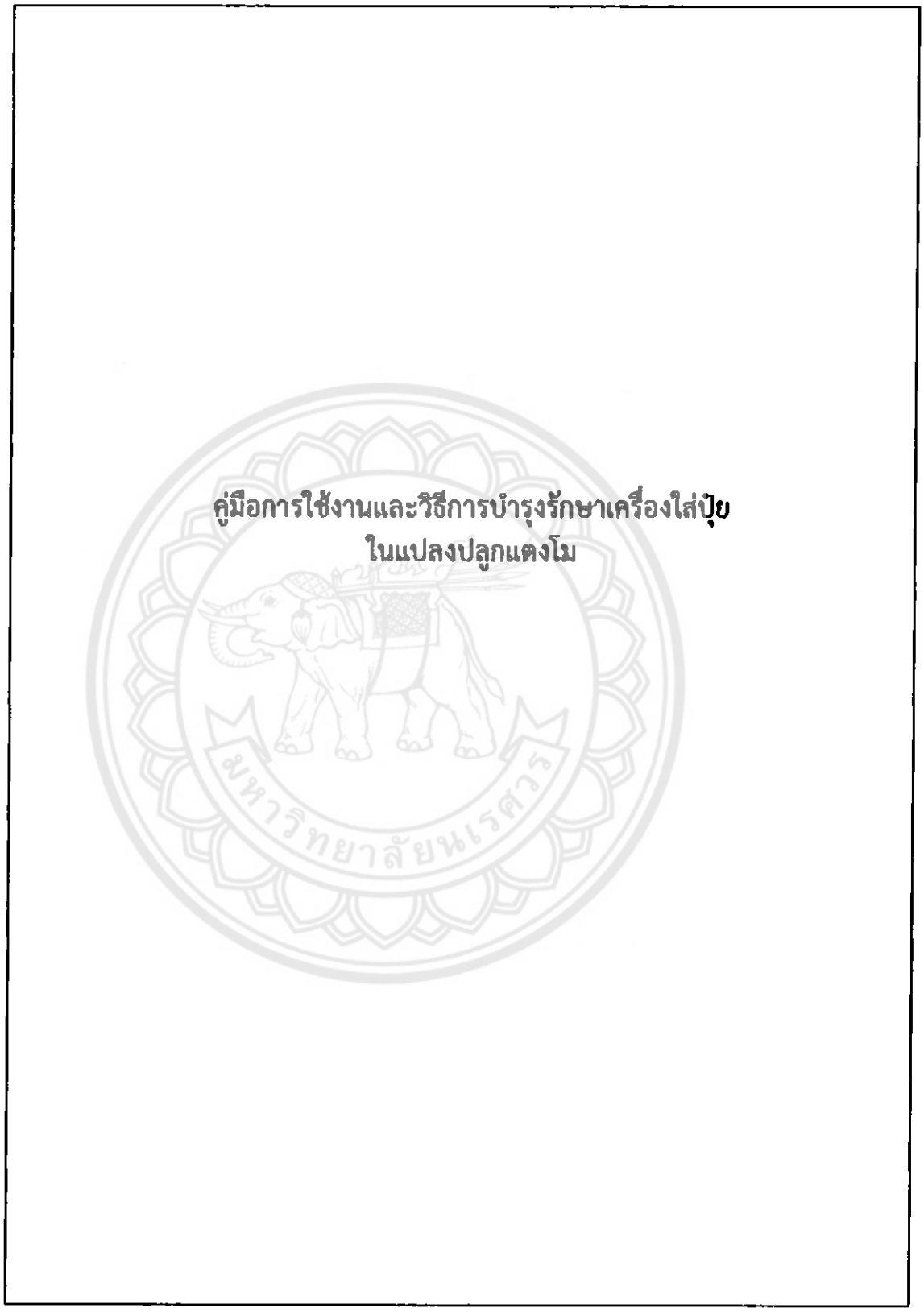
วันชัย ริจิรวนิช. (2536). **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรสิทธิ์ แก้วพระอินทร์. (1991). **โลหะวิทยาเบื้องต้น** METALLURGY. กรุงเทพฯ: บริษัท วี.พริ้น จำกัด.

อาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง. (2553). **เอกสารประกอบการสอนวิชา 301303 สถิติวิศวกรรม.** พิษณุโลก: ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

Donnell R. Hunt. (1986). **Engineering models for agricultural production.** The Avi publishing company inc: United States of America.

ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้งานและวิธีการบำรุงรักษาเครื่องช่วยใส่ปุ๋ย ในแปลงปลูกแตงโม

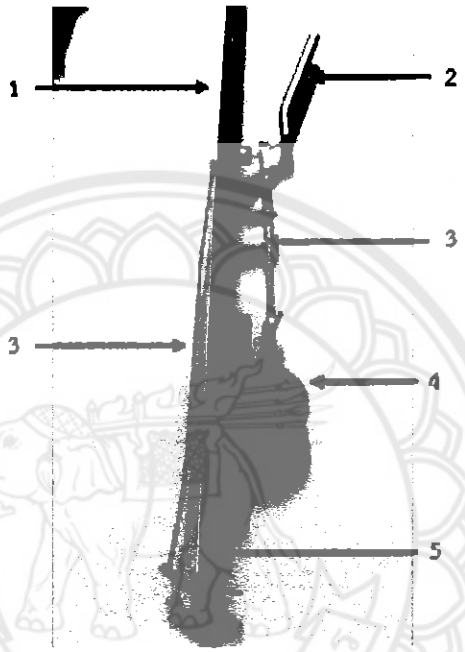


รูปที่ ก.1 คู่มือการใช้งานและวิธีการบำรุงรักษาเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

2

คู่มือการใช้งานและวิธีการบำรุงรักษาเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

1. ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม



ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

1. ส่วนด้ามของเครื่อง
2. ส่วนคันโยก
3. ส่วนของชุดส่งปุ๋ย
4. ส่วนล้วกำหนดปริมาณ
5. ส่วนของปากเครื่อง

2. ลักษณะสำคัญของเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

ลักษณะการใช้งาน ใช้ใส่ปุ๋ยแตงโม

ปริมาณปุ๋ยที่สามารถใส่ได้แต่ละหลุม	10-30 กรัม
เวลาการทำงาน/ไร่	3.33 ชั่วโมง/ไร่

รูปที่ ก.1 (ต่อ) คู่มือการใช้งานและวิธีการบำรุงรักษาเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

3

3. ข้อปฏิบัติก่อนการใช้งานเครื่องใส่ปุ๋ยแตงโม

1. ตรวจสอบความแน่นของชิ้นส่วนประกอบต่างๆ และการขันน็อตสลักยึดต่างๆ
2. ทดสอบการหมุนของแกนปรับปริมาณปุ๋ย และการไหลของปุ๋ย
3. ตรวจสอบความเรียบร้อยให้พร้อมใช้งาน

4. วิธีการใช้งานและการบำรุงรักษา

1. วิธีการใช้งาน

1.1 นำส่วนของตัวกำหนดปริมาณใส่เพื่อปรับปริมาณปุ๋ยที่ต้องการใส่แตงโม ดังหมายเลข 1 ในรูปที่ 1 คือ ตัวกำหนดปริมาณ 10 กรัม หมายเลข 2 คือ ตัวกำหนดปริมาณ 20 กรัม และการใส่ตัวกำหนดปริมาณปุ๋ย 20 กรัมลงในส่วนกำหนดปุ๋ยดังในรูปที่ 2

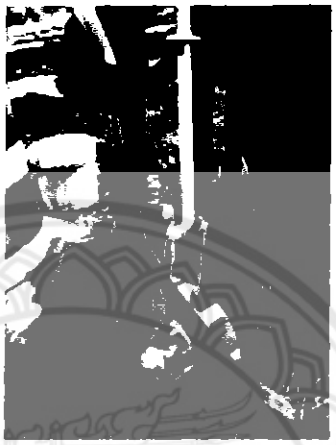
รูปที่ 1 แสดงส่วนของตัวกำหนดปริมาณ

รูปที่ 2 แสดงการใส่ตัวกำหนดปริมาณ

รูปที่ ก.1 (ต่อ) คู่มือการใช้งานและวิธีการบำรุงรักษาเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

4

1.2 ทำการต่อฟองเครื่องเข้ากับถังบรรจุปุ๋ย ดังรูปที่ 3



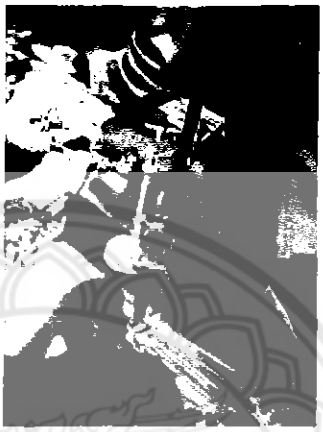
รูปที่ 3 แสดงส่วนของการต่อฟองเครื่องเข้ากับถังบรรจุปุ๋ย

1.3 ทำการปล่อยปุ๋ยในถังปล่อยซัก 2-3 ครั้ง เพื่อปุ๋ยจะได้เต็มแต่ละช่องของตัวปรับปริมาณปุ๋ย ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 แสดงปล่อยปุ๋ยในถัง เพื่อปุ๋ยจะได้เต็มแต่ละช่องของตัวปรับปริมาณปุ๋ย

รูปที่ ก.1 (ต่อ) คู่มือการใช้งานและวิธีการบำรุงรักษาเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

1.4 ทำการใส่ปุ๋ยโดยใส่ตามแนวของร่องแตงโม ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการใส่ปุ๋ยในร่องแตงโม

1.5 เมื่อใส่ปุ๋ยเสร็จแล้ว ตรวจสอบปุ๋ยที่ค้างอยู่ในเครื่อง หากมีให้นำปุ๋ยออกให้หมด แล้วนำเครื่องไปทำความสะอาด โดยอยู่ในขั้นตอนของการบำรุงรักษา ดังจะกล่าวต่อไปนี้

2. การบำรุงรักษา

2.1 หลังจากการใช้งานเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโมเสร็จแล้ว นำส่วนที่ต่อจากส่วนถังบรรจุปุ๋ยออก

2.2 ตรวจสอบเครื่องใส่ปุ๋ยว่ามีเม็ดปุ๋ยตกค้างอยู่หรือไม่ ถ้ามีกำจัดออกให้หมด แล้วเริ่มทำความสะอาดเครื่องจากการล้างส่วนปากเครื่องก่อนเพื่อเอาคราบเศษดินที่ติดอยู่ออก และขัดด้วยผ้าให้แห้ง

2.3 ทำความสะอาดเครื่องส่วนที่เหลือ โดยการใช้ผ้าแห้งเช็ดให้สะอาด

2.4 หาน้ำยากันสนิมมาทาส่วนปากเครื่อง ผึ่งแดดให้แห้ง แล้วนำไปเก็บที่เก็บเครื่องมือ

3. ข้อแนะนำในการปฏิบัติ

1. ก่อนการใช้งานควรตรวจสอบความพร้อมของเครื่องว่าเป็นไปตามข้อปฏิบัติก่อนใช้งานแล้วหรือยัง

2. ขณะทำการเจาะหลุมใส่ปุ๋ยควรมีความระมัดระวัง เพราะปากเจาะหลุมอาจทำให้เกิดอันตรายต่อมือได้

รูปที่ ก.1 (ต่อ) คู่มือการใช้งานและวิธีการบำรุงรักษาเครื่องใส่ปุ๋ยในแปลงปลูกแตงโม

ภาคผนวก ข
การคำนวณต่างๆ

ตารางที่ ข.1 อัตราการใส่ปุ๋ยแบบเดิมกับแบบใช้เครื่องใส่ปุ๋ย

เวลาใส่ปุ๋ยแบบเดิม	เวลาที่ใช้เครื่องใส่ปุ๋ย
1 วัน ทำงาน 8 ชั่วโมง = 1,200 หลุม	1 วัน = 8 ชั่วโมง = 2,880 หลุม
1 นาทีได้ =1,200/480 = 2.5 หลุม	1 นาทีได้ = 2,880/480 = 6 หลุม
1 หลุมใช้เวลา 60/2.5 = 24 วินาที	1 หลุมใช้เวลา 60/6 = 10 วินาที
1 ชั่วโมง = 2.5 × 60 = 150 หลุม	1 ชั่วโมง =6 × 60 = 360 หลุม

ตารางที่ ข.2 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนวันใส่ปุ๋ยโดยเฉลี่ย (ปัดเศษขึ้นเนื่องจากจ้างเต็มวัน) และค่าแรงงานใส่ปุ๋ยแบบเดิมกับการใช้เครื่องใส่ปุ๋ย

จำนวนไร่	การใส่ปุ๋ยแบบเดิม		การใช้เครื่องใส่ปุ๋ย	
	จำนวนวันที่ใส่	ค่าใช้จ่ายแรงงาน (บาท/คน)	จำนวนวันที่ใส่	ค่าใช้จ่ายแรงงาน (บาท/คน)
2	2	340	1	170
4	3	510	2	340
6	5	850	3	510
8	7	1,190	4	680
10	10	1,700	5	850
12	13	2,210	5	850

ตารางที่ ข.3 ตารางค่าความคลาดเคลื่อน

จำนวนครั้งที่สุ่ม	p	s^2			s		
		k=1	k=2	k=3	k=1	k=2	k=3
10	0.5	19.90	79.60	179.10	4.46	8.92	13.38
20	1	4.95	19.80	44.55	2.22	4.45	6.67
30	1.5	2.19	8.76	19.70	1.48	2.96	4.44
40	2	1.23	4.90	11.03	1.11	2.21	3.32
50	2.5	0.78	3.12	7.02	0.88	1.77	2.65
60	3	0.54	2.16	4.85	0.73	1.47	2.20
70	3.5	0.39	1.58	3.54	0.63	1.26	1.88
80	4	0.30	1.20	2.70	0.55	1.10	1.64
90	4.5	0.24	0.94	2.12	0.49	0.97	1.46
100	5	0.19	0.76	1.71	0.44	0.87	1.31

สูตร การหาความคลาดเคลื่อน คือ

$$s^2 = \frac{k^2(1-p)}{np}$$

เมื่อ S = ค่าความคลาดเคลื่อน (Desired relative accuracy) (± 5 % = ± 0.05)

p = เปอร์เซ็นต์ของการเกิดของกิจกรรมหรืองานที่ไม่ตรงต่ำที่สุด (Percentage occurrence of an activity or delay being measured expressed as a decimal) (5% = ± 0.05)

n = จำนวนครั้งที่สุ่ม (Number of random observation) (Sample size)

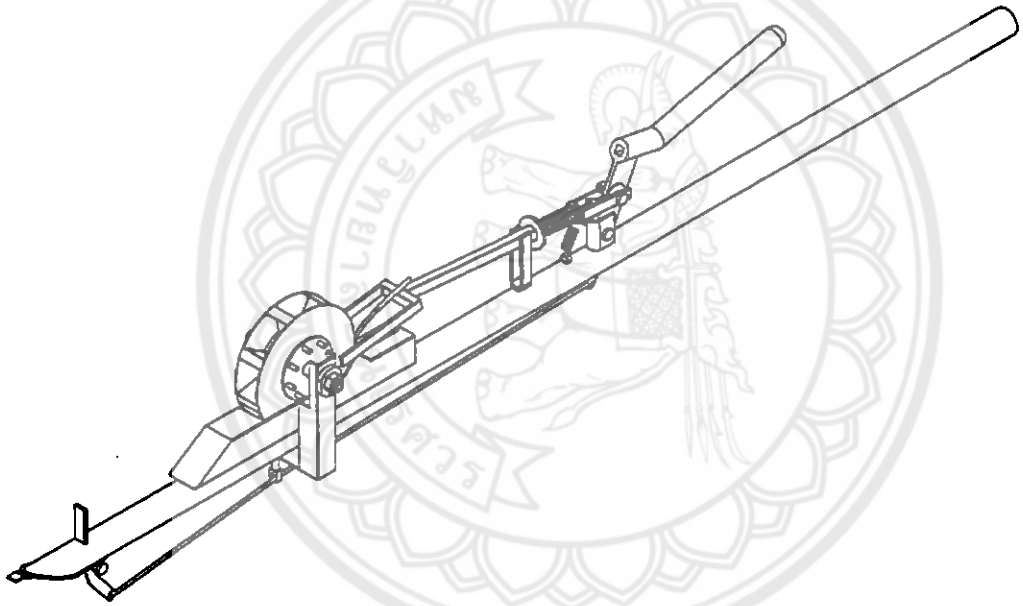
k = ระดับความเชื่อมั่น (Confidence level) โดยที่

k = 1 Confidence level 68 %

k = 2 Confidence level 95 %

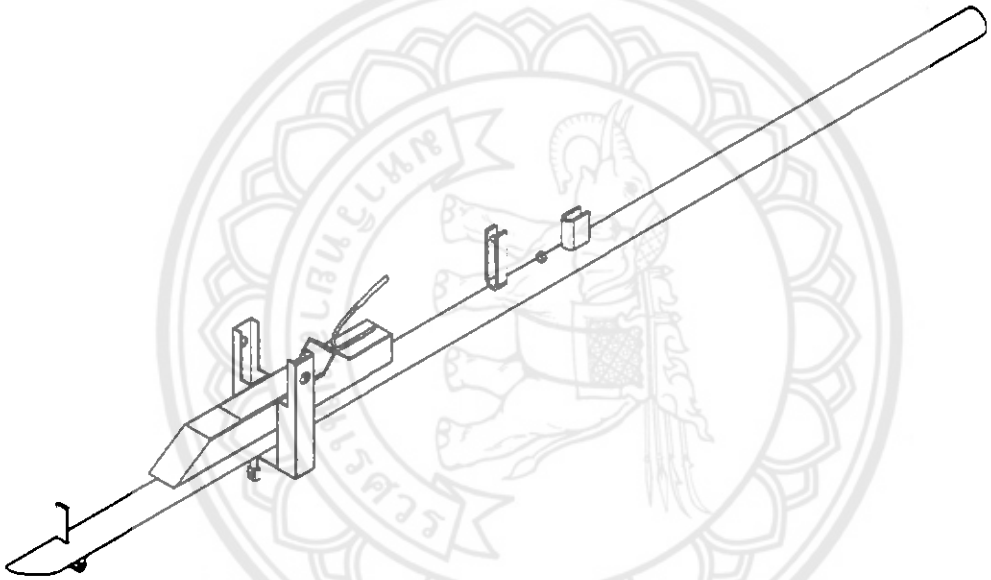
k = 3 Confidence level 99 %

ภาคผนวก ค
งานเขียนแบบ



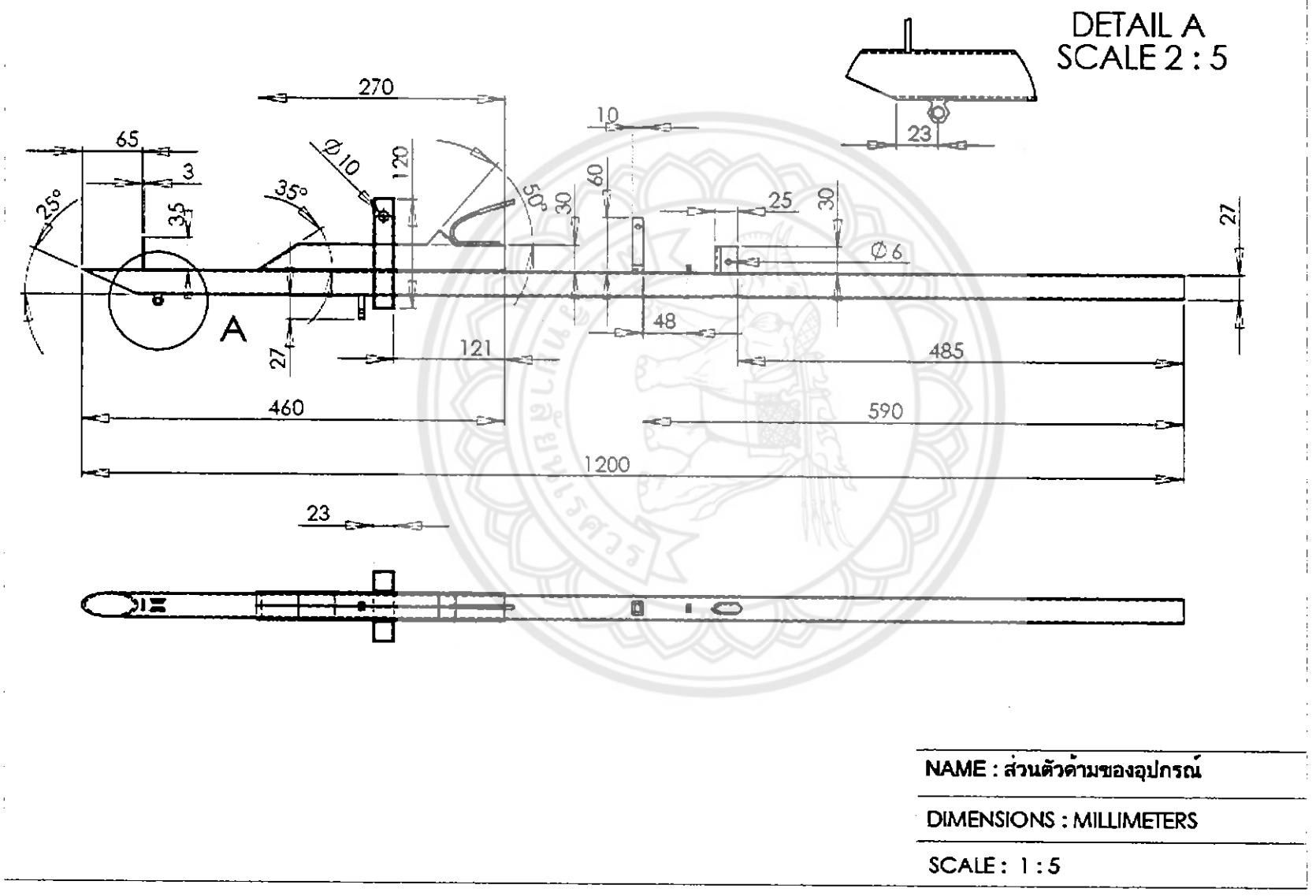
NAME : อุปกรณ์ช่วยใส่ปุ๋ย 3มิติ
DIMENSIONS : MILLIMETERS
SCALE : 1 : 5

รูปที่ ค.1 งานเขียนแบบเครื่องช่วยใส่ปุ๋ย 3 มิติ

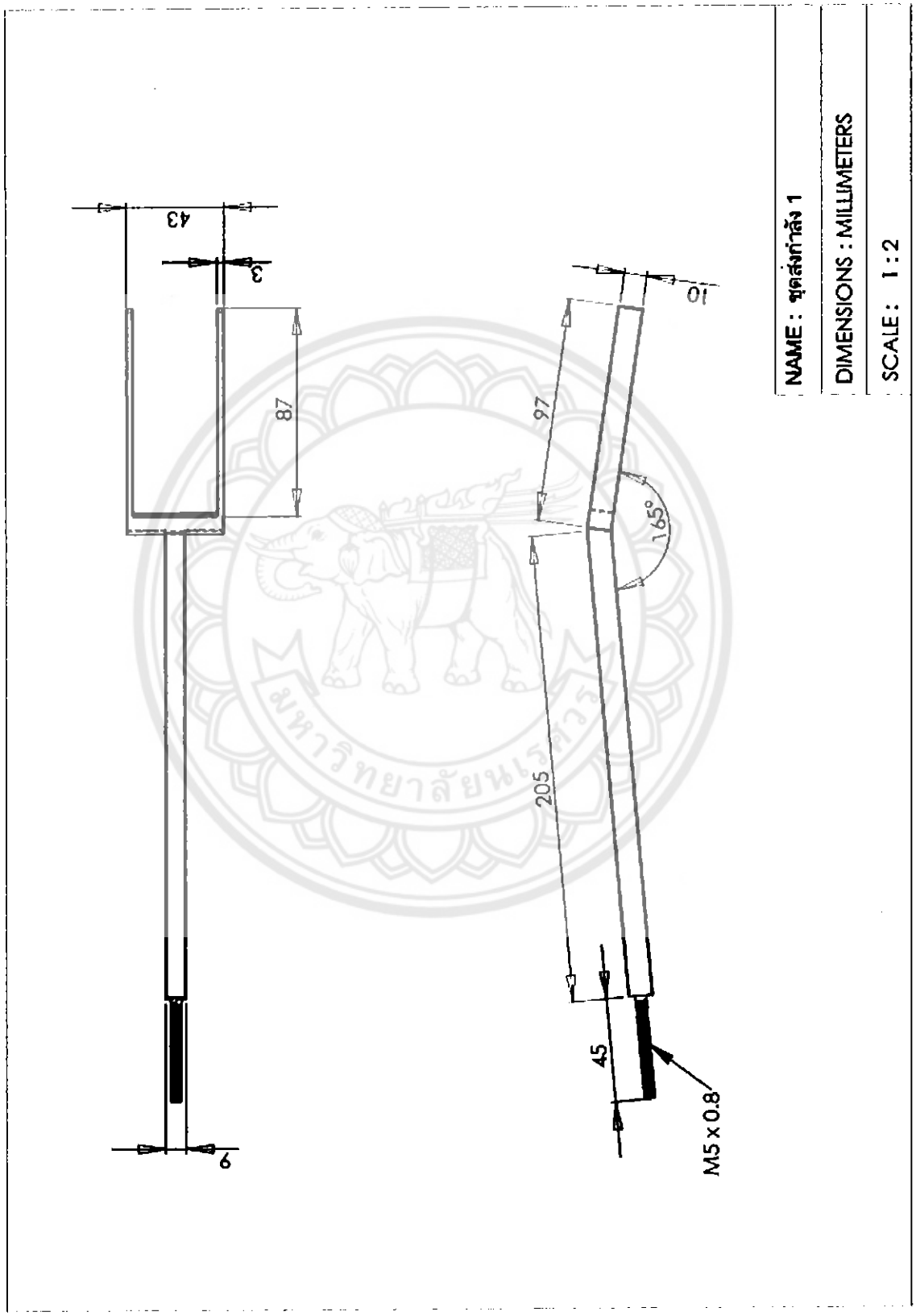


NAME : ส่วนตัวด้านของอุปกรณ์
DIMENSIONS : MILLIMETERS
SCALE : 1 : 5

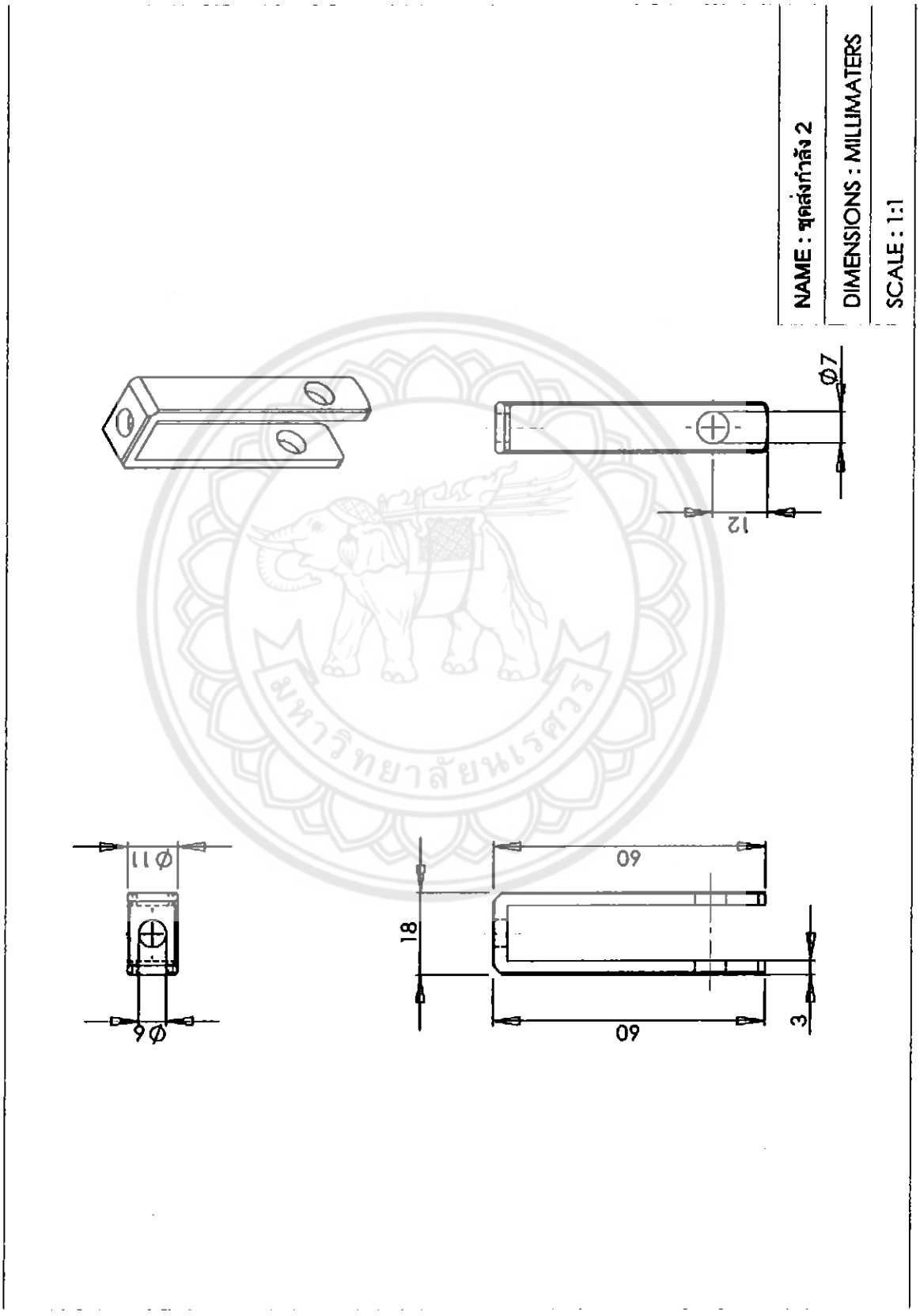
รูปที่ ค.2 งานเขียนแบบส่วนตัวด้ามเครื่อง



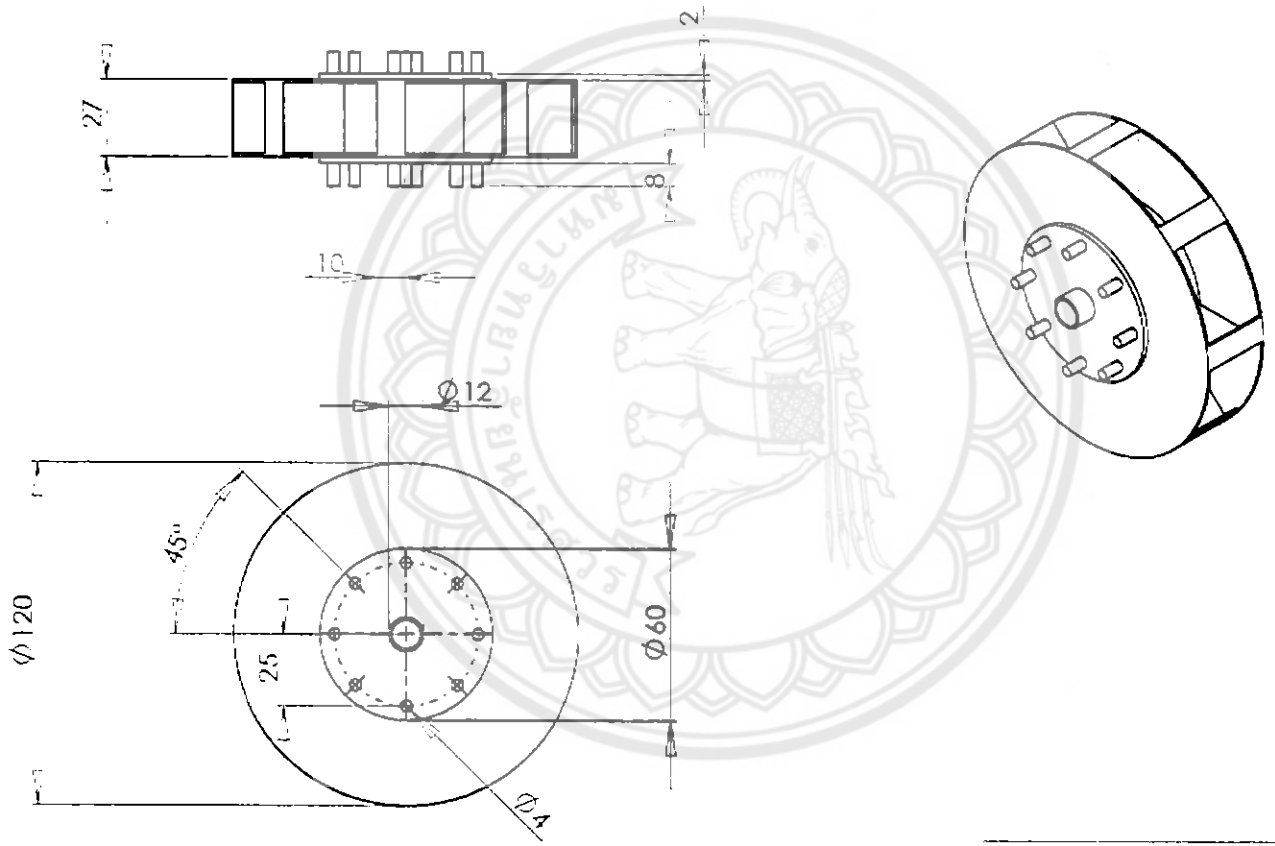
รูปที่ ค.2 (ต่อ) งานเขียนแบบส่วนตัวด้ามเครื่อง



รูปที่ ค.3 งานเขียนแบบชุดส่งกำลัง 1



รูปที่ ค.4 งานเขียนแบบชุดส่งกำลัง 2

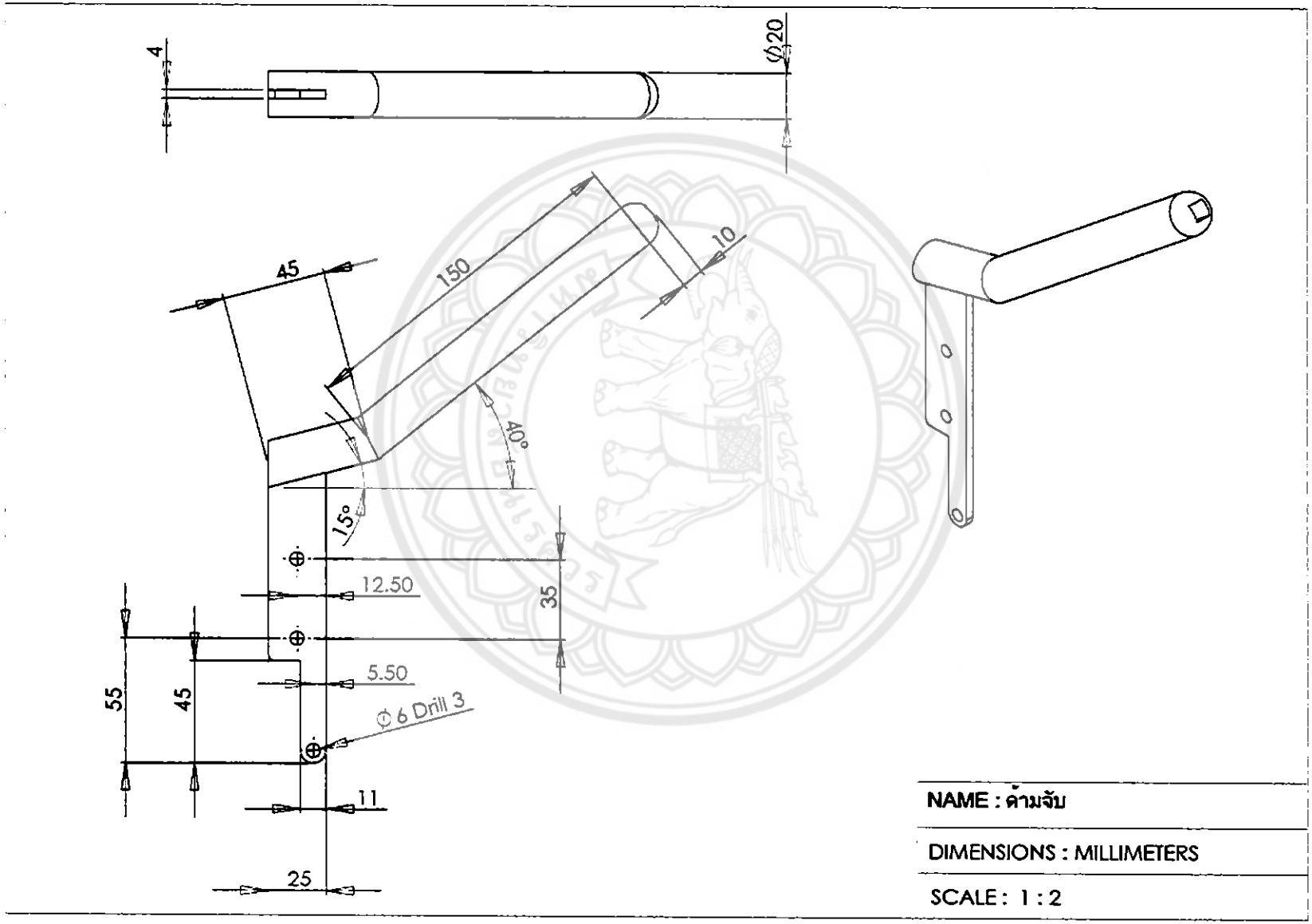


NAME : ส่วนตัวกำหนดปริมาณ

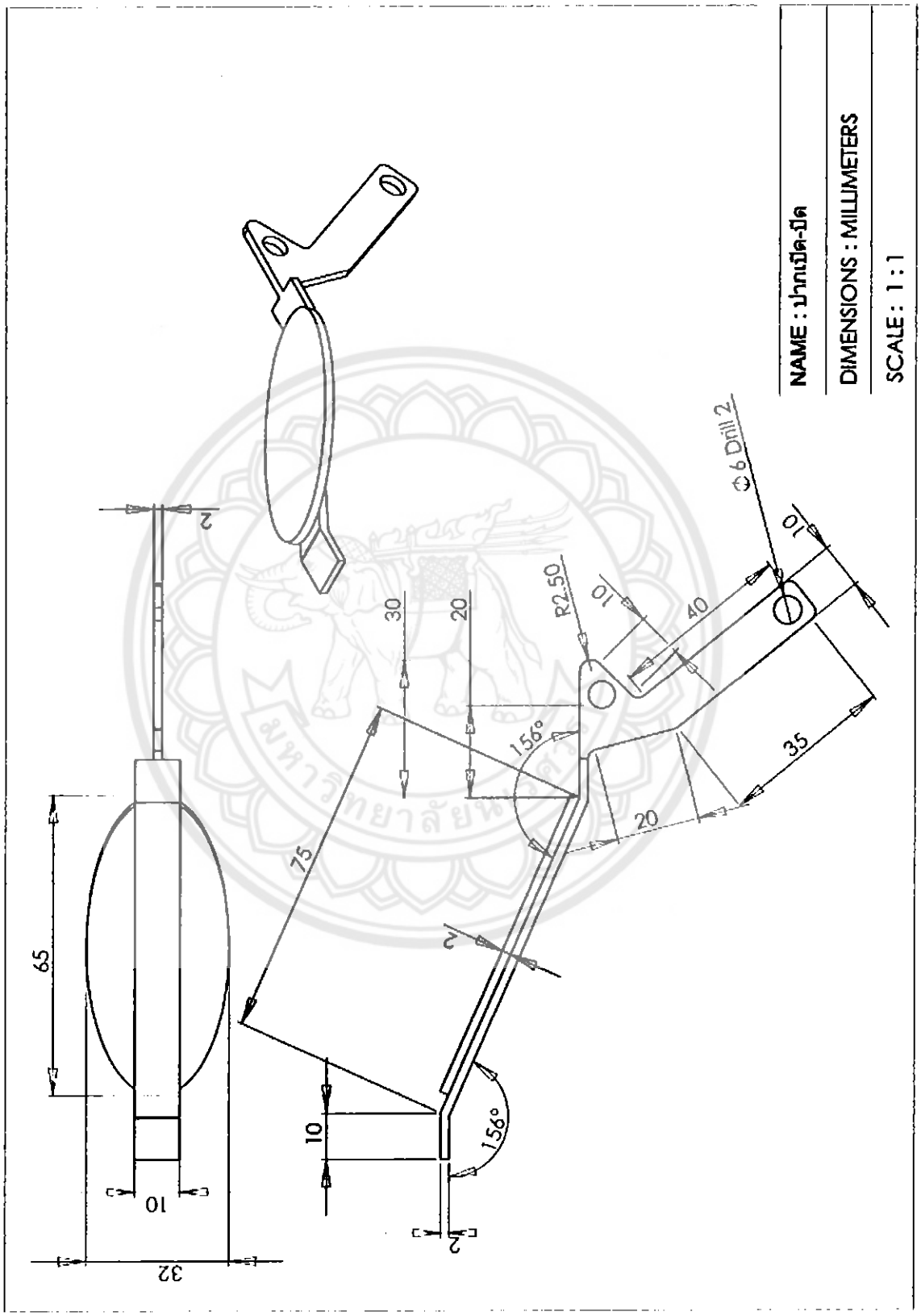
DIMENSIONS : MILLIMETERS

SCALE : 1 : 2

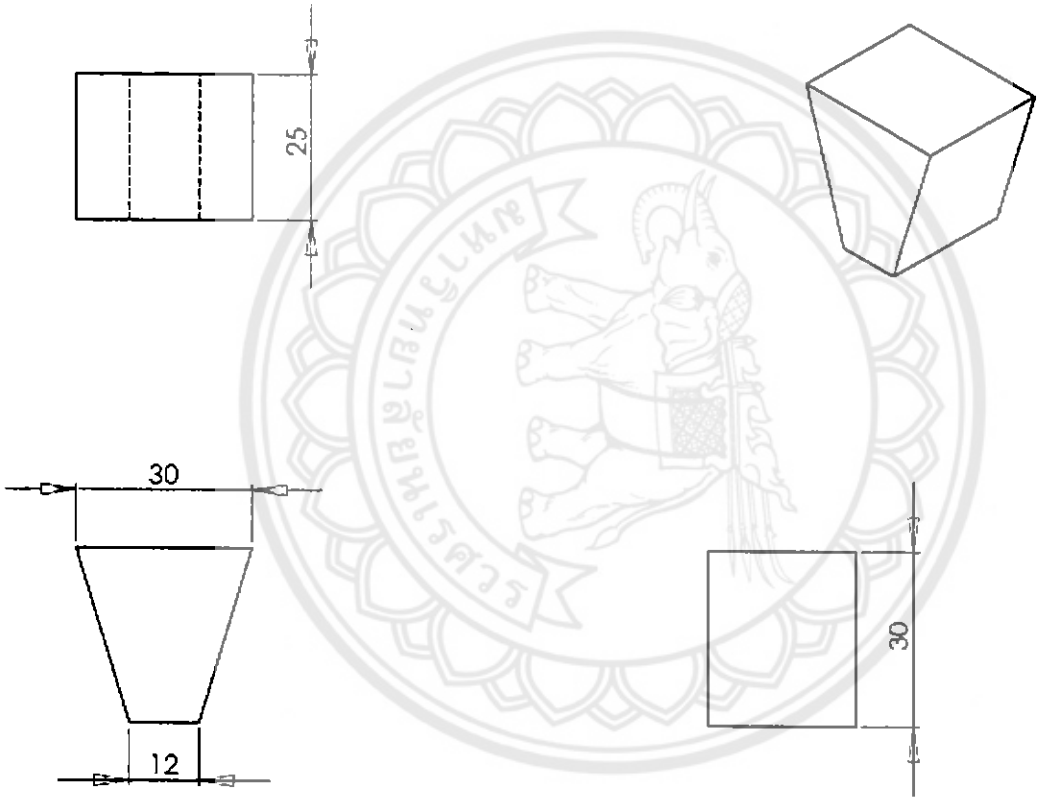
รูปที่ ค.5 งานเขียนแบบส่วนตัวกำหนดปริมาณ



รูปที่ ค.6 งานเขียนแบบด้ามจับ



รูปที่ ค.7 งานเขียนแบบปากเปิด-ปิด

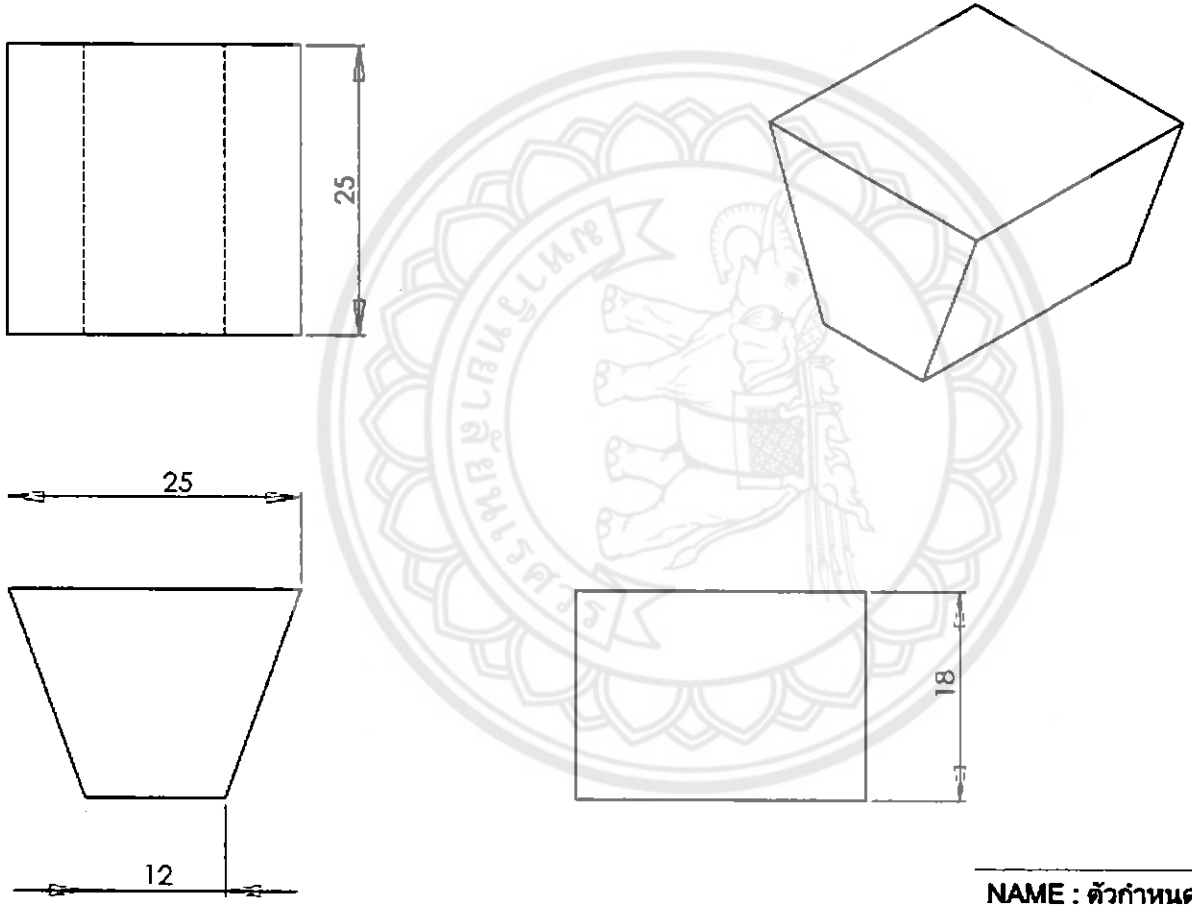


NAME : ตัวกำหนดปริมาณ 10 กรัม

DIMENSIONS : MILLIMETERS

SCALE : 1 : 1

รูปที่ ค.8 งานเขียนแบบตัวกำหนดปริมาณ 10 กรัม



รูปที่ ค.9 งานเขียนแบบตัวกำหนดปริมาณ 20 กรัม

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นางสาวเสาวภาคย์ เทียนสว่าง

ภูมิลำเนา 79/3 หมู่ 4 ต.ป่าคาย อ.ทองแสนขัน
จ.อุตรดิตถ์ 53230

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนทองแสงขัน จ.อุตรดิตถ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: saowapark.t@gmail.com

ชื่อ นางสาวนิรันตรี ทองดี

ภูมิลำเนา 32/1 หมู่ 5 ต. พรหมพิราม อ. พรหมพิราม
จ. พิษณุโลก 65150

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพรหมพิรามวิทยา จ. พิษณุโลก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: ultrablue-blue@hotmail.com