



วิทยานิพนธ์

การวิจัยและพัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีในแปลงองุ่น
พ่วงท้ายรถแทรกเตอร์

**RESEARCH AND DEVELOPMENT OF GRAPE SPRAYER
MOUNTED ON THREE-POINT HITCH OF A TRACTOR**

นายกิตติชัย เลิศกาญจนวงศ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)
ปริญญา

วิศวกรรมเกษตร

วิศวกรรมเกษตร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การวิจัยและพัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีในแปลงอูุ่่นพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์

Research and Development of Grape Sprayer Mounted on Three-Point Hitch of a Tractor

นามผู้วิจัย นายกิตติชัย เลิศกาญจนวงศ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก


(รองศาสตราจารย์ประเทือง อุษาบริสุทธิ์, Ph.D.)

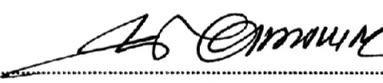
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม


(รองศาสตราจารย์วิชา หมั่นทำการ, M.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว


(รองศาสตราจารย์วินัย อ่างคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 3 เดือน เมษายน พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิจัยและพัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีในแปลงองุ่นพวงท้ายรถแทรกเตอร์

Research and Development of Grape Sprayer Mounted on Three-Point Hitch of a Tractor

โดย

นายกิตติชัย เลิศกาญจนวงศ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

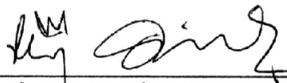
พ.ศ. 2551

กิตติชัย เลิศกาญจนวงศ์ 2551: การวิจัยและพัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีในแปลงอุ่นพวง
ท้ายรถแทรกเตอร์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)
สาขาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์ประเทือง อุษาบริสุทธิ์, Ph.D. 118 หน้า

เครื่องฉีดพ่นสารเคมีที่ออกแบบมีขนาด $100 \times 100 \times 120$ เซนติเมตร ต่อพ่วงกับระบบต่อ
ติดสามจุดของรถแทรกเตอร์ โดยรับกำลังจากเพลลาอำนาจกำลังส่งผ่าน ไปสู่ปั๊มแรงดันสามสูบ เพื่อ
สร้างและส่งความดันไปยังหัวฉีดที่ติดตั้งอยู่บนแขนพ่น จากการศึกษาหัวฉีดที่แตกต่างกัน 4 ชนิด
คือ หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู 4 รู 5 รู และ 7 รู ผลการทดลองพบว่า ความเร็วเดินหน้าขณะทำงานของ
เครื่องฉีดพ่นสารเคมีเท่ากับ 2.06 กิโลเมตร/ชั่วโมง ใช้ความดันในการฉีดพ่นเท่ากับ 35 บาร์ หัวฉีด
กรวยกลวง 1 รู มีจำนวนละอองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการฉีดพ่น ซึ่งมีจำนวนละอองที่หน้า
ใบเฉลี่ยเท่ากับ 75 ละออง/ตารางเซนติเมตร จำนวนละอองที่หลังใบเฉลี่ยเท่ากับ 50 ละออง/ตาราง
เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนของขนาดละออง VMD/NMD พบว่ามีค่าที่สม่ำเสมอมาก
ที่สุดคือ 1.24 และมีอัตราการฉีดพ่นเท่ากับ 7.65 ลิตร/นาที่ ส่วนหัวฉีดกรวยกลวง 4 รู 5 รู และ 7 รู
มีจำนวนละอองในบางตำแหน่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของการฉีดพ่น

เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงานเชิงไร่ เท่ากับ 4.24 ไร่/ชั่วโมง มีประสิทธิภาพ
ในการทำงานเชิงไร่ เท่ากับ 73.57 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการฉีดพ่นสารเคมี 0.54 ลิตร/ต้น คิดเป็น
ปริมาณการใช้น้ำยาอยู่ที่ 108.25 ลิตร/ไร่ และจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่าเมื่อ
เครื่องต้นแบบทำงานวันละ 5 ชั่วโมง เป็นเวลา 200 วันต่อปี เปรียบเทียบกับแรงงานคน จะมี
ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1 เดือน โดยมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 37.75 ไร่

กิตติชัย เลิศกาญจนวงศ์
ลายมือชื่อนิติกร


ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

31 / มี.ค. / 51

Kittichai Lerdkanjanawong 2008: Research and Development of Grape Sprayer Mounted on Three-Point Hitch of a Tractor. Master of Engineering (Agricultural Engineering), Major Field: Agricultural Engineering, Department of Agricultural Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Prathuang Usaborisut, Ph.D. 118 pages.

Developed sprayer has dimension of $100 \times 100 \times 120$ cm, which is attached to three - point hitch of a tractor in order to power a three-pistons pump for raising liquid pressure to nozzles on boom. The experimental study included four hollow cone nozzles with difference in number of holes: 1, 4, 5 and 7 holes. For the results, working speed of a tractor was 2.06 km/hr and pressure of sprayer was 35 kgf/cm^2 . The hollow cone nozzle with one hole showed that number of spray droplets on both sides of leaves was higher than the standard value. The average number of droplets on front leaf was 75 droplets/cm^2 while the average number of droplets on back leaves was 50 droplets/cm^2 . Ratio of volume median diameter to number median diameter was 1.24 . The spraying rate was 7.65 liter/min. On the other hand, the hollow cone nozzles with 4, 5 and 7 holes showed numbers of droplets lower than the standard value on some position of leaves.

The field capacity of the developed sprayer is 4.24 rai/hr with 73.57 % of field efficiency. The average spraying rate is 0.54 litre/tree or 108.25 litre/rai. Regarding cost analysis, when the machine and operating costs for 200 day/year at 5 hours/day, as well as labor cost are taken in to consideration, the pay back period is 1 month. The break – even point of working is 37.75 rai.

K. Lerdkanjanawong
Student's signature

P. Usaborisut
Thesis Advisor's signature

31 / 03 / 08

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ดอกเตอร์ประเทือง อุษาบริสุทธิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำช่วยเหลือในทุกด้าน ทั้งเทคนิควิธีการในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนการจัดทำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์และขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์วิชา หมั่นทำการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างดียิ่ง และใคร่ขอขอบคุณ ดอกเตอร์พุงศักดิ์ จุลยเสนา ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์มงคล กวางวโรภาส ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้ายที่ให้คำแนะนำและเพื่อเติมความสมบูรณ์แก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท โคลไทยแลนด์ จำกัด และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนเงินทุนในการทำเครื่องฉีดพ่นสารเคมี ขอขอบคุณฝ่ายช่างภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และบุคลากรที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย ขอขอบคุณ คุณราวดี น่วมปฐม คุณจุฬาลักษณ์ คำคุณ และคุณวรารัตน์ ธีรวงศ์วัฒนา ที่ให้ความช่วยเหลือในการทดสอบเครื่องฉีดพ่นสารเคมีในห้องปฏิบัติการและการทดลองในภาคสนาม เจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ตรวจแก้ไขแบบฟอร์มวิทยานิพนธ์ รวมถึงท่านอื่นๆ ที่ให้ความช่วยเหลือต่างๆ และไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้

สุดท้ายผลดีอันเกิดจากการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบให้กับ บิดา มารดา ครู อาจารย์ ญาติมิตรทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในทุกรูปแบบ จนกระทั่งสำเร็จการศึกษาลงได้และหากมีข้อบกพร่องประการใดที่เกิดขึ้นจากการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

กิตติชัย เลิศกาญจนวงศ์

มีนาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
ประโยชน์และคุณค่าขององุ่น	3
เครื่องฉีดพ่นสารเคมี	8
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	27
อุปกรณ์และวิธีการ	34
อุปกรณ์	34
วิธีการ	35
สถานที่ทำการทดสอบ	52
ระยะเวลาในการทดลอง	52
ผลและวิจารณ์	53
สรุปและข้อเสนอแนะ	80
สรุป	80
ข้อเสนอแนะ	82
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	83
ภาคผนวก	86
ภาคผนวก ก ข้อมูลภาคสนาม	87
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลการทดสอบ	91
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	118

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่า LC ₅₀ ของสารเพนวาสิเรทที่หยดลงบนหนอนเจาะสมอฝ้ายวัยต่างๆ	14
2	อัตราการใช้สารฆ่าแมลงเพื่อกำจัดหนอนกระทู้ (Spodoptera sp.) ในระยะการเจริญเติบโตต่างๆกัน	15
3	การกระจายของละอองสารขนาดต่าง ๆ ที่ตกบนเป้าหมายของการพ่นสาร 1 ลิตร ในพื้นที่ 6.25 ไร่ (1 เฮกเตอร์)	17
4	ในปริมาตรน้ำ 1 มิลลิลิตร เมื่อขนาดของละอองสารต่างกันจำนวนละอองสารจะต่างกัน	18
5	แสดงจำนวนของละอองสารที่สามารถควบคุมศัตรูพืชได้	18
6	การพ่นสารกำจัดผักโขมนา <i>Amaratus</i> ที่อัตราการพ่นสารต่าง ๆ กัน	19
7	ขนาดของละอองสารที่เหมาะสมกับเป้าหมายที่ต้องการพ่น	20
8	แสดงขนาดละอองสารที่ตกบนเป้าหมายต่าง ๆ	21
9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดพ่น และความสูงของไม้ผล	27
10	การจำแนกประเภทรถแทรกเตอร์และโมเมนต์เนื่องจากน้ำหนัก	28
11	มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของจุดพวง	31
12	ลักษณะของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีที่ต้องการออกแบบสร้าง	35
13	ข้อมูลเบื้องต้นของงุ่นที่ปลูกโดยค้ำรูปตัวที่	36
14	จำนวนละอองการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบในห้องปฏิบัติการ	54
15	อัตราการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบ	56
16	จำนวนละอองการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบ	58
17	ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของการฉีดพ่นกับความดัน	62
18	อัตราการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบหลังการปรับปรุง	64
19	จำนวนละอองการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบหลังการปรับปรุง	65
20	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หน้าใบ ทั้ง 18 ตำแหน่งหลังการปรับปรุง	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หลังใบ ทั้ง 18 ตำแหน่งหลังการปรับปรุง	67
22	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หน้าใบ ทั้ง 18 ตำแหน่งหลังการปรับปรุง	68
23	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หลังใบ ทั้ง 18 ตำแหน่งหลังการปรับปรุง	68
24	ตัวอย่างการคำนวณ cumulative number percent และ cumulative volume percent เพื่อนำไปหาค่า VMD และ NMD จากแผ่นกระดาษไวต่อน้ำ ของหัวฉีดกรวย กลวง 1 รู	70
25	ค่า VMD และ NMD ของหัวฉีดแต่ละชนิด	73
26	ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ	74

ตารางผนวกที่

1	อัตราการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบในภาคสนามก่อนการปรับปรุง	92
2	อัตราการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบในภาคสนามหลังปรับปรุง	92
3	จำนวนละอองการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบ	92
4	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 1	93
5	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 1	93
6	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 1	94
7	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 1	94
8	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 1	95
9	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 1	95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
35	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 4	108
36	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หน้าใบ หลังการปรับปรุง	109
37	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หลังใบ หลังการปรับปรุง	109
38	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หน้าใบ หลังการปรับปรุง	110
39	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หลังใบ หลังการปรับปรุง	110
40	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หน้าใบ หลังการปรับปรุง	111
41	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หลังใบ หลังการปรับปรุง	111
42	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หน้าใบ หลังการปรับปรุง	112
43	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หลังใบ หลังการปรับปรุง	112
44	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หน้าใบ ทั้ง 18 ตำแหน่ง หลังการปรับปรุง	113
45	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หลังใบ ทั้ง 18 ตำแหน่ง หลังการปรับปรุง	113
46	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หน้าใบ ทั้ง 18 ตำแหน่ง หลังการปรับปรุง	114
47	วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หลังใบ ทั้ง 18 ตำแหน่ง หลังการปรับปรุง	114

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
48	การหาค่า cumulative number percent และ cumulative volume percent เพื่อนำไปหาค่า VMD และ NMD จากแผ่นกระดาษไวต่อน้ำ ของหัวฉีดกรวยกลวง 4 รู	115
49	การหาค่า cumulative number percent และ cumulative volume percent เพื่อนำไปหาค่า VMD และ NMD จากแผ่นกระดาษไวต่อน้ำ ของหัวฉีดกรวยกลวง 5 รู	116
50	การหาค่า cumulative number percent และ cumulative volume percent เพื่อนำไปหาค่า VMD และ NMD จากแผ่นกระดาษไวต่อน้ำ ของหัวฉีดกรวยกลวง 7 รู	117

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของงุ่น	5
2	ลักษณะระบบค้ำงนอนธรรมดาแบบราบ (Overhead or Arbour trellis)	7
3	เครื่องพ่นสารเคมีแบบอัดอากาศ	9
4	เครื่องพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังใช้กำลังเครื่องยนต์	10
5	เครื่องพ่นหมอกชนิดปากปล่อง	24
6	เครื่องฉีดพ่นสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชแบบแขนพ่นติดพวงรถแทรกเตอร์ 4 ล้อเล็ก	26
7	มิติของจุดพ่วง	30
8	ลักษณะค้ำงปลูกงุ่นรูปตัวที	36
9	เครื่องพ่นสารเคมีแบบที่ 1 ที่ทำการออกแบบขึ้น	37
10	เครื่องพ่นสารเคมีหลังการปรับปรุง	38
11	ภาพด้านข้างแสดงส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบ	40
12	ภาพด้านหน้าของเครื่องต้นแบบ	41
13	ภาพด้านบนของเครื่องต้นแบบ	42
14	แสดงการฉีดพ่นใส่ค้ำงจำลองเพื่อเก็บตัวอย่างจำนวนละออง	43
15	แสดงหัวฉีดทั้ง 4 แบบที่ใช้ในการทดสอบ	44
16	แสดงการจับเวลาเพื่อวัดความเร็วการทำงานของรถแทรกเตอร์	45
17	ขนาดแปลงทดสอบหาสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงาน	48
18	การหาเวลาในการกลับหัวของของรถแทรกเตอร์ที่ต่อพ่วงเครื่องต้นแบบ	50
19	แสดงการวัดระยะทางเพื่อหาการสิ้นเปลือง	51
20	แปลงปลูกงุ่นที่ใช้ทดสอบภาคสนาม	55
21	แสดงการวัดอัตราการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบ	55
22	แสดงตำแหน่งในการเก็บละอองการฉีดพ่นในการทดสอบภาคสนาม	57
23	กระดาษที่ได้จากการทดสอบและการนับการกระจายของละออง	57
24	อุปกรณ์ทดสอบการกระจาย	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดพ่นและความดัน	61
26	ลักษณะการฉีดพ่นของหัวฉีด 1 รู และ 7 รู	62
27	แสดงผลการทดสอบลักษณะการกระจายของหัวฉีดทั้ง 4 ชนิด	63
28	กล้องวัดขนาดละอองที่มี calibration slide ขนาด 0.01 มิลลิเมตร แผ่นกระดาษไวต่อน้ำ	69
29	แสดงค่าของ VMD และ NMD ของละอองจากแผ่นกระดาษไวต่อน้ำของหัวฉีดกรวยกลวง 1 รู	71
30	แสดงค่าของ VMD และ NMD ของละอองจากแผ่นกระดาษไวต่อน้ำของหัวฉีดกรวยกลวง 4 รู	71
31	แสดงค่าของ VMD และ NMD ของละอองจากแผ่นกระดาษไวต่อน้ำของหัวฉีดกรวยกลวง 5 รู	72
32	แสดงค่าของ VMD และ NMD ของละอองจากแผ่นกระดาษไวต่อน้ำของหัวฉีดกรวยกลวง 7 รู	72
ภาพผนวกที่		
1	รายละเอียดแปลงทดสอบหาสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงาน	88

การวิจัยและพัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีในแปลงองุ่นพวงท้ายรถแทรกเตอร์

Research and Development of Grape Sprayer Mounted on Three - Point Hitch of a Tractor

คำนำ

องุ่นเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย และพบว่ากลุ่มเกษตรกรที่ปลูกองุ่นนั้นเป็นเกษตรกรรายใหญ่ ซึ่งค่อนข้างมีทุนทรัพย์ในการดูแลรักษาองุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหตุที่ไม่มีเกษตรกรรายย่อยประกอบกิจการ อาจเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายในการปลูกองุ่น เช่น การเตรียมแปลง การทำค้ำ ราคาสายพันธุ์องุ่น และที่สำคัญคือค่าดูแลและป้องกันโรคแมลงที่จะมีผลกระทบต่อผลผลิตจากการปลูกองุ่น นั้นมีต้นทุนสูง เพราะต้องมีทั้งค่าจ้างแรงงาน และต้นทุนสารเคมี ซึ่งล้วนแต่มีราคาสูงทั้งสิ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการวิจัยและพัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีพวงท้ายรถแทรกเตอร์ ซึ่งสามารถใช้พวงท้ายกับรถแทรกเตอร์ที่เกษตรกรใช้ทำงานในแปลงองุ่นอยู่แล้ว การวิจัยมุ่งเน้นถึงการลดต้นทุน แรงงาน และความเสี่ยงในการรับสารเคมีของตัวเกษตรกรเอง อีกทั้งยังเป็นการทำงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อให้เครื่องฉีดพ่นสารเคมี สามารถนำมาใช้ฉีดพ่นปุ๋ยน้ำ ยากำจัดวัชพืช ยาฆ่าแมลง ยาปราบศัตรูพืชประเภทสปีดเวทอะเล็ม สอร์โม่หรือสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช และอื่นๆ อีกทั้งยังเป็นการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าและเหมาะสม ไม่สิ้นเปลืองสารเคมี ทำให้สารเคมีไม่ตกค้างและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

จากการวิจัยและพัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีพวงท้ายรถแทรกเตอร์ ได้ทำการทดลองในแปลงองุ่นของบริษัท โคล ไทยแลนด์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งทำการปลูกองุ่น ในสภาพพื้นที่ราบติดต่อกับเชิงเขา และก้ำลักษณะรูปตัวที ประกอบกับความเร็วลมในพื้นที่ซึ่งเป็นลมทะเล ซึ่งในแผนงานได้กำหนดแผนงานวิจัยและพัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีพวงท้ายรถแทรกเตอร์ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถลดต้นทุนในการจ้างแรงงานและลดปริมาณการสูญเสียสารเคมี

วัตถุประสงค์

1. ออกแบบ สร้างและพัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีในแปลงอุ่นสำหรับติดทำยรถแทรกเตอร์ล้อยางเพื่อการเกษตร
2. ทำการทดสอบประสิทธิภาพและหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีในแปลงเพาะปลูกอุ่น

การตรวจเอกสาร

ประโยชน์และคุณค่าขององุ่น

องุ่นจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมากชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Vitis vinifera* L. (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2536) หรือมีชื่อในภาษาอังกฤษว่า grape และเป็นไม้เถาเลื้อย เจริญได้ดีในที่ที่มีอากาศเย็น ออกผลเป็นพวงใหญ่มีทั้งสีเขียวและสีม่วง เนื้อผลมีลักษณะใส มีรสหวาน หรือหวานอมเปรี้ยว นิยมบริโภคกันมากในรูปผลสด และนำมาบ่มหมักทำไวน์ ซึ่งมีสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายจำนวนมาก ทั้งกลูโคส กรดซิตริก วิตามินซี เหล็กและแคลเซียม ช่วยบำรุงร่างกายให้แข็งแรง ช่วยบำรุงสมอง ช่วยให้ความจำดี แก้กระหายน้ำ ขับปัสสาวะ ป้องกันและระงับอาการ โรคตับและดีซ่าน องุ่นสามารถเจริญเติบโตได้ในดินเหนียวที่มีธาตุอาหารพืชอยู่มาก มีหน้าดินลึกสภาพความเป็นกรด - ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.6 - 6.4 มีน้ำเพียงพอต่อความต้องการ แต่ต้องเป็นบริเวณที่น้ำท่วมไม่ถึง องุ่นเป็นไม้ผลที่ปลูกในสภาพอากาศที่ค่อนข้างเย็น อย่างไรก็ตาม เราสามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการปลูก ในสภาพภูมิอากาศร้อนเช่นประเทศไทย ได้ รวมทั้งอาศัยวิธีการบางอย่างในการบังคับให้ องุ่นออกดอกได้ตามที่ต้องการ ถึงแม้ว่าคุณภาพของผลผลิตโดยทั่วไปยังดีน้อยกว่าองุ่น ที่ปลูกในเขตภูมิอากาศอบอุ่นก็ตาม (วิญญู และสุเทพ, 2549)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ขององุ่น

ราก (roots) ประกอบด้วยรากแขนง รากฝอย และขนราก ส่วนที่ทำหน้าที่หาอาหารส่วนใหญ่อยู่บริเวณผิวดิน

ลำต้น (Trunk) เป็นส่วนที่อยู่เหนือผิวดินอย่างถาวรสามารถแตกกิ่งออกเป็น คอร์ดอน (Cordons)

กิ่งหลัก (Cordons) กิ่งที่แตกออกจากลำต้น อาจมีกิ่งเดียว สองกิ่ง หรือสี่กิ่งก็ได้

ตอกิ่ง (Arms) เป็นกิ่งที่แตกออกจากกิ่งหลักซึ่งเป็นส่วนที่อยู่อย่างถาวร

สเปอร์ (Spur) หรือเดือย เป็นส่วนของกิ่งแก่ ที่เหลือติดอยู่บนตอกิ่งมี 2 - 3 ตา ซึ่งจะเป็นส่วนที่ออกดอกหลังจากส่วนยอดถูกตัดออกไป

กิ่งอ่อน (Shoot) กิ่งอ่อนที่แตกออกจากตากิ่งบนเดี่ยว
 เคน (Cane) หรือกิ่งแก่ ส่วนของกิ่งอ่อนที่แก่แล้วมีข้อและปล้อง สามารถนำไปขยายพันธุ์
 โดยการปักชำหรือนำมาติดตาต้นต่อได้

ตา (Bud) จะอยู่ตามส่วนต่างๆของต้นที่พร้อมจะแตกออกมาเป็นยอดอ่อน
 มือ (Tendrils) ส่วนที่แตกออกมาจากข้อตรงข้ามกับใบ เป็นช่อดอกที่ไม่พัฒนาเป็นดอก ทำ
 หน้าที่คล้ายมือ เพื่อจับให้ลำต้นหรือเถาเกาะกับวัสดุที่เตรียมไว้ให้เถาอ่อนเลื้อยไป

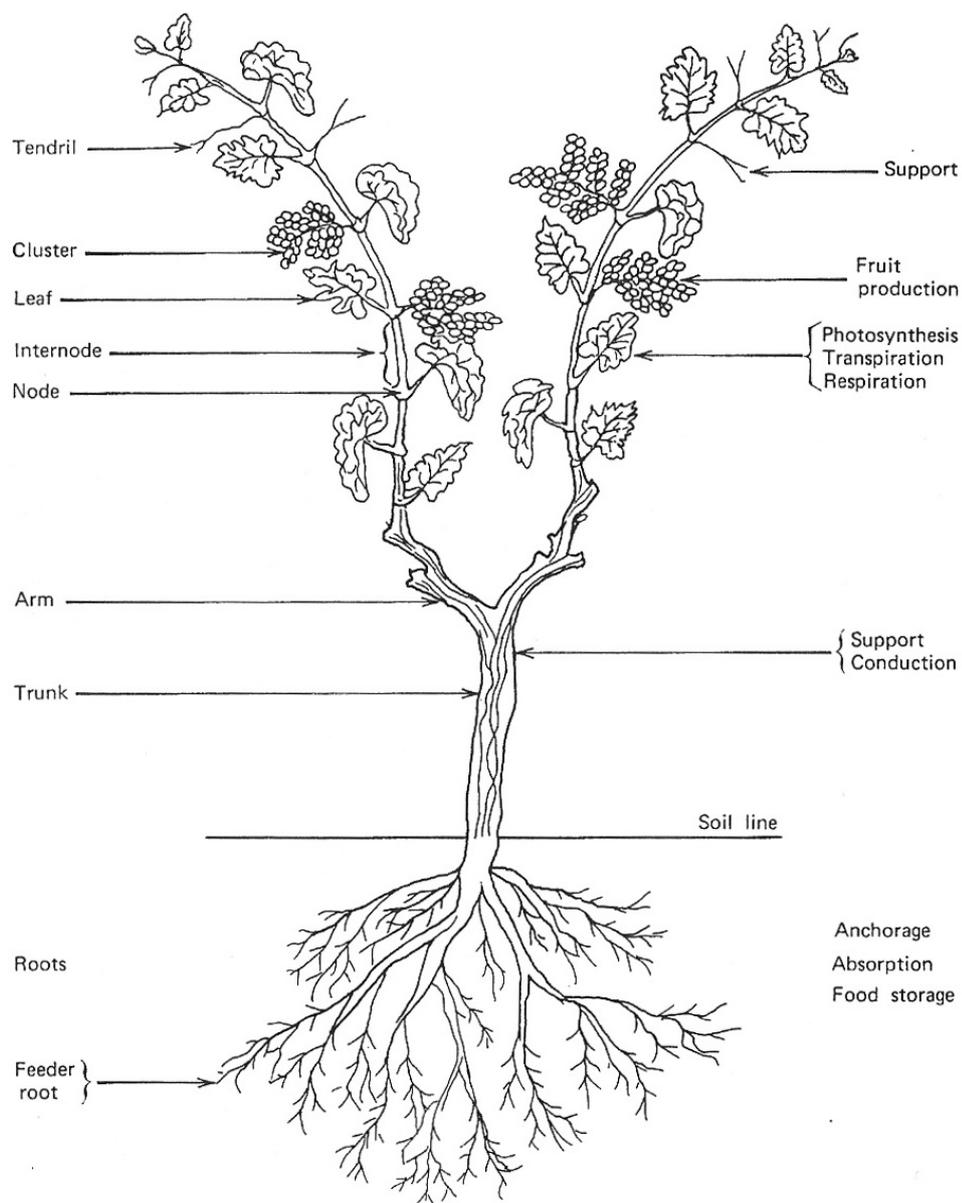
ใบ (Leaf) เป็นส่วนที่ติดกับยอดอ่อน โดยมีก้านใบอยู่ระหว่างกลางลักษณะแบนคล้ายฝ่ามือ
 มีเส้นใบ 5 เส้นออกมาจากก้านใบ ขอบใบมีลักษณะเป็นหยักคล้ายฟันเลื่อยมีส่วนเว้าที่โคนใบ ติด
 กับก้านใบเรียกว่าไชนัส หรือมีจุมกใบ ส่วนลักษณะอื่นๆขึ้นอยู่กับพันธุ์องุ่น

ขน (Hair) บนใบส่วนใหญ่ที่เห็นชัดอยู่ใต้ใบและส่วนปลายยอด มีลักษณะแตกต่างกันไป
 ตั้งแต่ไม่มีขนจนถึงมีขนปกคลุมหนาแน่นจนมองไม่เห็นผิวใบ

พวงองุ่น (Clusters) คือ กลุ่มของผลองุ่นที่ยึดอยู่กับกิ่งโดยก้านช่อได้พัฒนาออกไปเป็น
 แกนกลางของพวงองุ่น ซึ่งจะเป็นส่วนของช่อขั้วบนจนถึงปลายสุดของก้านผล ช่อมีลักษณะ
 ต่างๆกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความยาวของก้านช่อย่อยๆในพวงองุ่นและปริมาณผลที่ติดเป็นพวงองุ่น ทำให้
 เกิดเป็นลักษณะแน่นมากถึงหลวมๆ ดังภาพที่ 1 (วิษณุ และสุเทพ, 2549)

การปลูกองุ่นในประเทศไทย

การผลิตองุ่นเพื่อการค้า ในประเทศในระยะแรกทำการผลิตในจังหวัดราชบุรี และนครปฐม
 ในปัจจุบันได้มีการขยายการผลิตไปในเกือบทุกภาคแล้ว และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ องุ่นที่มี
 การผลิตจำหน่ายในประเทศในปริมาณมาก ได้แก่ พันธุ์ไวท์มาละกา และพันธุ์คาร์ดินาล ซึ่ง
 จำหน่ายได้ในราคากิโลกรัมละ 50 - 80 บาท ในขณะเดียวกันได้มีผู้นำพันธุ์องุ่นเข้ามาจาก
 ต่างประเทศ ทั้งพันธุ์ไร้เมล็ดและพันธุ์ผลใหญ่ ซึ่งผลผลิตที่ได้มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกับที่นำเข้ามาจาก
 ต่างประเทศ แต่มีการควบคุมการใช้สารเคมีจึงทำให้ผลผลิตมีราคาที่สูง กิโลกรัมละ 200 - 350 บาท



ภาพที่ 1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ขององุ่น
ที่มา : Weaver (1976)

การผลิตองุ่นของโลก

ปัจจุบันนี้องุ่นได้มีการปลูกแพร่หลายเกือบทุกประเทศที่มีอากาศเหมาะสม ผลิตรากันจากองุ่นในรูปผลผลิตไวน์ ลูกเกด น้ำผลไม้ แยม เยลลี่ ผลไม้สด และผลิตภัณฑ์อื่นๆ คิดเป็นมูลค่าสูงกว่าผลไม้อื่นๆ ประเทศที่มีการปลูกองุ่นมากที่สุดในโลก คือ อิตาลี ฝรั่งเศส รัสเซีย สเปน สหรัฐอเมริกา และประเทศอื่นๆ

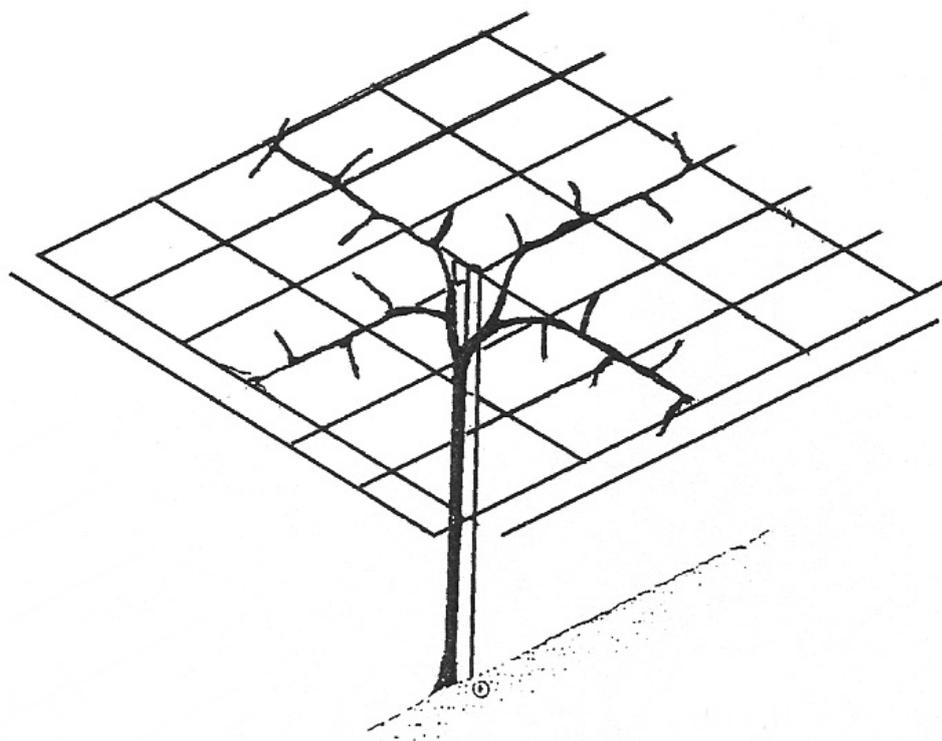
การออกแบบค้ำสำหรับปลูกองุ่น

องุ่นเป็นพืชที่เป็นเถาประเภทไม้เลื้อย จึงไม่สามารถที่จะขึ้นตรงด้วยตัวเองได้ จึงจำเป็นต้องมีวัสดุที่ทำให้อองุ่นเกาะที่เรียกว่า ค้ำ (Trellis) ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ และการจัดเถาองุ่นให้ขึ้นตามรูปแบบของค้ำที่สร้างไว้ เรียกว่า การจัดเถา (Training) วัตถุประสงค์หลักของการทำค้ำและการจัดเถาองุ่นก็เพื่อที่จะ (1) เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด (2) เพื่อให้ง่ายต่อการปฏิบัติดูแลรักษา เช่น การพ่นยา ตัดแต่ง ให้น้ำ พรวนดิน (3) เพื่อเป็นการสร้างบรรยากาศภายในทรงพุ่มให้มีความเหมาะสม เพื่อลดการเป็นโรค และให้คุณภาพแก่องุ่น (4) เพื่อให้มีการใช้เครื่องจักรกลได้สะดวก และในการออกแบบระบบค้ำ จะต้องคำนึงถึง (ก) การประหยัดและทำได้ง่าย (ข) จะต้องมีความเหมาะสมเพื่อให้องุ่นมีผลผลิตและคุณภาพสูงสุด (ค) จะต้องให้เหมาะสมกับสภาพดินฟ้าอากาศของแต่ละแห่ง เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว จึงได้มีการออกแบบค้ำให้มีรูปแบบที่แตกต่างกัน เพื่อให้ผู้ปลูกเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม โดยจะมีระบบค้ำอยู่ทั้งหมด 4 ระบบ คือ ระบบม่านชั้นเดียว (Single Curtain System) ระบบค้ำนอนแบ่งส่วน (Horizontally Divided System) ระบบค้ำตั้งแบ่งส่วน (Vertically Divided System) และระบบค้ำนอนธรรมดาแบบที่ใช้ในบ้านเรา (นันทกร, 2544)

ระบบค้ำนอนธรรมดาแบบราบ (Overhead or Arbour trellis)

ค้ำแบบนี้คือค้ำรูปแบบที่มีการใช้อยู่ทั่วไปในประเทศไทย โดยรูปแบบของค้ำจะทำการจิงลวดเป็นตารางเพื่อให้เถาองุ่นสามารถเลื้อยบนลวด ความสูงของค้ำประมาณ 1.8 – 2.0 เมตร หรือสูงพอที่จะให้คนสามารถเดินเข้าไปทำงานได้ค้ำได้อย่างสะดวก วิธีนี้เหมาะกับองุ่นที่มีการเจริญเติบโตมาก ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลผลิตสูง โดยในองุ่นแต่ละต้นทำการจัดกิ่งหลัก (Cordon) ออกเป็น 4 กิ่ง เพื่อให้กิ่งองุ่นที่ออกมานั้นกระจายคลุมพื้นที่เท่าๆ กัน ซึ่งรูปแบบของค้ำองุ่นนั้น

สามารถปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงไปจากหลักการได้ โดยยึดหลักความสะดวกสบายในการปฏิบัติงาน และราคาถูก ให้ผลผลิตต่อไร่สูงและมีคุณภาพดี ซึ่งลักษณะของค้ำงนอนธรรมดาแบบราบแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะระบบค้ำงนอนธรรมดาแบบราบ (Overhead or Arbour trellis)
ที่มา : นันทกร (2544)

เครื่องฉีดพ่นสารเคมี

เครื่องพ่นสารเคมี (sprayer) เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้ในการประกอบอาชีพทางการเกษตรกรรม ไม่ว่าจะเป็นการพ่นสารเคมีเพื่อกำจัดแมลง กำจัดโรคพืช กำจัดวัชพืช ให้ฮอร์โมนหรือสารเคมีในการกระตุ้นการเจริญเติบโตแก่ต้นพืช เครื่องพ่นสารเคมีจะทำหน้าที่ในการพ่นสารเคมีที่เป็นของเหลว ส่วนมาก มักใช้เป็นเครื่องมืออโรกษาพืช จากอดีตจนถึงปัจจุบันเครื่องพ่นสารเคมียังคงอาศัยแรงคนทำการพ่นโดยใช้ถังฉีดพ่นแบบสะพายหลัง นอกจากนี้ยังมีเครื่องพ่นสารเคมีจะเป็นขนาดใหญ่ใช้พ่วงท้ายรถแทรกเตอร์หรือเครื่องต้นกำลังอื่นๆ ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น เครื่องพ่นสารเคมีที่คั้นนั้นจะต้องมีลักษณะดังนี้ (ฐานิสร, 2528)

1. สามารถพ่นสารเคมีลงยังพื้นที่ที่ต้องการอย่างทั่วถึง
2. แรงดันที่ออกมาจากหัวฉีดจะต้องมีค่าคงที่อยู่ตลอดเวลา
3. ขนาดของละอองยาควรมีขนาดสม่ำเสมอ
4. การกระจายของละอองยาจะต้องสม่ำเสมอ
5. ขนาดของละอองยาจะต้องมีขนาดเล็กที่สุด

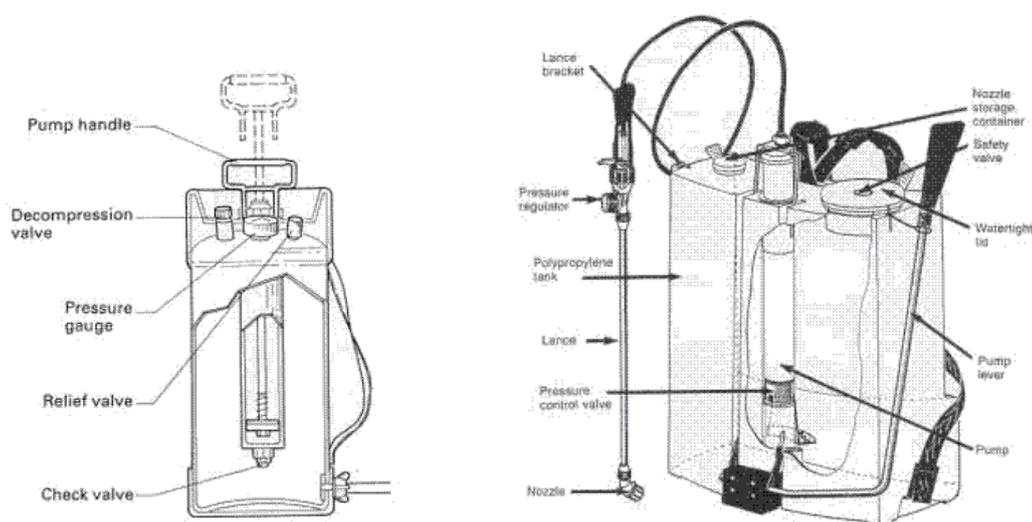
ชนิดของเครื่องพ่นสารเคมี

ในปัจจุบันเครื่องพ่นสารเคมีสามารถใช้ได้กับสารเคมีหลายแบบ เช่น สารเคมีที่เป็นผง ละลายในน้ำ สารเคมีที่เป็นของเหลวและสารเคมีที่เป็นผง การใช้สารเคมีแบบต่างๆ นี้ก็จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องพ่นสารเคมีที่แตกต่างกันไปด้วยซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ตามลักษณะการทำงานและรูปแบบของสารเคมี ดังนี้

1. เครื่องพ่นสารเคมีแบบใช้แรงคน (hand-operated sprayer)
2. เครื่องพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังใช้กำลังเครื่องยนต์ (engine - driven knapsack sprayer)
3. เครื่องพ่นสารเคมีแบบใช้แรงดันของของเหลว (hydraulic sprayer)
4. เครื่องพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศ (air-blast sprayer)
5. เครื่องพ่นสารเคมีแบบหมอก และเครื่องป้ายยาแบบเส้นเชือก (fogger and rope wick applicator)

1. เครื่องพ่นสารเคมีแบบใช้แรงคน (hand-operated sprayer)

เครื่องพ่นสารเคมีแบบใช้แรงคนนี้ เป็นเครื่องพ่นสารเคมีที่ไม่ต้องใช้เครื่องยนต์เข้ามาช่วยในการทำงาน ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมกันมากในการเกษตรบ้านเรา การใช้เครื่องมือประเภทนี้มักจะใช้กันในพื้นที่เกษตรกรรมขนาดเล็ก เช่น ในสวนผัก สวนดอกไม้และพืชไร่ต่าง ๆ การทำงานของเครื่องพ่นสารเคมีแบบนี้จะอาศัยแรงดันที่เกิดขึ้นภายในถังดันให้น้ำยาสารเคมีพ่นกระจายออกมาภายนอกถึง ดังแสดงในภาพที่ 3 (ฐานิสร, 2528)



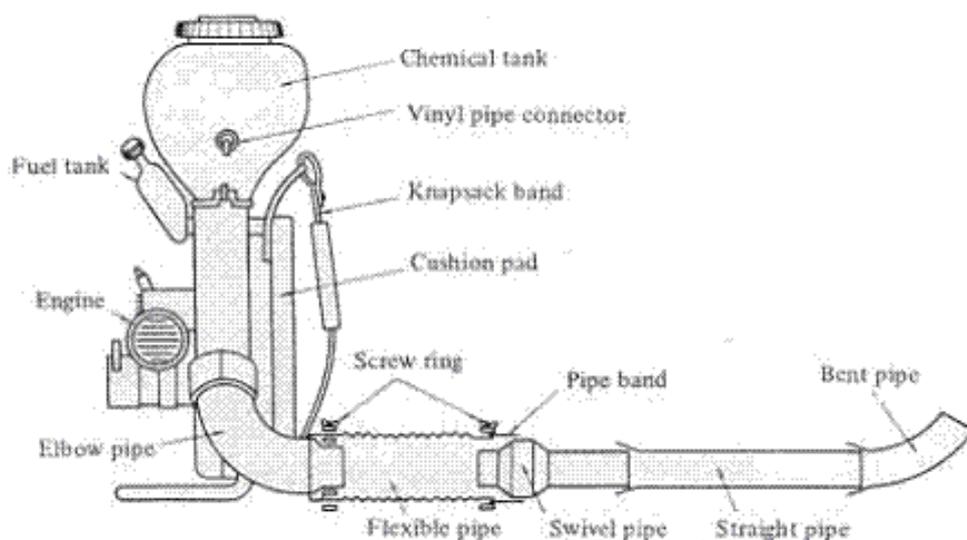
ภาพที่ 3 เครื่องพ่นสารเคมีแบบอัดอากาศ

ที่มา : ฐานิสร (2528)

2. เครื่องพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังใช้กำลังเครื่องยนต์ (engine - driven knapsack sprayer)

ในปัจจุบันนี้เครื่องพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังใช้กำลังขับเคลื่อนเครื่องยนต์เริ่มจะเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้นในหมู่เกษตรกรเพราะสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น อีกทั้งการใช้งานก็สามารถใช้ได้หลายแบบ สามารถใช้พ่นสารเคมีที่เป็นของเหลวในลักษณะเป็นหมอก (mist) ได้ สามารถใช้พ่นสารเคมีที่เป็นผง (dry chemical) นอกจากนี้ยังสามารถใช้หว่านเมล็ดหรือเมล็ด (granular) ได้อีกด้วย การทำงานจะอาศัยความเร็วและปริมาณของลมที่เกิดจากพัดลมแบบหอยโข่ง (centrifugal fan) พัด

พ่น้ำยาสารเคมีให้เกิดการแตกกระจายเป็นละอองหรือหมอก ขนาดของละอองนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วและปริมาณลมที่ตัวเอง สำหรับการทำงานของพัดลมจะอาศัยเครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็ก ประมาณ 3.4 ถึง 6 กิโลวัตต์เป็นตัวขับ ความจุของน้ำยาเคมีประมาณ 13 ลิตร อัตราการใช้พ่น้ำยาสารเคมีสำหรับการพ่นหมอกจะมีค่าประมาณ 3.5 ลิตร/นาที่ อัตราการพ่นสารเคมีที่เป็นผงและเมล็ดพืชมีค่าประมาณ 5 ถึง 6 กิโลกรัม/นาที่ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เครื่องพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังใช้กำลังเครื่องยนต์
ที่มา : จิราภรณ์ (2543)

3. เครื่องพ่นสารเคมีแบบใช้ความดันของของเหลว (hydraulic sprayer)

เครื่องพ่นสารเคมีแบบใช้ความดันของของเหลว จะใช้ในการพ่นสารเคมีที่เป็นของเหลวเท่านั้นซึ่งของเหลวนี้จะอยู่ในรูปของของเหลวหรือสารเคมีผงละลายแขวนลอยอยู่ในของเหลว ของเหลวจะเป็นตัวพาสารเคมีนั้นออกมาจากเครื่องพ่นสารเคมีในลักษณะของละออง เครื่องพ่นสารเคมีประเภทนี้จะอาศัยต้นกำลัง คือ เครื่องสูบลมหรือปั๊มเป็นตัวเพิ่มแรงดันให้แก่ของเหลวหรือน้ำยาสารเคมี ทำให้น้ำยาสารเคมีเกิดการแตกตัวเป็นละอองขนาดเล็ก ขนาดของละอองของน้ำยาจะขึ้นอยู่กับแรงดันหรือความดัน (pressure) ที่เกิดขึ้นจากปั๊ม

4. เครื่องพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศ (air-blast sprayer)

เครื่องพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศนี้ทำงานโดยการพ่นน้ำยาสารเคมีออกมาผสมกับกระแสลมที่มีความเร็วสูง เมื่อน้ำยาสารเคมีถูกกระแสลมซึ่งจะมีปริมาณลมมากและความเร็วสูง ก็จะทำให้ น้ำยาสารเคมีเกิดการแตกตัวออกเป็นละอองขนาดเล็กมีลักษณะเป็นหมอก นอกจากนี้ ความเร็วและปริมาณลมมีส่วนในการทำให้ใบไม้ที่เป็นพุ่มเกิดการไหวไปมาทำให้ละอองน้ำยาสารเคมีสามารถแทรกตัวเข้าไปในพุ่มไม้ได้ เครื่องพ่นสารเคมีแบบนี้จะเหมาะสมกับสวนไม้ผล พืชที่ปลูกเป็นแถว ไม้พุ่มต่างๆ อัตราการใช้ น้ำยาสารเคมีที่เหมาะสมกับสวนผลไม้จะมีค่าประมาณ 10 ลิตร ถึง 750 ลิตร/พื้นที่ 1 ไร่ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำยาสารเคมีด้วย สำหรับพัดลมที่นิยมใช้กันส่วนมากจะเป็นพัดลมแบบไหลตามแนวแกน (axial flow fan) และแบบหอยโข่ง (centrifugal fan) ซึ่งสามารถให้ปริมาณลมประมาณ 14 ถึง 33 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ที่ความเร็ว 110 ถึง 200 กิโลเมตร/ชั่วโมง

5. เครื่องพ่นสารเคมีแบบหมอกและเครื่องป้ายยาแบบเส้นเชือก (fogger and rope wick applicator)

เครื่องพ่นสารเคมีแบบหมอก (fogger) สามารถพ่นน้ำยาสารเคมีออกมาในลักษณะ เป็นฝอยละเอียดคล้ายหมอก หยดน้ำที่พ่นออกไปจะมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ แต่สามารถเห็นได้ก็ต่อเมื่อหยดน้ำที่พ่นออกมานั้นจับตัวรวมกันเป็นกลุ่มมีลักษณะคล้ายหมอกควัน ลักษณะของน้ำยาที่ออกมาซึ่งมีขนาดเล็กมากนี้เกิดจากการใช้หัวฉีดที่มีขนาดของรูทางออกเล็กมากและใช้แรงดันสูง ในเครื่องพ่นชนิดนี้อาจจะเกิดจากการหมุนของจานเหวี่ยง (spinning disk) หรือโดยการให้ความร้อนแก่น้ำยาสารเคมีแล้วทำการพ่นออกโดยอาศัยแรงขับเคลื่อนของท่อไอเสียของเครื่องยนต์ เครื่องพ่นสารเคมีแบบหมอกนี้ใช้ได้ในพื้นที่จำกัด เช่น ในเรือนกระจก เรือนเพาะชำ เพราะจะทำให้ น้ำยาสามารถครอบคลุมทุกส่วนของต้นพืชที่อยู่เหนือดินได้ สำหรับเครื่องป้ายยาแบบเส้นเชือก (rope wick applicator) นี้ไม่สามารถพ่นน้ำยาสารเคมีออกมาได้แต่จะมีน้ำยาซึมออกมาสัมผัสกับส่วนต่างๆของพืช ลักษณะของเครื่องป้ายยาแบบเส้นเชือกนี้จะประกอบไปด้วยเชือกหรือเข้าไปในท่อกลมกลวง โดยที่มีบางส่วนของเชือกโผล่ออกมาทางด้านนอก ภายในท่อกลมจะบรรจุ น้ำยาปราบวัชพืชซึ่งจะเป็นน้ำยาสารเคมีประเภทดูดซึมทางใบ น้ำยาจะไหลซึมออกมาทางด้านนอกตามเส้นเชือก ส่วนมากจะใช้ในการกำจัดวัชพืชที่มีความสูงกว่าต้นพืชที่เพาะปลูก ในการทำงานจะลากเครื่องป้ายยานี้ผ่านไปตามวัชพืช โดยที่จะมีน้ำยาติดอยู่ตามใบของวัชพืชบางส่วน

เท่านั้น สำหรับประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องปั๊มยาแบบเส้นเชือกนี้ค่อนข้างต่ำ สำหรับปริมาณน้ำยาที่ใช้บ่อย จึงเหมาะสำหรับน้ำยาที่มีราคาแพง

การควบคุมการทำงานของเครื่องฉีดพ่น

การที่จะพ่นให้ได้ในอัตราความเข้มข้นและปริมาณที่กำหนด อัตราการฉีดจะแตกต่างกันไปแล้วแต่ลักษณะงานที่ต้องการควบคุม ซึ่งมีตั้งแต่ 7.2 ถึง 112 ลิตร/ไร่ สำหรับการพ่นระหว่าง 7.2 – 28.8 ลิตร/ไร่ จัดเป็นการพ่นในอัตราต่ำ การพ่นในอัตรา 28.8 ถึง 88 ลิตร/ไร่ จัดเป็นการพ่นในอัตราปานกลาง ส่วนการพ่นในอัตรา 88 ลิตร/ไร่ ขึ้นไป จัดเป็นการพ่นในอัตราสูง โดยมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพ่นอยู่ 4 ชนิด คือ

1. ขนาดและชนิดของหัวฉีด หัวฉีดที่มีรูเปิดขนาดใหญ่ ย่อมจะทำให้การพ่นน้ำเป็นไปได้นานกว่าและเร็วกว่าหัวฉีดที่มีรูเปิดขนาดเล็ก อีกทั้งขนาดของละอองที่ได้ก็จะมีขนาดใหญ่กว่าหัวฉีดขนาดเล็กอีกด้วย ขนาดของละอองมีตั้งแต่ 1 ถึง 100 ไมครอน ละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอนมักจะผสมเป็นเนื้อเดียวกับอากาศ และถูกพัดไปได้ง่าย ละอองที่มีขนาดเล็ก 5 ไมครอน อาจจะถูกกระแสนลมที่พัดด้วยความเร็ว 4-5 ก.ม./ช.ม. พัดพาไปได้ไกลถึง 5 กิโลเมตร ละอองที่มีขนาดใหญ่ มักจะไม่ค่อยถูกลมพัดไปไกลนัก และจะมีอำนาจการปะทะกับใบพืชหรือต้นพืชได้ดีกว่าละอองขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามในสภาวะลมนิ่ง ละอองขนาดเล็กที่มีความเข้มข้นของสารเคมีสูง จะสามารถเกาะติดเป้าหมายได้ดีกว่า

2. ความดันที่ใช้ ถ้าใช้ความดันสูง โดยที่ขนาดของรูเปิดหัวฉีดคงที่ ก็จะทำให้ของเหลวถูกพ่นออกผ่านรูมาากขึ้น และขนาดของละอองจะเล็กลงด้วย

3. ความเร็วเดินหน้า (Forward speed) ปกติความเร็วเดินหน้าขณะทำการพ่นประมาณ 5-7 ก.ม./ช.ม. ถ้าลดความเร็วลงครึ่งหนึ่ง อัตราการฉีดพ่นก็จะแน่นอนหนามากขึ้นเท่าตัว การเพิ่มหรือลดความเร็วนี้ให้ทำการเปลี่ยนเกียร์แทรกเตอร์เพียงอย่างเดียว รอบหมุนของเครื่องยนต์จะต้องคงที่อยู่เสมอ จำนวนของรอบหมุนของเครื่องยนต์จะต้องคงที่ ณ ที่ระดับรอบหมุนของเพล่าอำนาจกำลังคือ 540 รอบ/นาที ซึ่งจะได้ว่ารอบหมุนของเครื่องยนต์ ณ จุดนี้ประมาณ 2000 รอบ/นาที

4. ความเข้มข้นของน้ำละลายสารเคมี ถ้ามีความเข้มข้นสูงจะต้องใช้ความดันที่มากกว่าน้ำ สารเคมีที่มีความเข้มข้นต่ำ และจะต้องพ่นในปริมาณที่น้อยกว่าน้ำละลายสารเคมีที่มีความเข้มข้นต่ำ (พันทิพา, 2535)

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องพ่นยา

1. ถังบรรจุ (Tank) ควรมีขนาดบรรจุเพียงพอ ง่ายต่อการเติมน้ำและสารเคมี ทนต่อการสั่น กระทบและการเกิดสนิม

2. ระบบกวนน้ำยา (Agitation system) เป็นระบบที่ทำให้ส่วนผสมของน้ำยามีความ สม่ำเสมอ ไม่มีการตกตะกอน

3. ปั๊ม (pump) ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันให้กับน้ำยาแล้วส่งไปยังหัวฉีด ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 6 ชนิด คือ ปั๊มไดอะแฟรม ปั๊มลูกสูบ ปั๊มลูกกลิ้ง ปั๊มหอยโข่ง ปั๊มแบบครีบบาง และปั๊มเฟือง ซึ่งการเลือกใช้ ปั๊มควรพิจารณาถึง อัตราการไหล ลักษณะของสารเคมีที่ใช้ ความเร็วรอบ ทิศทางการหมุน การต่อ พวง และกำลังม้าที่ใช้ขับปั๊ม

4. ชุดควบคุมความดัน (Pressure regulator) ทำงานโดยลีนปล่อยความดัน เมื่อมีความดัน สูงกว่าแรงสปริงที่ตั้งไว้ ลีนจะเปิดออก ปล่อยให้ น้ำยาไหลกลับคืนถัง ทำหน้าที่เป็นตัวกวนน้ำยาใน ถังได้ด้วย

5. มาตรวัดความดัน (Pressure gauge) สำหรับวัดความดันในระบบ ค่าที่อ่านได้สามารถ บอกปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบได้ด้วย เช่น หัวฉีดอุดตัน

6. กรองน้ำยา (Strainer and screen) เป็นตัวกรองสิ่งแปลกปลอมที่จะเข้ามาสู่ระบบ ซึ่งถ้า ใช้กรองขนาดที่เหมาะสมจะทำให้ไม่เกิดการอุดตัน ซึ่งตัวกรองจะมีขนาดที่เล็กกว่ารูฉีดอยู่ 10 % เช่น กรองละเอียดขนาด 40 – 200 เมช เป็นต้น

7. ท่อส่งน้ำยา (pipe & Hose) ทำหน้าที่ส่งน้ำยาไปยังหัวฉีด ต้องสามารถทนแรงดันได้ และต้องสามารถทนต่อสารเคมี

8. ลิ้นควบคุมการไหล (Control valve) ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณการไหลของน้ำยาไปยังแขนซ้ายและขวา ทั้งซ้ายขวา หรือกลับไปยังถัง

9. หัวฉีด (Nozzle) ทำหน้าที่กำหนดปริมาณน้ำยา ทำให้น้ำยากระจายเป็นฝอยซึ่งละอองฝอยเล็กๆ มีรูปแบบ ที่นิยมใช้อยู่ 3 แบบ คือ แบบกรวย แบบรูปพัด และแบบหน้ากว้าง

10. แขนพ่น (Boom) เป็นที่อยู่ของหัวฉีดซึ่งจะมีหัวฉีดติดอยู่เป็นระยะๆ (มกค., 2530)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์นั้นผู้ใช้ควรต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. เลือกช่วงจังหวะการใช้ให้เหมาะสม

การเลือกช่วงจังหวะการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อให้การกำจัดได้ผลดีที่สุดนั้นควรพิจารณา เลือกช่วงที่ศัตรูพืชอยู่ในระยะที่อ่อนแอต่อการกำจัด เช่น แมลงในระยะที่เป็นตัวหนอนวัย 1 หรือ 2 ซึ่งเป็นระยะที่ใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ผลดีที่สุด ดังตารางที่ 1 และ 2 ในที่นี้ค่า LC_{50} หมายถึง ความเข้มข้นของสารทดสอบที่สัตว์ทดลองได้รับแล้วทำให้ตายครึ่งหนึ่ง (50%) ของจำนวนทั้งหมด มีหน่วยเป็นส่วนในล้านส่วน (ppm)

ตารางที่ 1 ค่า LC_{50} ของสารเฟนวาสิเรทที่หยดลงบนหนอนเจาะสมอฝ้ายวัยต่างๆ

วัยของหนอน	ความยาวเฉลี่ย (มม.)	น้ำหนักเฉลี่ย (มก.)	LC_{50} (ppm)
2	3.8	1.4	95
3	8.4	21.0	189
4	15.4	55.6	>1000
5	24.9	375.8	-

ที่มา : (กนคพร, 2535)

ตารางที่ 2 อัตราการใช้สารฆ่าแมลงเพื่อกำจัดหนอนกระทู้ (*Spodoptera* sp.) ในระยะการเจริญเติบโตต่างๆกัน

วัยของหนอน	อัตราการใช้ LD ₉₀
1	1.7
2	5.0
3	50.0
4	500.0

ค่า LD₉₀ หมายถึง ปริมาณสารทดสอบที่สัตว์ทดลองได้รับเข้าไปในร่างกายแล้วทำให้สัตว์ทดลองตาย 90 % ของจำนวนทั้งหมด โดยมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของสารทดสอบ/น้ำหนักของสัตว์ทดลอง 1 กิโลกรัม (mg/kg)

จะเห็นได้ว่าการใช้สารฆ่าแมลงในระยะหนอนวัย 1-2 นั้น อัตราการใช้สารเพื่อกำจัดหนอนต่ำมาก ซึ่งตรงกันข้ามกับการใช้สารในช่วงที่หนอนอยู่ในวันที่ 3-5 ดังนั้นการเลือกจังหวะการใช้สารให้เหมาะสม จะเป็นวิธีการปฏิบัติที่สามารถควบคุมศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าการใช้สารแบบเดิมที่เกษตรกรยึดถือปฏิบัติ

ช่วงจังหวะการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้น มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างยิ่ง การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เร็วไปก่อนที่จะพบศัตรูพืช จะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์เลย และในทางตรงกันข้ามเช่นกัน ถ้าใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชช้าไป ศัตรูพืชอาจทำลายต้นพืชหมดแล้วก็ได้ ดังนั้นจึงควรถูกกำหนดช่วงจังหวะการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้นให้เหมาะสม ซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ระยะการเจริญเติบโตของต้นพืช ตัวอย่างเช่น ในระยะแทงช่อดอกมะม่วง การใช้สารเพื่อกำจัดเพลี้ยจักจั่นควรปฏิบัติก่อนดอกบาน ในระยะดอกบานไม่ควรใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทันที เพราะสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะทำลายแมลงที่ช่วยผสมเกสรทำให้การติดผลมีน้อย นอกจากนั้นตำแหน่งการเข้าทำลายของศัตรูพืชเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่กำหนดวิธีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ศัตรูพืชบางชนิดเข้าทำลายเฉพาะบริเวณยอดอ่อนหรือใบอ่อน เช่น เพลี้ยจักจั่นหรือเพลี้ยอ่อน เป็นต้น ดังนั้นการใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืชต้องเน้นการกระจายของละอองสารตรงบริเวณที่ศัตรูพืชชอบทำลาย ตัวอย่างเช่น ถ้าศัตรูพืชเข้าทำลาย

ราก การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต้องใช้แบบอัดน้ำยาลงดิน (Soil injection) หรือ ใช้วิธีการรม (Soil fumigation) เป็นต้น

2. ใช้ปริมาณและชนิดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ถูกต้อง

การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้นต้องใช้ปริมาณสารตามคำแนะนำปริมาณสารที่ตกบนเป้าหมายน้อยหรือต่ำกว่าอัตราที่แนะนำไว้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดด้วยลงไปหรือการกำจัดไม่ได้ผล

การใช้สารฆ่าแมลงด้วยอัตราการใช้ต่ำ (lower dose) นั้น ทำให้การกำจัดศัตรูพืชได้ผลไม่เต็มที่ ส่งผลให้ไม่สามารถป้องกันการสูญเสียของผลผลิตได้ ในทางตรงกันข้ามการใช้อัตราสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สูงกว่าคำแนะนำอาจจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดดีขึ้น แต่จะเกิดการสูญเสียสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมตามมา อาจส่งผลกระทบหรือทำลายแมลงศัตรูธรรมชาติที่เป็นประโยชน์ และเมื่อมีการใช้บ่อยครั้ง ศัตรูพืชโดยเฉพาะแมลงจะปรับตัวต้านทานต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้เร็วขึ้น

3. การกระจายละอองสารให้คลุมเป้าหมายอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ

การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชให้ได้ผลดีตามต้องการนั้น นอกจากประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและช่วงจังหวะเวลาในการใช้สารแล้ว การกระจายละอองสารบนเป้าหมายเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง ละอองสารที่แพร่กระจายบนเป้าหมายทั่วถึงและสม่ำเสมอมากเท่าไร จะทำให้ประสิทธิภาพการป้องกันกำจัดศัตรูพืชดีขึ้นด้วย ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่า “ประสิทธิภาพการป้องกันกำจัดศัตรูพืชส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับ การกระจายของละอองสารที่ตกลงบนเป้าหมาย” การกระจายของละอองสารให้คลุมเป้าหมายอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ

3.1 ขนาดและจำนวนของละอองสาร

การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุดและได้ผลในการกำจัดศัตรูพืชมากที่สุดนั้น ผู้ใช้ต้องระมัดระวังว่าควรพ่นสารให้เป็นละอองสารที่มีขนาดเหมาะสมและสม่ำเสมอมากที่สุด ทั้งนี้ละอองสารที่มีขนาดต่างกันจะมีจำนวนละอองสารต่อพื้นที่ต่างกันจากสารที่ปริมาตรเท่ากัน ตัวอย่างเช่นในการพ่นสาร 1 ลิตร ในพื้นที่ 6.25 ไร่ (1 เฮกตาร์) ด้วยละอองสารขนาดต่าง ๆ จะมีจำนวนละอองสารที่ตกบนพื้นที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การกระจายของละอองสารขนาดต่าง ๆ ที่ตกบนเป้าหมายของการพ่นสาร 1 ลิตร ในพื้นที่ 6.25 ไร่ (1 เฮกตาร์)

ขนาดของละอองสาร (ไมโครเมตร)	จำนวนละอองสาร (ละออง/ตารางเซนติเมตร)
10	19,099.000
20	2,387.000
50	153.000
100	19.000
200	2.400
400	0.298
1,000	0.019

ที่มา : (Matthews,1979)

จะเห็นได้ว่าเมื่อขนาดของละอองสารเพิ่มขึ้น 1 เท่าตัว คือจาก 10 เป็น 20 ไมโครเมตร หรือจาก 50 เป็น 100 ไมโครเมตร จำนวนละอองสารต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร จะลดลงนับเป็นทวีคูณไม่ได้ลดลง 1 เท่า ตามขนาดที่เพิ่มขึ้น 1 เท่า ตามที่ส่วนใหญ่เข้าใจและคาดว่าจะเป็นเช่นนั้น จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าการลดขนาดของละอองสารให้เล็กลงมากเท่าใด จะทำให้จำนวนของ

ละอองสารมากที่วิญญูเท่านั้น และเมื่อจำนวนละอองสารมากขึ้น โอกาสที่ละอองสารจะถูก เป้าหมายย่อมมีมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามการทำให้ละอองสารเล็กลงมากเกินไปมีผลเสียเกิดขึ้นได้ เช่นกัน คือ การระเหยของละอองสารทำให้ขนาดของละอองสารเล็กลงไปอีก ซึ่งมีผลให้ละออง สารไม่ตกยังเป้าหมายที่ต้องการและถูกกระแสลมพัดปลิวไปได้ง่าย

ตารางที่ 4 ในปริมาตรน้ำ 1 มิลลิลิตร เมื่อขนาดของละอองสารต่างกันจำนวนละอองสารจะต่างกัน

ขนาดของละอองสาร (ไมโครเมตร)	จำนวนละอองสาร (ละออง/ตารางเซนติเมตร)
1,000	250
100	250,000
10	250,000,000

ที่มา : (Matthews,1979)

อย่างไรก็ตามการพ่นสารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิด จำเป็นต้องให้ความหนาแน่นของละอองสาร หรือจำนวนละอองสารต่อตารางเซนติเมตรมากพอที่จะป้องกันกำจัดศัตรูพืชเหล่านั้น ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงจำนวนของละอองสารที่สามารถควบคุมศัตรูพืชได้

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช	จำนวนละอองสาร (ละออง/ตารางเซนติเมตร)
สารกำจัดวัชพืช	
- ก่อนเมล็ดงอก	20 – 30
- หลังเมล็ดงอก	30 – 40
สารฆ่าแมลง	20 – 30
สารป้องกันกำจัดวัชพืช	50 – 70

ดังนั้นการพ่นสารให้ละอองสารตกลงบนเป้าหมายโดยมีจำนวนไม่น้อยกว่า 20 ละออง/ตารางเซนติเมตร นอกจากจะควบคุมศัตรูพืชอย่างได้ผลแล้ว ยังสามารถลดอัตราการพ่นสารลงได้อีกด้วย ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การพ่นสารกำจัดผักโขมนา Amaratu ที่อัตราการพ่นสารต่าง ๆ กัน

อัตราการพ่นสาร (ลิตร/เฮกตาร์)	จำนวนละอองสาร (ละออง/ตารางเซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์การกำจัด
42.0	46 a	100 a
4.7	17 b	99 a
2.4	7 c	91 b

ที่มา : (Anon, 1980)

จะเห็นได้ว่าการกำจัดวัชพืชสามารถลดอัตราการพ่นสารจาก 42.0 ลิตร/เฮกเตอร์ ลงเหลือ 4.7 ลิตร/เฮกเตอร์ และให้ผลในการกำจัดวัชพืชได้เหมือนกัน สรุปได้ว่าการกำจัดศัตรูพืชนั้นประสิทธิภาพส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับการกระจายของละอองสาร (จำนวนละอองสาร/ตารางเซนติเมตร) ส่วนอัตราการพ่นสารไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดมากนัก ถ้าหากการพ่นนั้นสามารถกระจายให้ละอองสารตกลงบนเป้าหมายอย่างทั่วถึงและเพียงพอ

3.2 ขนาดที่เหมาะสมของละอองสารในการจับเป้าหมาย

ก่อนที่จะทำการใช้สารนั้นควรทำความเข้าใจเสียก่อนว่า เป้าหมายของการใช้สารนั้นอยู่ส่วนใดของต้นพืช หรือต้องการให้สัมผัสกับศัตรูพืชโดยตรง ลักษณะของต้นพืชหรือศัตรูพืชนั้นเป็นอย่างไร เช่น การพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้นต้องการให้ละอองไปตกตามส่วนใบยอด หรือกลีบดอก ซึ่งเป็นส่วนที่หนอนเจาะสมอฝ้ายจะวางไข่ และต้องทราบว่าลักษณะดังกล่าวนี้ละอองสารขนาดใดจึงจะเหมาะสมที่จะจับเป้าหมายขนาดนี้ได้ดีที่สุด Joyce (1977) พบว่าละออง

สารขนาด 40 ไมโครเมตร จะจับเป้าหมายดังกล่าวได้ดีที่สุด และจะกำจัดหนอนเจอะสมอฝ้ายได้ดีที่สุดด้วย ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ขนาดของละอองสารที่เหมาะสมกับเป้าหมายที่ต้องการพ่น

เป้าหมาย	ขนาดของละอองสาร (ไมโครเมตร)
แมลงที่บินอยู่ในอากาศ	10 – 50
แมลงที่อยู่บนใบพืช	30 – 50
ใบพืชโดยทั่วไป	40 – 100
ดิน (การพ่นวัชพืช)	250 – 500

ที่มา : (Matthew,1979)

จากการศึกษาคุณสมบัติของละอองสารขนาดต่าง ๆ Himel (1969) สรุปไว้ว่าละอองสารที่เกิดขึ้น แบ่งออกได้ 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ

3.2.1 ละอองสารที่อยู่ระหว่าง 50 – 200 ไมโครเมตร ละอองสารกลุ่มนี้ตกอยู่ในพื้นที่ที่ทำการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและพื้นที่ข้างเคียง บางส่วนถูกกระแสลมพัดพาไปได้ สรุปว่าการป้องกันกำจัดศัตรูพืชด้วยละอองสารขนาดนี้มีการสูญเสียมาก และทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษสูง

3.2.2 ละอองสารขนาดเล็กกว่า 50 ไมโครเมตร ละอองสารกลุ่มนี้ถูกชักนำหรือพัดพาไปยังเป้าหมายและแทรกเข้าสู่ทรงพุ่มของต้นพืชได้โดยอาศัยกระแสลม ละอองสารกลุ่มนี้ฟุ้งกระจายได้ดี Himel (1969) สรุปว่าในการพ่นสารและครั้งจะมีกลุ่มละอองสารขนาด 50 ไมโครเมตร หรือเล็กกว่าเกิดขึ้นประมาณ 1-2 % เป็นกลุ่มของละอองสารที่ใช้กำจัดแมลงศัตรูพืชได้ผลที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงขนาดละอองสารที่ตกบนเป้าหมายต่าง ๆ

ขนาดละอองสาร (ไมโครเมตร)	เป้าหมายที่ละอองสารตก
220 – 340	พื้นดิน รอบนอกทรงพุ่มของต้นพืช พืชเป้าหมาย
100 – 220	พื้นดิน รอบนอกทรงพุ่มของต้นพืช ปลิวไปยังพื้นที่ข้างเคียง พืชเป้าหมาย
40 – 100	ทั่วทรงพุ่มของต้นพืช แทรกซึมเข้าไปในทรงพุ่มและฟุ้งกระจายไปยังแปลงข้างเคียง
10 – 40	กระจายได้ทั่วด้วยกระแสลมและสัมผัสกับแมลงเป้าหมายได้ดี

4. สภาพแวดล้อมในบริเวณพื้นที่การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

การที่ละอองสารถูกพัดพาไปยังเป้าหมายตามต้องการได้นั้น ส่วนมากขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะความเร็วลม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น ปกติละอองสารเมื่อพ่นออกจากหัวฉีดแล้ว จะตกลงสู่พื้นในแนวตั้ง การตกช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับขนาด (drop size) และมวล (mass) ของละอองสารว่ามีขนาดและน้ำหนักมากเท่าใด หากละอองสารมีขนาดโต อัตราความเร็วของการตกย่อมเร็วกว่าละอองสารที่มีขนาดเล็ก แต่ในธรรมชาติมีกระแสลมพัดผ่านในแนวนอน (horizontal wind) ทำให้ละอองสารปลิวไปในแนวนอนได้ระยะหนึ่งก่อนที่จะตกลงสู่พื้นดิน ระยะทางที่ถูกลมพัดพาไปได้ไกลใกล้เพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับ ขนาดและมวลของละอองสารเช่นกัน ละอองสารที่มีขนาดโตกว่า 80 ไมโครเมตร ส่วนใหญ่จะไม่ถูกพัดปลิวไปตามกระแสลมไม่ไกลนัก จะตกอยู่ในบริเวณแปลงปลูกพืช เนื่องจากมีต้นพืชเป็นสิ่งกีดขวางทิศทางลม เมื่อลมพัดไปปะทะสิ่งกีดขวางนั้น ๆ จะเกิดกระแสลมวนทำให้ละอองสารตกเร็ว สำหรับละอองสารที่มีขนาดเล็กกว่า 80 ไมโครเมตร ส่วนใหญ่ถูกกระแสลมพัดพาไปไกลและกระแสลมวนจะพัดพาละอองสารขนาดดังกล่าวให้แทรกเข้าไปในต้นพืชได้ดีกว่าละอองสารขนาดโต

ลม เป็นปัจจัยช่วยให้มีการกระจายของละอองสาร โดยเฉพาะการพ่นสารที่อยู่ในรูปฝสมน้ำ (foliar spray) และการพ่นฝุ่น (dust) อาจเป็นไปตามหรือไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์และอาจเป็นอุปสรรคขัดขวางการปฏิบัติงานด้วยโดยทั่วไปแล้วการปฏิบัติการพ่นสารป้องกันกำจัด

ศัตรูพืชต้องยกเลิกทันที ถ้าความเร็วของลมขณะนั้นเกิน 5 เมตร/วินาที หรือ 18 กิโลเมตร/ชั่วโมง เนื่องจากกระแสลมจะพัดพาละอองสารส่วนใหญ่ออกไปจากพื้นที่เป้าหมายและอาจเกิดอันตรายต่อพื้นที่ใกล้เคียง

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีความสำคัญและควรให้ความสนใจเช่นกัน กล่าวคือในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง เช่น เวลากลางวันระหว่าง 11.00 - 14.00 น. ช่วงเวลาดังกล่าวละอองสารที่มีขนาดเล็กมากน้ำในละอองสารอาจจะเหวี่ยงไปก่อนที่ละอองสารจะตกบนเป้าหมาย ดังนั้นจึงไม่แนะนำให้พ่น การพ่นสารโดยทั่วไปควรปฏิบัติในตอนเช้าหรือตอนบ่าย ทั้งนี้เนื่องจากในตอนสายเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้อากาศบริเวณระดับพื้นผิวดินร้อนด้วย จะเกิดการลอยตัวของอากาศสูงขึ้น การเคลื่อนตัวของอากาศลักษณะนี้จะพัดพาละอองพุ่งขึ้นไปด้วยทำให้ละอองสารไม่ตกบนเป้าหมาย

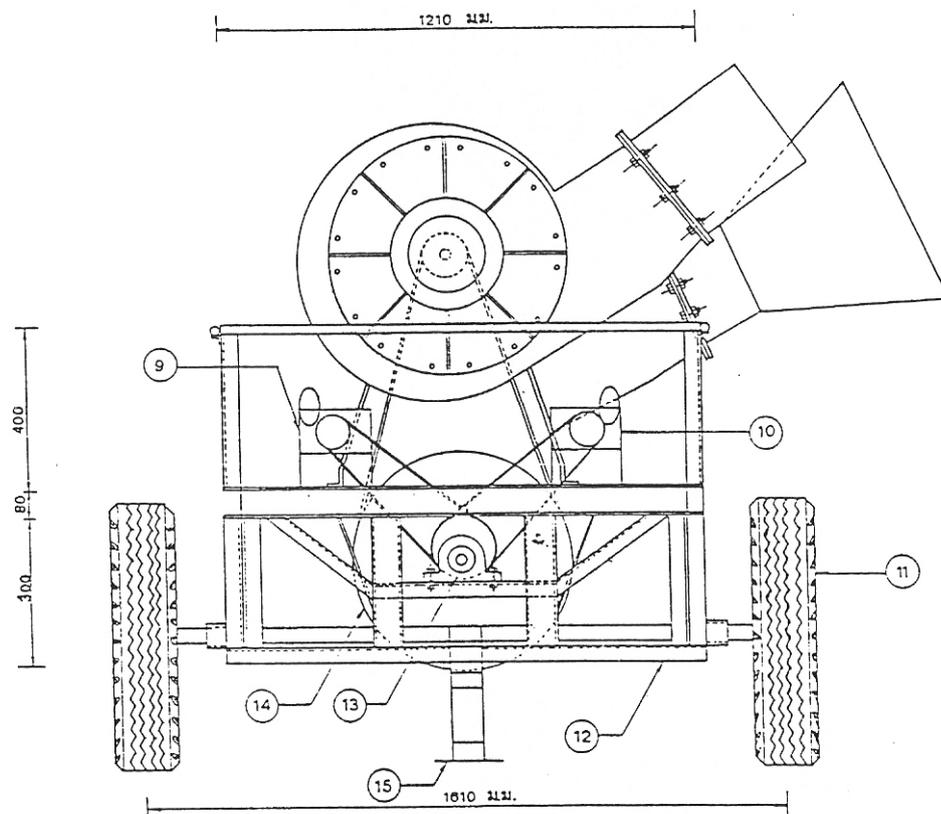
ฝน เป็นปัจจัยสำคัญที่กระทบต่อประสิทธิภาพของการป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยเฉพาะสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ต้องใช้น้ำผสม เนื่องจากฝนจะชะล้างสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชออกไปทำให้ประสิทธิภาพลดต่ำลง ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการพ่นสารในสภาพที่มีแนวโน้มว่าฝนจะตก อย่างไรก็ตามการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เหมาะสมนั้น ควรปฏิบัติขณะที่ต้นพืชหรือผิวใบต้นพืชมีความชื้นเล็กน้อย ทั้งนี้เพื่อช่วยให้การแพร่กระจายของละอองสารดีขึ้น แต่ไม่ควรพ่นขณะที่ต้นพืชเปียกโชก เนื่องจากจะทำให้เกิดการไหลของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ง่ายขึ้น

นอกจากปัจจัยที่กล่าวแล้วข้างต้นสภาพของต้นพืช และระยะการเจริญเติบโตของพืช มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชด้วยการที่พืชมีอัตราการเจริญสูงนั้น ทำให้พื้นที่ที่ต้องพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ต้องทำการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชบ่อยขึ้น เช่น ในแอปเปิลพื้นที่ผิวจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ภายใน 2 สัปดาห์ แต่ช่วงระยะใกล้เก็บเกี่ยวพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นน้อย ทำให้จำเป็นต้องใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในช่วงระยะแรกบ่อยครั้งกว่าช่วงปลายฤดู นอกจากนี้ลักษณะของผิวของต้นพืช ใบและผล ที่มีไข (wax) เคลือบทำให้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจับเกาะได้น้อยกว่าใบหรือผลที่มีผิวขรุขระหรือเป็นขน เช่น ใบของกระหล่ำปลีที่มีไขเคลือบอยู่ สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะจับเกาะได้ยาก เป็นต้น นอกจากนี้ลักษณะของทรงพุ่มและความหนาที่ขของทรงพุ่มจะเป็นตัวป้องกันไม่ให้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชสัมผัสกับศัตรูพืชได้ง่าย

จากปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นล้วนส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ดังนั้นจึงควรพิจารณาปัจจัยเหล่านั้นให้ละเอียด เพื่อให้การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีประสิทธิภาพสูงสุด ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายตลอดจนปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม

เครื่องฉีดพ่นสารเคมีอื่นที่คล้ายคลึงกับเครื่องต้นแบบ

กรมวิชาการเกษตร (2544) ได้ศึกษา ออกแบบ สร้างเครื่องฉีดพ่นสารแบบใช้แรงดันลม พ่วงต่อรถแทรกเตอร์สำหรับใช้ในสวนผลไม้ซึ่งมีส่วนประกอบคือเริ่มจากถังบรรจุสารเคมีชนิดโพลิเอททีลิน ความจุ 343 ลิตร ป้อนชนิดลูกสูบสร้างความดัน 30 บาร์ อัตราการไหล 40 ลิตร/นาที หัวฉีดทองเหลืองกรวยกลวงที่ผลิตในประเทศ ตัวกรองผงขนาด 50 เมช มุมฉีดพ่น 80 องศา จำนวน 10 หัว โดยติดตั้งเป็นวงกลมแนวเส้นรอบวงซิกซาย 5 หัว และซิกซวา 5 หัว ระยะห่างระหว่างหัวฉีด 10 เซนติเมตร ความดันหัวฉีด 30 บาร์ อัตราการไหล 2.4 ลิตร/นาที ได้เลือกพัดลมชนิดไหลตามแกนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 77 เซนติเมตร มีใบพัดจำนวน 10 ใบ ให้ปริมาณลม 2,640 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 1,400 รอบ/นาที ซึ่งเครื่องต้นแบบสามารถทำงาน 6.1 ไร่/ชั่วโมง กินน้ำมันเชื้อเพลิง 3.4 ลิตร/ชั่วโมง ใช้สารเคมี 66.15 ลิตร/ไร่ในสวนส้มโอ และสามารถทำงาน 6 ไร่/ชั่วโมง กินน้ำมันเชื้อเพลิง 3.5 ลิตร/ชั่วโมง ใช้สารเคมี 75.6 ลิตร/ไร่ในสวนมะม่วง จากการศึกษาพบว่าขนาดความโตของละอองที่เหมาะสมกับการควบคุมและทำลายแมลงศัตรูพืช ควรมีขนาดประมาณ 15 ไมครอน ส่วนละอองสปอร์ที่ใช้พ่นสารเคมีเพื่อกำจัดเชื้อราหรือแบคทีเรียควรมีขนาดประมาณ 40 – 150 ไมครอน เนื่องจากละอองมีขนาดเล็กมากจึงต้องใช้ลมช่วยนำไปปะทะใบและเข้าไปในทรงพุ่ม เครื่องฉีดพ่นสารเคมีที่เหมาะสมกับสวนผลไม้จึงเป็นชนิดเครื่องที่ใช้แรงดันลมพ่วงต่อกับรถแทรกเตอร์ (Air Blast Sprayer) ซึ่งนอกจากจะได้ละอองที่มีขนาดเล็กสม่ำเสมอแล้ว ยังพัดพาไปได้ทั่วถึงภายในทรงพุ่มและประหยัดน้ำยา



ภาพที่ 5 เครื่องพ่นหมอกชนิดปากปล่อง

ที่มา : มงคล และณรงค์ (2537)

มงคล และณรงค์ (2537) ได้ออกแบบเครื่องพ่นหมอกชนิดปากปล่อง ดังแสดงในภาพที่ 5 ตัวเครื่องประกอบด้วย พัดลมชนิดเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจำนวน 2 ชุด ติดตั้งเรียงกันบน โครงเครื่องชนิด ล้อเลื่อนซึ่งถูกลากและขับโดยรถแทรกเตอร์ ขนาดประมาณ 50 แรงม้า ได้ออกแบบปากปล่องสอง ชนิด ชนิดแรกมีลักษณะเป็นกรวยสวมปากปล่องพัดลมมีลิ้นแบ่งลม ปากปล่องของพัดลมทั้งสองชุด อยู่ต่างระดับกัน มีหัวฉีดติดตั้งที่ปากกรวย ปากปล่องชนิดที่สองเป็นท่อลมที่โค้งงอได้ มีกลไกโยก ปากปล่องให้ส่ายขึ้นลงด้วยอัตราความเร็วประมาณ 1 รอบ/วินาที มีหัวฉีดติดตั้งที่ปลายปากปล่อง เช่นกัน หัวฉีดที่ใช้เป็นหัวกรวยกรวงความดันน้ำยาเคมีประมาณ 25 บาร์ พัดลมชุดใหญ่เป่าลม ออกมาในอัตราประมาณ 200 ลูกบาศก์เมตร/นาที พัดลมชุดเล็กเป่าลมออกมาได้ประมาณ 120 ลูกบาศก์เมตร/นาที ความเร็วลมเฉลี่ยที่ปากปล่องประมาณ 50 และ 32 เมตร/วินาที ตามลำดับ จากการทดลองพ่นต้นมะม่วงที่มีความสูง 5 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มประมาณ 4 - 5 เมตร

พบว่าพันธุ์ไม้ทั้งพืชมงคล โดยปลูกปล่องชนิดแรกมี จำนวนละอองเฉลี่ยประมาณ 59 ละออง/ตารางเซนติเมตร ปลูกปล่องชนิดที่สองมีจำนวนละอองเฉลี่ยประมาณ 57 ละออง/ตารางเซนติเมตร และเป็นการพ่นใส่ด้านเดียว สิ้นเปลืองน้ำยาเฉลี่ยประมาณ 2 ลิตร/ต้น เวลาที่พ่นใส่ต้น โดยตรง เท่ากับ 10 วินาที/ต้น หากต้องการพ่นให้มากกว่านี้ ทำได้โดยพ่นใส่ทั้งสองด้านซึ่งจะสิ้นเปลือง น้ำยามากขึ้นประมาณเท่าตัว

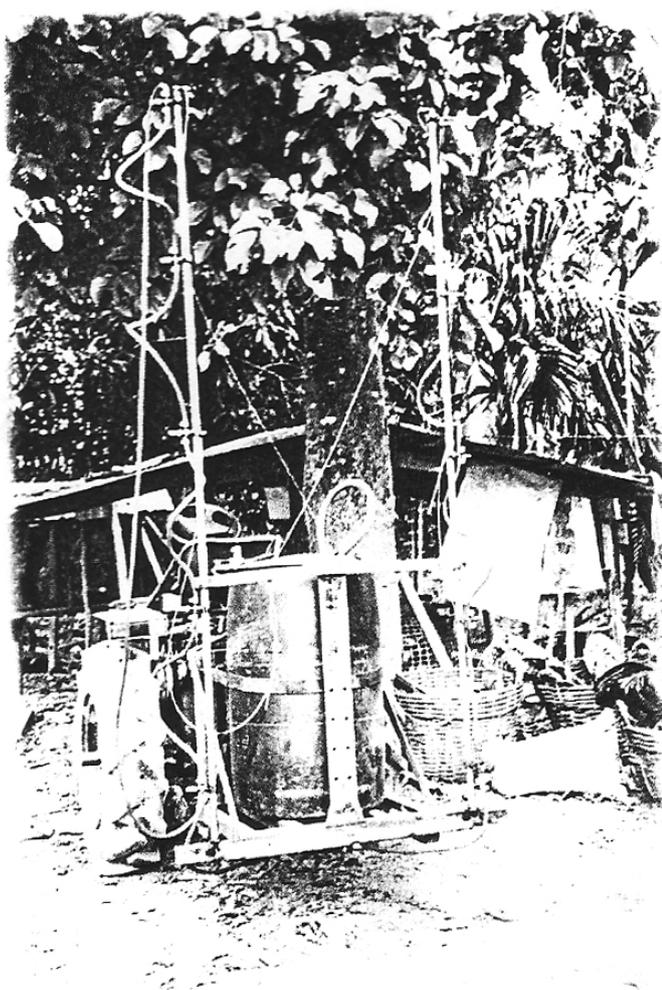
กรมวิชาการเกษตร (2544) ได้ศึกษา ออกแบบ สร้างเครื่องฉีดพ่นสารป้องกันและกำจัด ศัตรูพืชแบบแขนพ่นติดพ่วงรถแทรกเตอร์ 4 ล้อเล็ก ดังแสดงในภาพที่ 6 ซึ่งมีส่วนประกอบ คือ ถัง บรรจุสารเคมีชนิดโพลีเอทิลีน ความจุ 200 ลิตร ปัมป์ชนิดลูกสูบความดัน 10 - 40 กิโลกรัม/ตาราง เซนติเมตร อัตราการไหล 14 ลิตร/นาที่ หัวฉีดทองเหลืองกรวยกลวงที่ผลิตในประเทศ มุมฉีดพ่น 80 องศา จำนวน 10 หัว โดยติดตั้งบนท่อแสดนเลสยาว 6 เมตร ระยะห่างระหว่างหัวฉีด 50 เซนติเมตร สูงจากพื้นดิน 85 เซนติเมตร ความดันใช้งาน 10 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร อัตราการไหล 1.3 ลิตร/นาที่ วิธีใช้งานรถคือขับรถแทรกเตอร์ 4 ล้อขนาดเล็ก ที่พ่วงท้ายด้วยเครื่องฉีดพ่นสารเคมี ป้องกันและกำจัดศัตรูพืชแบบแขนพ่นเข้าไประหว่างแถวพืชหรือคร่อมต้นพืชแล้วเข้าเกียร์เพลลาฟิที่ โอขับเคลื่อนของปั๊ม 3 สูบให้หมุน สร้างแรงดันให้กับสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชพุ่งออกทางรู หัวฉีด ละอองสารเคมีจะไหลปกคลุมเป้าหมายในที่สุด

คุณลักษณะเด่นของเครื่องฉีดพ่นสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชแบบแขนพ่นติดพ่วงรถ แทรกเตอร์ 4 ล้อเล็ก คือ

1. เครื่องฉีดพ่นสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชแบบแขนพ่นติดพ่วงรถแทรกเตอร์ 4 ล้อเล็ก สามารถนำไปใช้งานในการฉีดพ่นสารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีระบบการทำงานที่ไม่ยุ่งยาก ง่ายต่อการดูแลและบำรุงรักษา

2. สามารถผลิตได้ภายในประเทศ โดยสามารถส่งเสริมและเผยแพร่ให้โรงงานผู้ผลิต เครื่องจักรกลเกษตรนำแบบไปผลิตจำหน่ายตามความต้องการของเกษตรกร อันจะเป็นผลที่ ก่อให้เกิดการพัฒนาและขยายตัวของอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลเกษตรภายในประเทศ

3. สามารถใช้เครื่องฉีดพ่นสารเคมีนี้ช่วยผ่อนแรงอำนวยความสะดวกในการฉีดพ่นสารเคมี นอกจากนี้ยังสามารถทำการฉีดพ่นได้ทันกาลเวลาทำให้ผลผลิตไม่ได้รับความเสียหาย (กองเกษตรวิศวกรรม, 2544)



ภาพที่ 6 เครื่องฉีดพ่นสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชแบบแขนพ่นติดพ่วงรถแทรกเตอร์ 4 ล้อเล็ก
ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2544)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. การเกาะติดของละอองบนต้นพืช

ส่วนของพืชที่มีผิวหน้าขรุขระ มีขน จะช่วยจับละอองได้ดีมาก ส่วนพืชที่มีใบหรือลำต้นเป็นมันและเรียบจะจับละอองได้ไม่สู้ดีนัก ดังนั้นชนิดของหัวฉีดจึงมีผลต่อการฉีดพ่นของเครื่องฉีดพ่นชนิดใช้แรงดันน้ำยาผ่านหัวฉีด เพราะ หัวฉีดแต่ละชนิดจะมีลักษณะการกระจายที่แตกต่างกัน ตามลักษณะของหัวฉีดและลักษณะการใช้งานซึ่งหัวฉีดที่ดีจะต้องสามารถสร้างละอองขนาดเล็กที่สามารถแทรกเข้าไปสู่ภายในทรงพุ่มอย่างทั่วถึง

2. อัตราการฉีดพ่น

อัตราการฉีดพ่นขึ้นอยู่กับชนิดของศัตรูพืชและขนาดของทรงพุ่ม ซึ่งอาจประมาณได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดพ่น และความสูงของไม้ผล

ความสูงของไม้ผล (เมตร)	ปริมาณที่ฉีดพ่น (ลิตร/เมตร)
1 - 3	1 - 3
4 - 6	3 - 7
7 - 9	5 - 10
10 ขึ้นไป	7 - 10

ที่มา : มงคล (2537)

การที่จะให้ได้อัตราการฉีดพ่นตามต้องการสามารถทำได้โดยการเลือกหัวฉีดที่มีรูเปิดที่แน่นอน เลือกความดันที่เหมาะสม จากนั้นทดลองพ่นน้ำเป็นระยะทางที่แน่นอนแล้วจึงเติมน้ำลงไปให้ถึงระดับเดิมก็จะทราบจำนวนน้ำที่ฉีดพ่นไป เปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ได้ฉีดพ่นซึ่งพื้นที่ที่ฉีดพ่นได้

คือ ระยะระหว่างแถว \times ระยะทางที่รถเคลื่อนที่ไป ก็จะทราบอัตราการสิ้นเปลืองเป็นลิตร/ไร่ ซึ่งก็สามารถคำนวณกลับเป็นลิตร/ตันได้ หากใกล้เคียงกับที่ต้องการก็อาจปรับแต่งที่หัวฉีดหรือความดันเพียงเล็กน้อย หากมีความแตกต่างกันมากก็อาจต้องเปลี่ยนขนาดของหัวฉีด เปลี่ยนค่าความดันและ/หรือเปลี่ยนจังหวะเกียร์เดินหน้าแล้วแต่ความเหมาะสม จากนั้นทดลองใช้งานกว่าจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกับความต้องการ ซึ่งวิธีการนี้เรียกว่า การสอบเทียบ

3. ประเภทของรถแทรกเตอร์

รถแทรกเตอร์ตัวอย่างเพื่อการเกษตร สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 983 – 2533) โดยใช้ขนาดของกำลังมูลลากของรถ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การจำแนกประเภทรถแทรกเตอร์และโมเมนต์เนื่องจากน้ำหนัก

ประเภทของรถแทรกเตอร์	กำลังมูลลากสูงสุดไม่เกิน (kW)	โมเมนต์เนื่องจากน้ำหนัก (N.m)
1	48	4,800
2	92	9,600
3	80 -185	-

ที่มา : มอก. 983 – 2533 และ มอก. 1127 – 2535

ขนาดและมิติของจุดต่อพ่วงของรถแทรกเตอร์แต่ละประเภทจะถูกออกแบบสร้างมาไม่เท่ากัน ทั้งนี้เพื่อให้มีความสามารถในการต่อติดกับอุปกรณ์ต่อพ่วง (implement) ที่มีขนาดและกำลังที่เหมาะสมเท่านั้น เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อการใช้งานของรถแทรกเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงนั่นเอง

4. ระบบต่อพ่วงสามจุด

แฮร์รี เฟอร์กูสัน ชาวไอริช เป็นผู้คิดระบบการพ่วงสามจุดอุปกรณ์ของรถแทรกเตอร์แบบจุดต่อพ่วงสามจุด (มกคส, 2530) ซึ่งสามารถอำนวยความสะดวกได้ดังนี้

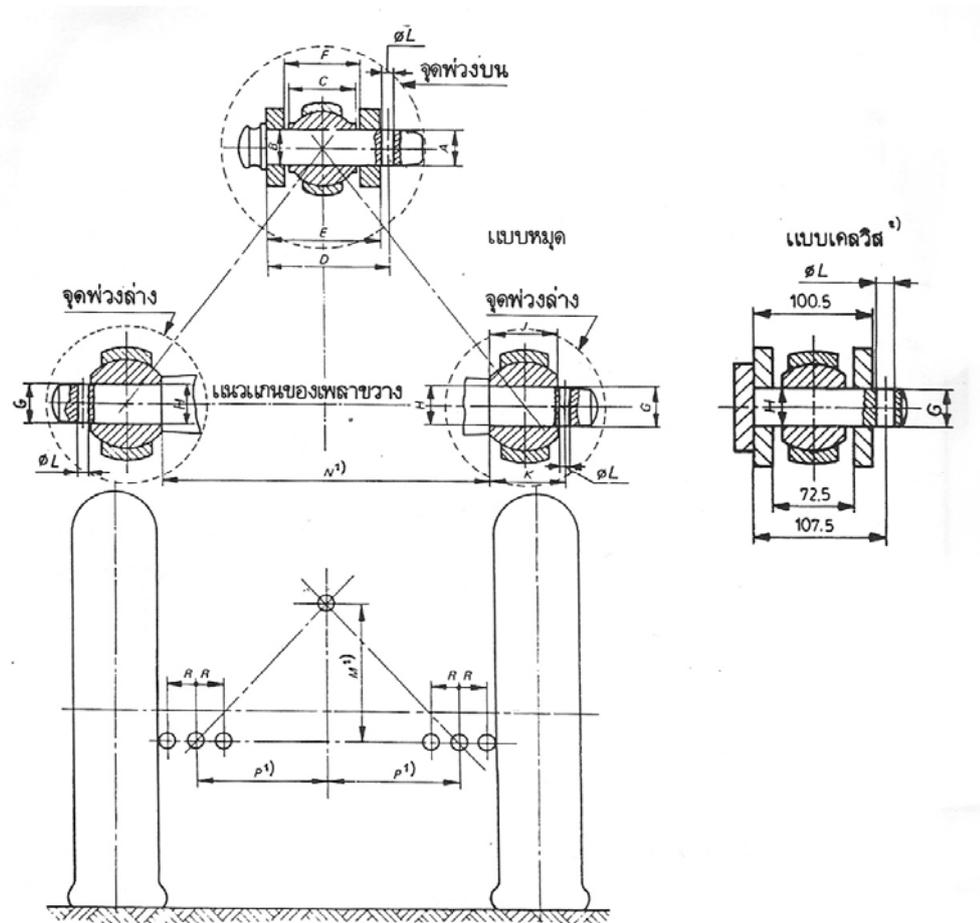
1. สามารถยกและวางอุปกรณ์ได้โดยระบบไฮดรอลิกของรถแทรกเตอร์ ทำให้สะดวกในการขนย้ายและการใช้งาน

2. มีระบบไฮดรอลิกอัตโนมัติให้เลือกใช้ในการควบคุมความลึกหรือความสูงในการทำงานของอุปกรณ์ต่อพ่วงโดยให้อยู่ในระดับที่ต้องการตลอดเวลา

3. เป็นตัวเชื่อมอุปกรณ์ให้เข้ากันได้กับรถแทรกเตอร์ที่มีขนาดและกำลังพ่วงเหมาะกับอุปกรณ์นั้นๆ

4. ช่วยให้อุปกรณ์มีเสถียรภาพดี ควบคุมการทำงานได้สะดวก มีความคล่องตัวและปลอดภัยในขณะที่ทำงาน

โดยมาตรฐานของมิติชุดพ่วงแบบสามจุดสำหรับรถแทรกเตอร์สี่ล้อเพื่อการเกษตรสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 983 – 2533) ได้ตั้งภาพที่ 7 และตารางที่ 11



ภาพที่ 7 มิติของจุดพ่วง

ที่มา : มอก. 983 - 2533

ตารางที่ 11 มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของจุดพ่วง

มิติ	ประเภท 1		ประเภท 2		ประเภท 3	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
จุดพ่วงบน						
เส้นผ่านศูนย์กลางของสลัก (A)	18.92	19.00	25.27	25.40	31.50	31.75
เส้นผ่านศูนย์กลางของรูสลัก (B)	19.30	19.51	25.70	25.91	32.00	32.23
ความกว้างของตาไก่ (C)	-	44.00	-	51.00	-	51.00
ระยะรูร้อยหมุด (D)	76.00	-	93.00	-	102.00	-
ความกว้างด้านนอกของก้ามปู (E)	-	69.00	-	86.00	-	95.00
ความกว้างด้านในของก้ามปู (F)	44.50	-	52.00	-	52.00	-
จุดพ่วงล่าง						
เส้นผ่านศูนย์กลางของสลัก (G)	21.79	22.00	27.79	28.00	36.40	36.60
เส้นผ่านศูนย์กลางของรูสลัก (H)	22.40	22.73	28.70	29.03	37.40	37.75
ความกว้างของตาไก่ (J)	34.80	35.00	44.80	45.00	44.80	45.00
ระยะรูร้อยหมุด ¹ (K)	39.00	-	49.00	-	52.00	-
รูร้อยหมุด						
เส้นผ่านศูนย์กลางของรูร้อยหมุด (L)						
สำหรับสลักจุดพ่วงบน	12.00	-	12.00	-	12.00	-
สำหรับสลักจุดพ่วงล่าง	12.00	-	12.00	-	17.00	-
ความสูงพนม ² (M) ต่ำสุด	460±1.5	460±1.5	610±1.5	610±1.5	685±1.5	685±1.5
ความกว้างจุดพ่วงล่าง ³ (N)	683±1.5	683±1.5	825±1.5	825±1.5	965±1.5	965±1.5
ระยะจากจุดพ่วงล่างถึงแนวเส้นกึ่งกลางตัวรถแทรกเตอร์ ³ (P)	359.00	359.00	435.00	435.00	505.00	505.00
ระยะการแกว่งออกด้านข้างของจุดพ่วงล่าง ต่ำสุด (R)	100.00	-	125.00	-	125.00	-

ที่มา : (มอก. 983 – 2533)

หมายเหตุ ¹ ในกรณีที่มีสายกันเหวี่ยง (lateral stay) ผูกกับจุดพ่วงล่าง เพื่อจำกัดการแกว่งออกด้านข้าง (side sway) ของอุปกรณ์ มิติต่ำสุดของระยะแกว่งออกทางด้านข้างของจุดพ่วงล่างสำหรับประเภท 1 ต้องไม่น้อยกว่า 51 มิลลิเมตร สำหรับประเภท 2 ต้องไม่น้อยกว่า 61 มิลลิเมตร และสำหรับประเภท 3 ต้องไม่น้อยกว่า 64 มิลลิเมตร

- ² มิติที่ให้ไว้เป็นเพียงค่าแนะนำ อาจมีการเปลี่ยนแปลงในกรณีที่ใช้อุปกรณ์พิเศษ
- ³ หากจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงมิตินี้ในกรณีที่ใช้อุปกรณ์พิเศษ เมื่อใช้ค่าต่ำกว่านี้ แนะนำให้ใช้ค่า ดังนี้

N เท่ากับ 400 683 และ 825 สำหรับประเภท 1 ประเภท 2 และประเภท 3 ตามลำดับ

P เท่ากับ 218 364 และ 435 สำหรับประเภท 1 ประเภท 2 และประเภท 3 ตามลำดับ

5. การวัดขนาดละอองสาร

ในการวัดขนาดละอองสารนิยมใช้คุณสมบัติ (parameter) 2 ประการ คือ ใช้คุณสมบัติด้านปริมาตรของละอองสารที่อยู่ตรงกลาง เรียกว่า VMD (Volume Median Diameter) และการวัดขนาดโดยใช้คุณสมบัติด้านจำนวนละอองสารที่อยู่ตรงกลาง เรียกว่า NMD (Number Median Diameter) ทั้ง 2 ค่า มีหน่วยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น ไมโครเมตร โดยทั่วไปนิยมใช้คุณลักษณะทางด้านปริมาตร หรือค่า VMD มากกว่า สรุปแล้วความหมายของค่า VMD และ NMD คือ

ค่า VMD หมายถึง ขนาดของละอองสารที่แบ่งครึ่ง ปริมาตร ของละอองสารที่พ่นออกมา โดยครึ่งหนึ่งประกอบด้วยปริมาตรของละอองสารที่มีขนาดโตกว่าค่า VMD และอีกครึ่งหนึ่งประกอบด้วยปริมาตรของละอองสารที่มีขนาดเล็กกว่าค่า VMD

ค่า NMD หมายถึง ขนาดของละอองสารที่แบ่งครึ่ง จำนวน ละอองสารที่พ่นออกมา โดยครึ่งหนึ่งประกอบด้วยจำนวนละอองสารที่มีขนาดโตกว่าค่า NMD และอีกครึ่งหนึ่งประกอบด้วยจำนวนละอองสารที่มีขนาดเล็กกว่าค่า NMD

อัตราส่วนระหว่างค่า VMD/NMD ของละอองสารที่ผลิตจากเครื่องพ่นสารแต่ละแบบ จะแสดงถึงพิสัยหรือช่วงความกว้างของขนาดละอองสารที่ผลิตได้ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ถ้าอัตราส่วนของ VMD/NMD มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าละอองสารมีขนาดเท่ากันทุกละออง ซึ่งเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ เครื่องพ่นสารที่ใช้พ่นสารแบบน้ำมากจะมีค่า VMD และอัตราส่วนระหว่างค่า VMD/NMD มากกว่าเครื่องพ่นสารที่ใช้พ่นแบบน้ำน้อย ส่วนเครื่องพ่นสารที่

ใช้ฟันแบบน้ำยาเข้มข้นหรือไม่ผสมน้ำ จะผลิตละอองสารที่มีค่า VMD และอัตราส่วนระหว่างค่า VMD/NMD น้อยที่สุด

ในการพ่นสารแต่ละครั้ง ถ้าสามารถควบคุมขนาดของละอองสารให้เหมาะสมกับพืชหรือศัตรูพืชเป้าหมาย และมีขนาดละอองสารสม่ำเสมอมากที่สุด คือให้อัตราส่วนระหว่าง VMD/NMD มีค่าน้อยที่สุด หรือใกล้เคียง 1 มากที่สุด จะช่วยให้ละอองสารครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายได้สม่ำเสมอ เกิดการสูญเสียจากการไหลรวมตัวบนใบพืชหรือไหลลงดิน หรือปลิวไปในอากาศน้อยลงด้วย ทำให้การพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้นๆ มีประสิทธิภาพ และประหยัดมากที่สุด (ไพศาล และคณะ , 2543)

6. เกณฑ์มาตรฐานในการฉีดพ่น

CIBA-GEIGY (1989) ได้ให้มาตรฐานของการกระจายของละอองที่ทำการฉีดพ่นจากหัวฉีดไว้ว่า จำนวนละอองที่ทำการฉีดพ่นนั้นจะต้องมีค่าเฉลี่ยแล้วประมาณ 20 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งการที่จะให้ได้จำนวนละอองที่เหมาะสมนั้นจะต้องมีปัจจัยในหลายๆอย่าง เช่น ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ ความดันที่เหมาะสม ลักษณะของหัวฉีดละออง เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ ประกอบด้วย วัสดุที่ใช้สร้างเครื่องต้นแบบ เครื่องมือต่างๆที่ใช้สร้างเครื่องต้นแบบ อุปกรณ์และวัสดุที่จะใช้กับตัวเครื่องฟนสารเคมีในการทดสอบ และวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบเครื่องต้นแบบ

1. วัสดุที่ใช้สร้างเครื่องต้นแบบ

ได้แก่ เหล็กสำหรับทำโครง เหล็กฉาก เหล็กเพลลา พูเลย์ร่องเอ 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว ตั๊กตาขีดเพลลา และวัสดุอื่นๆ อีกตามความเหมาะสมของงาน

2. เครื่องมือต่างๆที่ใช้สร้างเครื่องต้นแบบ

ได้แก่ เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เครื่องกลึง เครื่องเจาะ เครื่องตัดโลหะ ตลับเมตร สว่านมือ และเครื่องมือต่างๆ อีกตามความเหมาะสมของงาน

3. อุปกรณ์และวัสดุที่จะใช้กับตัวเครื่องฟนสารเคมีในการทดสอบ

ได้แก่ ถัง 200 ลิตร ปัมแรงดันสามสูบ ยี่ห้อ ตราเพชร รุ่น T.S. 31 A/S สายฉีดยารับแรงดัน สายดูดปั้มแรงดัน สายคั้นถึงปั้มแรงดัน หัวฉีดกรวยกรวง 1 รู หัวฉีดกรวยกรวง 4 รู หัวฉีดกรวยกรวง 5 รู หัวฉีดกรวยกรวง 7 รู

4. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบเครื่องต้นแบบ

ได้แก่ รถแทรกเตอร์ต้นกำลังยี่ห้อ FORD ขับเคลื่อน 2 ล้อ รุ่น 4610 ขนาด 52 แรงม้า แปลงปลุกอรุ่น ลักษณะการปลุกเป็นค้ำรูปตัวที น้ำ สีน้ำ กระดาษวัดจำนวนละออง กระบอกตวง ถึงเก็บปริมาตรน้ำ เครื่องวัดความเร็วลม เครื่องวัดความเร็วรอบ ตลับเมตร เทปวัดระยะ เชือก และเครื่องมือต่างๆ อีกตามความเหมาะสมของงาน

วิธีการ

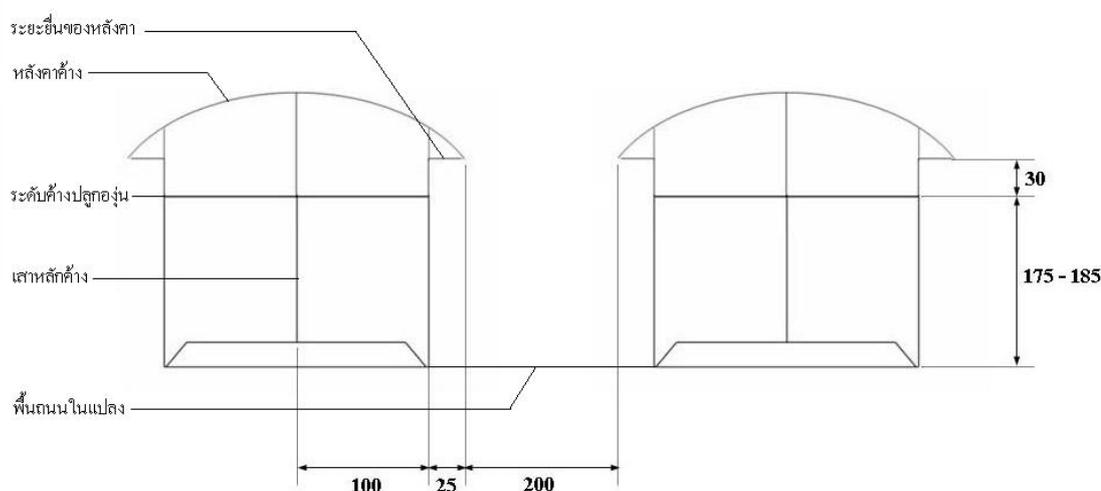
วิธีการศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. การออกแบบ

ในการออกแบบเครื่องฉีดพ่นสารเคมี ได้กำหนดแนวทางในการออกแบบโดยใช้ข้อมูลพื้นฐาน 2 ประการ ได้แก่ ลักษณะค้ำปลูกงุ่นรูปตัวที และคุณลักษณะของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีที่ต้องการสร้าง ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 8 ตารางที่ 12 และ 13

ตารางที่ 12 ลักษณะของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีที่ต้องการออกแบบสร้าง

รายการ	ลักษณะที่ต้องการ
1. ต้นก้ำล้าง	รถแทรกเตอร์ล้อยางเพื่อการเกษตรขนาดกลาง
2. ระบบอัดแรงดัน	ปั๊มสูบชักตามแนวนอน จำนวน 3 สูบ โดยรับแรงจากเพลลาอำนาจก้ำล้าง (PTO)
3. การฉีดพ่น	ใช้ฉีดพ่นสารเคมีเพื่อให้ละอองสารเคมีสามารถเกาะติดต้นงุ่นได้อย่างทั่วถึง
4. มีระบบความปลอดภัย	เพื่อป้องกันการเกิดอันตรายกับผู้ปฏิบัติงานและสร้างความเสียหายให้กับปั๊มอัดแรงดัน
5. การติดตั้งกับต้นก้ำล้าง	ใช้การต่อพ่วง 3 จุด
6. ผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน	ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน



ภาพที่ 8 ลักษณะค้ำปลุกองุ่นรูปตัวที
ที่มา : บริษัทโกลไทยแลนด์ จำกัด

ตารางที่ 13 ข้อมูลเบื้องต้นขององุ่นที่ปลูกโดยค้ำรูปตัวที

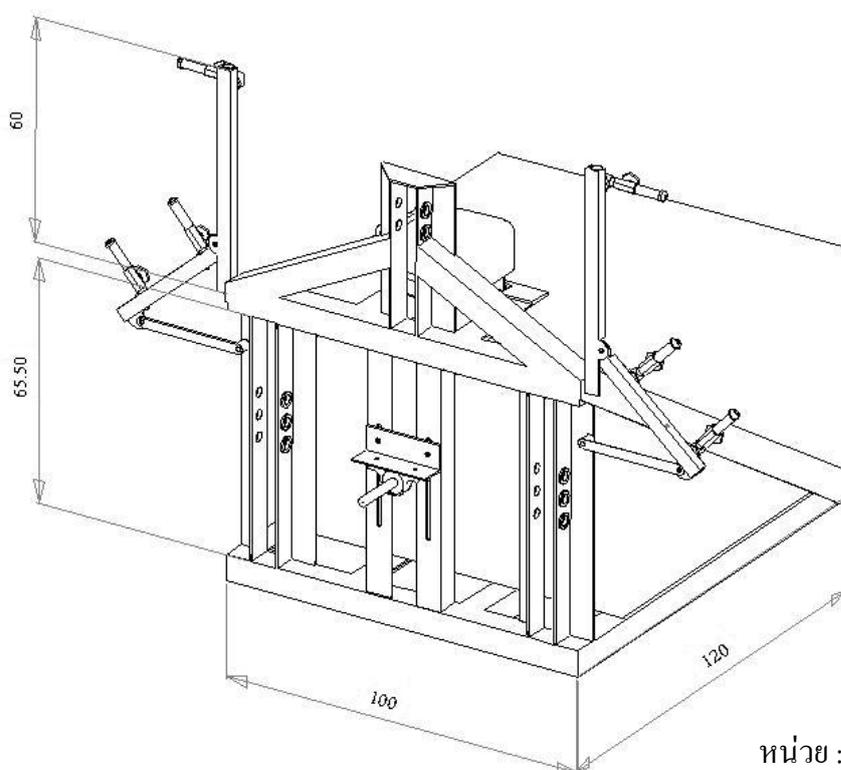
รายการ	หน่วย	ข้อกำหนด
1 ความกว้างค้ำ	cm	100
2 ระยะยื่นของหลังคาค้ำ	cm	25
3 ระยะห่างระหว่างหลังคาค้ำ	cm	200
4 ความสูงของค้ำจากพื้นถนน	cm	175 – 185
5 ความสูงของหลังคาค้ำจุดต่ำสุด	cm	30

หมายเหตุ ข้อมูลวัดจากแปลงปลุกองุ่นของบริษัทโกลไทยแลนด์ จำกัด

2. การสร้างและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลในตารางที่ 12 และ 13 เป็นข้อมูลพื้นฐาน จากนั้นได้ออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบรุ่นที่ 1 ขึ้นมาเพื่อศึกษาลักษณะการทำงานและกลไกต่างๆ ได้แก่ โครงสร้าง ชุดป้อนสามสูบ ระบบหัวฉีด ซึ่งเครื่องพ่นสารเคมีแบบที่ 1 ที่ได้ทำการออกแบบนั้นมีรายละเอียดที่สำคัญ ดังภาพที่ 9 คือ มีขนาด 100 x 100 x 120 เซนติเมตร โดยต่อกับระบบส่งกำลังที่

รับกำลังจากเพลอาำนวยกำลัง เพื่อทอดรอบจากความเร็วยุบ 540 รอบ/นาทึ เป็นความเร็วยุบอยูที่ ประมาณ 700 – 800 รอบ/นาทึ เพื่อส่งกำลังเข้าปั้มอัดแรงดันเพื่อใ้ปั้มอัดแรงดันมีความดันอยูที่ 30 kgf/cm² จากนั้นส่งน้ำยาสารเคมีที่มีแรงดันนั้น ไปยังหัวฉีดที่ติดตั้งอยูในบริเวณด้านหน้าของ โครงสร้างที่ได้ออกแบบ โดยหัวฉีดที่ใ้ทำการออกแบบในเครื่องฉีดพ่นแบบที่ 1 มีการติดตั้งหัวฉีด ด้านละ 3 หัว โดยหัวบนสุดนั้นจะทำการฉีดพ่นลงเพื่อที่จะครอบคลุมทางด้านบนของทรงตันงุ่น และสองหัวทางด้านล่างนั้นจะทำการฉีดขึ้นจากด้านล่างเพื่อครอบคลุมทรงตันงุ่นจากทางด้านล่าง โดยหน้ากว้างของการทำงานที่ทำการทดสอบเบื่องตันนั้นอยูที่ประมาณ 1.2 – 1.5 เมตร/ด้านที่ทำการทดสอบ

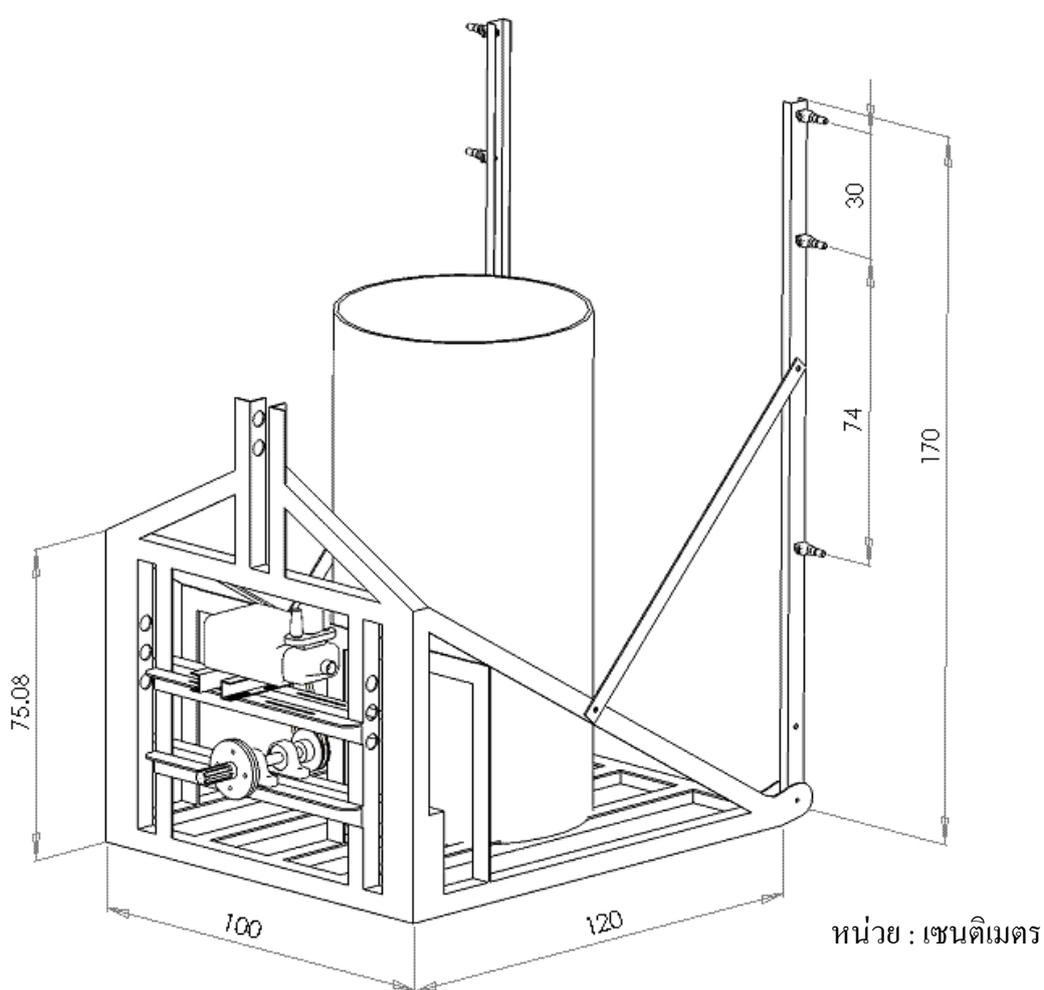


หน่วย : เซนติเมตร

ภาพที่ 9 เครื่องพ่นสารเคมีแบบที่ 1 ที่ทำการออกแบบขึ้น

จากการทดสอบเบื่องตันพบว่า เครื่องฉีดพ่นสารเคมีที่ใ้ทำการออกแบบนั้น สามารถฉีด พ่นได้ทั่วถึงเฉพาะในบริเวณที่รัศมีของหัวฉีดนั้นครอบคลุมถึงเท่านั้น ซึ่งจากผลการทดสอบ เบื่องตันสามารถสังเกตได้ว่าบริเวณด้านข้างของค้ำรูปตัวทีนั้นยังมิได้รับละอองจากการฉีดพ่นเลย เนื่องจากบริเวณนี้ไม่อยู่ในแนวของรัศมีการฉีดพ่น และแนวการฉีดพ่นของหัวฉีดตัวล่างสุดไม่เกิด

ประโยชน์ต่อการฉีดพ่นแต่อย่างใด จึงได้ทำการออกแบบปรับปรุงใหม่ โดยเปลี่ยนตำแหน่งของ หัวฉีดเป็น หัวบนสุดนั้นจะทำการฉีดพ่นลงเพื่อที่จะครอบคลุมทางด้านบนของทรงตันอ่อนเช่นเดิม หัวกลางฉีดพ่นเพื่อที่จะครอบคลุมทางด้านข้างของค้ำงอ่อนและหัวฉีดด้านล่างฉีดขึ้นเพื่อที่จะ ครอบคลุมทรงพุ่มอ่อนจากทางด้านล่าง โดยเครื่องฉีดพ่นสารเคมีที่ทำการปรับปรุงดังภาพที่ 10 นี้จะ ทำการฉีดพ่นที่แรงดัน 30 kgf/cm² จากนั้นจึงทำการทดสอบเครื่องฉีดพ่นที่ทำการปรับปรุงแล้ว และ นำผลที่ได้มานั้นมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้เครื่องฉีดพ่นสารเคมีที่สามารถทำงาน ได้ดีและสมบูรณ์พร้อมที่ จะใช้งานต่อไป



ภาพที่ 10 เครื่องพ่นสารเคมีหลังการปรับปรุง

3. ส่วนประกอบและรายละเอียดของเครื่องต้นแบบ

เครื่องต้นแบบที่ได้รับการปรับปรุงจนสมบูรณ์พร้อมต่อการทดสอบ มีส่วนประกอบและหน้าที่การทำงาน ดังนี้

3.1 โครงสร้าง ออกแบบให้ต่อเข้ากับระบบต่อพ่วงสามจุดของรถแทรกเตอร์ โดยระยะของจุดต่อพ่วงสามจุดนี้จะใช้ตามมาตรฐานของ มิติชุดพ่วงแบบสามจุดสำหรับรถแทรกเตอร์ล้อยางเพื่อการเกษตร (มอก.983-2533) โดยเหล็กที่ใช้ในการสร้างโครงสร้างนั้นเป็นเหล็กฉาก 2 นิ้ว \times 5 มิลลิเมตร มีขนาด 100 x 100 x 120 เซนติเมตร ดังภาพที่ 11 – 13

3.2 ชุดถ่ายทอดกำลัง ป้อนแรงดันสามสูบที่ใช้ในการอัดสารเคมีเข้าสู่ระบบทำงานโดยการถ่ายทอดกำลังจากเพลลาอำนาจกำลัง (power take – off) ผ่านยอร์รี่ (universal joint) ชุดพู่เล่ย์ทดความเร็วรอบ ทางสายพานร่องเอขนาด 4 นิ้ว เป็น 6 นิ้วเพื่อทดรอบขึ้นในอัตราส่วน 2 : 3 เพื่อให้ปั๊มแรงดันสามารถอัดอัดแรงดันได้ตามต้องการ

3.3 ชุดปั๊มแรงดันสามสูบ เป็นปั๊มแรงดันสามสูบบี้อี่ห้อ ตราเพชร รุ่น T.S. 31 A/S ซึ่งตัวอุปกรณ์ของปั๊มแรงดันสามสูบนั้นจะประกอบด้วย สายฉีดยารับแรงดัน สายคูดน้ำจากถัง สายคีนน้ำยาที่เหลือจากการใช้งาน

3.4 ชุดหัวฉีด สำหรับหัวฉีดที่ใช้ทำการทดสอบในครั้งนี้จะประกอบด้วยหัวฉีด 4 ชนิด ดังนี้

3.4.1 หัวฉีดกรวยกรวง 1 รู

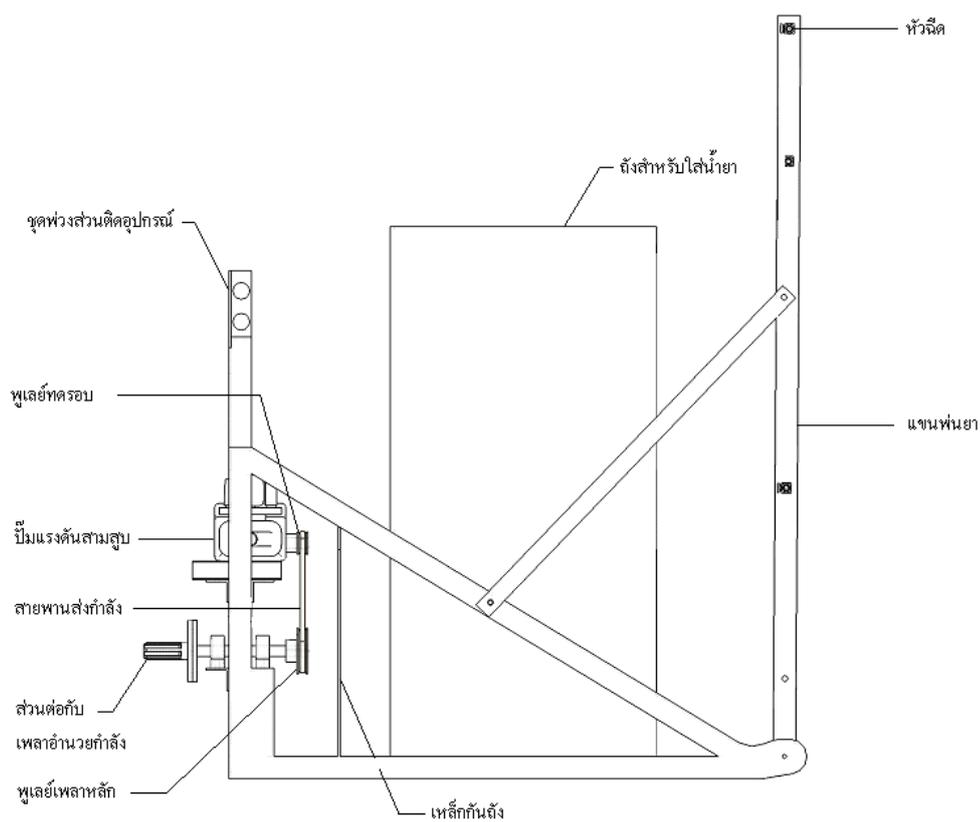
3.4.2 หัวฉีดกรวยกรวง 4 รู

3.4.3 หัวฉีดกรวยกรวง 5 รู

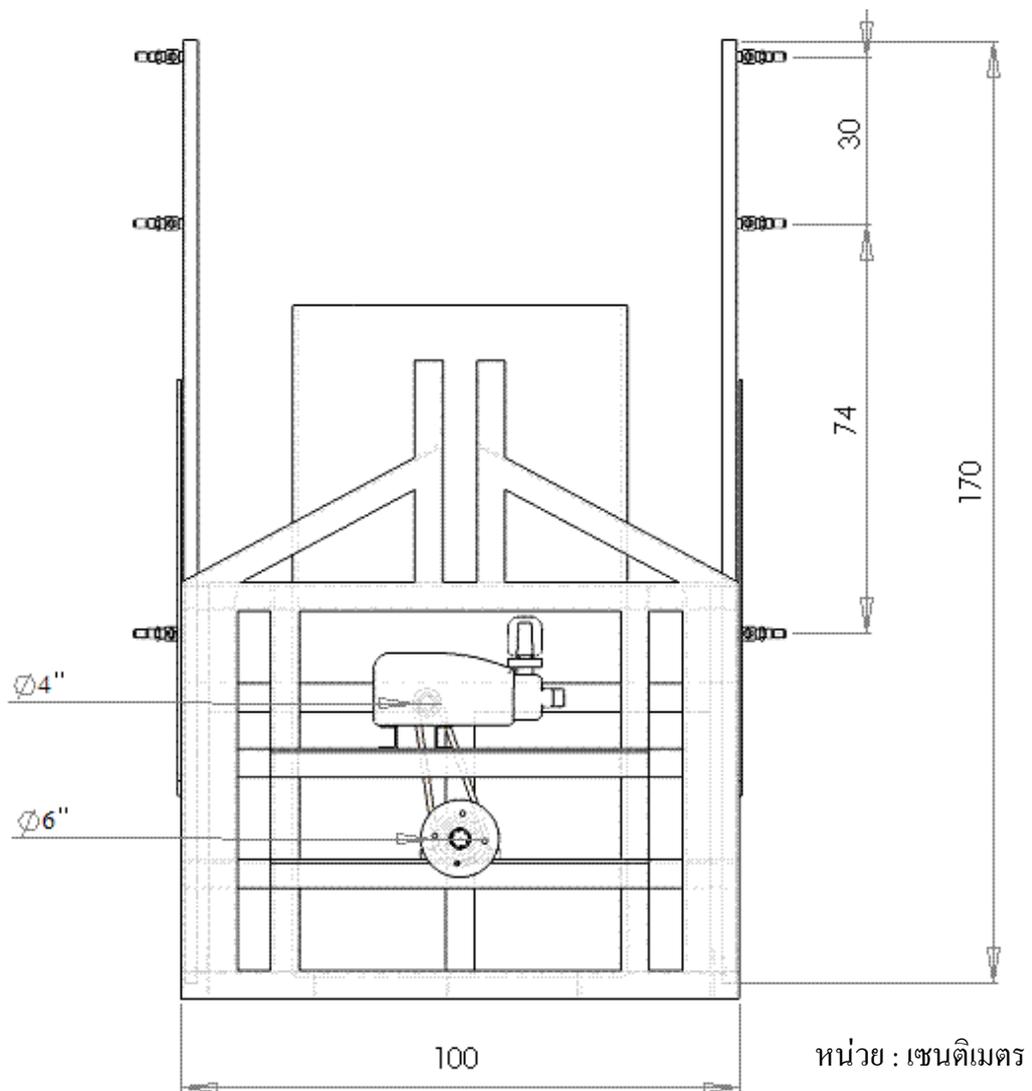
3.4.4 หัวฉีดกรวยกรวง 7 รู

3.5 เกย์วัดความดัน ในการทดสอบได้ออกแบบให้มีการวัดแรงดันในการฉีดพ่นของระบบในแต่ละหัวฉีดว่ามีแรงดันในการฉีดพ่นอยู่ที่เท่าไร เพื่อให้ทราบถึงแรงดันในการฉีดพ่นที่แท้จริงของหัวฉีด

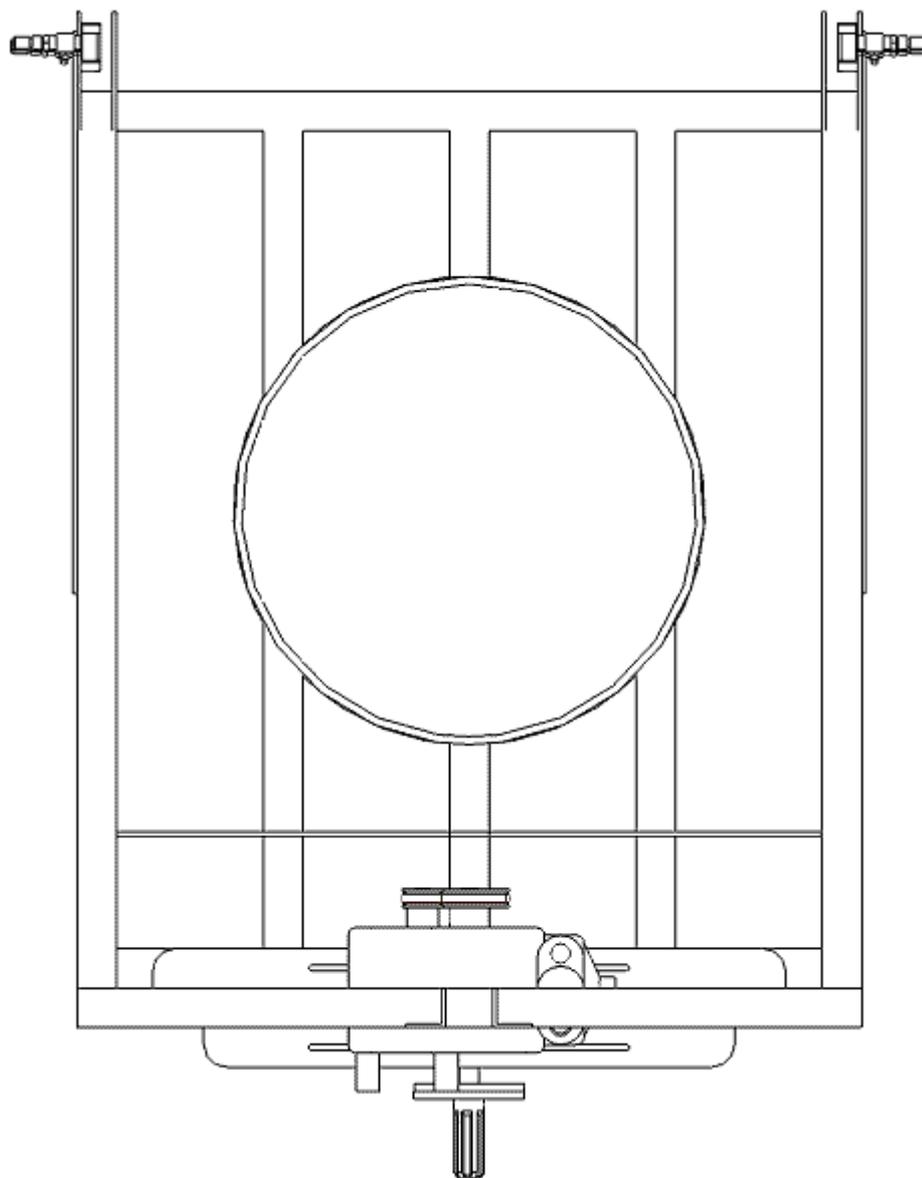
3.6 ถังบรรจุน้ำยา ได้ใช้ถังบรรจุสารเคมีชนิดโพลีเอทที่สิ้นความจุ 200 ลิตรซึ่งถังนี้เป็นถังที่ใช้ในการใส่น้ำยาสารเคมีเพื่อฉีดพ่นเป็นปกติ



ภาพที่ 11 ภาพด้านข้างแสดงส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบ



ภาพที่ 12 ภาพด้านหน้าของเครื่องต้นแบบ



ภาพที่ 13 ภาพด้านบนของเครื่องต้นแบบ

4. การทดสอบเครื่องต้นแบบเบื่องต้น

หลังจากที่ได้ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ ทำการทดสอบเบื่องต้นที่ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม โดยใช้รถแทรกเตอร์ยี่ห้อ KOBOTA รุ่น L3001 ขนาดกลางเป็นต้นกำลังในการทดสอบดังภาพที่ 14 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น ศึกษาการติดตั้งเข้ากับรถแทรกเตอร์ต้นกำลัง ศึกษาลักษณะการทำงานของเครื่องต้นแบบ ทดสอบหาอัตราการน็ดพ่นของและหาจำนวนละอองการน็ดพ่นของเครื่องต้นแบบ เพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ



ภาพที่ 14 แสดงการน็ดพ่นใส่ค้ำจำลองเพื่อเก็บตัวอย่างจำนวนละออง

5. การทดสอบภาคสนาม

เป็นการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ ในสภาพแปลงเพาะปลูกของ บริษัท โคลไทยแลนด์ จำกัด อ. หัวหิน จ. ประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งมีการปลูกองุ่นในลักษณะค้ำรูปตัวที และหัวน็ดที่ใช้ในการทดสอบในครั้งนี้เป็นหัวน็ดที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไปในท้องตลาดจำนวน 4 ชนิด ดังภาพที่ 15 โดยมีหัวข้อการทดสอบและเก็บข้อมูลตามรายละเอียดดังนี้



1) หัวฉีดกรวยกลวง 1 ฐ



2) หัวฉีดกรวยกลวง 4 ฐ



3) หัวฉีดกรวยกลวง 5 ฐ



4) หัวฉีดกรวยกลวง 7 ฐ

ภาพที่ 15 แสดงหัวฉีดทั้ง 4 แบบที่ใช้ในการทดสอบ

5.1 การวัดความเร็วของเครื่องต้นแบบ

ทำการทดสอบหาความเร็วเดินทางโดยใช้เกียร์เดินทางที่ L1 ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

มีวิธีการดังนี้

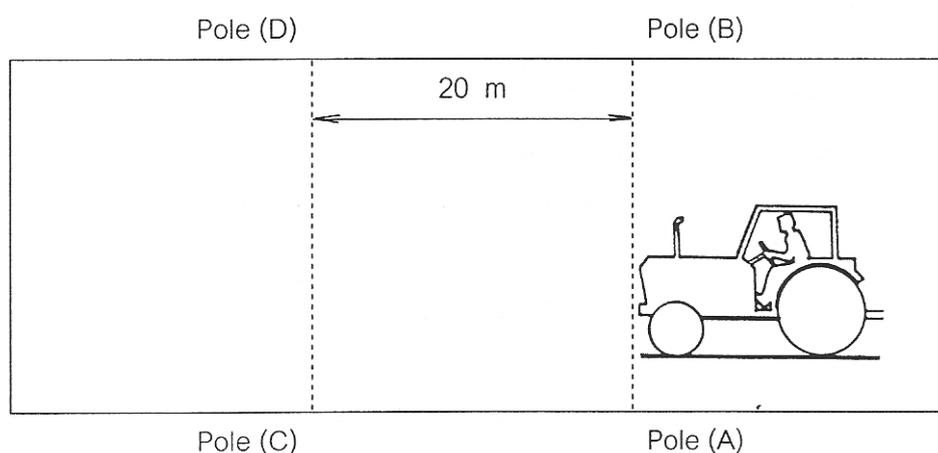
1. ทำการปัก Pole ที่ขอบแปลงทดสอบ 4 ตำแหน่ง ดังใน ภาพที่ 16 โดยมีระยะห่างของแนว Pole A - B กับแนว Pole C - D เป็น 20 เมตร พร้อมทั้งทำเครื่องหมายบนส่วนของรถแทรกเตอร์ ที่สามารถมองเห็นได้ชัดจากระยะขอบแปลง (ปกติจะใช้ส่วนหน้าสุดของรถ)

2. ให้เครื่องฉีดพ่นสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช และรถแทรกเตอร์ทำงานตามปกติตามข้อกำหนดต่างๆ

3. ให้เริ่มจับเวลาเมื่อตำแหน่งเครื่องบนตัวรถเคลื่อนมาตรงกับแนว Pole A-B
4. หยุดการจับเวลาเมื่อตำแหน่งเครื่องบนตัวรถเคลื่อนมาตรงกับแนว Pole C-D
5. คำนวณหาความเร็วการทำงานจากสมการพื้นฐาน

$$V = S/t \quad (1)$$

โดยที่	V	=	ความเร็ว (Forward Speed)	, m/s
	S	=	ระยะทางที่เคลื่อนที่ (= 20)	, m
	t	=	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เป็นระยะ 20 m	, s



ภาพที่ 16 แสดงการจับเวลาเพื่อวัดความเร็วการทำงานของรถแทรกเตอร์
ที่มา : RNAM (1995)

5.2 การทดสอบหาอัตราการผลิตของเครื่องต้นแบบ

ทำการทดสอบหาปริมาณน้ำต่อหัวนิตที่เครื่องต้นแบบสามารถนิตพ่นได้ในเวลา 1 นาที โดยกำหนดความดันที่ปั๊ม 30 kgf/cm² ทำการทดสอบหาอัตราการผลิตของหัวนิตทั้ง 4 ชนิด ทำการทดสอบ 3 ชั่วโมง

มีวิธีการดังนี้

1. ทำการปรับหัวฉีดให้ได้ตามที่ทำการฉีดพ่นจริงขณะทำงาน
2. เก็บปริมาตรน้ำที่ถูกฉีดออกมาจากหัวฉีดด้วยกระบอกหรือถังน้ำในทุกหัวฉีดที่ใช้ทำงานเป็นเวลา 1 นาที
3. คำนวณปริมาตรน้ำต่อหัวฉีดจากสมการ

$$V = V_t/t \quad (2)$$

โดยที่	V	=	อัตราการฉีดพ่นของหัวฉีด	, L/min
	V_t	=	ปริมาตรน้ำที่วัดได้ต่อหัวฉีด	, L
	t	=	เวลาที่ใช้ทดสอบหาปริมาตรน้ำ	, min

5.3 การทดสอบหาการกระจายของละอองสารเคมี

ทำการทดสอบหาการกระจายของละอองสารเคมีของการฉีดพ่น โดยใช้เกียร์เดินหน้าที่ L1 หัวฉีดที่แตกต่างกันทั้ง 4 ชนิด ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

มีวิธีการดังนี้

1. ทำการติด water sensitive paper ที่ตำแหน่งทั้ง 9 จุด แต่ละตำแหน่ง ทำการติดกระดาษทั้งที่หน้าใบและหลังใบ โดยทำการวัดจำนวนละอองทั้ง 2 ด้าน ของค้ำปลูกองุ่น
2. ให้เครื่องฉีดพ่นสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช และรถแทรกเตอร์ทำงานตามปกติ ตามข้อกำหนดต่างๆ โดยการฉีดพ่นจะใช้สปีดผสมกับน้ำเป็นของเหลวที่ใช้ในการฉีดพ่น ในที่นี้ใส่น้ำยาจับใบลงไปด้วยเพื่อประสิทธิภาพในการเกาะติดของละอองของของเหลว ทำการทดสอบจนครบหัวฉีดทั้ง 4 ชนิด

3. เก็บ water sensitive paper ที่ทำการทดสอบเพื่อนำมาทำการสุ่มนับจำนวนละอองต่อไป
4. ทำการสุ่มนับจำนวนละอองในพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร โดยการตัดกระดาษให้ได้พื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร แล้วใช้แว่นขยายในการช่วยนับจำนวนละออง

6. การวัดขนาดของละออง

1. จากแผ่นกระดาษไวต่อน้ำ (water sensitive paper) ที่ทำการรองรับละอองสารจากเครื่องพ่นสารหรือหัวฉีดที่ต้องการวัดขนาดที่ผลิตได้ นำมาสุ่มนับขนาดละอองสาร ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มี calibration slide ขนาด 0.01 มิลลิเมตร ที่เลนส์ตา จำนวน 200 ละอองสาร/แผ่น จำนวนแผ่นกระดาษไวต่อน้ำที่ใช้วางรองรับละอองสารขึ้นอยู่กับลักษณะของงานทดลอง โดยปกติในแต่ละแนวพ่นไม่ควรน้อยกว่า 5 แผ่น

2. ในการบันทึกขนาดของละอองสารที่วัดได้ บันทึกเป็นชั้นของขนาดละอองสาร คือขนาดระหว่าง 150 – 199 ไมโครเมตร 200 – 249 ไมโครเมตร จนถึงระดับโตที่สุดของขนาดละอองสารที่วัดได้ คือ 1000 ไมโครเมตร หากค่าเฉลี่ยระหว่างชั้น เช่น ค่าระหว่าง 150 – 199 คือ 174.5 ไมโครเมตร หลังจากนั้นนำค่าเฉลี่ยที่วัดได้หาขนาดละอองสารที่แท้จริง โดยคูณด้วย spread factor ของแผ่นกระดาษไวต่อน้ำ เช่น ขนาดละอองสารที่วัดได้มีขนาด 250 ไมโครเมตร ขนาดละอองสารที่แท้จริงจะมีขนาด 250×1.85 เท่ากับ 462.5 ไมโครเมตร

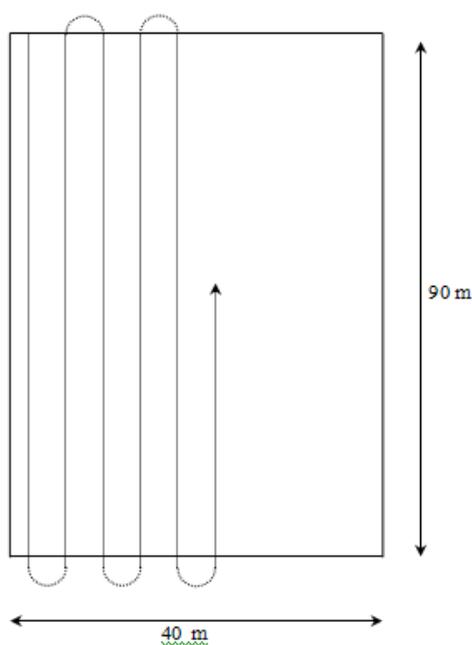
3. จากขนาดละอองสารและจำนวนละอองสารที่วัดได้ นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สะสมของจำนวนละอองสารและปริมาตรของละอองสารแต่ละขนาด (Cumulative Number Percentage : $\sum \%N$ และ Cumulative Volume Percentage : $\sum \%Ndm^3$)

4. นำค่า $\sum \%N$ และ $\sum \%Ndm^3$ มาพล็อตกราฟ หาจุดตัดที่ 50 เปอร์เซ็นต์แล้วอ่านค่า NMD และ VMD

5. นำค่า VMD และ NMD ที่ได้หาอัตราส่วนกัน $\left(\frac{VMD}{NMD}\right)$ โดยค่าที่ได้นั้นต้องมีค่าน้อยที่สุด หรือใกล้เคียง 1 มากที่สุด ซึ่งถ้าค่าที่ออกมาใกล้เคียง 1 มากเท่าใด หมายถึง ละอองสารสามารถครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายได้สม่ำเสมอ เกิดการสูญเสียจากการไหลรวมตัวบนใบพืชหรือไหลลงดิน หรือปลิงไปในอากาศน้อยลงด้วย ทำให้การปนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้นๆ มีประสิทธิภาพ และประหยัดมากที่สุด (ไพศาล และคณะ, 2543)

7. ทดสอบหาสมรรถนะและคุณภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบ

ทำการทดสอบหาสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบโดยให้เครื่องต้นแบบทำงาน โดยรถแทรกเตอร์ต้นกำลังใช้เกียร์เดินหน้าที่ Low1 โดยให้ทดสอบและทำการเก็บข้อมูล โดยกำหนดให้เครื่องต้นแบบทำการฉีดพ่นค้างอยู่ในพื้นที่ขนาด 40 x 90 ตารางเมตร โดยทำการวิ่งกลับหัวงานที่บริเวณหัวร่อง จำนวน 10 ร่อง จนครบทุกร่อง ดังภาพที่ 17 พร้อมกับจับเวลาการทำงานที่ทำการฉีดพ่นจริง เวลาในการกลับหัวงาน และเวลาที่สูญเสียและวัดขนาดพื้นที่ที่ทำการฉีดพ่นได้จริง จากนั้นคำนวณหาความสามารถในการทำงานเชิงไร่และประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไร่จากสมการ



ภาพที่ 17 ขนาดแปลงทดสอบหาสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงาน

7.1 ความสามารถในการทำงานเชิงไร่ (Effective Field Capacity : EFC)

$$EFC = \frac{A}{(T_p + T_l)} \quad (3)$$

EFC	=	ความสามารถในการทำงานเชิงไร่	ไร่/ชั่วโมง
A	=	พื้นที่ทดสอบ	ไร่
T_p	=	เวลาที่ไ้้งาน (Productive time)	ชั่วโมง
T_l	=	เวลาที่ไมไ้้งาน (Non-Productive time)	ชั่วโมง

7.2 ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไร่

$$Ef = \frac{\text{EffectiveFieldCapacity}}{\text{TheoreticalFieldCapacity}} \times 100$$

$$E = \frac{W_e \times V_e \times T_p}{W_t \times V_t \times (T_p + T_l)} \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ $W_e = W_t$

$$Ef = \frac{V_e \times T_p}{V_t \times (T_p + T_l)} \times 100 \quad (5)$$

Ef	=	ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไร่	ร้อยละ
W_e	=	ความกว้างในการทำงานจริง	W_t = ความกว้างการทำงานทางทฤษฎี ไร่
V_e	=	ความเร็วในการทำงานจริง	V_t = ความเร็วในการทำงานทางทฤษฎี กม./ชม
T_p	=	เวลาที่ไ้้งาน	T_l = เวลาที่ไม่ไ้้งาน ชั่วโมง

7.3 การหาเวลาที่ใช้ในการกลับหัวงานของเครื่องต้นแบบ

จากการทดสอบหาความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไร้นั้นต้องมีการหาเวลาในการทำงานจริงและเวลาที่ไม่ได้งาน เพื่อนำมาคำนวณในสมการ เวลาในการกลับหัวงานเป็นอีกปัจจัยหนึ่งของเวลาที่ไม่ได้งานซึ่งมีวิธีการเก็บข้อมูล ดังนี้

1. ทำการกำหนดตำแหน่งเริ่มและหยุดทดสอบบนค้ำ ดังภาพที่ 18 พร้อมกับทำเครื่องหมายบนรถแทรกเตอร์ที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน



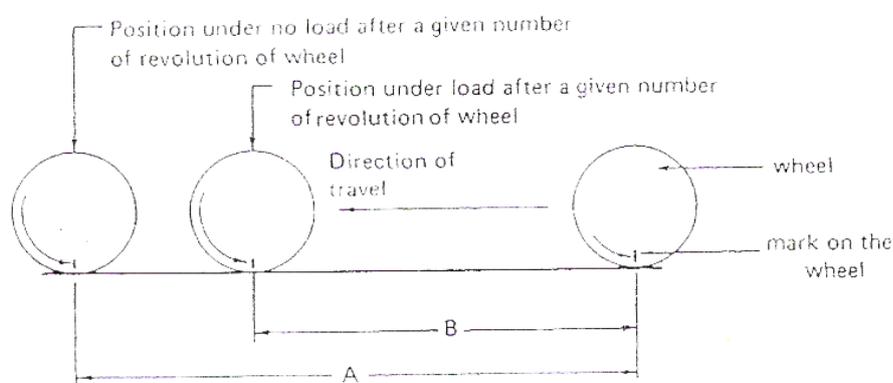
ภาพที่ 18 การหาเวลาในการกลับหัวของของรถแทรกเตอร์ที่ต่อฟางเครื่องต้นแบบ

2. ให้เครื่องต้นแบบและรถแทรกเตอร์ กลับหัวงานบริเวณร่องของค้ำอย่างถูกต้องตามปกติ
3. ให้เริ่มจับเวลาเมื่อตำแหน่งเครื่องหมายบนตัวรถเคลื่อนมาตรงกับตำแหน่งเริ่มบนค้ำและหยุดการจับเวลาเมื่อตำแหน่งเครื่องหมายบนตัวรถเคลื่อนมาตรงกับตำแหน่งหยุดบนค้ำ

7.4 การหาการลื่นไถลของรถแทรกเตอร์

การทำงานของเครื่องต้นแบบจะมีผลกระทบต่อเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ขณะทำงาน กล่าวคือระยะทางในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของรถแทรกเตอร์จะลดลงในขณะที่จำนวนรอบการหมุนของล้อเท่าเดิม เรียกว่า ร้อยละการลื่นไถล (Wheel Slip) ซึ่งมีวิธีการทดสอบ ดังภาพที่ 19 ดังนี้

1. ทำเครื่องหมายลงบนล้อของรถแทรกเตอร์
2. ทหาระยะทางที่รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ไปโดยไม่มี load กระทำ ในจำนวนรอบที่กำหนด เช่น จำนวน 10 รอบล้อ
3. ทหาระยะทางที่รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ไปโดยมี load กระทำ ในจำนวนรอบที่กำหนดเท่าเดิมและนำมาคำนวณหา การลื่นไถล (Wheel Slip) จากสมการ ดังนี้



ภาพที่ 19 แสดงการวัดระยะทางเพื่อหาการลื่นไถล

$$\text{Wheel Slip} = \frac{(A - B)}{A} \times 100 \quad (6)$$

เมื่อ A = ระยะทางเคลื่อนที่ในรอบที่กำหนด เมื่อไม่มี Load

B = ระยะทางเคลื่อนที่ในรอบที่กำหนด เมื่อมี Load

สถานที่ทำการทดสอบ

ดำเนินการออกแบบ สร้างเครื่องต้นแบบ และทดสอบในห้องปฏิบัติการที่ ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต
กำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม

ดำเนินการทดสอบภาคสนามที่แปลงปลูกองุ่น ของบริษัท โคลไทยแลนด์ จำกัด อ.หัวหิน
จ.ประจวบคีรีขันธ์

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มการทดลองตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2549 สิ้นสุดการทดลองในเดือน สิงหาคม 2550

ผลและวิจารณ์

1. ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

เป็นการทดสอบถึงลักษณะต่างๆของเครื่องต้นแบบ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า เครื่องต้นแบบสามารถติดตั้งเข้ากับจุดต่อฟางแบบ 3 จุดของรถแทรกเตอร์ต้นกำลังได้โดยสะดวก สามารถควบคุมระดับความสูงของการยกวางเครื่องต้นแบบได้โดยง่ายและสะดวก และการเชื่อมต่อของขอรค์กับระบบถ่ายทอคกำลังของรถแทรกเตอร์เป็นไปโดยสะดวก สามารถส่งต่อกำลังจากเพลลาอำนาจกำลังสู่ปั้มแรงดันได้ การทำงานของปั้มแรงดันขึ้นกับความเร็วของรอบเพลลาอำนาจกำลังและสามารถควบคุมได้จากการตัดและส่งกำลังของเพลลาอำนาจกำลัง

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ โดยทำการทดสอบกับรถแทรกเตอร์ของศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เป็นรถแทรกเตอร์ยี่ห้อ KOBOTA รุ่น L3001 โดยให้รถแทรกเตอร์ใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1300, 1400 และ 1500 รอบ/นาที สามารถวัดความเร็วรอบของเพลลาอำนาจกำลังได้ 388, 416 และ 452 รอบ/นาที ตามลำดับ และจากนั้นกำลังจะถูกส่งผ่านไปยังปั้มแรงดันสูงโดยพูลี่ซึ่งมีอัตราทด 1 : 1.5 ซึ่งที่เพลลาปั้มแรงดันสูงสามารถวัดความเร็วรอบได้ 579, 617 และ 672 รอบ/นาที ตามลำดับ ซึ่งสามารถคำนวณอัตราทดของความเร็วรอบได้ คือ 1 : 1.49, 1:1.48 และ 1: 1.49 ตามลำดับ ซึ่งเป็นอัตราการทดรอบที่ใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้ จึงทำการทดสอบต่อไป พบว่า เมื่อปรับตั้งปั้มแรงดันสูงให้มีความดันที่ 30 kgf/cm² เครื่องต้นแบบมีอัตราการฉีดพ่น 6.10, 6.61 และ 7.38 ลิตร/นาที ตามลำดับ มีการกระจายของละอองที่หน้าใบ 77.47, 65.53 และ 78.67 ละออง/ตารางเซนติเมตร ส่วนที่หลังใบมีการกระจายของละออง 38.50, 36.40 และ 37.15 ละออง/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 14 พบว่าการกระจายของละอองน้ำยาทั้งที่หน้าใบและหลังใบนั้นมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานการฉีดพ่นสารเคมีของ CIBA-GEIGY (1989) ทั้งสิ้น คือ มีค่ามากกว่า 20 ละออง/ตารางเซนติเมตรดังนั้นจึงสามารถอธิบายได้ว่าเครื่องฉีดพ่นสารเคมีที่ทำการออกแบบขึ้นมีความสามารถในการฉีดพ่นสารเคมี และพร้อมที่จะทดสอบการฉีดพ่นในการทดสอบภาคสนามต่อไป

ตารางที่ 14 จำนวนละอองการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบในห้องปฏิบัติการ

ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/นาที)	การกระจายของละอองน้ำยา (ละออง/ตารางเซนติเมตร)	
		หน้าใบ	หลังใบ
1300	6.10	77.47	38.50
1400	6.61	65.53	36.40
1500	7.38	78.67	37.15

2. ผลการทดสอบภาคสนาม

การทดสอบภาคสนามเป็นการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานในแปลงปลูกองุ่นรูปตัวทีของบริษัท โคลไทยแลนด์ จำกัด อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ ดังภาพที่ 20 ซึ่งสภาพแปลงทดสอบมีลักษณะเป็นที่ราบ มีภูเขาล้อมรอบและสภาพถนนในแปลงมีลักษณะลาดเอียง นอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลจากลมทะเลในบางเวลา เพื่อทำการทดสอบทำการติดตั้งเครื่องต้นแบบเข้ากับรถแทรกเตอร์ต้นกำลังยี่ห้อ FORD ระบบขับเคลื่อน 2 ล้อ รุ่น 4610 ขนาด 52 แรงม้า โดยตั้งความเร็วรอบเพลอาานวยกำลังไว้ที่ 400 รอบ/นาที ที่เพล่าบีมแรงดันสูงสามารถวัดความเร็วรอบได้ 617 รอบ/นาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จากนั้นปรับตั้งความดันของบีมแรงดันสูงไว้ที่ 30 บาร์ เมื่อทดสอบหาอัตราการฉีดพ่น ดังภาพที่ 21 พบว่า ที่หัวฉีดรูปกรวยกลวง 1 รู มีอัตราการฉีดพ่นเฉลี่ยต่ำสุด 6.64 ลิตร/นาที และหัวฉีดกรวยกลวง 7 รู ฉีดพ่นสูงสุด 8.58 ลิตร/นาที และหัวฉีดกรวยกลวง 5 รู และ 4 รู มีค่าเท่ากับ 8.23 และ 7.82 ลิตร/นาที ตามลำดับ ดังตารางที่ 15 ซึ่งเมื่อเทียบอัตราการฉีดพ่นของหัวฉีดกรวยกลวง 1 รู กับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามค่าอัตราการฉีดพ่นของหัวฉีดกรวยกลวง 1 รู มีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับหัวฉีดกรวยกลวง 4 รู 5 รู และ 7 รู ในขณะที่หัวฉีดทั้ง 3 ชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 15 และจากข้อมูลอัตราการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบในตารางที่ 15 พบว่า จำนวนรูของหัวฉีดที่มากขึ้นจะส่งผลให้อัตราการฉีดพ่นสูงขึ้น ตามลำดับ



ภาพที่ 20 แปลงปลูกองุ่นที่ใช้ทดสอบภาคสนาม



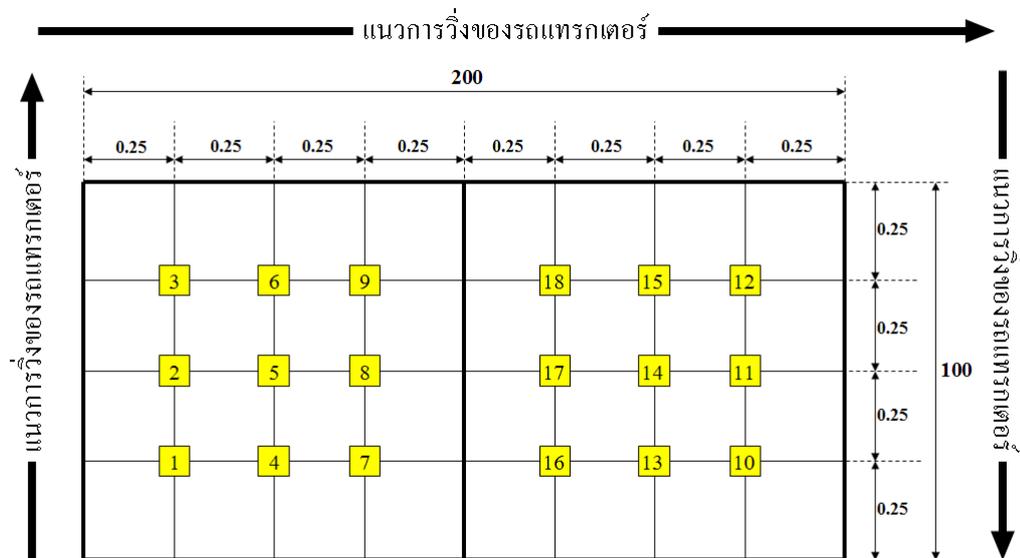
ภาพที่ 21 แสดงการวัดอัตราการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบ

ตารางที่ 15 อัตราการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบ

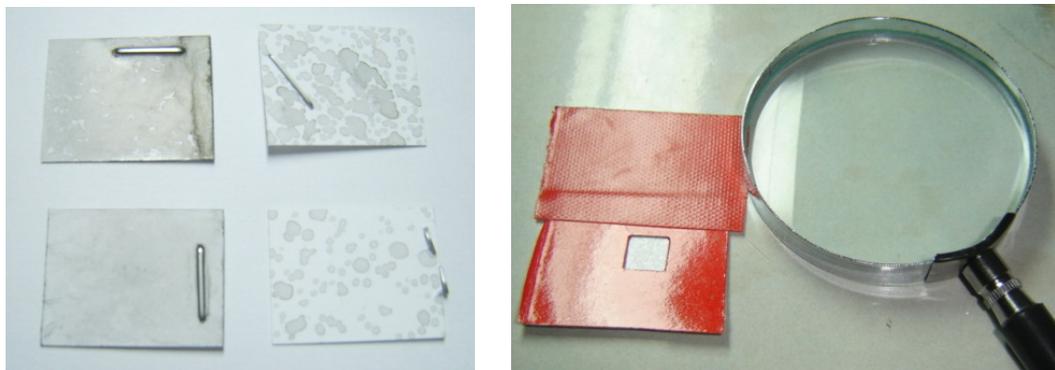
ชนิดหัวฉีด	อัตราการฉีดพ่นเฉลี่ย (ลิตร/นาท)
หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู	6.64 a
หัวฉีดกรวยกลวง 4 รู	7.82 b
หัวฉีดกรวยกลวง 5 รู	8.23 b
หัวฉีดกรวยกลวง 7 รู	8.53 b

หมายเหตุ ค่าที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เกณฑ์มาตรฐานของจำนวนละอองในการฉีดพ่นควรมีจำนวนละอองมากกว่า 20 ละออง/ตารางเซนติเมตร (CIBA-GEICY, 1989) ดังนั้นจึงทำการทดสอบเพื่อหาการกระจายของละอองการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบเพื่อนำมาพิจารณาถึงความสามารถในการฉีดพ่น โดยให้รถแทรกเตอร์ต้นกำลังที่ติดตั้งเครื่องต้นแบบ ปรับตั้งความเร็วรอบเพลลาอานวยกำลังไว้ที่ประมาณ 400 รอบ/นาท ซึ่งเมื่อทดสอบไปยังปั๊มแรงดันสูงสามารถวัดความเร็วรอบของเพลลาอานวยแรงดันสูงได้ประมาณ 600 รอบ/นาท และเนื่องจากพื้นผิวดนบนแปลงทดสอบมีความขรุขระ อีกทั้งยังมีเสาของค้ำง่อนในบริเวณร่องถนนอีกด้วย จึงให้รถแทรกเตอร์เดินหน้าโดยใช้เกียร์เดินหน้าจังหวะ LOW 1 ซึ่งเป็นความเร็วที่สามารถควบคุมรถแทรกเตอร์ต้นกำลังได้ พบว่า สามารถวัดความเร็วเดินหน้าในแปลงทดสอบได้เท่ากับ 1.51 กิโลเมตร/ชั่วโมง จากนั้นทำการฉีดพ่นใส่ทรงพุ่มง่อนที่ทำการติดกระดวยวัดจำนวนละอองไว้ตามตำแหน่ง ดังภาพที่ 22 ซึ่งในแต่ละตำแหน่งจะทำการติดกระดวยทั้งที่หน้าใบและหลังใบ หลังจากฉีดพ่นเก็บกระดวยที่ได้จากการทดสอบและทำการนับการกระจายของละอองการฉีดพ่น ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 22 แสดงตำแหน่งในการเก็บละอองการฉีดพ่นในการทดสอบภาคสนาม



ภาพที่ 23 กระจายที่ได้จากการทดสอบและการนับการกระจายของละออง

ทำการนับจำนวนละอองการฉีดพ่นในพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร เพื่อหาความสามารถในการฉีดพ่นซึ่งจากผลการวิเคราะห์การนับจำนวนละออง พบว่า การกระจายของละอองการฉีดพ่นของหัวฉีดแต่ละชนิดให้ค่าการกระจายแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าการกระจายลดลงเมื่อจำนวนรูของหัวฉีดเพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยการกระจายของจำนวนละอองการฉีดพ่นที่หน้าใบของหัวฉีดกรวยกลวง 1 รู มีค่าสูงสุด คือ 61.96 ละออง/ตารางเซนติเมตร ในขณะที่หัวฉีดกรวยกลวง 7 รู มีค่าเฉลี่ยการกระจายของละอองการฉีดพ่นต่ำสุด 37.19 ละออง/ตารางเซนติเมตร และหัวฉีดกรวย

กลวง 4 รู และ 5 รู มีค่าการกระจายของจำนวนละอองการฉีดพ่นที่หน้าใบเท่ากับ 52.18 และ 53.37 ละออง/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยจำนวนละอองของหัวฉีดกรวยกลวง 4 รู และ 5 รู ทำให้ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 16

ในส่วนของค่าเฉลี่ยการกระจายของจำนวนละอองการฉีดพ่นที่หลังใบ พบว่า มีเพียงหัวฉีดกรวยกลวง 1 รู เท่านั้นที่ค่าเฉลี่ยการกระจายของละอองสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 23.95 ละออง/ตารางเซนติเมตร ในขณะที่หัวฉีดกรวยกลวง 4 รู 5 รู และ 7 รู มีค่าการกระจายของละอองการฉีดพ่นที่หลังใบ เท่ากับ 16.59, 19.74 และ 8.99 ละออง/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานในการฉีดพ่นทั้งสิ้น และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การกระจายของละอองการฉีดพ่นของหัวฉีดแต่ละชนิดให้ค่าการกระจายแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งค่าเฉลี่ยการกระจายของหัวฉีดกรวยกลวง 4 รู และ 5 รู ทำให้ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 16

ดังผลการทดสอบในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนละอองของหัวฉีดกรวยกลวง 1 รู พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนละอองในภาคสนามนั้นจะมีค่าที่น้อยกว่า ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่างๆในพื้นที่ทดสอบ เช่น สภาพพื้นถนนในแปลงทดสอบ กระแสลม เป็นต้น ที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบ

ตารางที่ 16 จำนวนละอองการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบ

ชนิดหัวฉีด	จำนวนละอองเฉลี่ยของการฉีดพ่น (ละออง/ตารางเซนติเมตร)	
	หน้าใบ	หลังใบ
หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู	61.96 a	23.95 a
หัวฉีดกรวยกลวง 4 รู	52.18 b	16.59 b
หัวฉีดกรวยกลวง 5 รู	53.37 b	19.74 b
หัวฉีดกรวยกลวง 7 รู	37.19 c	8.99 c

หมายเหตุ ค่าที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

จากการวิเคราะห์ทางสถิติลงไปยังตำแหน่งต่างๆเพิ่มเติม พบว่า จำนวนละอองของการฉีดพ่นของหัวฉีดกรวยกลวง 1 รู ยังไม่สามารถครอบคลุมถึงด้านในของค้ำปลูกองุ่น ดังตารางภาคผนวกที่ 4 - 35 จะเห็นว่ามีความถี่ของจำนวนละอองของการฉีดพ่นที่ยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของการฉีดพ่นอยู่ เมื่อค่าเฉลี่ยของการกระจายของละอองการฉีดพ่นเป็นเช่นนี้ จึงต้องทำการปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานก่อน แล้วจึงทำการทดสอบต่อไป

โดยปัญหาที่สังเกตพบจากการทดสอบ ผู้ทำวิจัยสันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากความดันที่ใช้กับหัวฉีด ซึ่งความดันที่ใช้ในการทดสอบอยู่นั้น ไม่สามารถสร้างละอองของการฉีดพ่นให้สามารถครอบคลุมทรงพุ่มองุ่นให้ทั่วถึงได้ และหัวฉีดที่ใช้ในการทดสอบนั้นเป็นหัวฉีดที่หาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด ซึ่งไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะการฉีดพ่นของหัวฉีดนั้นๆ แต่กระนั้นก็ตามเหตุผลที่เลือกใช้หัวฉีด 4 ชนิด ในการทดสอบครั้งนี้เพราะว่าเป็นหัวฉีดที่เกษตรกรใช้งานในแปลงเพาะปลูกอยู่แล้ว ผู้ทำวิจัยจึงทำการศึกษาถึงลักษณะการฉีดพ่นของหัวฉีดเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเครื่องต้นแบบต่อไป

3. การทดสอบลักษณะการฉีดพ่นของหัวฉีด

เนื่องจากหัวฉีดทั้ง 4 ชนิด ที่ผู้วิจัยได้นำมาทดสอบนั้นเป็นหัวฉีดที่เกษตรกรนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และหาซื้อได้ตามท้องตลาดอีกทั้งยังมีราคาถูก แต่ยังไม่มีการทดสอบถึงคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการใช้งาน ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงทำการศึกษาถึงลักษณะการฉีดพ่นของหัวฉีดทั้ง 4 ชนิด ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปพัฒนาเครื่องต้นแบบให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น การทดสอบลักษณะการฉีดพ่นของหัวฉีดจะทำการทดสอบโดยใช้อุปกรณ์ดังนี้

1) หัวฉีด เป็นหัวฉีดที่ใช้ในการทดสอบของเครื่องต้นแบบ ทั้งหมด 4 ชนิด ซึ่งเป็นหัวฉีดแบบกรวยกลวงทั้งหมด

2) อุปกรณ์วัดการกระจาย เป็นอุปกรณ์วัดการกระจายของละอองการฉีดพ่นที่ดัดแปลงจากที่ ภรต และคณะ (2532) ได้ทำการศึกษาไว้ โดยลักษณะของอุปกรณ์วัดการกระจายของละอองการฉีดพ่นประกอบด้วยช่องรับการกระจายของละอองการฉีดพ่นที่ออกมาจากการฉีดพ่น ซึ่งแต่ละช่องมีขนาด 10×10 ตารางเซนติเมตร โดยจะมีช่องเก็บละอองเรียงกันเป็นแถว แถวละ 7 ช่อง ทั้งหมด 7

แถว ดังภาพที่ 24 โดยติดตั้งหัวฉีดไว้บริเวณกึ่งกลางของอุปกรณ์วัดการกระจายที่ระยะห่างจากตัวอุปกรณ์ เท่ากับ 50 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่หัวฉีดกระจายมีความเหมาะสมมากที่สุด



ภาพที่ 24 อุปกรณ์ทดสอบการกระจาย

3) อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติของหัวฉีดดังนี้ อุปกรณ์สร้างแรงดัน อุปกรณ์วัด เช่น ภาชนะบรรจุน้ำ ปืนแรงดันสูง มาตรวัดความดัน กระจบอกลง นาฬิกาจับเวลา เป็นต้น

การทดสอบคุณสมบัติของหัวฉีดมีขั้นตอนตามลำดับดังนี้

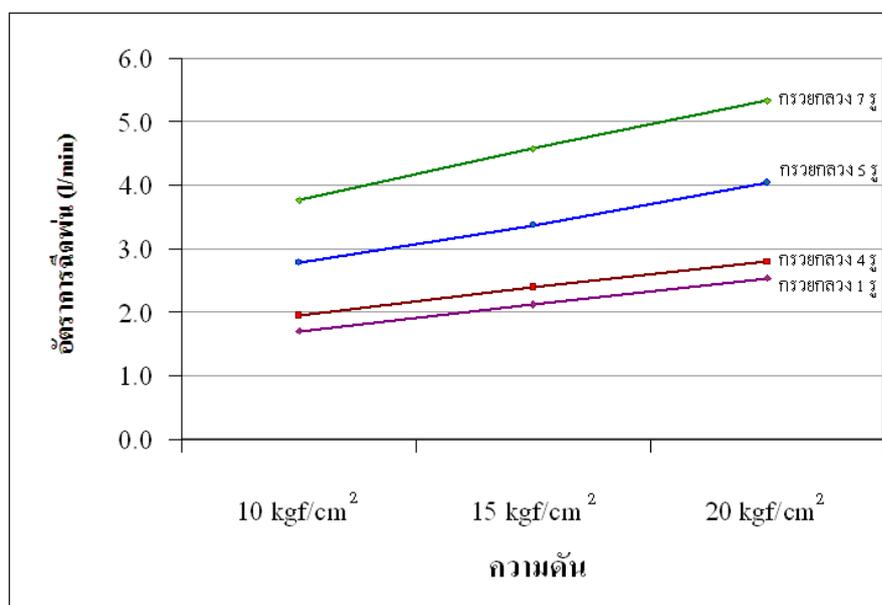
1. ใส่น้ำสะอาดลงในถังบรรจุ ติดตั้งหัวฉีดชนิดที่จะดำเนินการทดสอบที่ตำแหน่งกึ่งกลางของอุปกรณ์วัดการกระจาย ที่ระยะห่าง 50 เซนติเมตร

2. กำหนดความดันสำหรับการทดสอบ 3 ค่า คือ 10, 15 และ 20 kgf/cm²

3. การวัดอัตราการฉีดพ่นของหัวฉีดทุกๆ ค่าความดันที่ระดับความสูงที่ใช้ทดสอบ กระทำโดยใช้กระจบอกลงรองรับน้ำจากหัวฉีด และจับเวลาประมาณ 10 วินาที

4. การกระจายของการฉีดพ่นจากหัวฉีด วัดได้โดยจับเวลาที่ปริมาณน้ำฉีดออกจากหัวฉีดในเวลาที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้ปริมาณน้ำล้นออกจากหลอดเก็บปริมาณน้ำ จากนั้นอ่านระดับความสูง

ของน้ำในหลอดแก้วทุกหลอดพร้อมทั้งจดบันทึกเวลาที่ใช้ในการทดสอบแต่ละครั้ง กระทำซ้ำทั้งหมด 4 ซ้ำ



ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดพ่นและความดัน

จากการทดสอบพบว่าความสัมพันธ์ของอัตราการฉีดพ่นและความดันแสดงในภาพที่ 25 อัตราการฉีดพ่นของหัวฉีดทุกหัวเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของความดันหัวฉีดกรวยกลวง 1 รู 4 รู 5 รู และ 7 รู ให้อัตราการฉีดพ่น 1.7, 2.0, 2.8 และ 3.8 ลิตร/นาที ตามลำดับ จะเห็นว่า ที่ความดัน 10 บาร์ หัวฉีดกรวยกลวง 7 รู มีอัตราการฉีดพ่นมากที่สุดเนื่องจากเป็นหัวฉีดที่มีรูในการฉีดพ่นมากที่สุด ในขณะที่หัวฉีดกรวยกลวง 1 รูจะมีอัตราการฉีดพ่นต่ำที่สุดที่ความดันเดียวกัน และอัตราการฉีดพ่นของหัวฉีดทุกหัวเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของความดันที่เพิ่มขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของการฉีดพ่นกับความดันแสดงในตารางที่ 17 และภาพที่ 27 ซึ่งความกว้างของการฉีดพ่นอยู่ในช่วง 40 – 60 เซนติเมตร สำหรับหัวฉีดกรวยกลวงที่มีจำนวนรูฉีดหลายรูจะทำให้การฉีดพ่นเหลื่อมกัน ซึ่งปริมาณของน้ำในบริเวณส่วนกลางหัวฉีดจะมีความหนาแน่นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหัวฉีดกรวยกลวงที่มี 1 รู ดังแสดงในภาพที่ 26

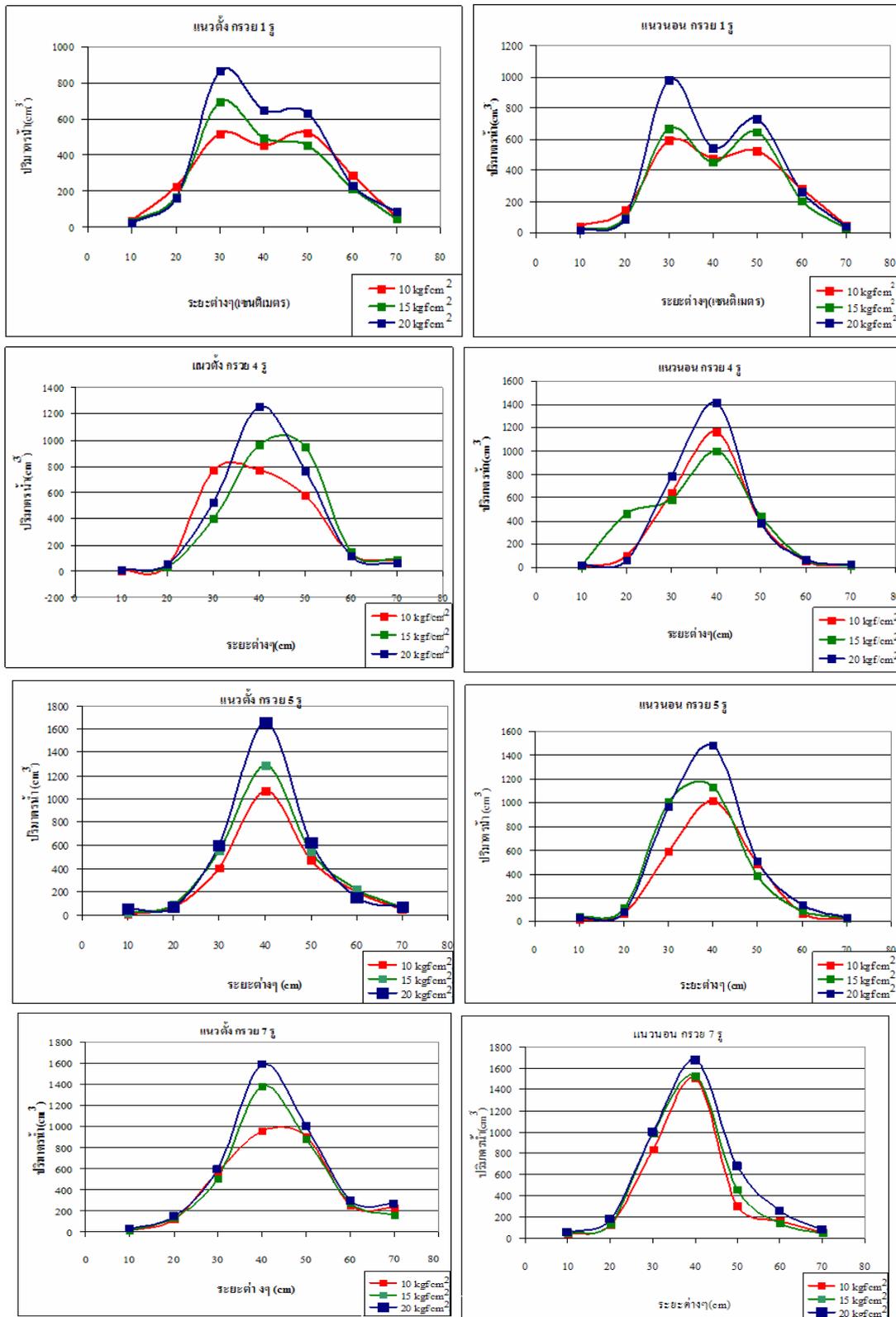


ภาพที่ 26 ลักษณะการฉีดพ่นของหัวฉีด 1 รู และ 7 รู

ตารางที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของการฉีดพ่นกับความดัน

ความดัน	ความกว้างการฉีดพ่นของหัวฉีด (cm)			
	กรวยกลวง 1 รู	กรวยกลวง 4 รู	กรวยกลวง 5 รู	กรวยกลวง 7 รู
10 kgf/cm ²	60	40	45	50
15 kgf/cm ²	55	42	47	50
20 kgf/cm ²	58	40	47	50

ผลการทดสอบหัวฉีดแบบต่างๆ สามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มความดันแก่หัวฉีดชนิดใช้แรงดันของของเหลว จะทำให้อัตราการฉีดพ่นเพิ่มขึ้น และการกระจายการฉีดพ่นของหัวฉีดขึ้นอยู่กับ ชนิดของหัวฉีด ซึ่งถูกออกแบบสำหรับการใช้งานที่แตกต่างกัน และการเพิ่มแรงดันจะมีผลเพียงเล็กน้อยกับความกว้างของการฉีดพ่น ซึ่งการกระจายของหัวฉีดกรวยกลวงจะสูงสุดบริเวณส่วนกลางและค่อยๆ ลดลงอย่างสม่ำเสมอไปสู่ด้านข้างทั้งสองด้าน ดังแสดงในภาพที่ 27



ภาพที่ 27 แสดงผลการทดสอบลักษณะการกระจายของหัวนึ้ดทั้ง 4 ชนิด

4. ผลการทดสอบภาคสนามหลังการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการทดสอบเพื่อหาลักษณะการฉีดพ่นของหัวฉีดทั้ง 4 ชนิดแล้ว จึงทำการทดสอบภาคสนามใหม่โดยทำการเพิ่มความดันของปั๊มแรงดันสูง ซึ่งปั๊มแรงดันสูงที่ใช้กับเครื่องต้นแบบสามารถสร้างความดันสูงสุดได้ 35 kgf/cm^2 และเมื่อทำการวัดความดันของหัวฉีดพบว่า ความดันในการฉีดพ่นของหัวฉีดที่ประกอบบนโครงสร้างเครื่องต้นแบบมีความดันประมาณ 10 kgf/cm^2 ซึ่งเป็นความดันที่อยู่ในช่วงที่สามารถทำการฉีดพ่นได้ตามที่ทำการทดสอบลักษณะการฉีดพ่นของหัวฉีดไว้ และจากการเพิ่มความดันนี้มีผลทำให้ต้องเพิ่มความเร็วยรอบเพล่าปั๊มแรงดันสูงสูงขึ้น จึงส่งผลกระทบต่ออัตราการฉีดพ่นของหัวฉีด ดังนั้นเมื่อผู้ทำการวิจัยดำเนินการทดสอบเพื่อหาความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบ โดยใช้วิธีการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบก่อนการปรับปรุง ซึ่งจากการทดสอบหาอัตราการฉีดพ่น พบว่า หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู ให้อัตราการฉีดพ่นต่ำสุด 7.65 ลิตร/นาทีก ในขณะที่หัวฉีดกรวยกลวง 7 รู มีค่าอัตราการฉีดพ่นสูงสุด 8.61 ลิตร/นาทีก รองลงมาคือหัวฉีดกรวยกลวง 5 รู และ 4 รู มีค่าเท่ากับ 8.43 และ 7.95 ลิตร/นาทีก ตามลำดับ ดังตารางที่ 18 อย่างไรก็ตามค่าอัตราการฉีดพ่นของหัวฉีดกรวยกลวง 1 รู และ 4 รู ไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ และหัวฉีดกรวยกลวง 5 รู และ 7 รู ก็ไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน ในขณะที่หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู และ 4 รู มีความแตกต่างกันทางสถิติกับหัวฉีดกรวยกลวง 5 รู และ 7 รู ดังตารางที่ 18 และเมื่อเทียบอัตราการฉีดพ่นของหัวฉีดทั้ง 4 ชนิด จะเห็นว่าอัตราการฉีดพ่นของหัวฉีดมีแนวโน้มสูงขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน และอัตราการฉีดพ่นหลังการปรับปรุงจะสูงกว่าอัตราการฉีดพ่นก่อนการปรับปรุง เนื่องจากมีการเพิ่มความดันจึงทำให้อัตราการฉีดพ่นสูงขึ้นด้วย

ตารางที่ 18 อัตราการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบหลังการปรับปรุง

ชนิดหัวฉีด	อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/นาทีก)
หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู	7.65 a
หัวฉีดกรวยกลวง 4 รู	7.95 a
หัวฉีดกรวยกลวง 5 รู	8.43 b
หัวฉีดกรวยกลวง 7 รู	8.61 b

หมายเหตุ ค่าที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาหาการกระจายการฉีดพ่นของหัวฉีดโดยใช้วิธีการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบก่อนการปรับปรุง แต่เพิ่มความดันของปั๊มแรงดันสูงเป็น 35 kgf/cm^2 จากการเพิ่มความดันนี้มีผลทำให้ต้องเพิ่มความเร็วยกซึ่งส่งผลไปถึงความเร็วรถที่เพิ่มขึ้นด้วยซึ่งจากการทดสอบให้รถแทรกเตอร์เดินหน้าโดยใช้เกียร์เดินหน้าจังหวะ LOW 1 สามารถวัดความเร็วเดินหน้าในแปลงทดสอบได้เท่ากับ 2.06 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งเป็นความเร็วที่ใกล้เคียงกับที่ มงคล และณรงค์ (2537) ได้ทำการศึกษาไว้ ทำการฉีดพ่นตามแผนการทดสอบที่ทำการทดสอบก่อนการปรับปรุง หลังจากฉีดพ่นเก็บกระดาศที่ได้จากการทดสอบและทำการนับการกระจายของละอองการฉีดพ่นพบว่า ค่าเฉลี่ยการกระจายของจำนวนละอองการฉีดพ่นที่หน้าใบ หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู และ 4 รู มีค่าการกระจายของละอองสูงสุดเท่ากัน คือ 75 ละออง/ตารางเซนติเมตร รองลงมาคือหัวฉีดกรวยกลวง 5 รู มีการกระจายละอองเท่ากับ 68 ละออง/ตารางเซนติเมตร และ หัวฉีดกรวยกลวง 7 รู มีการกระจายละอองเท่ากับ 66 ละออง/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ที่หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู และ 4 รู ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในขณะที่หัวฉีดทั้ง 2 ชนิด มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ กับหัวฉีดกรวยกลวง 5 รูและ 7 รู ดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 จำนวนละอองการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบหลังการปรับปรุง

ชนิดหัวฉีด	การกระจายของละอองน้ำยา (ละออง/ตารางเซนติเมตร)	
	หน้าใบ	หลังใบ
หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู	75 a	50 a
หัวฉีดกรวยกลวง 4 รู	75 a	48 b
หัวฉีดกรวยกลวง 5 รู	68 b	30 c
หัวฉีดกรวยกลวง 7 รู	66 c	16 d

หมายเหตุ ค่าที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ในส่วนของหลังใบ พบว่า ค่าการกระจายของละอองการฉีดพ่นที่ได้จากการทดสอบโดยใช้หัวฉีดที่แตกต่างกัน มีผลของค่าการกระจายของละอองแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าการกระจายของละอองการฉีดพ่นจะลดลงเมื่อจำนวนรูของหัวฉีดเพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าหัวฉีดกรวยกลวง 7 รู มีค่าเฉลี่ย

การกระจายของละอองการฉีดพ่นต่ำสุด 16 ละออง/ตารางเซนติเมตร ในขณะที่หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู มีการกระจายของละอองสูงสุด คือ 50 ละออง/ตารางเซนติเมตร รองลงมาคือ หัวฉีดกรวยกลวง 4 รู และ 5 รู มีค่าการกระจายเท่ากับ 48 และ 30 ละออง/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 19

จากค่าเฉลี่ยการกระจายของละออง พบว่า ค่าเฉลี่ยของละอองการฉีดพ่นหัวฉีดกรวยกลวง 7 รู เป็นค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานการฉีดพ่น ซึ่งอาจเกิดจากความดันสูงสุดที่ปั๊มแรงดันสูงสามารถสร้างได้นั้นไม่เพียงพอกับความต้องการของหัวฉีดชนิดนี้ เมื่ออธิบายจากค่าเฉลี่ยของการกระจาย จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของการกระจายจะลดลงเมื่อจำนวนรูของหัวฉีดเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติเพิ่มเติมโดยทำการวิเคราะห์หลังไปยังตำแหน่งทั้งหมด 18 ตำแหน่ง ที่ทำการเก็บข้อมูล พบว่า หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู มีค่าเฉลี่ยการกระจายของละอองการฉีดพ่นสูงกว่าค่ามาตรฐานการฉีดพ่นในทุกตำแหน่งที่ทำการทดสอบทั้งที่หน้าใบและหลังใบ ดังแสดงในตารางที่ 20 และ 21 ในขณะที่ หัวฉีดกรวยกลวง 4 รู 5 รู และ 7 รู ยังคงมีตำแหน่งที่ค่าเฉลี่ยของจำนวนละอองการฉีดพ่นต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่ ดังตารางตารางที่ 22 และ 23 และภาคผนวกที่ 44-47 ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น สภาพพื้นที่และสภาพอากาศในเวลาที่ทำการทดสอบ เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบทั้งสิ้น

ตารางที่ 20 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หน้าใบ ทั้ง 18 ตำแหน่ง หลังการปรับปรุง

ตำแหน่งที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี					
	ทางซ้าย			ทางขวา		
	100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm
1	100.00	59.33	45.33	87.33	69.00	100.00
	a	bcde	cde	ab	abcd	a
2	100.00	100.00	31.33	89.00	67.67	92.67
	a	a	de	ab	abcde	ab
3	100.00	66.67	29.00	42.67	78.00	95.67
	a	abcde	e	cde	abc	ab

หมายเหตุ ค่าที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 21 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หลังใบ ทั้ง 18 ตำแหน่ง หลังการปรับปรุง

ตำแหน่งที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี					
	ทางซ้าย			ทางขวา		
	100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm
1	51.33	41.67	25.33	30.33	21.67	100.00
	bcde	cde	e	e	e	a
2	46.67	21.00	24.33	25.67	28.00	82.33
	bcde	e	e	e	e	abc
3	88.33	77.00	56.67	48.67	34.67	100.00
	ab	abcd	abcde	bcde	de	a

หมายเหตุ ค่าที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 22 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หน้าใบ ทั้ง 18 ตำแหน่ง หลังการปรับปรุง

ตำแหน่งที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี					
	ทางซ้าย			ทางขวา		
	100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm
1	100.00	34.00	63.67	51.33	95.00	16.00
	a	cd	abc	bcd	a	d
2	100.00	66.67	16.00	38.00	100.00	92.67
	a	abc	d	cd	a	a
3	28.33	95.00	18.67	88.67	95.67	95.67
	cd	a	d	ab	a	a

หมายเหตุ ค่าที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

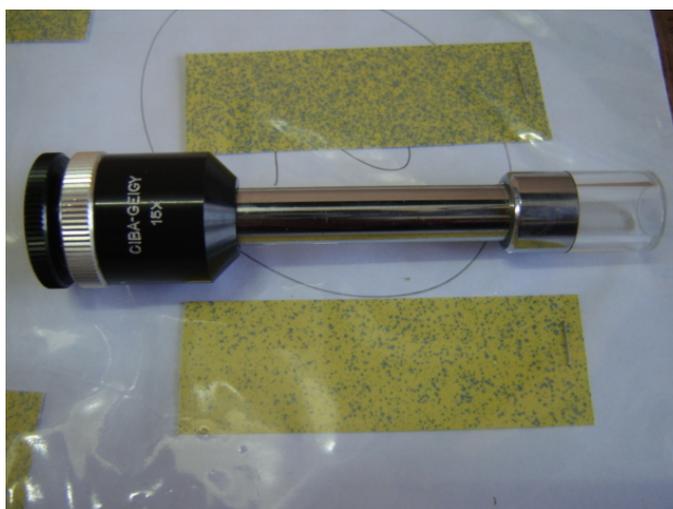
ตารางที่ 23 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หลังใบ ทั้ง 18 ตำแหน่ง หลังการปรับปรุง

ตำแหน่งที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี					
	ทางซ้าย			ทางขวา		
	100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm
1	5.33	8.33	26.00	0.00	6.33	4.00
	bc	bc	bc	c	bc	bc
2	5.00	93.33	14.67	28.00	10.00	14.33
	bc	bc	bc	bc	bc	bc
3	7.33	32.67	14.67	20.67	16.33	59.67
	bc	ab	bc	bc	bc	a

หมายเหตุ ค่าที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

5. การทดสอบการวัดขนาดของละออง

การทดสอบหาขนาดของละอองการฉีดพ่นได้ทำการทดสอบ ณ กลุ่มงานวิจัยการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร โดยใช้วิธีการวัดค่า VMD (Volume Median Diameter) และ NMD (Number Median Diameter) จากแผ่นกระดาษไวต่อน้ำ (water sensitive paper) ที่ทำการรองรับละอองสารจากหัวฉีดกรวยกลวงทั้ง 4 ชนิด โดยการทดสอบจะกำหนดความดันของหัวฉีดที่ 10 kgf/cm^3 ซึ่งเป็นความดันที่ใช้ในการฉีดพ่นจริง เมื่อทำการฉีดพ่นน้ำจากหัวฉีดแล้ว เก็บแผ่นกระดาษไวต่อน้ำเพื่อทำการวัดขนาดของละอองสาร ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่มี calibration slide ขนาด 0.01 มิลลิเมตร ที่เลนส์ตา จำนวน 200 ละอองสาร/แผ่น ดังภาพที่ 28 โดยใช้แผ่นกระดาษไวต่อน้ำจำนวน 4 แผ่น เพื่อทำการหาค่าเฉลี่ย

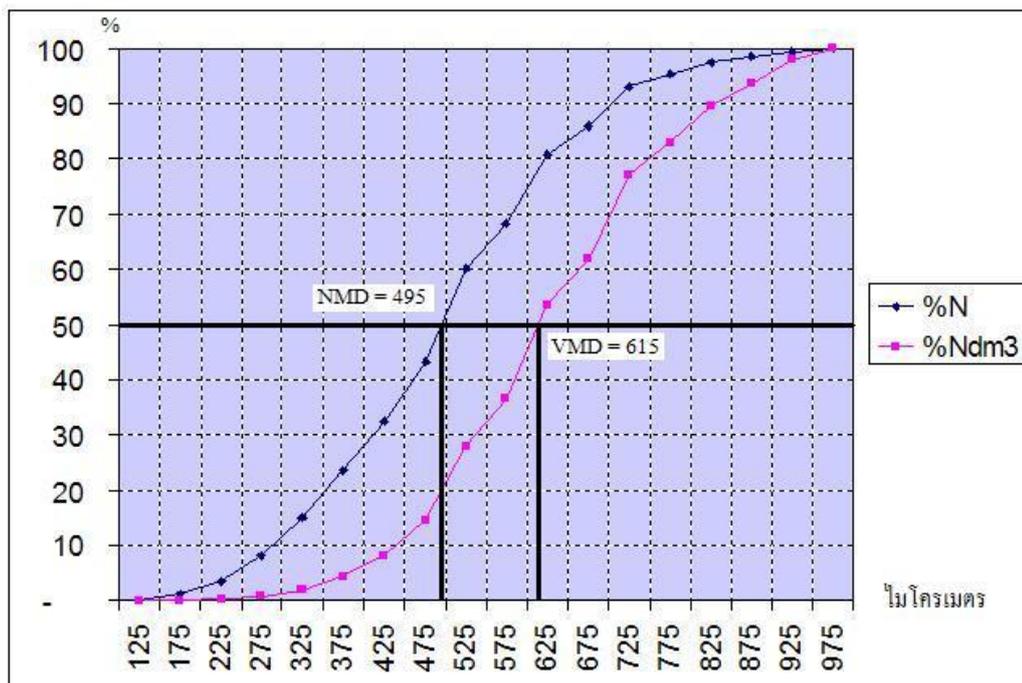


ภาพที่ 28 กล้องวัดขนาดละอองที่มี calibration slide ขนาด 0.01 มิลลิเมตร แผ่นกระดาษไวต่อน้ำ

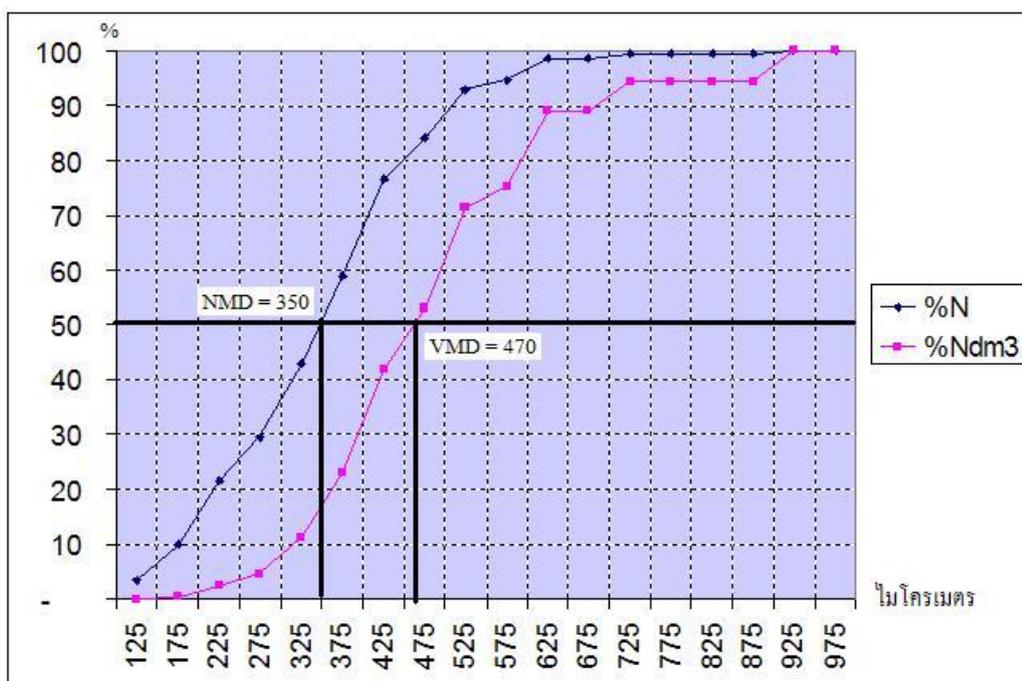
จากการทดสอบนำข้อมูลขนาดของละอองที่ได้จากการทดสอบใส่ลงโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อคำนวณหาค่า cumulative number percent และ cumulative volume percent ดังตารางที่ 24 จากนั้นนำค่า %N และ %Ndm³ ที่ได้จากโปรแกรมพล็อตกราฟ โดยค่าของ %N และ %Ndm³ ที่ 50 % ที่สามารถอ่านค่าได้จากกราฟคือค่า NMD และ VMD ตามลำดับ ดังภาพที่ 29 - 32

ตารางที่ 24 ตัวอย่างการคำนวณค่า cumulative number percent และ cumulative volume percent เพื่อนำไปหาค่า VMD และ NMD จากแผ่นกระดาษไวต่อน้ำ ของหัวฉีดกรวยกลวง 1 รู

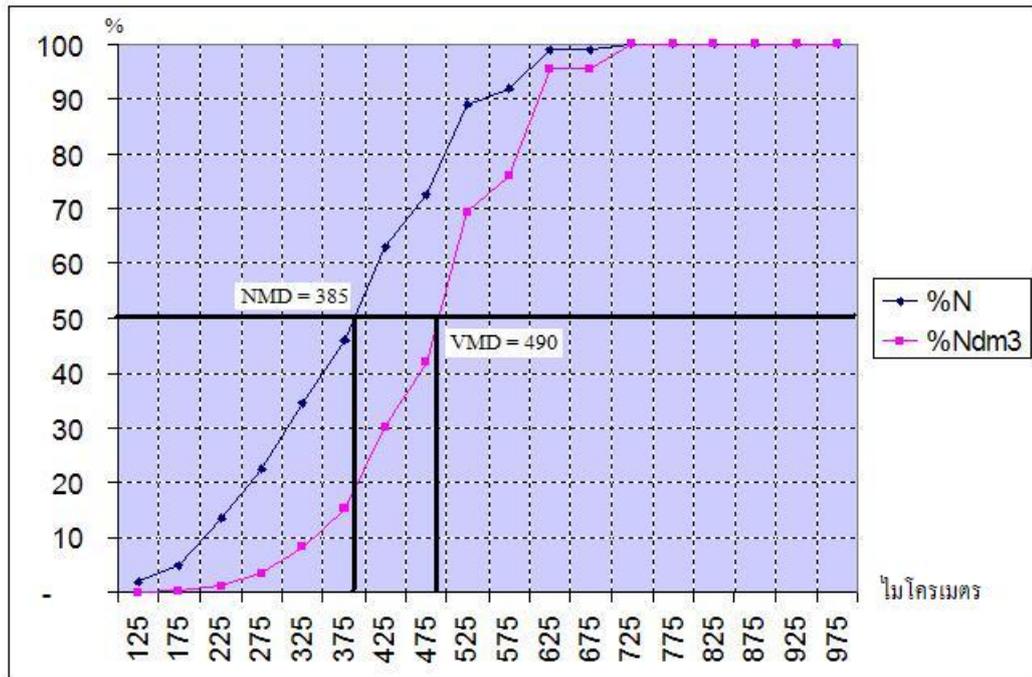
Droplet diameter sizing groups	Mean diameter (micron)	Volume of group mean diameter (micron ³)	Number of droplets in group (N)	$\frac{N*100}{\sum N}$ (%)	Cum. Sum (%N)	Vol % in group	Cum. by Vol. (%Ndm ³)	
100	149	124.5	1,929,781.1	0	0.0	0.0	0	0.000
150	199	174.5	5,313,568.6	3	1.3	1.3	0	0.037
200	249	224.5	11,314,856.1	4	2.1	3.4	0	0.169
250	299	274.5	20,683,643.6	10	4.8	8.1	1	0.711
300	349	324.5	34,169,931.1	14	6.8	14.9	1	1.984
350	399	374.5	52,523,718.6	17	8.6	23.5	2	4.483
400	449	424.5	76,495,006.1	18	8.9	32.4	4	8.229
450	499	474.5	106,833,794.0	22	10.8	43.1	6	14.565
500	549	524.5	144,290,081.0	34	17.0	60.1	14	28.098
550	599	574.5	189,613,869.0	16	8.1	68.3	8	36.597
600	649	624.5	243,555,156.0	25	12.6	80.9	17	53.561
650	699	674.5	306,863,944.0	10	5.0	85.9	8	62.026
700	749	724.5	380,290,231.0	15	7.3	93.1	15	77.237
750	799	774.5	464,584,019.0	5	2.3	95.4	6	83.004
800	849	824.5	560,495,306.0	4	2.1	97.5	7	89.575
850	899	874.5	668,774,094.0	2	1.1	98.6	4	93.726
900	949	924.5	790,170,381.0	2	1.0	99.6	4	98.085
950	999	974.5	925,434,169.0	1	0.4	100.0	2	100.000
			200			100		



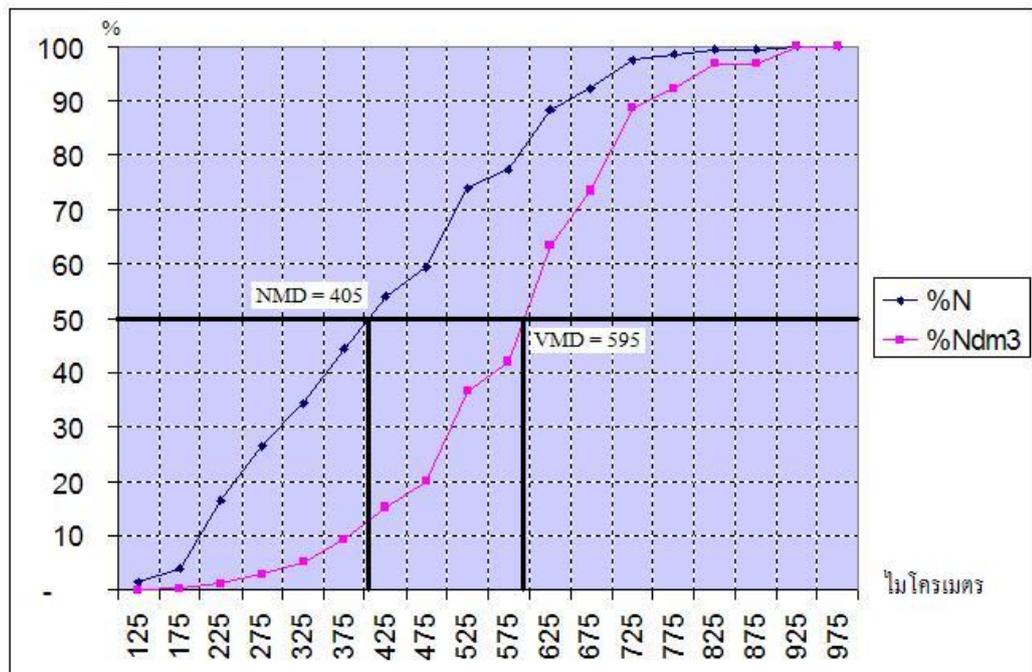
ภาพที่ 29 แสดงค่าของ VMD และ NMD ของละอองจากแผ่นกระดาษไวต์ต่อแสง
ของหัวฉีดกรวยกลาง 1 ไร่



ภาพที่ 30 แสดงค่าของ VMD และ NMD ของละอองจากแผ่นกระดาษไวต์ต่อแสง
ของหัวฉีดกรวยกลาง 4 ไร่



ภาพที่ 31 แสดงค่าของ VMD และ NMD ของละอองจากแผ่นกระดาษไวต์ต่อแสง
ของหัวฉีดกรวยกลวง 5 รู



ภาพที่ 32 แสดงค่าของ VMD และ NMD ของละอองจากแผ่นกระดาษไวต์ต่อแสง
ของหัวฉีดกรวยกลวง 7 รู

จากภาพแสดงค่าของ VMD และ NMD ของละอองจากแผ่นกระดาษไวต่อแสง พบว่า อัตราส่วนระหว่าง VMD/NMD ของหัวฉีดกรวยกลวง 1 รู มีค่าน้อยที่สุด กล่าวคือ 1.24 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าหัวฉีดกรวยกลวง 1 รู มีขนาดของละอองที่สม่ำเสมอมากที่สุด ในขณะที่หัวฉีดกรวยกลวง 7 รู มีค่าอัตราส่วนระหว่าง VMD/NMD มากที่สุด คือ 1.47 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหัวฉีดกรวยกลวง 7 รู มีความสม่ำเสมอของขนาดของละอองน้อยที่สุด และหัวฉีดกรวยกลวง 5 รู และ 4 รู มีค่าอัตราส่วนระหว่าง VMD/NMD เท่ากับ 1.27 และ 1.34 ตามลำดับ ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ค่า VMD และ NMD ของหัวฉีดแต่ละชนิด

ชนิดหัวฉีด	ขนาดของละอองสาร (ไมโครเมตร)		อัตราส่วนระหว่าง VMD/NMD
	VMD	NMD	
กรวยกลวง 1 รู	615	495	1.24
กรวยกลวง 4 รู	470	350	1.34
กรวยกลวง 5 รู	490	385	1.27
กรวยกลวง 7 รู	595	405	1.47

6. การทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบ

การทดสอบหาสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น ภายใต้เงื่อนไข คือ ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบหาการกระจายของละออง คือ ที่เกียร์เดินหน้าจังหวะ LOW1 ทำการฉีดพ่นด้วยความดันที่ทำการทดสอบไว้โดยกำหนดให้เครื่องต้นแบบทำการฉีดพ่นค้างอยู่ในพื้นที่ขนาด 40 x 90 ตารางเมตร โดยทำการวิ่งกลับหัวงานที่บริเวณหัวร่องจำนวน 10 ร่อง จนครบทุกร่อง จากการทดสอบ พบว่า เครื่องต้นแบบมีความเร็วจริงของการทำงานในแปลงเป็น 2.06 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยมีอัตราการลื่นไถล (slip) เป็น 4.70 % มีความสามารถในการทำงานเชิงไร่เป็น 4.24 ไร่/ชั่วโมง มีอัตราการฉีดพ่นสารเคมี 0.54 ลิตร/นาที่ คิดเป็นปริมาณการใช้ปุ๋ยอยู่ที่ 108.25 ลิตร/ไร่ มีประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไร่เป็น 73.57 % ดังแสดงในตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ

รายการ	หน่วย	ผลการทดสอบ
1. ข้อมูลสมรรถนะ		
1.1 พื้นที่ที่ทำงานได้จริง	m ²	3600.00
1.2 เวลาที่ใช้ในการฉีดพ่นจริง	s	1475.00
1.3 เวลาที่ใช้ในการกลับหัวงาน	s	436.00
1.4 เวลาที่สูญเสีย	s	0.00
1.5 เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด	s	1911.00
1.6 ความเร็วเฉลี่ยในการทำงาน	m/s	0.57
	Km/hr	2.06
2. ความสามารถในการทำงานเชิงไร่	rai/hr	4.24
3. ประสิทธิภาพการทำงานเชิงไร่	%	73.57
4. อัตราการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบ	liter/rai	108.25
	liter/ 1 tree	0.54
	liter/hr	459.00

ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์

เนื่องจากเครื่องฉีดพ่นสารเคมีต้องใช้รถแทรกเตอร์เป็นต้นกำลังในการทำงาน จึงต้องคำนวณต้นทุนการทำงานในการใช้รถแทรกเตอร์ด้วย ดังนั้นการคำนวณต้นทุนในการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมี จะประกอบด้วย

1. ต้นทุนการทำงานของต้นกำลัง (รถแทรกเตอร์)

- ต้นทุนในการทำงานต่อชั่วโมง
- ต้นทุนในการทำงานต่อไร่

2. ต้นทุนการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมี

- ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) บาทต่อปี
- ต้นทุนผันแปร (Variable cost) บาทต่อชั่วโมง และ บาทต่อไร่

(ในที่นี้รวมต้นทุนการทำงานของรถแทรกเตอร์ต้นกำลังมาเป็นต้นทุนผันแปรของเครื่องฉีดพ่นด้วย)

3. ต้นทุนการทำงานเมื่อใช้แรงงานคน บาทต่อไร่

4. จำนวนจุดคุ้มทุนเชิงพื้นที่ (Break-Even-Area)

1. ต้นทุนการทำงานของต้นกำลัง (รถแทรกเตอร์)

1.1 ชั่วโมงการทำงานทั้งปีของรถแทรกเตอร์

- | | |
|----------------------------------|------------|
| - จำนวนวันทำงานใน 1 ปี | 300 วัน |
| - อัตราที่สามารถทำงานได้ใน 1 ปี | 80 % |
| - ชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน | 10 ชั่วโมง |
| - อัตราที่สามารถทำงานได้ใน 1 วัน | 70 % |

$$\begin{aligned} \text{ชั่วโมงที่ทำงานได้ใน 1 ปี} &= 300 \text{ วัน/ปี} \times 0.8 \times 10 \text{ ชั่วโมง/วัน} \times 0.7 \\ &= 1,344 \text{ ชั่วโมง/ปี} \end{aligned}$$

1.2 ต้นทุนการทำงานของรถแทรกเตอร์ต่อชั่วโมง และต่อปี

1. ราคา (P)	500,000 บาท
2. ราคาขายซาก (10% P)	50,000 บาท
3. อายุการทำงาน	10 ปี
4. ชั่วโมงที่ทำงานได้ใน 1 ปี	1,344 ชั่วโมง
5. ค่าเสื่อมราคาต่อปี	45,000 บาท
6. ดอกเบี้ย (5% P. คม ชัด ลึก (2549))	25,000 บาท
7. ค่าประกัน (0.2% P. คม ชัด ลึก (2549))	1,000 บาท
8. ค่าภาษี (2.5% P)	12,500 บาท
9. ค่าโรงเรือน (0.5% P)	2,000 บาท
10. ค่าซ่อมแซมและค่าบำรุง (5% P)	25,000 บาท
11. ต้นทุนการทำงานของแทรกเตอร์ ต่อปี (5+6+7+8+9+10)	110,500 บาท
12. ต้นทุนการทำงานของรถแทรกเตอร์ ต่อชั่วโมง ต่อปี (11/4)	82 บาท

2. ต้นทุนการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมี

2.1 ชั่วโมงการทำงานทั้งปีของเครื่องฉีดพ่นสารเคมี

- จำนวนวันทำงานใน 1 ปี	200 วัน
- อัตราที่สามารถทำงานได้ใน 1 ปี	80 %
- ชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน	5 ชั่วโมง
- อัตราที่สามารถทำงานได้ใน 1 วัน	70 %

$$\begin{aligned} \text{ชั่วโมงที่ทำงานได้ใน 1 ปี} &= 200 \text{ วัน/ปี} \times 0.8 \times 5 \text{ ชั่วโมง/วัน} \times 0.7 \\ &= 560 \text{ ชั่วโมง/ปี} \end{aligned}$$

2.2 ต้นทุนคงที่ ต่อชั่วโมง และต่อปี

1. ราคา (P)	40,000 บาท
2. ราคาขายซาก (10% P)	4,000 บาท
3. อายุการทำงาน	8 ปี
4. ชั่วโมงที่ทำงานได้ใน 1 ปี	560 ชั่วโมง

	<u>บาท/ปี</u>
5. ค่าเสื่อมราคาต่อปี	4,500.00
6. ดอกเบี้ย (5% P. คม ชัด ลึก (2549))	2,000.00
7. ค่าประกัน (0.2% P. คม ชัด ลึก (2549))	80.00
8. ค่าภาษี (2.5% P)	1,000.00
9. ค่าโรงเรือน (0.5% P)	200.00
10. ต้นทุนคงที่ของเครื่องฉีดพ่นสารเคมี	7780.00

2.3 ต้นทุนผันแปร ต่อชั่วโมง และต่อไร่

ข้อมูลจากการทดสอบ:

ความสามารถในการทำงานเชิงไร่	4.24	ไร่/ชั่วโมง
ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไร่	73.57	%
ความเร็วในการทำงาน	2.06	กิโลเมตร/ชั่วโมง
ความกว้างในการทำงาน	4	เมตร
การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	6	ลิตร/ชั่วโมง
ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง (ธ.ค. 2550)	29.84	บาท/ลิตร
น้ำมันหล่อลื่น (15%ของราคาน้ำมันเชื้อเพลิง)	26.86	บาท/ชั่วโมง
ค่าจ้างแรงงาน	20	บาท/ชั่วโมง
ค่าซ่อมแซม บำรุงรักษา (5% ราคาซื้อ)	1.40	บาท/ชั่วโมง

$$\text{VariableCost} = \frac{A}{0.625 \times s \times w \times e} \times [(R\&M) + L + O + F + T] \quad (7)$$

A = พื้นที่ทำงานใน 1 ชั่วโมง, ไร่ s = ความเร็วในการทำงาน, กม/ชม.
w = ความกว้างในการทำงาน, ม. e = ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไร่, %
R&M = ค่าซ่อมแซม บำรุงรักษา, บาท/ชม. L = ค่าจ้างแรงงาน, บาท/ชม.
O = น้ำมันหล่อลื่น, บาท/ชม. F = การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง, บาท/ชม.
T = ต้นทุนรวมการทำงานของรถแทรกเตอร์, บาท/ชม.

$$\text{VariableCost} = \frac{4.24}{0.625 \times 2.06 \times 4 \times 0.7357} \times [(1.40) + 20 + 26.86 + 179.04 + 82]$$

$$\text{VariableCost} = 346.13 \text{ บาท/ชั่วโมง}$$

$$= 81.63 \text{ บาท/ไร่/ปี}$$

กำหนดให้สารเคมีที่ผสมน้ำในถังพอลิเอททิลีน ความจุ 200 ลิตรต่อ 1 ถังเป็นเงิน 200 บาท/ถัง (บริษัท โคลไทยแลนด์ จำกัด) ในขณะที่เครื่องฉีดพ่นใช้สารเคมีในการฉีดพ่นอัตรา 108.25 ลิตร/ไร่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องฉีดพ่นมีต้นทุนค่าสารเคมี เท่ากับ 108.25 บาท/ไร่

$$\text{ต้นทุนรวมต่อไร่} = \text{ต้นทุนคงที่ต่อปี} + \text{ต้นทุนผันแปรต่อไร่} + \text{ต้นทุนค่าสารเคมีต่อไร่}$$

$$= 7780.00 + 81.63X + 108.25X \text{ บาท/ไร่}$$

$$\text{ในที่นี้ให้ } X = \text{พื้นที่ในการทำงานใน 1 ปี}$$

3. ต้นทุนการทำงานเมื่อใช้แรงงานคน

$$\text{ความสามารถในการทำงานของคน} = 0.5 \text{ ไร่/ชม.} = 5 \text{ ไร่/วัน}$$

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน 1 คน} = 160 \text{ บาท/วัน}$$

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน 3 คน} = 480 \text{ บาท/วัน}$$

ในขณะที่แรงงานคนใช้สารเคมีในการฉีดพ่นอัตรา 300 ลิตร/ไร่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแรงงานคนมีต้นทุนค่าสารเคมี เท่ากับ 300 บาท/ไร่

$$\text{ต้นทุนแรงงานคน} = 96X + 300X \text{ บาท/ไร่}$$

เมื่อพื้นที่ในการทำงาน 1 ปี คือ X ไร่ ดังนั้นต้นทุนในการทำงานด้วยคนจะมีต้นทุน $96X + 300X$ บาท และต้นทุนในการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีจะมีต้นทุน $7780.00 + 81.63X + 108.25X$ บาท/ไร่ ซึ่งการคำนวณการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เมื่อพื้นที่ในการทำงาน ต่อปี (X) เปลี่ยนไปตั้งแต่ 0 ไร่ทำให้ต้นทุนการทำงานโดยแรงงานคน และต้นทุนในการทำงานของเครื่องฉีดพ่นแปรเปลี่ยน โดยความสัมพันธ์ดังกล่าว จุดคุ้มทุนเชิงพื้นที่ จะอยู่ระหว่างช่วงที่ Net Saving เปลี่ยนจาก ค่าลบ เป็น ค่าบวก และจุดคุ้มทุนเชิงพื้นที่ หาได้จากความสัมพันธ์ $(7780.00 + 81.63X + 108.25X = 96X + 300X)$ และมีจุดคุ้มทุนในเชิงพื้นที่ (Break – Even – Area) 37.75 ไร่

จากการคำนวณ จะเห็นว่าเครื่องฉีดพ่นสารเคมี ราคา 25,000 บาท ถ้าทำงานวันละ 5 ชั่วโมง จะมีความสามารถในการทำงานเชิงไร่ 2,374.4 ไร่/ปี ราคาต้นทุนการฉีดพ่นครั้งที่ 7780.00 บาท/ปี ราคาต้นทุนผันแปร 81.63 บาท/ไร่/ปี และต้นทุนสารเคมีโดยใช้เครื่องฉีดพ่นสารเคมี 108.25 บาท/ไร่/ปี หรือประมาณ 450,851.10 บาท/ปี รวม 458,631.07 บาท/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับ การฉีดพ่นโดยใช้แรงงานคนจะมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 96 บาท/ไร่ และต้นทุนสารเคมีโดยใช้เครื่องฉีดพ่นสารเคมี 300 บาท/ไร่/ปี ซึ่งคิดเป็น 940,262.40 บาท/ปี จะมีรายรับสุทธิ 481,631.33 บาท/ปี ดังนั้นจะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1 เดือน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาวิจัยและพัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีในแปลงปลูกองุ่นพวงท้ายรถแทรกเตอร์ ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบขึ้นซึ่งมีขนาด $100 \times 100 \times 120$ เซนติเมตร ต่อพ่วงกับระบบต่อพ่วงสามจุดของรถแทรกเตอร์ โดยรับกำลังจากเพลลาอำนาจกำลังส่งผ่านไปสู่ปั๊มแรงดันสามสูบที่ติดตั้งอยู่บนโครงสร้าง เพื่อสร้างความดันที่ใช้ในการฉีดพ่นและส่งความดันไปยังหัวฉีดที่ติดตั้งอยู่บนแขนของเครื่องต้นแบบ เพื่อฉีดพ่นของเหลวให้เกิดการกระจายที่สามารถครอบคลุมไปยังเป้าหมายได้

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบก่อนปรับปรุง พบว่า การกระจายของละอองการฉีดพ่นไม่สามารถครอบคลุมได้ทั่วถึงในบริเวณทรงพุ่ม ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานไม่ดีนัก เมื่อทำการปรับปรุงแล้ว พบว่า เครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ในการฉีดพ่น ซึ่งผลการทดสอบ พบว่า เครื่องต้นแบบใช้ความดันที่ปั๊มแรงสูงเท่ากับ 35 kgf/cm^2 ใช้ความเร็วเดินทางในการทดสอบ (เกียร์ LOW1) เท่ากับ 2.06 กิโลเมตร/ชั่วโมง ทำการทดสอบในแปลงปลูกองุ่นในลักษณะค้ำรูปตัวที ของบริษัท โดลไทยแลนด์ จำกัด ผลการทดสอบพบว่า

1. หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู มีอัตราการฉีดพ่นน้อยที่สุด คือ 7.65 ลิตร/นาที่ มีการกระจายของละอองสูงสุดทั้งตำแหน่งที่หน้าใบและหลังใบ คือ 75 และ 50 ละออง/ตารางเซนติเมตร และมีค่าอัตราส่วนระหว่าง VMD/NMD ใกล้เคียง 1 มากที่สุด คือ 1.24

2. หัวฉีดกรวยกลวง 4 รู มีอัตราการฉีดพ่น 7.95 ลิตร/นาที่ มีการกระจายของละอองที่ตำแหน่งที่หน้าใบและหลังใบ คือ 75 และ 48 ละออง/ตารางเซนติเมตร และมีค่าอัตราส่วนระหว่าง VMD/NMD เท่ากับ 1.34

3. หัวฉีดกรวยกลวง 4 รู มีอัตราการฉีดพ่น 8.43 ลิตร/นาที่ มีการกระจายของละอองที่ตำแหน่งที่หน้าใบและหลังใบ คือ 68 และ 30 ละออง/ตารางเซนติเมตร และมีค่าอัตราส่วนระหว่าง VMD/NMD เท่ากับ 1.27

4. หัวฉีดกรวยกลวง 7 รู มีอัตราการฉีดพ่นมากที่สุด คือ 8.61 ลิตร/นาที่ มีการกระจายของละอองต่ำสุดทั้งตำแหน่งที่หน้าใบและหลังใบ คือ 66 และ 16 ละออง/ตารางเซนติเมตร และมีค่าอัตราส่วนระหว่าง VMD/NMD เท่ากับ 1.47

ดังนั้นหัวฉีดกรวยกลวง 1 รู มีความเหมาะสมกับการทำงานของเครื่องต้นแบบมากที่สุด เนื่องจากมีอัตราการฉีดพ่นน้อยที่สุด มีการกระจายของละอองสูงสุด และมีความสม่ำเสมอของขนาดละอองมากที่สุด ในขณะที่ หัวฉีดกรวยกลวง 4 รู 5 รู และ 7 รู มีอัตราการฉีดพ่นที่สูงกว่า แต่กับมีการกระจายของละอองการฉีดพ่น และความสม่ำเสมอของขนาดละอองการฉีดพ่นที่มากกว่า

จากการทดสอบหาสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงาน พบว่า เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงานเชิงไร่ เท่ากับ 4.24 ไร่/ชั่วโมง มีอัตราการฉีดพ่นสารเคมี 0.54 ลิตร/ต้น คิดเป็นปริมาณการใช้น้ำยาอยู่ที่ 108.25 ลิตร/ไร่ และมีประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไร่ เท่ากับ 73.57 % และจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่าเมื่อเครื่องต้นแบบทำงานวันละ 5 ชั่วโมง เป็นเวลา 200 วัน/ปี เปรียบเทียบกับแรงงานคน จะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1 เดือน โดยมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 37.75 ไร่

ข้อเสนอแนะ

ในด้านหลักการทำงานของเครื่อง พบว่า สามารถใช้เครื่องฉีดพ่นสารเคมีในแปลงปลูกองุ่นได้จริง และน่าจะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ในระบบการผลิต หรือนำไปพัฒนาใช้ในการฉีดพ่นพืชชนิดอื่น เช่น มะม่วง ฝรั่ง ชมพู มะนาว ส้ม เป็นต้น

หัวฉีดพ่นที่ใช้กับเครื่องต้นแบบความเป็นหัวฉีดกรวยตันซึ่งหัวฉีดกรวยตันนี้จะมี ความสามารถในการฉีดพ่นให้ละอองของของสารเคมีเข้าถึงยังส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชได้มากกว่า หัวฉีดชนิดที่ใช้อยู่ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบสูงขึ้นได้

ในเรื่องแปลงทดสอบมีผลกระทบมากต่อการทดสอบเนื่องจากพื้นที่แปลงปลูกองุ่นไม่ค่อย มีความเหมาะสมในการใช้เครื่องทุนแรงทางการเกษตรเท่าที่ควรเนื่องจากไม่มีการปรับปรุงพื้นผิว ถนนบนแปลงปลูกที่เกิดความเสียหายในช่วงฤดูฝนจึงทำให้เครื่องจักรกลทางการเกษตรไม่ สามารถแสดงประสิทธิภาพได้อย่างเต็มที่ เพื่อให้เครื่องจักรกลสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงต้องมีการปรับปรุงแก้ไขพื้นผิวถนนบนแปลงปลูกให้มีความเหมาะสมกับการทำงานของเครื่องมือทางการเกษตรด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กนกพร อุ๋นใจชน. 2535. แนวทางการจัดการสารฆ่าแมลงกำจัดศัตรูฝ้ายที่สำคัญ. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการ ครั้งที่ 8/2535. กองกัญและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร. หน้า 1 - 26.
- กรมวิชาการเกษตรและกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2544. เทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร. 126.
- คม ชัด ลึก. 2549. แบงก์กรุงเทพ ปรับดอกเบี้ยเงินฝากใหม่ 5.125 %. เนชั่น เจาะข่าว ทั่วไทย คม ชัด ลึก ฉบับวันศุกร์ที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2549. แหล่งที่มา: <http://www.komchadluek.net/news/2006/03-31/eco--17988.html>, 27 มีนาคม 2551
- จิรากรณ์ เบญจประกายรัตน์. 2543. เครื่องจักรกลเกษตร เล่ม 2.ครั้งที่ 1. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- ฐานิสร์ นาคเกื้อ. 2528. เครื่องพ่นสารเคมี. ม.ป.ป.. กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.
- นันทกร บุญเกิด. 2544. คู่มือการสร้างสวนองุ่น. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- พันทิพา อินทวิชัย. 2535. เครื่องพ่นแรงฟาร์ม ภาค 2 . ห้างหุ้นส่วนจำกัดยูนิดี พับบลิเคชั่น. ศูนย์ฝึกอบรมวิศวกรรมเกษตร, ปทุมธานี.
- ไพศาล รัตนเสถียร และ คณะ. 2543. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช. กลุ่มงานวิจัยการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพมหานคร
- ภรต กุญชร ณ อยุธยา, ฐานิสร์ นาคเกื้อ, เกษญา รัศมิภูติและนาวิ จิระชีวี. 2532. คุณสมบัติบางประการของหัวฉีดสารเคมีที่ผลิตในประเทศไทย.วารสารวิศวกรรมเกษตร:30 – 40.

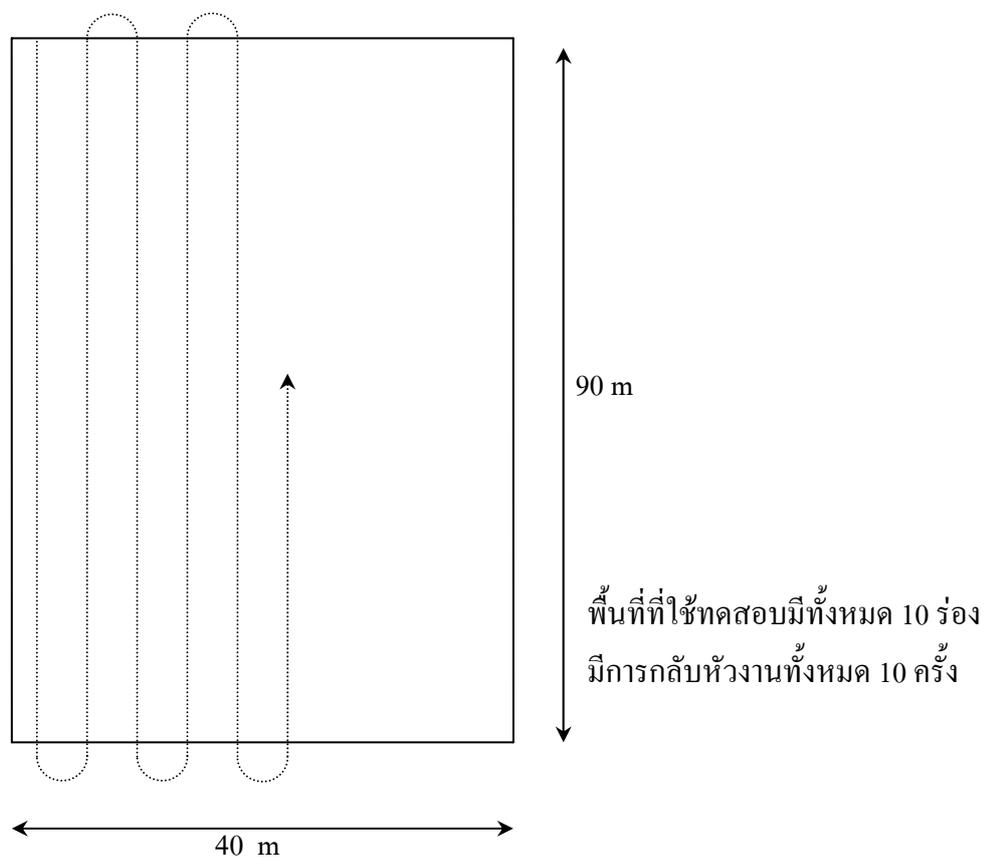
- มงคล กวางวโรภาส. 2530. **เครื่องทุ่นแรงในฟาร์ม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ประชาชน จำกัด (แผนกการพิมพ์), กรุงเทพฯ.
- มงคล กวางวโรภาส. 2537. รายงานวิจัยเรื่องการวิจัยและพัฒนาเครื่องพ่นหมอกเพื่อใช้ในสวนผลไม้. 43.
- มงคล กวางวโรภาส และ ณรงค์ อุ่นคง. 2537. การวิจัยและพัฒนาเครื่องพ่นหมอกชนิดปากปล่องเพื่อใช้ในสวนผลไม้, น. 81 – 94. ใน การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- วัฒนา สวรรยาธิปิติ. 2518. การปลูกองุ่น. พืชสวน เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 2. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิษณุ อุทโยภาส และสุเทพ โสมิตรี. 2549. การปลูกองุ่น. กองส่งเสริมพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา : <http://www.doae.go.th/library/html/detail/grape>, 20 มกราคม 2006.
- สถาบันวิจัยพืชไร่. 2536. **เอกสารพันธุ์พืชไร่ 2536**. เอกสารวิชาการ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมิติชุดพวงแบบสามจุดสำหรับรถแทรกเตอร์ล้อยางเพื่อการเกษตร**. มอก.983-2533.
- _____. 2535. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไถกระทะพวงรถแทรกเตอร์**. มอก.1127-2535.
- Anon. 1980. **International Training Course for the Safe and Efficient Handling and Application of plant protection Agents**. Ciba-Geigy, Switzerland.

- CIBA-GEIGY. 1989. **Application Techniques for plant Protection in Field Crops.** 2nd ed.
Spraying System Co., Illinois.
- Himel, C.M. 1969. **The optimum size for insecticide spray droplets.** J. Econ. Ent. 62 (4):
919-25.
- Joyce, R.J.V. 1977 **Efficiency in pesticide application with special reference to insect pests
of cotton in the Sudan Gezira.** Semina organized by Rubber Research Institute of
Malaysia and agricultural Institute of Malaysia
- Matthews, G.A. 1979. **Pesticide Application Methods.** Longman, London. 334 pp.
- RNAM. 1995. **Test Codes & Procedures for Farm Machinery No. 12.** Economic and Social
Commission for Asia and Pacific Regional Network for Agricultural Machinery . Pasay
City, Philipines. 468 p.
- Treharne.J.K. 1989. **Hand - Operated Sprayers Handbook.** The British Crop Protection
Council. Farnham, surrey.
- Weaver.J.R. 1976. **Grape Growing.** John Wiley and Sons, New York.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลภาคสนาม

พื้นที่ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องต้นแบบ



ภาพผนวกที่ 1 รายละเอียดแปลงทดสอบหาสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงาน

$$\begin{aligned} \text{เพราะฉะนั้น พื้นที่ทดสอบ } 90 \times 40 &= 3600 \quad \text{ตารางเมตร} \\ 3600 / 1600 &= 2.25 \quad \text{ไร่} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p \quad \text{เวลาที่ไถงาน} & 24 \text{ นาที } 35 \text{ วินาที} \\ \text{ประมาณ} & 0.4097 \text{ ชั่วโมง} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_I \quad \text{เวลาที่ไถไม่ได้งาน} & 7 \text{ นาที } 16 \text{ วินาที} \\ \text{ประมาณ} & 0.1211 \text{ ชั่วโมง} \end{aligned}$$

$$\text{Wheel slip} \quad 4.70 \quad \%$$

ความสามารถในการทำงานเชิงไร่ (Effective Field Capacity : EFC)

$$EFC = \frac{A}{(T_p + T_l)}$$

EFC	=	ความสามารถในการทำงานเชิงไร่	ไร่/ชั่วโมง
A	=	พื้นที่ทดสอบ	ไร่
T_p	=	เวลาที่ไ้ทำงาน (Productive time)	ชั่วโมง
T_l	=	เวลาที่ไม้ทำงาน (Non-Productive time)	ชั่วโมง

จากการทดสอบพบว่า

A	=	2.25		ไร่
T_p	=	24 นาที 35 วินาที	=	0.4097 ชั่วโมง
T_l	=	7 นาที 16 วินาที	=	0.1211 ชั่วโมง
EFC	=	$\frac{2.25}{0.4097 + 0.1211}$	=	4.2388 ไร่ต่อชั่วโมง

ความสามารถในการทำงานเชิงไร่ **4.2388** ไร่/ชั่วโมง

ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไถ่

$$Ef = \frac{\text{EffectiveFieldCapacity}}{\text{TheoreticalFieldCapacity}} \times 100$$

$$E = \frac{W_e \times v_e \times T_p}{W_t \times V_t \times (T_p + T_l)} \times 100$$

เมื่อ $We = Wt$

$$Ef = \frac{V_e \times T_p}{V_t \times (T_p + T_l)} \times 100$$

Ef	=	ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไถ่		ร้อยละ
W_e	=	ความกว้างในการทำงานจริง	W_t	= ความกว้างการทำงานทางทฤษฎี
V_e	=	ความเร็วในการทำงานจริง	V_t	= ความเร็วในการทำงานทางทฤษฎี
T_p	=	เวลาที่ไถ่งาน	T_l	= เวลาที่ไม่ไถ่งาน
				กม./ชม
				ชั่วโมง

เมื่อ $V_e = 2.056$ กม./ชม

$$V_t = \frac{V_e}{1 - slip} \quad \text{กม./ชม} \quad ; \text{Wheel slip} = 4.7 \%$$

$V_t = 2.157$ กม./ชม

$We = Wt$

$$Ef = \frac{W_e \times v_e \times T_p}{W_t \times V_t \times (T_p + T_l)} \times 100$$

$$Ef = \frac{2.056 \times 0.4097}{2.157 \times (0.4097 + 0.1211)} \times 100$$

$$Ef = 73.57 \%$$

ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไถ่ 73.57 %

ภาคผนวก ข
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลการทดสอบ

ตารางภาคผนวกที่ 1 อัตราการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบในภาคสนามก่อนการปรับปรุง

ชนิดหัวฉีด	อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/นาฬิกา)			ค่าเฉลี่ย (ลิตร/นาฬิกา)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู	6.02	7.87	6.03	6.64 a
หัวฉีดกรวยกลวง 4 รู	7.53	8.38	7.53	7.82 b
หัวฉีดกรวยกลวง 5 รู	8.23	8.23	8.23	8.23 b
หัวฉีดกรวยกลวง 7 รู	8.70	8.35	8.70	8.53 b

ตารางภาคผนวกที่ 2 อัตราการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบในภาคสนามหลังการปรับปรุง

ชนิดหัวฉีด	อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/นาฬิกา)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู	7.45	7.50	8.00	7.65 a
หัวฉีดกรวยกลวง 4 รู	8.00	8.10	7.75	7.95 a
หัวฉีดกรวยกลวง 5 รู	8.40	8.45	8.45	8.43 b
หัวฉีดกรวยกลวง 7 รู	8.62	8.55	8.65	8.61 b

ตารางภาคผนวกที่ 3 จำนวนละอองการฉีดพ่นของเครื่องต้นแบบ

ชนิดหัวฉีด	การกระจายของละอองน้ำยา(ละออง/ตารางเซนติเมตร)							
	กรวยกลวง 1 รู		กรวยกลวง 4 รู		กรวยกลวง 5 รู		กรวยกลวง 7 รู	
	หน้าใบ	หลังใบ	หน้าใบ	หลังใบ	หน้าใบ	หลังใบ	หน้าใบ	หลังใบ
ครั้งที่ 1	43	3	38	14	39	13	26	5
ครั้งที่ 2	62	26	66	21	51	12	39	8
ครั้งที่ 3	76	50	58	18	54	18	51	15
ครั้งที่ 4	70	27	38	10	57	30	33	8
เฉลี่ย	61.96 a	23.95 a	52.18 b	16.59 b	53.37 b	19.74 ab	37.19 c	8.99 c

ตารางผนวกที่ 4 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 1

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	11	84	32	7	100	44.89 a
	2	4	38	39	44	0	100	
	3	100	7	33	4	5	100	
2	1	8	0	21	87	17	100	37.28 a
	2	100	2	29	18	0	100	
	3	100	4	16	3	66	0	
3	1	1	100	12	4	8	100	45.89 a
	2	100	9	16	43	100	100	
	3	2	100	30	1	100	0	
ค่าเฉลี่ย		57.22 ab	30.11 b	31.11 b	31.11 b	26.22 b	77.78 a	43

ตารางผนวกที่ 5 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 1

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	0	0	17	8	2	1	3.278 a
	2	0	0	13	6	0	0	
	3	0	0	9	3	0	0	
2	1	0	0	15	31	0	2	3.722 a
	2	0	0	9	8	0	0	
	3	0	0	2	0	0	0	
3	1	0	0	22	8	0	1	1.949 a
	2	0	0	4	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	0	
ค่าเฉลี่ย		0 b	0 b	10.11 a	7.111 a	0.222 b	0.444 b	3

ตารางผนวกที่ 6 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 1

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	25	72	0	2	100	38.56 a
	2	0	15	6	80	2	100	
	3	80	4	3	2	3	100	
2	1	100	100	80	5	100	100	48.89 a
	2	100	42	29	47	0	100	
	3	0	15	42	13	7	0	
3	1	0	100	6	48	100	7	27.11 a
	2	100	0	33	2	0	0	
	3	1	10	48	32	0	1	
ค่าเฉลี่ย		53.44 a	34.56 a	35.44 a	25.44 a	23.78 a	56.44 a	38

ตารางผนวกที่ 7 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 1

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	0	37	31	11	0	46	15.167 a
	2	0	8	0	18	8	3	
	3	0	4	21	82	4	0	
2	1	0	13	15	10	36	7	11.444 a
	2	0	22	24	23	2	0	
	3	0	0	5	44	5	0	
3	1	20	4	4	9	10	25	14.222 a
	2	0	9	21	27	6	100	
	3	0	0	12	9	0	0	
ค่าเฉลี่ย		2.22 b	1.78 ab	14.78 ab	25.89 a	7.89 ab	20.11 ab	14

ตารางผนวกที่ 8 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 1

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	0	41	47	27	100	3	37.61 a
	2	58	100	5	33	9	20	
	3	100	11	18	54	42	9	
2	1	100	25	15	12	100	0	35.11 a
	2	26	16	12	5	100	4	
	3	100	6	5	1	100	5	
3	1	100	52	3	1	41	3	43.33 a
	2	0	5	100	21	100	65	
	3	100	100	25	62	2	0	
ค่าเฉลี่ย		64.89 a	39.56 ab	25.56 b	24.0 b	66.00 a	12.11 b	

ตารางผนวกที่ 9 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 1

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	0	15	33	28	0	3	15.00 a
	2	2	4	42	5	50	21	
	3	0	0	15	0	19	33	
2	1	0	19	33	76	12	5	10.722 a
	2	0	0	3	4	17	0	
	3	0	0	7	7	8	2	
3	1	0	22	4	5	2	36	13.389 a
	2	0	0	25	0	11	100	
	3	0	0	0	11	18	7	
ค่าเฉลี่ย		0.22 b	6.67 ab	18.0 ab	15.11 ab	15.22 ab	23.0 a	13

ตารางผนวกที่ 10 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 1

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	10	56	0	22	0	5	23.72 a
	2	44	10	58	0	17	0	
	3	0	10	90	5	100	0	
2	1	2	100	0	0	100	10	25.50 a
	2	51	0	0	0	24	2	
	3	28	2	35	100	0	5	
3	1	30	0	77	0	0	0	28.94 a
	2	25	52	100	16	4	0	
	3	6	100	5	100	6	0	
ค่าเฉลี่ย		21.78 ab	36.67 ab	40.56 a	27.00 ab	27.89 ab	2.44 b	26

ตารางผนวกที่ 11 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 1

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	0	0	25	0	0	0	5.778 a
	2	5	0	16	0	0	0	
	3	0	10	14	0	0	34	
2	1	0	0	0	0	0	30	4.944 a
	2	0	8	0	0	0	5	
	3	0	0	0	46	0	0	
3	1	0	0	0	0	3	0	3.056 a
	2	0	12	0	0	0	10	
	3	0	0	0	0	0	30	
ค่าเฉลี่ย		0.56 b	3.33 ab	6.11 ab	5.11 ab	0.3 b	12.11 a	5

ตารางผนวกที่ 12 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 2

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	97	17	26	58	100	60.89 a
	2	100	42	28	0	69	100	
	3	100	48	21	90	0	100	
2	1	100	20	27	25	130	100	67.11 a
	2	100	85	45	59	26	100	
	3	100	72	19	0	100	100	
3	1	100	50	15	11	83	100	58.22 a
	2	100	82	27	15	83	100	
	3	100	48	22	0	12	100	
ค่าเฉลี่ย		100 a	90.556 a	80.667 a	31.889 b	50.889 b	100 a	62

ตารางผนวกที่ 13 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 2

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	39	0	0	0	59	20	18.28 a
	2	27	0	8	0	100	54	
	3	0	0	0	7	0	15	
2	1	0	0	0	6	38	0	23.61 a
	2	0	27	0	0	15	83	
	3	40	45	10	39	100	22	
3	1	18	3	0	52	100	20	36.72 a
	2	28	18	5	98	12	44	
	3	55	44	100	11	0	53	
ค่าเฉลี่ย		73.89 a	41.44 b	10.33 c	10.11 c	32.33 cb	25.67 cb	26

ตารางผนวกที่ 14 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 2

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	150 cm	
1	1	100	28	0	50	110	100	66.89 a
	2	100	85	24	60	80	100	
	3	100	77	0	20	70	100	
2	1	94	40	0	115	10	100	27.056 a
	2	120	135	35	20	10	100	
	3	100	109	69	90	10	100	
3	1	52	10	7	21	118	100	18.667 a
	2	100	100	50	50	20	100	
	3	0	110	90	10	90	100	
ค่าเฉลี่ย		85.11 ab	77.11 abc	30.56 d	48.44 cd	57.56 bcd	100 a	66

ตารางผนวกที่ 15 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 2

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	0	0	0	70	0	20	15.944 a
	2	20	0	5	13	0	29	
	3	36	10	13	10	4	57	
2	1	83	2	0	0	89	115	27.056 a
	2	35	0	0	0	0	10	
	3	71	0	0	25	2	55	
3	1	10	0	0	28	57	58	18.667 a
	2	40	0	0	0	3	45	
	3	30	12	0	0	0	53	
ค่าเฉลี่ย		36.11 ab	2.67 c	2.00 c	16.22 bc	17.22 bc	49.11 a	21

ตารางผนวกที่ 16 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 2

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	43	0	5	11	100	54.33 a
	2	100	75	81	10	0	100	
	3	100	53	30	0	70	100	
2	1	45	22	0	0	22	100	54.28 a
	2	100	100	54	2	3	100	
	3	91	79	67	3	89	100	
3	1	100	13	4	66	43	100	63.78 a
	2	100	34	90	25	28	100	
	3	30	62	69	100	84	100	
ค่าเฉลี่ย		85.11 a	53.44 b	43.89 bc	23.44 c	38.89 bc	100 a	51

ตารางผนวกที่ 17 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 2

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	73	0	0	5	12	18	13.944 a
	2	8	0	0	0	86	40	
	3	0	0	0	0	0	9	
2	1	2	0	0	9	5	55	12.222 a
	2	5	50	39	0	0	23	
	3	0	0	0	2	0	30	
3	1	73	0	0	7	16	0	10.667 a
	2	0	7	0	0	3	46	
	3	0	15	0	0	5	20	
ค่าเฉลี่ย		17.889 ab	8.00 ab	4.333 b	2.556 b	14.111 ab	26.778 a	12

ตารางผนวกที่ 18 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 2

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	30	24	0	0	32	100	42.78 a
	2	33	0	0	0	52	100	
	3	100	35	23	41	100	100	
2	1	31	23	12	0	35	100	35.61 a
	2	4	5	0	37	29	100	
	3	100	8	7	26	24	100	
3	1	62	7	0	8	0	100	37.94 a
	2	12	0	0	14	32	100	
	3	100	31	13	4	100	100	
ค่าเฉลี่ย		52.444 b	14.778 c	6.11 c	14.444 c	44.889 b	100 a	39

ตารางผนวกที่ 19 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 2

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	0	0	0	0	2	3	5.333 a
	2	5	0	0	0	0	56	
	3	9	0	0	0	0	21	
2	1	0	0	0	1	0	17	8.333 a
	2	0	0	0	0	0	10	
	3	13	0	0	5	4	100	
3	1	0	0	0	0	1	21	10.278 a
	2	0	0	0	2	0	34	
	3	100	4	5	0	0	18	
ค่าเฉลี่ย		14.111 b	0.444 b	0.556 b	0.889 b	0.778 b	31.111 a	8

ตารางผนวกที่ 20 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 3

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	49	47	43	1	100	72.67 a
	2	100	100	100	7	13	100	
	3	100	76	72	100	100	100	
2	1	100	98	96	29	71	100	77.78 a
	2	100	100	60	18	49	100	
	3	100	90	98	8	83	100	
3	1	100	100	95	17	24	100	76.56 a
	2	100	98	57	36	61	100	
	3	100	104	101	29	56	100	
ค่าเฉลี่ย		100 a	90.56 a	80.67 a	31.89 a	50.89 a	100 a	76

ตารางผนวกที่ 21 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 3

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	85	0	2	5	85	22	36.28 a
	2	100	35	17	29	9	37	
	3	100	45	15	26	21	20	
2	1	42	10	2	17	0	15	25.28 a
	2	74	55	0	0	10	14	
	3	21	24	37	14	69	51	
3	1	74	27	0	0	0	1	35.33 a
	2	69	77	16	0	0	36	
	3	100	100	4	0	97	35	
ค่าเฉลี่ย		73.89 a	41.44 b	10.33 c	10.11 c	32.33 bc	25.678 bc	50

ตารางผนวกที่ 22 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 3

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	66	8	48	55	100	55.50 a
	2	100	44	0	59	100	100	
	3	100	36	17	4	42	20	
2	1	100	20	8	37	85	100	59.56 a
	2	100	58	56	41	88	100	
	3	100	28	15	2	52	82	
3	1	100	28	0	40	61	100	58.00 a
	2	100	48	25	22	100	100	
	3	100	57	25	0	38	100	
ค่าเฉลี่ย		100 a	42.778 c	17.11 d	28.11 cd	69.00 b	89.11 a	58

ตารางผนวกที่ 23 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 3

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	28	44	0	0	12	40	19.83 a
	2	0	97	1	0	9	96	
	3	30	0	0	0	0	0	
2	1	30	19	5	0	6	100	16.94 a
	2	6	23	47	0	21	18	
	3	0	9	1	0	16	4	
3	1	0	19	0	0	25	11	17.39 a
	2	62	51	0	14	11	100	
	3	14	1	0	0	5	0	
ค่าเฉลี่ย		18.89 bc	29.22 ab	6.00 c	1.56 c	11.67 bc	41.00 a	18

ตารางผนวกที่ 24 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 3

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	5	0	0	100	20	45.89 a
	2	72	100	20	0	57	100	
	3	40	100	4	8	0	100	
2	1	100	15	0	5	7	50	58.89 a
	2	100	100	67	7	65	110	
	3	100	100	70	5	59	100	
3	1	100	43	5	0	34	100	55.72 a
	2	100	78	15	32	6	100	
	3	100	60	30	0	100	100	
ค่าเฉลี่ย		90.22 a	66.78 ab	23.44 cd	6.33 d	47.56 bc	86.67 a	54

ตารางผนวกที่ 25 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 3

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	50	19	9	4	20	0	19.78 a
	2	13	11	3	0	54	105	
	3	48	15	0	5	0	0	
2	1	50	5	0	0	4	0	15.89 a
	2	14	8	0	3	0	52	
	3	30	0	0	0	100	20	
3	1	100	0	0	0	0	0	19.28 a
	2	54	12	0	0	5	24	
	3	8	4	0	0	40	100	
ค่าเฉลี่ย		40.78 a	8.22 b	1.33 b	1.33 b	24.78 ab	33.44 a	18

ตารางผนวกที่ 26 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 3

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	1	46	100	20	17	100	48.56 a
	2	100	83	17	0	28	100	
	3	100	42	20	0	0	100	
2	1	1	26	100	16	10	100	48.39 a
	2	100	100	26	0	11	100	
	3	100	49	22	2	8	100	
3	1	4	19	100	91	100	100	57.11 a
	2	100	22	25	38	30	100	
	3	100	58	21	0	100	20	
ค่าเฉลี่ย		67.33 ab	49.44 bc	47.89 bc	18.56 c	33.78 bc	91.11 a	51

ตารางผนวกที่ 27 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 3

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	70	0	0	0	0	100	14.778 a
	2	21	0	0	0	12	0	
	3	0	0	0	36	0	27	
2	1	0	3	0	0	0	48	7.389 a
	2	13	1	0	0	0	31	
	3	0	0	0	6	23	8	
3	1	0	0	0	90	100	29	22.89 a
	2	0	0	0	0	43	60	
	3	42	0	0	0	20	28	
ค่าเฉลี่ย		16.22 ab	0.44 b	0.00 b	14.67 ab	22.00 ab	36.78 a	15

ตารางผนวกที่ 28 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 4

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	55	8	14	48	100	60.67 a
	2	40	100	60	51	30	100	
	3	100	88	93	0	5	100	
2	1	100	60	45	5	83	100	74.44 a
	2	100	115	68	110	60	100	
	3	93	101	69	12	13	100	
3	1	100	110	60	0	14	100	74.72 a
	2	100	100	92	105	80	100	
	3	100	92	80	12	0	100	
ค่าเฉลี่ย		92.56 a	91.56 a	63.89 b	34.33 c	37.00 c	100.00 a	70

ตารางผนวกที่ 29 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 4

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	15	20	15	0	7	76	28.44 a
	2	70	47	0	0	0	30	
	3	100	60	12	0	30	30	
2	1	100	0	3	0	7	0	26.33 a
	2	80	0	10	10	0	45	
	3	100	103	0	0	0	16	
3	1	10	85	31	6	0	70	26.11 a
	2	86	69	0	38	0	0	
	3	20	20	0	0	16	19	
ค่าเฉลี่ย		64.56 a	44.89 ab	7.89 cd	6.00 d	6.67 d	31.78 bc	27

ตารางผนวกที่ 30 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 4

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	100	31	0	0	80	39.44 a
	2	100	23	26	0	1	24	
	3	100	48	27	0	0	50	
2	1	100	52	24	0	1	40	34.39 a
	2	80	32	52	0	0	3	
	3	100	86	19	0	0	30	
3	1	100	63	10	0	4	100	39.33 a
	2	88	42	28	0	0	23	
	3	100	100	27	4	0	19	
ค่าเฉลี่ย		96.44 a	60.667 b	27.11 c	0.44 d	0.67 d	41.00 c	38

ตารางผนวกที่ 31 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 4

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	0	15	0	2	0	8.5 a
	2	0	0	14	0	0	0	
	3	19	3	0	0	0	0	
2	1	100	21	2	0	0	0	12.556 a
	2	0	55	18	0	0	2	
	3	28	0	0	0	0	0	
3	1	0	0	0	0	0	0	9.67 a
	2	85	0	29	0	0	0	
	3	3	54	3	0	0	0	
ค่าเฉลี่ย		37.22 a	14.78 b	9.00 b	0.00 b	0.22 b	0.22 b	10

ตารางผนวกที่ 32 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 4

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	98	83	0	2	100	63.06 a
	2	100	96	82	0	46	100	
	3	30	42	100	0	56	100	
2	1	96	79	87	3	2	100	57.89 a
	2	100	89	81	0	15	100	
	3	22	55	100	0	15	98	
3	1	100	98	18	9	4	70	51.11 a
	2	100	94	45	23	4	100	
	3	77	21	43	14	0	100	
ค่าเฉลี่ย		80.56 ab	74.67 b	71.00 b	5.44 c	16.00 c	96.44 a	57

ตารางผนวกที่ 33 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 4

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	23	100	31	0	0	23	23.83 a
	2	69	23	30	0	0	0	
	3	79	0	23	0	0	28	
2	1	61	55	6	0	14	0	31.28 a
	2	100	35	10	0	0	100	
	3	100	39	15	0	0	28	
3	1	120	18	76	0	0	14	34.28 a
	2	100	8	27	0	19	100	
	3	0	69	61	5	0	0	
ค่าเฉลี่ย		72.44 a	38.58 b	31.00 b	0.56 c	3.67 c	32.56 b	30

ตารางผนวกที่ 34 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หน้าใบ ครั้งที่ 4

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	100	4	5	1	40	34.61 a
	2	100	20	22	0	4	23	
	3	100	50	27	0	0	27	
2	1	100	5	0	0	2	11	28.50 a
	2	100	30	30	6	0	30	
	3	100	60	15	0	0	24	
3	1	100	0	0	0	5	29	34.54 a
	2	100	100	13	0	2	39	
	3	100	100	7	0	0	27	
ค่าเฉลี่ย		100 a	51.67 b	13.11 cb	1.22 d	1.56 d	27.78 c	33

ตารางผนวกที่ 35 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หลังใบ ครั้งที่ 4

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	6	0	1	0	0	0	3.00 a
	2	22	0	0	0	0	0	
	3	0	25	0	0	0	0	
2	1	100	10	0	0	0	0	10.56 a
	2	13	3	0	0	0	0	
	3	40	24	0	0	0	0	
3	1	4	0	0	0	0	0	11.50 a
	2	100	0	0	0	2	0	
	3	100	1	0	0	0	0	
ค่าเฉลี่ย		42.78 a	7.00 b	0.11 b	0.00 b	0.22 b	0.00 b	8

ตารางผนวกที่ 36 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หน้าใบ หลังการปรับปรุง

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	54	100	89	100	100	76.33 a
	2	100	24	17	85	29	100	
	3	100	100	19	88	78	100	
2	1	100	100	26	100	32	100	80.11 a
	2	100	100	42	84	84	78	
	3	100	100	26	83	87	100	
3	1	100	42	25	84	34	100	68.67 a
	2	100	100	31	15	100	87	
	3	100	58	31	29	100	100	
ค่าเฉลี่ย		100 a	75.33 bc	35.22 c	73.00 bc	71.56 c	96.11 ab	75

ตารางผนวกที่ 37 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 1 รูที่หลังใบ หลังการปรับปรุง

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	30	23	26	48	23	100	45.06 b
	2	24	69	32	14	15	100	
	3	100	33	18	29	27	100	
2	1	14	0	15	35	34	100	38.00 b
	2	26	31	21	23	24	47	
	3	100	32	37	19	26	100	
3	1	100	31	0	66	0	100	67.56 a
	2	100	100	70	52	19	100	
	3	65	100	100	28	85	100	
ค่าเฉลี่ย		62.11 b	46.56 bc	35.44 c	34.89 c	28.11 c	94.11 a	50

ตารางผนวกที่ 38 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หน้าใบ หลังการปรับปรุง

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	49	82	65	87	100	100	73.222 a
	2	100	28	16	100	90	100	
	3	71	14	27	89	100	100	
2	1	68	71	74	100	100	100	74.278 a
	2	100	27	40	52	79	100	
	3	100	33	26	100	75	92	
3	1	100	100	43	85	100	89	78.722 a
	2	100	16	19	81	88	100	
	3	100	100	25	87	84	100	
ค่าเฉลี่ย		87.556 a	52.333 b	37.222 b	86.778 a	90.667 a	97.889 b	75

ตารางผนวกที่ 39 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หลังใบ หลังการปรับปรุง

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	100	16	14	0	23	30	45.50 a
	2	24	57	20	22	59	100	
	3	100	13	86	28	95	32	
2	1	37	20	53	15	22	29	45.56 a
	2	18	100	49	0	28	100	
	3	100	42	75	87	24	21	
3	1	100	19	100	24	21	38	52.11 a
	2	100	35	18	0	24	100	
	3	100	33	0	26	100	100	
ค่าเฉลี่ย		75.44 a	37.22 bc	46.11 abc	22.44 c	44.00 bc	61.11 ab	48

ตารางผนวกที่ 40 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หน้าใบ หลังการปรับปรุง

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	77	0	23	15	22	100	70.722 a
	2	100	100	89	81	100	100	
	3	100	100	25	67	74	100	
2	1	46	9	0	24	81	48	61.111 a
	2	100	25	18	50	100	100	
	3	100	100	100	46	53	100	
3	1	85	0	21	23	80	100	73.056 a
	2	100	74	97	89	76	100	
	3	100	100	53	35	82	100	
ค่าเฉลี่ย		89.78 a	56.44 bc	47.33 c	47.78 c	74.22 ab	94.22 a	68

ตารางผนวกที่ 41 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หลังใบ หลังการปรับปรุง

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	0	9	12	84	12	18	30.17 a
	2	42	35	68	0	0	100	
	3	100	0	14	16	23	10	
2	1	15	0	0	33	80	27	26.28 a
	2	100	24	0	19	26	83	
	3	17	20	0	0	0	29	
3	1	14	0	20	22	100	36	33.44 a
	2	100	100	0	0	0	82	
	3	16	0	12	0	100	0	
ค่าเฉลี่ย		44.89 a	20.89 a	14.00 a	19.33 a	37.89 a	42.78 a	30

ตารางผนวกที่ 42 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หน้าใบ หลังการปรับปรุง

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	85	18	81	0	100	87	67.56 a
	2	100	74	17	0	66	100	
	3	100	10	93	85	100	100	
2	1	100	67	0	52	100	100	70.28 a
	2	100	33	16	18	85	100	
	3	100	100	32	84	100	78	
3	1	100	26	0	81	100	100	61.39 a
	2	100	22	15	0	100	100	
	3	100	0	41	33	100	87	
ค่าเฉลี่ย		98.33 a	38.89 b	32.78 b	39.22 b	94.56 a	94.67 a	66

ตารางผนวกที่ 43 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 7 รูที่หลังใบ หลังการปรับปรุง

ตำแหน่ง ที่	ซ้ำที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี						ค่าเฉลี่ย
		ทางซ้าย			ทางขวา			
		100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm	
1	1	0	0	40	0	19	0	8.33 b
	2	0	0	26	0	0	12	
	3	16	25	12	0	0	0	
2	1	0	0	19	41	0	15	13.556 ab
	2	0	0	25	0	0	11	
	3	15	28	0	43	30	17	
3	1	0	0	0	0	0	64	25.22 a
	2	8	21	14	0	0	15	
	3	14	77	30	62	49	100	
ค่าเฉลี่ย		5.889	16.78 ab	18.44 ab	16.22 ab	10.889 ab	26.0 a	16

ตารางผนวกที่ 44 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หน้าใบ ทั้ง 18 ตำแหน่ง หลังการปรับปรุง

ตำแหน่งที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี					
	ทางซ้าย			ทางขวา		
	100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm
1	73.33	41.33	38.00	92.00	96.67	100
	ab	bc	c	a	a	a
2	89.33	43.67	46.67	84.00	84.67	97.33
	a	bc	bc	a	a	a
3	100	72.00	29.00	84.33	90.67	96.33
	a	ab	c	a	a	a

ตารางผนวกที่ 45 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 4 รูที่หลังใบ ทั้ง 18 ตำแหน่ง หลังการปรับปรุง

ตำแหน่งที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี					
	ทางซ้าย			ทางขวา		
	100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm
1	74.67	28.67	40	16.67	59	54
	ab	bc	bc	c	abcd	abcd
2	51.67	54.00	59.00	34	24.67	50
	abc	abc	abc	bc	bc	abc
3	100	29.00	39.33	16.67	48.33	79.33
	a	bc	bc	c	abcd	ab

ตารางผนวกที่ 46 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หน้าใบ ทั้ง 18 ตำแหน่ง หลังการปรับปรุง

ตำแหน่งที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี					
	ทางซ้าย			ทางขวา		
	100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm
1	92.33	66.67	45.67	54.33	65.33	100
	ab	abcd	cd	bcd	abcd	a
2	82.00	44.67	39.33	40.00	78.00	82.67
	abcd	cd	d	cd	abcd	abc
3	95.00	58.00	57.00	49.00	79.33	100
	ab	abcd	abcd	cd	abcd	a

ตารางผนวกที่ 47 วิเคราะห์ความแตกต่างการกระจายละอองของหัวฉีดกรวย 5 รูที่หลังใบ ทั้ง 18 ตำแหน่ง หลังการปรับปรุง

ตำแหน่งที่	ตำแหน่งห่างจากตัวเครื่องฉีดพ่นสารเคมี					
	ทางซ้าย			ทางขวา		
	100 cm	125cm	150 cm	150 cm	125 cm	100 cm
1	47.33	14.67	31.33	33.33	11.67	42.67
	ab	ab	ab	ab	ab	ab
2	44.00	14.67	0	17.33	35.33	46.33
	ab	ab	b	ab	ab	ab
3	43.33	33.33	10.67	7.33	66.67	39.33
	ab	ab	ab	ab	a	ab

ตารางภาคผนวกที่ 48 การหาค่า cumulative number percent และ cumulative volume percent เพื่อนำไปหาค่า VMD และ NMD จากแผ่นกระดาษไวนิลของหัวฉีดกรวย
 กลวง 4 รู

Droplet diameter sizing groups	Mean diameter (micron)	Volume of group mean diameter (micron ³)	Number of droplets in group (N)	$\frac{N*100}{\sum N}$ (%)	Cum. Sum (%N)	Vol % in group	Cum. by Vol. (%Ndm ³)	
100	149	124.5	1,929,781.1	7	3.5	3.5	0	0.095
150	199	174.5	5,313,568.6	13	6.5	10.0	0	0.581
200	249	224.5	11,314,856.1	23	11.5	21.5	2	2.411
250	299	274.5	20,683,643.6	16	8.0	29.5	2	4.737
300	349	324.5	34,169,931.1	27	13.5	43.0	6	11.224
350	399	374.5	52,523,718.6	32	16.0	59.0	12	23.042
400	449	424.5	76,495,006.1	35	17.5	76.5	19	41.867
450	499	474.5	106,833,793.6	15	7.5	84.0	11	53.135
500	549	524.5	144,290,081.1	18	9.0	93.0	18	71.397
550	599	574.5	189,613,868.6	3	1.5	94.5	4	75.396
600	649	624.5	243,555,156.1	8	4.0	98.5	14	89.096
650	699	674.5	306,863,943.6	0	0.0	98.5	0	89.096
700	749	724.5	380,290,231.1	2	1.0	99.5	5	94.444
750	799	774.5	464,584,018.6	0	0.0	99.5	0	94.444
800	849	824.5	560,495,306.1	0	0.0	99.5	0	94.444
850	899	874.5	668,774,093.6	0	0.0	99.5	0	94.444
900	949	924.5	790,170,381.1	1	0.5	100.0	6	100.000
950	999	974.5	925,434,168.6	0	0.0	100.0	0	100.000
			200			100		

ตารางภาคผนวกที่ 49 การหาค่า cumulative number percent และ cumulative volume percent เพื่อนำไปหาค่า VMD และ NMD จากแผ่นกระดาษไวต่อน้ำของหัวฉีดกรวย
กลวง 5 รู

Droplet diameter sizing groups	Mean diameter (micron)	Volume of group mean diameter (micron ³)	Number of droplets in group (N)	$\frac{N*100}{\sum N}$ (%)	Cum. Sum (%N)	Vol % in group	Cum. by Vol. (%Ndm ³)	
100	149	124.5	1,929,781.1	4	2.0	2.0	0	0.045
150	199	174.5	5,313,568.6	6	3.0	5.0	0	0.228
200	249	224.5	11,314,856.1	17	8.5	13.5	1	1.338
250	299	274.5	20,683,643.6	18	9.0	22.5	2	3.486
300	349	324.5	34,169,931.1	24	12.0	34.5	5	8.218
350	399	374.5	52,523,718.6	23	11.5	46.0	7	15.187
400	449	424.5	76,495,006.1	34	17.0	63.0	15	30.193
450	499	474.5	106,833,793.6	19	9.5	72.5	12	41.904
500	549	524.5	144,290,081.1	33	16.5	89.0	27	69.376
550	599	574.5	189,613,868.6	6	3.0	92.0	7	75.939
600	649	624.5	243,555,156.1	14	7.0	99.0	20	95.612
650	699	674.5	306,863,943.6	0	0.0	99.0	0	95.612
700	749	724.5	380,290,231.1	2	1.0	100.0	4	100.000
750	799	774.5	464,584,018.6	0	0.0	100.0	0	100.000
800	849	824.5	560,495,306.1	0	0.0	100.0	0	100.000
850	899	874.5	668,774,093.6	0	0.0	100.0	0	100.000
900	949	924.5	790,170,381.1	0	0.0	100.0	0	100.000
950	999	974.5	925,434,168.6	0	0.0	100.0	0	100.000
			200			100		

ตารางภาคผนวกที่ 50 การหาค่า cumulative number percent และ cumulative volume percent เพื่อนำไปหาค่า VMD และ NMD จากแผ่นกระดาษไวต่อน้ำของหัวฉีดกรวย กลวง 7 รู

Droplet diameter sizing groups	Mean diameter (micron)	Volume of group mean diameter (micron ³)	Number of droplets in group (N)	$\frac{N*100}{\sum N}$ (%)	Cum. Sum (%N)	Vol % in group	Cum. by Vol. (%Ndm ³)	
100	149	124.5	1,929,781.0	3	1.5	1.5	0	0.023
150	199	174.5	5,313,569.0	5	2.5	4.0	0	0.130
200	249	224.5	11,314,856.0	25	12.5	16.5	1	1.265
250	299	274.5	20,683,644.0	20	10.0	26.5	2	2.925
300	349	324.5	34,169,931.0	16	8.0	34.5	2	5.118
350	399	374.5	52,523,719.0	20	10.0	44.5	4	9.333
400	449	424.5	76,495,006.0	19	9.5	54.0	6	15.165
450	499	474.5	106,833,794.0	11	5.5	59.5	5	19.880
500	549	524.5	144,290,081.0	29	14.5	74.0	17	36.670
550	599	574.5	189,613,869.0	7	3.5	77.5	5	41.995
600	649	624.5	243,555,156.0	22	11.0	88.5	21	63.495
650	699	674.5	306,863,944.0	8	4.0	92.5	10	73.345
700	749	724.5	380,290,231.0	10	5.0	97.5	15	88.603
750	799	774.5	464,584,019.0	2	1.0	98.5	4	92.332
800	849	824.5	560,495,306.0	2	1.0	99.5	4	96.830
850	899	874.5	668,774,094.0	0	0.0	99.5	0	96.830
900	949	924.5	790,170,381.0	1	0.5	100.0	3	100.00
950	999	974.5	925,434,169.0	0	0.0	100.0	0	100.00
			200			100		

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายกิตติชัย เลิศกาญจนวงศ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 21 พฤษภาคม 2526
สถานที่เกิด	ราชบุรี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต(เกษตรกลวิธาน) คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	