ออกแบบและสร้างแขนกลพนน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพนยอดมะพร้าวที่เกิดดวงเจาะทำลาย

DESIGN AND INVENTION OF A REMOTE-CONTROLLED SPRAYING ARM MOUNTED ON A DRONE FOR SPRAYING COCONUT SHOOTS DESTROYED BY BEETLES

วีรยุทธ พรหมจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ออกแบบและสร้างแขนกลพนน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพนยอดมะพร้าวที่เกิดดวงเจาะทำลาย

วีรยุทธ พรหมจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ออกแบบและสร้างแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย Design and Invention of a Remote-Controlled Spraying Arm Mounted on a Drone for Spraying Coconut Shoots Destroyed by Beetles
ชื่อ – นามสกุล	นายวีรยุทธ พรหมจันทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์เกรียงไกร แซมสีม่วง, วศ.ด.
ปีการศึกษา	2564

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กระวี ตรีอำนรรค, วศ.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์เกรียงไกร แซมสีม่วง, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์สรพงษ์ ภวสุปรีย์, Ph.D.)
วันที่ 5 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ออกแบบและสร้างแขนกลพนน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรนสำหรับฉีดพนยอดมะพราวที่เกิดดวงเจาะทำลาย
ชื่อ - นามสกุล	นายวีรยุทธ พรหมจันทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์เกรียงไกร แซมสีม่วง, D.Eng.
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ได้ทำการออกแบบและสร้างแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรนสำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าว ที่เกิดด้วงเจาะทำลาย ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก คือ ชุดแขนกลพ่นน้ำยาที่สามารถควบคุมการยืดและหดได้ เพื่อให้สามารถฉีดพ่น น้ำยาเข้าสู่เป้าหมายได้อย่างแม่นยำ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดนี้ จะติดตั้งเข้ากับโดรนพ่นยาขนาด 5 ลิตร

ระบบการทำงาน เริ่มต้นจาก การควบคุมโดรน ไปยังต้นมะพร้าวที่มีการเจาะทำลายของตัวด้วง โดยสามารถตรวจดูได้แบบ Real Time ด้วยกล้อง IP Camera ที่แสดงผลผ่าน Smart Phone เมื่อพบร่องรอยการเจาะทำลายของตัวด้วง สามารถสั่งการฉีดพ่นน้ำยาโดยการควบคุมผ่าน Remote Control ที่ภาคพื้นได้แบบทันที

ผลการทดสอบชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน ที่มีระยะความ ยาวแขนพ่น 2 เมตร มีการปรับตั้งหัวฉีดพ่นน้ำยาแบบพุ่งเป็นจุด Solid Jet สามารถฉีดพ่นน้ำยาบริเวณตำแหน่งยอดมะพร้าวได้ อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยผลการทดสอบกับต้นมะพร้าวน้ำหอม ที่ระดับความสูงเฉลี่ย 10.4 m โดยใช้อัตราการฉีดพ่น น้ำยา 0.5 ลิตร/ต้น พบว่า มีความสามารถในการทำงานจริง 2.2 rai/hr อัตราสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.74kw-hr การวิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่าหากรับจ้างฉีดพ่นน้ำยาในอัตรา 200 บาทต่อ ไร่ จะมีจุดคุ้มทุนการทำงานที่ 101.08 ไร่ต่อปี และสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 0.97 ปี

คำสำคัญ: โดรนพ่นยา แขนพ่นน้ำยา ควบคุมระยะไกล ด้วงมะพร้าว

Thesis Title	Design and Invention of a Remote-Controlled Spraying Arm Mounted on a Drone for Spraying Coconut Shoots Destroyed by Beetles
Name - Surname	Mr. Weerayuth Promjan
Major Subject	Agricultural Machinery Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Grianggai Samseemoung, D.Eng.
Academic Year	2021

ABSTRACT

This research aimed to design and invent a remote-controlled spraying arm mounted on a drone for spraying coconut shoots which were destroyed by the beetles. It consisted of the main parts, a sprayer arm that could be controlled to stretch and retract to be able to spray the insecticide hitting the target accurately. Then all devices were mounted to a 5-liter sprayer drone.

The operating system started from ontrolling drone to reach the coconut tree which was stung by the beetles. This could be viewed in real time with the IP Camera displayed through the Smart Phone. When the beetle's puncture traces were found, the insecticide could be sprayed by controlling it via the remote control on the ground immediately.

The research results revealed that a drone-mounted remote-controlled spraying arm with the length of 2 meters with a point solid jet spray nozzle could spray the solution insecticide at Nam-Hom coconut treetop with the highest accuracy and efficiency at an average altitude of 10.4 m. The spraying rate of 0.5 liter/tree had the actual working capacity of 2.2 rai/hr., and the rate of electrical energy consumption was 0.74kW-hr. The analysis of engineering economics indicated that if the service contract for spraying insecticide at the rate of 200 Baht per rai, it would have a break-even point of 101.08 rai per year and payback period was 0.97 years.

Keywords: sprayer drone, spraying arm robots, remote control, rhinoceros beetles

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การออกแบบและสร้างแขนกลพนน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรนสำหรับฉีดพนยอดมะพร้าวที่เกิดด่วงเจาะทำลาย ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยได้รับความกรุณาจาก อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รศ.ดร.เกรียงไกร แซมสีม่วง ประธานกรรมการ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ กรรมการ ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์ และผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก ผศ.ดร.กระวี ตรีอำนรรค ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ให้มีความสมบูรณ์เรียบร้อย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้งานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวของข้าพเจ้า ที่คอยเป็นกำลังใจให้เสมอมา ตลอดจน นางสาวนิลมณี อุทิศผล และนายวีรพจน์ แสงจันทร์ฉาย ที่คอยช่วยประสานงานและเก็บข้อมูลผลทดสอบ สำหรับงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ นักศึกษา นักวิจัย และเกษตรกร ส่วนข้อบกพร่องจากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ด้วยความยินดี

วีรยุทธ พรหมจันทร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (4)
กิตติกรรมประกาศ ..... (5)
สารบัญ ..... (6)
สารบัญตาราง ..... (8)
สารบัญรูป ..... (9)
บทที่ 1 บทนำ 13
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 13
1.2 วัตถุประสงค์ 14
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 14
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 15
บทที่ 2 วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16
2.1 ประเภทของมะพร้าวและวิธีการปลูก 16
2.2 ศัตรูมะพร้าวและวิธีการกำจัด 24
2.3 ชนิดของเครื่องพ่นน้ำยาและส่วนประกอบที่สำคัญ 27
2.4 โดรนเพื่อการเกษตรและระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก 40
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ 54
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 60
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 68
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ 68
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 69
3.3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ 77
3.4 การทดสอบภาคสนาม 80
3.5 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 81

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 83

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลสวนมะพร้าวและลักษณะพื้นที่ปลูก 83

4.2 ผลการออกแบบและสร้างประกอบชุดแขนกลพ่นน้ำยา 84

4.3 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ 87

4.4 ผลทดสอบภาคสนาม 91

4.5 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 93

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 96

5.1 สรุปผล 96

5.2 ข้อเสนอแนะ 97

บรรณานุกรม 98

ภาคผนวก 102

ภาคผนวก ก ตารางบันทึกข้อมูลผลการทดสอบ 103

ภาคผนวก ข ภาพการทดสอบ 108

ภาคผนวก ค แบบรายละเอียดทางวิศวกรรม 116

ภาคผนวก ง การเผยแพร่ผลงาน 123

ประวัติผู้เขียน 139

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลวิธีการปลูกมะพร้าว 22
ตารางที่ 2.2 สารเคมีที่ได้จากสารออกฤทธิ์และสารตัวนำ 27
ตารางที่ 2.3 ความสามารถในการทำงานของปั๊มชนิดต่างๆ 34
ตารางที่ 2.4 การปรับความสูงของแขนพ่นกับมุมการกระจายน้ำยา 39
ตารางที่ 3.1 แสดงแนวทางการออกแบบ ชุดอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา 71
ตารางที่ 3.2 ตารางสอบเทียบการมองเห็นภาพ กล้อง IP Camera 78
ตารางที่ 3.3 ตารางสอบเทียบการกระจายตัวของน้ำยา หัวฉีดพ่นน้ำยา Spray Nozzle 80
ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลการปลูกต้นมะพร้าวน้ำหอม 84
ตารางที่ 4.2 แสดงน้ำหนักชิ้นส่วนอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา 86
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบ ระยะยืด-หด แขนพ่นน้ำยา 88
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบภาคสนาม 92
ตารางที่ 4.5 แสดงผลทดสอบสมรรถนะการทำงาน 92
ตารางที่ 4.6 แสดงต้นทุน การสร้างประกอบชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกล แบบติดตั้งกับโดรน 93
ตารางที่ 4.7 แสดงต้นทุนโดรน แบตเตอร์รี่และเครื่องชาร์จแบตเตอร์รี่ 93

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของต้นมะพร้าว 17
รูปที่ 2.2 ลักษณะของใบมะพร้าว (leaf) 18
รูปที่ 2.3 ลักษณะดอกมะพร้าว 19
รูปที่ 2.4 ลักษณะผลมะพร้าว 20
รูปที่ 2.5 ลักษณะลำต้นมะพร้าว 21
รูปที่ 2.6 แสดงพื้นที่ปลูกมะพร้าวต้นเตี้ย และการลำเลียงผลผลิต 22
รูปที่ 2.7 แสดงพื้นที่ปลูกมะพร้าวต้นสูง และการเก็บผลผลิต 22
รูปที่ 2.8 แผนผังการปลูกมะพร้าวแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส 23
รูปที่ 2.9 แผนผังการปลูกมะพร้าวแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า 23
รูปที่ 2.10 ลักษณะของด้วงแรด 24
รูปที่ 2.11 ลักษณะของด้วงงวงมะพร้าว 25
รูปที่ 2.12 ลักษณะการเข้าทำลายของด้วงแรดและด้วงงวงมะพร้าว 25
รูปที่ 2.13 เครื่องพ่นยาสะพายไหล่แบบใช้แรงงานคน 28
a) แบบอัดอากาศ b) แบบสูบโยก .....
รูปที่ 2.14 เครื่องพ่นยาสะพายไหล่แบบสะพายไหล่ที่ใช้เครื่องยนต์ขับ 29
รูปที่ 2.15 เครื่องพ่นยาแบบผสมอากาศที่ใช้ในสวนผลไม้ 30
รูปที่ 2.16 ขนาดของละอองจากเครื่องพ่นยาแบบผสมอากาศ 30
รูปที่ 2.17 ระบบกวนน้ำยาแบบกลไก 31
รูปที่ 2.18 ระบบกวนน้ำยาแบบแรงดันน้ำ 32
รูปที่ 2.19 ระบบกวนกวนน้ำยาแบบใช้ฟองอากาศ 32
รูปที่ 2.20 ชนิดของปั๊มที่ใช้กับเครื่องพ่นยา 33
รูปที่ 2.21 การทำงานของลิ้นปล่อยความดัน 35
รูปที่ 2.22 แสดงมาตรวัดความดัน 35
รูปที่ 2.23 การกระจายตัวของละอองน้ำยาจากหัวฉีด 36
รูปที่ 2.24 การติดตั้งหัวฉีดที่ตำแหน่งต่างๆ 37
รูปที่ 2.25 การใช้หัวฉีดหน้ากว้างโดยไม่มีแขนพ่น 37

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.26 ส่วนประกอบที่สำคัญของหัวฉีด 38
รูปที่ 2.27 ชนิดของกรองหัวฉีด 39
รูปที่ 2.28 ส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องพ่นยา 40
รูปที่ 2.29 ตัวอย่างโดรนที่ใช้งานในภาคธุรกิจต่างๆ 41
รูปที่ 2.30 ตัวลำของอากาศยานแบบสี่ใบพัด 42
รูปที่ 2.31 ชุดควบคุมการบิน 43
รูปที่ 2.32 ชุดรับ-ส่งสัญญาณควบคุมการบินภาคพื้นดิน 43
รูปที่ 2.33 ชุดรับ-ส่งสัญญาณควบคุมการบินภาคอากาศ 44
รูปที่ 2.34 มอเตอร์กระแสตรง ชนิดไร้แปรงถ่าน 44
รูปที่ 2.35 แบตเตอรี่แบบ NiMH 45
รูปที่ 2.36 แบตเตอรี่แบบ LiPo 46
รูปที่ 2.37 ใบพัดแบบรอบจัด 46
รูปที่ 2.38 ใบพัดแบบรอบต่ำ 47
รูปที่ 2.39 การควบคุมโดรน ให้ลอยตัวอยู่กับที่ (Hovering) 48
รูปที่ 2.40 การควบคุมโดรน ให้บินขึ้น-ลง (Throttle) 48
รูปที่ 2.41 การควบคุมโดรน ให้เอียงตัวซ้าย-ขวา (Roll) 49
รูปที่ 2.42 การควบคุมโดรน ให้เงยหรือก้ม (Pitch) 50
รูปที่ 2.43 การควบคุมโดรน ให้หมุนตัว (Yaw) 50
รูปที่ 2.44 ตำแหน่งของดาวเทียมที่โคจรรอบโลก 52
รูปที่ 2.45 เครื่อง GPS รับสัญญาณมาจากดาวเทียม 4 ดวง 52
รูปที่ 2.46 ลักษณะแขนกลแบบ Cartesian Robot 54
รูปที่ 2.47 ลักษณะแขนกลแบบ Cylindrical Robot 54
รูปที่ 2.48 ลักษณะแขนกลแบบ Spherical Robot 55
รูปที่ 2.49 ลักษณะแขนกลแบบ Articulated Robot 55
รูปที่ 2.50 ลักษณะแขนกลแบบ SCARA Robot 55
รูปที่ 2.51 รอกเดี่ยวตายตัว 56

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.52 รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ 57
รูปที่ 2.53 รอกพวงระบบที่ 1 57
รูปที่ 2.54 รอกพวงระบบที่ 2 58
รูปที่ 2.55 รอกพวงระบบที่ 3 58
รูปที่ 3.1 แสดงข้อมูลแปลงปลูกมะพร้าว และการเก็บข้อมูลทางกายภาพ..... 70
รูปที่ 3.2 ภาพมุมมอง ทางด้านหน้าของโดรน 70
รูปที่ 3.3 ภาพมุมมอง ทางด้านข้างของโดรน 71
รูปที่ 3.4 ระบบควบคุมการทำงาน ชุดอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา 73
รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบชุดแขนกลพ่นน้ำยา 74
รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบชุดควบคุมการทำงาน Control System 75
รูปที่ 3.7 การยืด-หด แขนพ่นน้ำยา 75
รูปที่ 3.8 วงจรรีเลย์ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ DC ให้หมุนซ้ายและหมุนขวา 76
รูปที่ 3.9 แผงวงจร กลับทิศทางการหมุน DC- MOTOR 76
รูปที่ 3.10 การต่อใช้งาน แผงวงจรกลับทิศทางการหมุน DC- MOTOR กับแบตเตอรี่ของโดรน 76
รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะ กล้อง IP Camera รุ่น V starcam C90S 77
รูปที่ 3.12 การทดสอบการเคลื่อนที่ยืดออกและหดเข้าของชุดแขนกลพ่นน้ำยา 77
รูปที่ 3.13 ลักษณะแผ่นทดสอบ กล้อง IP Camera 78
รูปที่ 3.14 ลักษณะแผ่นทดสอบ หัวฉีดพ่นน้ำยา Spray Nozzle 79
รูปที่ 3.15 ลักษณะการทดสอบภาคสนาม 80
รูปที่ 4.1 แสดงพื้นที่ปลูกมะพร้าวน้ำหอม 83
รูปที่ 4.2 แสดงการวัดค่า ความสูง ระยะห่างต้น ระยะห่างแถว และรัศมีทรงพุ่ม 84
รูปที่ 4.3 แสดงผลการออกแบบชุดแขนกลพ่นน้ำยา 85
รูปที่ 4.4 แสดงการประกอบและติดตั้งชุดแขนกลพ่นน้ำยาเข้ากับโดรน 85
รูปที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบน้ำหนักชิ้นส่วนชุดแขนกลพ่นน้ำยา 86

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.6 แสดงการทำงานของแขนพ่นน้ำยา 87
รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบกล้อง IP Camera 89
รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดพ่นน้ำยาและความดัน 90
รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของน้ำยากับระดับความสูง 90
รูปที่ 4.10 แสดงการทดสอบชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย..... 91

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เกษตรกรชาวสวนมะพร้าว มักจะประสบปัญหาผลผลิตมะพร้าวลดน้อยลงและต้นมะพร้าวตาย เนื่องจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูมะพร้าว โดยศัตรูมะพร้าวที่สำคัญแบ่งออกได้ 2 จำพวก คือ 1) ศัตรูมะพร้าวจำพวกที่เข้าทำลายบริเวณส่วนใบของต้นมะพร้าว เช่น หนอนหัวดำ และแมลงดำหนามมะพร้าว หากเกิดการแพร่ระบาดอย่างรุนแรงจะทำให้อัตราผลผลิตของมะพร้าวลดต่ำลง สามารถป้องกันและกำจัดได้ด้วยวิธีการฉีดพ่นสารเคมี ไปยังเป้าหมายบริเวณส่วนใบของต้นมะพร้าว ด้วยเครื่องพ่นยาแรงดันสูง 2) ศัตรูมะพร้าวจำพวกที่เข้าทำลายบริเวณส่วนยอดอ่อนของต้นมะพร้าว เช่น ด้วงแรด และด้วงงวงมะพร้าว ซึ่งจัดเป็นศัตรูมะพร้าวที่สำคัญมาก เนื่องจากเมื่อด้วงแรดเข้าเจาะทำลายหรือกัดกินยอดมะพร้าวแล้ว ด้วงงวงมะพร้าวก็จะเข้าไปวางไข่บริเวณรอยเจาะดังกล่าวนั้น เพื่อขยายพันธุ์และกัดกินยอดอ่อนมะพร้าวต่ออีกรอบ ซึ่งหากเกิดการแพร่ระบาดอย่างรุนแรงและไม่ได้รับการรักษาอย่างทันท่วงที จะส่งผลให้มะพร้าวยืนต้นตายได้ ดังนั้นหากเกษตรกรสามารถกำจัดด้วงแรดได้ ด้วงงวงมะพร้าวก็ไม่สามารถเข้าไปวางไข่ได้ เช่นกัน โดยสามารถป้องกันและกำจัดได้ด้วยวิธีการฉีดพ่นสารเคมีไปยังเป้าหมาย บริเวณส่วนยอดของต้นมะพร้าว แต่เนื่องจากปัญหาด้านความสูงของต้นมะพร้าว ส่งผลให้การฉีดพ่นสารเคมีกระทำได้ยาก และปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับ (UAV) หรือโดรน มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วและมีการแข่งขันทางการตลาดค่อนข้างสูง ส่งผลให้โดรน มีสรรถนะการทำงานที่สูงขึ้น และมีแนวโน้มด้านราคาที่ลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว อีกทั้ง ยังมีการนำโดรน มาใช้เพื่อการเกษตรกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น เช่น การฉีดพ่นสารกำจัดแมลงในนาข้าว การหว่านเมล็ดพืช การสำรวจพื้นที่เพาะปลูกพืช เป็นต้น

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัย จึงมีแนวคิดประดิษฐ์อุปกรณ์ชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรชาวสวนมะพร้าว และยังสามารถประยุกต์ใช้งานฉีดพ่นน้ำยาหรือสารทางใบอื่นๆ สำหรับพืชที่มีลักษณะใกล้เคียงกับมะพร้าวได้ เช่น ปาล์มน้ำมัน อินทผาลัม ตาลโตนด เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการออกแบบ ชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย

1.2.2 เพื่อออกแบบและสร้าง ชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย

1.2.3 เพื่อทดสอบและประเมินผลสมรรถนะการทำงาน ชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย ในห้องปฏิบัติการ

1.2.4 เพื่อทดสอบและประเมินผลสมรรถนะการทำงาน ชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย ภาคสนาม

1.2.5 วิเคราะห์และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการทำงาน จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาวิจัยสำหรับพื้นที่ปลูกมะพร้าวน้ำหอม ที่ระดับความสูงไม่เกิน 15 เมตร โดยเก็บข้อมูลทางกายภาพของต้นมะพร้าว ได้แก่ ความสูง ระยะห่างระหว่างแถว ระยะห่างระหว่างต้น และรัศมีทรงพุ่มของต้นมะพร้าว

1.3.2 การออกแบบชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย สำหรับติดตั้งใช้งานกับโดรนเกษตรขนาดบรรทุก 5 กิโลกรัม

1.3.3 การทดสอบและประเมินผลสมรรถนะการทำงาน ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาค่าที่เหมาะสม ดังนี้ ระยะยืด-หด ชุดแขนกล ระยะติดตั้งกล้อง IP Camera รูปแบบการปรับหัวฉีดพ่นน้ำยา ระดับแรงดันน้ำยา และระยะห่างจากเป้าหมายฉีดพ่น

1.3.4 การทดสอบและประเมินผลสมรรถนะการทำงาน ภาคสนาม เพื่อหาค่าอัตราการฉีดพ่นน้ำยา ความสามารถในการทำงานจริง และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

1.3.5 การวิเคราะห์และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการทำงาน จุดคุ้มทุน และระยะเวลาคืนทุน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ต้นแบบ ชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย

1.4.2 สามารถประยุกต์ใช้งานฉีดพ่นน้ำยาหรือสารทางใบอื่นๆ สำหรับพืชที่มีลักษณะใกล้เคียงกับมะพร้าว เช่น ปาล์มน้ำมัน อินทผาลัม ตาลโตนด เป็นต้น

1.4.3 สามารถนำไปต่อยอด และขยายผลเชิงพาณิชย์ได้

บทที่ 2
วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของมะพร้าวและวิธีการปลูก

มะพร้าวเป็นพืชที่ปลูกง่ายและสามารถปลูกได้ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย คนไทยนิยมปลูกมะพร้าวเพื่อการบริโภคในครัวเรือน และเกษตรกรยังสามารถปลูกมะพร้าวเพื่อการค้าได้ เนื่องจากมะพร้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความต้องการสูงทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ตลอดจนเราสามารถปลูกต้นมะพร้าวเพื่อความสวยงาม ช่วยเพิ่มทัศนียรูปที่สวยงามตามสถานที่ท่องเที่ยว มะพร้าวสามารถแบ่งออกได้ เป็น 2 ประเภท คือ

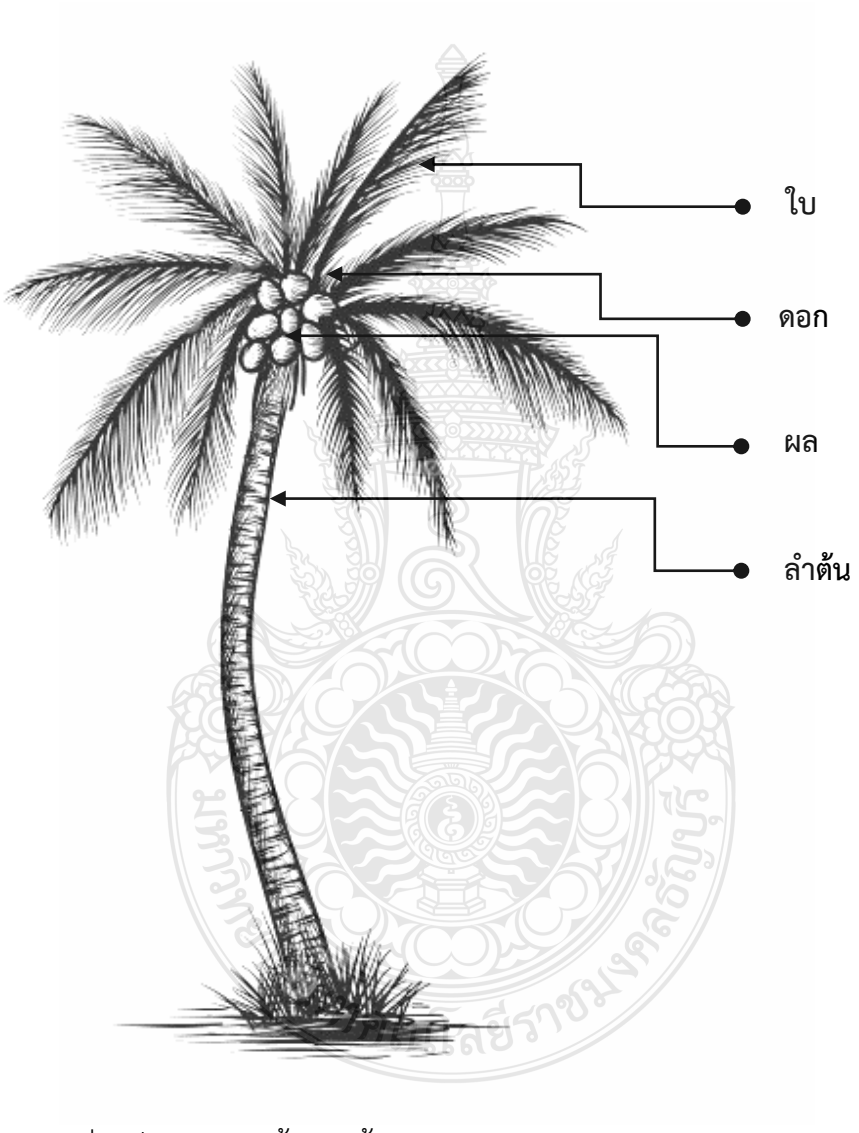
1) ประเภทต้นเตี้ย มีการผสมตัวเองค่อนข้างสูงจึงมักให้ผลดกและไม่ค่อยกลายพันธุ์ ส่วนใหญ่นิยมปลูกไว้เพื่อรับประทานผลอ่อน เพราะในขณะที่ผลยังไม่แก่อายุประมาณ 4 เดือน เนื้อมีลักษณะอ่อนนุ่ม และน้ำมีรสหวาน บางพันธุ์มีกลิ่นหอม ต้นเตี้ยโตเต็มที่สูงประมาณ 12 เมตร ให้ผลเมื่ออายุ 3-4 ปี มะพร้าวประเภทนี้มีหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น เปลือกสีเขียวเหลือง นวลน้ำตาลแดง หรือสีส้ม น้ำมีรสหวาน มีกลิ่นหอม มะพร้าวต้นเตี้ยทุกพันธุ์มีผลขนาดเล็ก เมื่อผลแก่มีเนื้อบางและน้อย เช่น พันธุ์นกคุ่ม หมูสีเขียว หมูสีเหลือง นาฬิกา น้ำหอม มะพร้าวเตี้ย มะพร้าวไฟ

2) ประเภทต้นสูง มักผสมข้ามพันธุ์คือ ในแต่ละช่อดอก (จั่น) หนึ่งๆ ดอกตัวผู้จะค่อยๆ ทยอยบาน และร่วงไปหมดก่อนที่ดอกตัวเมียในจั่นนั้นจะเริ่มบานจึงไม่มีโอกาสผสมตัวเอง มะพร้าวประเภทนี้มักใช้ผลแก่เพื่อประกอบอาหารหรือใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช เพราะมีผลโตเนื้อหนาปริมาณเนื้อมาก ต้นสูงโตเต็มที่ประมาณ 18 เมตร ให้ผลเมื่ออายุ 5-6 ปี มีชื่อเรียกต่างๆ เช่น พันธุ์กะโหลก มะพร้าวกลาง ปากจก ทะลายร้อย เปลือกหวาน

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร 2560 ได้สำรวจพบว่า มีการปลูกมะพร้าวกะทิ ในพื้นที่ 67 จังหวัด จำนวนผู้ปลูกประมาณ 187,982 ราย เนื้อที่ปลูกประมาณ 1,069,400 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 87.73 จังหวัดที่ปลูกมากที่สุด ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี และชุมพร มีการปลูกมะพร้าวน้ำหอม ในพื้นที่ 65 จังหวัด จำนวนผู้ปลูกประมาณ 43,922 ราย เนื้อที่ปลูกประมาณ 130,876 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 10.74 จังหวัดที่ปลูกมากที่สุด ได้แก่ ราชบุรี สมุทรสาคร และชลบุรี มีการปลูกมะพร้าวน้ำตาล ในพื้นที่ 3 จังหวัด จำนวนผู้ปลูกประมาณ 2,337 ราย เนื้อที่ประมาณ 18,749 ไร่ คิดเป็นร้อยละ1.54 จังหวัดที่ปลูกมากที่สุด ได้แก่ สมุทรสงคราม เพชรบุรี และราชบุรี

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะพร้าว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Cocos nucifera L. อยู่ในตระกูล Palmae มีระบบรากเป็นรากฝอยมีขนาดเท่าๆ กัน แผ่กระจายออกรอบต้น ลำต้น มีลำต้นเดียว ไม่แตกแขนง มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้น สามารถคำนวณอายุของต้นมะพร้าวได้จากรอยแผลนี้ คือ ในปีหนึ่งมะพร้าวจะสร้างใบประมาณ 12- 14 ใบ ดังนั้นใน 1 ปี จะมีรอยแผลที่ลำต้น 12 – 14 รอยแผล



รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของต้นมะพร้าว

ใบมะพร้าว มีสีเขียวขนาดกว้างประมาณ 2-5 เซนติเมตร ยาว 50-100 เซนติเมตร ใบมะพร้าวเรียงติดกันเป็นแผงทั้งสองข้างทางมะพร้าว ประมาณ 200-240 ใบ ใบที่อยู่ส่วนโคนของทางและตอนปลายทางจะสั้นมากประมาณ 30 เซนติเมตร ส่วนใบที่ติดอยู่ตรงกลางยาวมากถึง 100 เซนติเมตร กว่าขึ้นไปทางมะพร้าวยาวประมาณ 5-6.5 เมตร ก้านทางยาวประมาณ 1.2-1.65 เมตร ทางมะพร้าวที่อยู่บนยอดมะพร้าว ติดเรียงเวียนรอบต้นเหมือนกับเกลียวของตะปูควง ซึ่งมีทั้งเกลียวเวียนซ้ายและเวียนขวา แต่ละทางติดเวียนรอบต้นห่างกันเป็นมุม 137-140 องศา ต้นมะพร้าวที่ออกผลจะมีทางบนต้น 30-35 ทาง จำนวนทางบนต้นมะพร้าวไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของต้น สิ่งแวดล้อมที่ปลูก ปุ๋ยที่ใช้และฤดูกาล ต้นมะพร้าวที่แข็งแรงปลูกในดินดี ปุ๋ยดี จะมีทางบนต้นมากเฉลี่ยประมาณ 12 ทาง และสามารถอยู่บนต้นได้นาน 2.5-3 ปี

รูปที่ 2.2 ลักษณะของใบมะพร้าว (leaf)

ดอกมะพร้าว มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่แยกกัน แต่ดอกทั้งสองชนิดอยู่ในช่อดอกหรือจั่นเดียวกัน บริเวณที่มะพร้าวจะออกจั่น คือ บนลำต้นตรงโคนทางที่อยู่ในซอกมุมใบมะพร้าวที่ออกดอกแล้ว ที่โคนทางจะมีตาดอกอยู่ทุกโคนทาง เมื่อตาดอกเจริญเติบโตเป็นจั่นแล้ว จะโผล่ออกมาจากโคนทาง เมื่อออกมาใหม่ๆจะมีกาบหุ้มจั่นหรือช่อดอกไว้ ทำให้มองดูคล้ายกับใบหอกมีปลายแหลม เมื่อจั่นโตเต็มที่จะแตกออกตามแนวยาวจากปลายมาหาโคน ทำให้เห็นช่อดอกอยู่ภายใน ซึ่งประกอบด้วย ก้านช่อดอก อยู่ตอนโคนและตั้งแต่ตอนกลางถึงปลายช่อมีแขนงแยกออกเป็นระแง้ ที่โคนของระแง้แต่ละอันมีดอกตัวเมีย 1-10 ดอก แต่บางที่เราจะพบจั่นมะพร้าวบางจั่นไม่มีดอกตัวเมียเลย การบานของดอก โดยดอกตัวผู้จะเริ่มบานเมื่อกาบหุ้มจั่นเปิดออก ซึ่งดอกตัวผู้ที่อยู่ตอนยอดของจั่นเริ่มบานก่อน แต่ละดอกจะ

บานอยู่ประมาณ 1 วัน ก็ร่วงหล่นไป ระยะเวลาตั้งแต่ดอกตัวผู้ดอกแรกบานถึงดอกสุดท้ายโรย กินเวลาประมาณ 20-24 วัน หลังจากดอกตัวผู้โรยหมดแล้ว 1-4 วัน ดอกตัวเมียจึงจะเริ่มบาน ระยะเวลาบานรับละอองเกสรกินเวลานาน 1-2 วัน ดังนั้น การผสมพันธุ์จึงใช้ละอองเกสรตัวผู้จากช่อดอกเดียวกันไม่ได้ ลักษณะดังกล่าวเป็นการบานผสมพันธุ์ของมะพร้าวต้นสูง ส่วนมะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ยการบานของดอกจะแตกต่างกับต้นสูง ซึ่งจะเป็นแบบลักษณะที่ผสมตัวเอง จากลักษณะการผสมพันธุ์ที่ไม่เหมือนกันนี้จึงเป็นลักษณะหนึ่งที่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์ต้นเตี้ยและพันธุ์ต้นสูง

รูปที่ 2.3 ลักษณะดอกมะพร้าว

ผลมะพร้าวประกอบด้วยเนื้อเยื้อ 3 ชั้น ดังนี้

1) Exocarp คือ ส่วนเปลือกนอกสุด สีของเปลือกจะมีตั้งแต่เขียว เหลือง น้ำตาล น้ำตาลแดง และสีงาช้าง

2) Mesocarp คือ ส่วนเนื้อเยื่อถัดจากเปลือกชั้นนอก จะมีลักษณะเป็นเส้นใยและหยุ่น มีความหนาประมาณ 2-5 เซนติเมตร

3) Endocarp คือส่วนของกะลาซึ่งเป็นส่วนเนื้อเยื่อที่แข็งที่สุด มีรูปร่างกลมมีขั้วตา 3 ตา ภายในประกอบด้วยseed coat มีลักษณะเป็นแผ่นเนื้อเยื่อบางๆสีน้ำตาลถัดจาก seed coat จะเป็น

ส่วนเนื้อมะพร้าว solid - endosperm และน้ำมะพร้าว เนื้อมะพร้าวขณะยังอ่อนเนื้อจะบางและอ่อนนิ่ม ผลแก่เนื้อจะแข็ง หนาประมาณ 4-10 มิลลิเมตร ส่วนของเมล็ดคือส่วนของ Endocarp หรือส่วนที่ถูกห่อหุ้มด้วยกะลาทั้งหมดนั่นเอง ส่วนของคัพพะ Embryo จะแทรกอยู่ตรงตานิ่ม เมื่อผลแก่จัดและอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะพัฒนาเป็นหน่อแทงออกนอกกะลาเจริญเป็นต้นใหม่ต่อไป

รูปที่ 2.4 ลักษณะผลมะพร้าว

ลำต้นมะพร้าว Stem มีลำต้นเดียว ไม่แตกแขนง มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้น สามารถคำนวณอายุของต้นมะพร้าวได้จากรอยแผลนี้ คือ ในปีหนึ่งมะพร้าวจะสร้างใบประมาณ 12-14 ใบ ดังนั้นใน 1 ปี จะมีรอยแผลที่ลำต้น 12-14 รอยแผล ลำต้นมะพร้าวมีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอก บริเวณส่วนโคนซึ่งสูงพ้นจากดินประมาณ 1 เมตร จะใหญ่กว่าส่วนลำต้นซึ่งมองดูลักษณะเป็นรูปกรวยคว่ำ ภาษาไทยเรียกว่าสะโพกภาษาอังกฤษเรียกว่า Bole เป็นที่ซึ่งต้นมะพร้าวผลิตรากออกไป ถ้าหากบริเวณนี้ผุโดยสิ่งแวดล้อมภายนอกหรือโดยที่ต้นมะพร้าวอายุแก่เกินไปต้นมะพร้าวก็สามารถผลิตรากออกจากลำต้นโดยตรงได้ลำต้นมะพร้าวมะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 25-30 เซนติเมตร มองดูเป็นปล้องๆ ซึ่งปล้องนี้เป็นที่เกิดจากโคนทางและจั่นที่เคยติดอยู่กับลำต้นแล้วเหี่ยวแห้งหลุดไป ลำต้นมะพร้าวไม่มีเยื่อรอยแผลเป็นเจริญเติบโต จึงไม่มีการขยายตัวทางด้านข้าง เมื่อกำเนิดมีลำต้นขนาดเท่าใดก็มีขนาดเดิมไปตลอดชีวิตและถ้าลำต้นเกิดมีรอยแผลเป็นขึ้น รอยแผลนั้นจะคงอยู่ตลอดไป ต้นมะพร้าวไม่สามารถสร้างเซลล์ออกมาทำให้รอยแผลนั้นหายไปได้ ลำต้นมะพร้าวเจริญเติบโตทางด้านความสูงทางเดียว เพราะที่ยอดมะพร้าวมีตาเจริญเติบโตอยู่ตาเดียว ถ้าตานี้ถูกทำลายมะพร้าวทั้งต้นก็ตายไปด้วยในบางกรณีจะเห็นว่าลำต้นมะพร้าวมีขนาดลำต้นไม่สม่ำเสมอบางส่วนขอดเล็ก ถัดขึ้นไปมีขนาดโตขึ้นที่เป็นดังนี้เพราะว่าในขณะที่ลำต้นกำลังเจริญเติบโตถ้าฝนฟ้าอำนวยและดินอุดมสมบูรณ์ลำต้นก็ใหญ่ แต่ถ้าขาดความอุดมสมบูรณ์ลำต้นก็เล็ก

รูปที่ 2.5 ลักษณะลำต้นมะพร้าว

การปลูกมะพร้าวในประเทศไทยส่วนใหญ่จะคำนึงถึงลักษณะทางภูมิศาสตร์ สามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1) แบบสลับร่องน้ำ เหมาะสำหรับพื้นที่ลุ่มใกล้แหล่งน้ำ นิยมปลูกมะพร้าวต้นเตี้ยหรือมะพร้าวน้ำหอม ลักษณะการปลูกแบบสลับร่องน้ำ มีข้อดีคือสามารถควบคุมการให้น้ำได้ง่าย เพียงแค่สูบน้ำเข้าและสูบน้ำออกจากร่องสวน โดยสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ด้วยวิธีการลำเลียงผลมะพร้าวผ่านทางร่อง โดยแหล่งผลิตมะพร้าวน้ำหอมที่สำคัญของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดนครปฐม และจังหวัดราชบุรี และจัดได้ว่าเป็นแหล่งปลูกมะพร้าวที่ให้รสชาติของมะพร้าวน้ำหอมหวานอร่อยกว่าที่อื่น ๆ ซึ่งเกษตรกรยึดอาชีพปลูกมะพร้าวน้ำหอมกันมานานกว่า 20 ปี และมีล้งมะพร้าวน้ำหอมกระจายอยู่ทั่วไป เพื่อรองรับผลผลิตสำหรับป้อนตลาดทั้งในและต่างประเทศ ปัจจุบันมีประมาณ 105 ล้ง เกษตรกรผู้ปลูกมะพร้าวน้ำหอมสามารถจำหน่ายมะพร้าวน้ำหอมได้หลากหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น น้ำมะพร้าวแช่เย็น มะพร้าวทั้งผลปอกตัดแต่ง มะพร้าวเผา วุ้นในลูกมะพร้าว เป็นต้น

2) แบบร่องสวน เหมาะสำหรับพื้นที่สูงหรือเชิงเขา ห่างไกลจากแหล่งน้ำ นิยมปลูกมะพร้าวต้นสูงหรือมะพร้าวกะทิ ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดชุมพร

รูปที่ 2.6 แสดงพื้นที่ปลูกมะพร้าวต้นเตี้ย และการลำเลียงผลผลิต

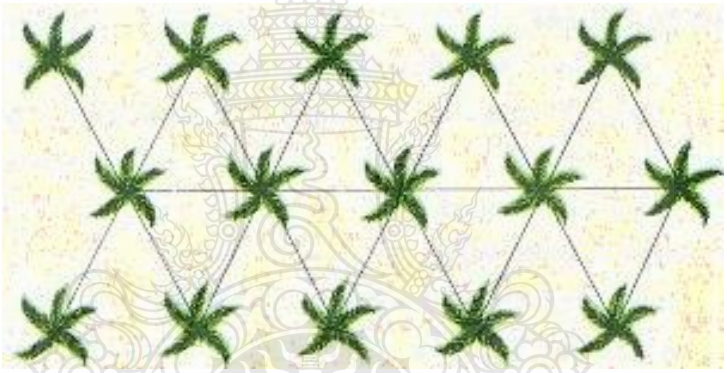
รูปที่ 2.7 แสดงพื้นที่ปลูกมะพร้าวต้นสูง และการเก็บผลผลิต

2.1.2 แผนผังสำหรับปลูกต้นมะพร้าว มี 2 แบบ คือ แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส และแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลวิธีการปลูกมะพร้าว

ประเภทต้นมะพร้าว	แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส		แบบสามเหลี่ยมด้านเท่า	
	ระยะปลูก (เมตร)	จำนวนต้น (ต้น/ไร่)	ระยะปลูก (เมตร)	จำนวนต้น (ต้น/ไร่)
ต้นเตี้ย	6x6	44	6.5x5.6	43
ต้นสูง	9x9	20	9x7.8	42

รูปที่ 2.8 แผนผังการปลูกมะพร้าวแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส



รูปที่ 2.9 แผนผังการปลูกมะพร้าวแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า

2.2 ศัตรูมะพร้าวและวิธีการกำจัด

ศัตรูมะพร้าวที่สำคัญแบ่งออกได้ 2 จำพวก คือ 1) ศัตรูมะพร้าวจำพวกที่เข้าทำลายบริเวณส่วนใบของต้นมะพร้าว เช่น หนอนหัวดำ และแมลงดำหนามมะพร้าว หากเกิดการแพร่ระบาดอย่างรุนแรงจะทำให้อัตราผลผลิตของมะพร้าวลดต่ำลง สามารถป้องกันและกำจัดได้ด้วยวิธีการฉีดพ่นสารเคมี ไปยังเป้าหมายบริเวณส่วนใบของต้นมะพร้าว ด้วยเครื่องพ่นยาแรงดันสูง จากภาคพื้นดิน 2) ศัตรูมะพร้าวจำพวกที่เข้าทำลายบริเวณส่วนยอดอ่อนของต้นมะพร้าว เช่น ด้วงแรด และด้วงงวงมะพร้าว ซึ่งจัดเป็นศัตรูมะพร้าวที่สำคัญมาก เนื่องจากเมื่อด้วงแรดเข้าเจาะทำลายหรือกัดกินยอดมะพร้าวแล้ว ด้วงงวงมะพร้าวก็จะเข้าไปวางไข่บริเวณรอยเจาะดังกล่าวนั้น เพื่อขยายพันธุ์และกัดกินยอดอ่อนมะพร้าวต่ออีกรอบ ซึ่งหากเกิดการแพร่ระบาดอย่างรุนแรงและไม่ได้รับการรักษาอย่างทันท่วงที จะส่งผลให้มะพร้าวยืนต้นตายได้ ดังนั้นหากเกษตรกรสามารถกำจัดด้วงแรดได้ ด้วงงวงมะพร้าวก็ไม่สามารถเข้าไปวางไข่ได้เช่นกัน โดยสามารถป้องกันและกำจัดได้ด้วยวิธีการฉีดพ่นสารเคมี ไปยังเป้าหมาย บริเวณส่วนยอดของต้นมะพร้าว แต่เนื่องจากปัญหาด้านความสูงของต้นมะพร้าว ส่งผลให้การฉีดพ่นสารเคมีกระทำได้ยาก

ด้วงแรดมะพร้าว Oryctes rhinoceros ลักษณะลำตัวมีสีน้ำตาลแดงเกือบดำ มีขนสีน้ำตาลอ่อนที่ด้านข้างของส่วนหัว อก ขา และด้านล่างของลำตัว ตัวผู้มีเขาคล้ายนอแรดที่ส่วนหัวค่อนข้างยาว ตัวเมียมีลักษณะคล้ายตัวผู้แต่มีเขาสั้นกว่า และที่ส่วนปลายของท้องด้านล่างมีขนเยอะกว่าตัวผู้ และมีขนาดใหญ่กว่าตัวผู้ไม่มาก มีขนาดโตเต็มที่ประมาณ 37-45 มิลลิเมตร นับว่าเป็นด้วงกว่างที่มีระยะเวลาเจริญเติบโตเร็วมาก วงจรชีวิต ตั้งแต่ไข่จนถึงตัวเต็มวัย ใช้เวลา 4-9 เดือน โดยเฉลี่ยประมาณ 6 เดือน ลักษณะการเข้าทำลาย พบเฉพาะตัวเต็มวัยเท่านั้นที่เป็นศัตรูพืช โดยบินขึ้นไปกัดเจาะโคนทางใบมะพร้าวหรือปาล์มน้ำมัน ทำให้ทางใบหักง่าย และยังกัดเจาะทำลายยอดอ่อน ทำให้ทางใบที่เกิดใหม่ไม่สมบูรณ์ มีลักษณะเป็นรอยขาดแหว่งเป็นริ้วๆ คล้ายรูปสามเหลี่ยม ถ้าโดนทำลายมากๆ ทำให้ใบที่เกิดใหม่แคระแกรน รอยแผลที่ถูกด้วงแรดกัดเป็นเนื้อเยื่ออ่อน ทำให้ด้วงงวงมะพร้าวเข้ามาวางไข่ หรือเป็นทางให้เกิดโรคยอดเน่า จนถึงอาการยืนต้นตายได้ในที่สุด

ด้วงตัวผู้ ด้วงตัวเมีย

รูปที่ 2.10 ลักษณะของด้วงแรด

ด้วงงวงมะพร้าว Red palm weevil จัดว่าเป็นด้วงงวงขนาดกลาง ตัวเต็มวัย ปีกมีสีน้ำตาลดำ อกมีสีน้ำตาลและมีจุดสีดำ มีขนาดลำตัวยาวประมาณ 25-28 มิลลิเมตร ทั้งตัวผู้และตัวเมียมีขนาดและลักษณะภายนอกคล้ายคลึงกัน ต่างกันที่ตัวผู้มีขนที่ด้านบนของงวงใกล้ส่วนปลาย ซึ่งด้วงงวงชนิดนี้นับเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง โดยเฉพาะพืชจำพวกปาล์ม เช่น มะพร้าวหรือสาคู หรือลาน ในประเทศไทยพบมากที่ภาคใต้ ตัวหนอนจะอาศัยและกัดกินบริเวณยอดอ่อน ตัวเต็มวัยจะเกาะกินเนื้อเยื่อด้านในของลำต้นลึกจนเป็นโพรง ซึ่งอาจทำให้ต้นตายได้ โดยจะบินออกหากินในเวลากลางวัน สามารถบินได้ไกลถึง 900 เมตร และมักจะเข้าวางไข่บริเวณรอยแผลเก่าที่เกิดจากด้วงแรดมะพร้าวเข้าเจาะทำลาย ซึ่งตัวเมียใช้เวลาวางไข่นาน 5-8 สัปดาห์ ในปริมาณเฉลี่ย 400 ฟอง ด้วงงวงมะพร้าวจัดเป็นแมลงเศรษฐกิจที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถเพาะเลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว ไม่ต้องดูแลเอาใจใส่มาก มีวงจรชีวิตสั้น และนำไปบริโภคได้ เช่นเดียวกับแมลงชนิดอื่น ๆ ปัจจุบัน มีการเพาะเลี้ยงกันมากในแถบจังหวัดภาคใต้ ซึ่งเป็นที่นิยมบริโภคทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ

ด้วงตัวเมีย งวงยาว ด้วงตัวผู้ งวงสั้น

รูปที่ 2.11 ลักษณะของด้วงงวงมะพร้าว

รูปที่ 2.12 ลักษณะการเข้าทำลายของด้วงแรดและด้วงงวงมะพร้าว

2.2.1 วิธีการป้องกันและการกำจัดด้วงแรดและด้วงงวงมะพร้าว

วิธีเขตกรรม เกษตรกรหรือผู้ปลูก ต้องหมั่นออกตรวจแปลง รักษาความสะอาดและกำจัดเศษวัสดุบริเวณสวนมะพร้าวอย่างสม่ำเสมอ เพื่อกำจัดแหล่งขยายพันธุ์ของด้วงแรดมะพร้าว โดยเฉพาะบริเวณที่กองปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก กองขยะ กองขี้เลื่อย หรือกองแกลบ ควรจัดการกำจัดออกไปจากบริเวณพื้นที่สวนมะพร้าว ส่วนกองปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ที่อยู่นอกเขตพื้นที่สวนมะพร้าวให้หมั่นกลับกองเพื่อตรวจดูหนอนด้วงแรดมะพร้าว หากพบว่า มี ให้จับออกไปทำลาย หรือเผากองนั้นทิ้งไปทันที ส่วนลำต้นและตอมะพร้าวที่โค่นทิ้งไว้ หรือมะพร้าวยืนต้นตาย ควรจัดการตัดเป็นท่อนกองรวมกันแล้วเผาทำลายในทันที ส่วนต้นมะพร้าวที่ถูกตัดโค่นลงมาที่ยังสดอยู่ให้นำไปทำเป็นกับดักเพื่อล่อด้วงแรดให้มาวางไข่ ด้วยการตัดให้เป็นท่อนสั้นๆ วางเรียงรวมกันไว้ ให้เปลือกต้นมะพร้าวติดกับพื้นดิน เพราะด้วงจะวางไข่บริเวณที่มีความชุ่มชื้นสูงและผุเร็ว จากนั้นให้เผาทำลายกับดักเพื่อกำจัดทั้งไข่ หนอน และดักแด้ของด้วงแรดและด้วงงวงมะพร้าว ส่วนตอมะพร้าวที่เหลือให้ใช้น้ำมันเครื่องเก่าเทราดให้ทั่วแล้วจุดไฟเผาทำลายให้หมด

ชีววิธี คือ การใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม ใส่ตามกองขยะ ปุ๋ยคอก หรือกับดักท่อนมะพร้าวในบริเวณที่พบว่ามีหนอนด้วงแรดอาศัยอยู่ เกลี่ยเชื้อรากระจายทั่วกองเพื่อให้สัมผัสกับตัวหนอนได้มากที่สุด รดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้น หาใบมะพร้าวหรือวัสดุเก่ามาคลุมกองไว้เพื่อรักษาความชื้น ป้องกันแสงแดด จะทำให้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมเข้าไปทำลายด้วงแรดมะพร้าวได้ในทุกระยะการเจริญเติบโตของมัน การป้องกันกำจัดทางชีววิธีที่ได้ผลในระยะยาว ไม่มีพิษตกค้าง มีความปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมและเกษตรกรหรือผู้ปลูก

การใช้สารเคมี เหมาะกับต้นมะพร้าวอายุ 3–5 ปี ที่ยังไม่สูงมาก ใช้ลูกเหม็นใส่บริเวณคอมะพร้าวที่โคนทางใบรอบๆยอดอ่อน ทางละ 2 ลูก ต้นละ 6–8 ลูก กลิ่นของลูกเหม็นจะไล่ไม่ให้ด้วงแรดบินเข้าไปทำลายคอมะพร้าว

การใช้สารพ่นยาฆ่าแมลง ไดอะซินอน 60% อีซี หรือคาร์โบซัลแฟน 20% อีซี ชนิดใดชนิดหนึ่ง อัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ราดบริเวณคอมะพร้าวให้เปียกตั้งแต่โคนยอดอ่อนลงมา โดยใช้ปริมาณ 1-1.5 ลิตรต่อต้น ทุก 15-20 วัน และควรใช้ 1-2 ครั้ง ในช่วงมีการระบาด หากเป็นมะพร้าวต้นสูงต้องใช้ปั๊มน้ำยาแรงดันสูงในการฉีดพ่น

การฉีดน้ำยาเข้าสู่ลำต้นมะพร้าว กรณีที่ต้นมะพร้าว สูงกว่า 12 เมตร ใช้ อีมาเม็กติน เบนโซเอต 1.92 % EC (สารกลุ่ม 6) ฉีดเข้าลำต้นอัตรา 30-50 มิลลิลิตรต่อต้น สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงแรดและด้วงงวงมะพร้าว อีกทั้งยังช่วยป้องกันและกำจัดแมลงดำหนามได้นาน ไม่น้อยกว่า 2 เดือน

2.3 ชนิดของเครื่องพ่นน้ำยาและส่วนประกอบที่สำคัญ

การใช้สารเคมีพ่นในแปลงนั้น มีจุดประสงค์เพื่อลดการแข่งขันของพืชที่ปลูกกับวัชพืช ลดการแพร่ระบาดของเชื้อรา ป้องกัน ควบคุมและกำจัดแมลงศัตรูพืช บางครั้งก็มีวัตถุประสงค์อื่น เช่น ให้ปุ๋ย น้ำหรือฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตของพืช สารเคมีเหล่านี้นับเป็นวัตถุที่มีพิษ ที่อาจเป็นอันตรายต่อคน สัตว์และสิ่งแวดล้อม จึงต้องใช้อย่างระมัดระวังที่สุด มีข้อที่ควรคำนึงถึงดังนี้

1) หลักความปลอดภัย พยายามใช้สารเคมีน้อยที่สุด อาจใช้วิธีการอื่นแทนหรือใช้ร่วมกัน เช่น การกำจัดศัตรูพืชโดยชีววิถี (Biological control) การใช้ระบบการปลูกพืชหมุนเวียน หรือใช้เครื่องพรวนระหว่างแถวในการกำจัดวัชพืช (Mechanical control) ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้สารเคมีควบคุมและกำจัดศัตรูพืชให้พิจารณาสารที่มีพิษตกค้าง เป็นอันตรายต่อคน สัตว์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ขณะพ่นต้องสวมเครื่องป้องกันอันตรายด้วย

2) การใช้สารเคมีควบคุมและกำจัดศัตรูพืชนั้น จะได้ผลเมื่อใช้อย่างถูกต้องเท่านั้น คือ ใช้ยาให้ถูกชนิด ถูกขนาด ถูกเวลาและตรงเป้าหมายที่ต้องการขณะฉีด

การพ่นสารเคมีเป็นสารออกฤทธิ์ (Active material) จำนวนเพียงเล็กน้อยให้ครอบคลุมต้นพืชหรือลงไปในดินได้นั้น ต้องการสารที่เป็นตัวนำ (Carrier material) เพื่อการกระจายให้ทั่วถึง จึงมักผสมสารเคมีที่เป็นสารออกฤทธิ์กับสารตัวนำ เช่น น้ำ การผสมสารออกฤทธิ์และสารตัวนำจะได้สารผสมที่แตกต่างกัน เนื่องจากทั้งสารออกฤทธิ์และสารตัวนำอาจอยู่ในรูปที่เป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ลักษณะของสารผสม ที่ได้ สามารถแสดงได้ใน ตารางที่ 2.2 อย่างไรก็ตามสารตัวนำส่วนใหญ่ที่ใช้ผสมมักจะเป็นน้ำและฉีดพ่นให้กับต้นพืช โดยการฉีดให้เป็นฝอยละอองขนาดเล็ก เครื่องมือที่ใช้คือเครื่องพ่นยา (Sprayer)

ตารางที่ 2.2 สารเคมีที่ได้จากสารออกฤทธิ์และสารตัวนำ

สารตัวนำ	สารออกฤทธิ์		
	ของแข็ง	ของเหลว	แก๊ส
ของแข็ง	สารละลายของผสม	สารละลายสารแขวนลอย	-
ของเหลว	-	ฝุ่นเม็ด	-
แก๊ส	หมอก	ควัน	แก๊ส

2.3.1 ชนิดของเครื่องพ่นยา

จะเห็นได้ว่าสารเคมีที่จะพ้นนั้นมีหลายลักษณะ และต้องการเครื่องพ่นที่มีกลไกแตกต่างกัน เช่น เครื่องพ่นยา (Sprayer) เครื่องพ่นฝุ่น (Duster) หรือเครื่องพ่นหมอก (Fogger) ชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นชนิดที่พ่นน้ำยาเป็นฝอยละอองเล็กๆ

เครื่องพ่นยาแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้เป็นชนิดใหญ่ๆ 3 ชนิด คือ

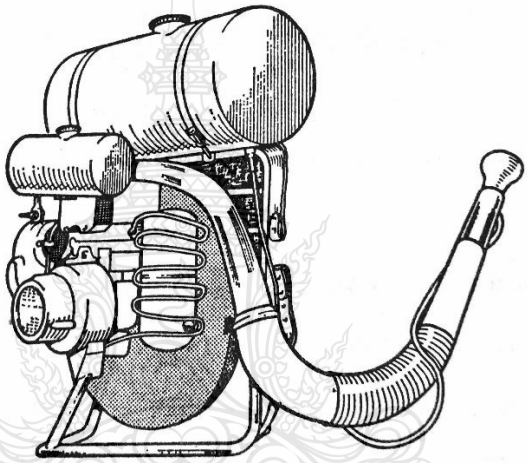
1) เครื่องพ่นยาแบบสะพายไหล่ (Knapsack sprayer)
   (1.1) ชนิดใช้แรงงานคน (Hand-operated sprayer)
   (1.2) ชนิดใช้เครื่องยนต์ขับ (Engine-driven sprayer)
2) เครื่องพ่นยาแบบผสมกับอากาศ (Air-blast sprayer)
3) เครื่องพ่นยาแบบติดท้ายรถแทรกเตอร์ (Boom sprayer)

1) เครื่องพ่นยาแบบสะพายไหล่ (Knapsack sprayer)

เครื่องพ่นยาสะพายไหล่แบบใช้แรงงานคน เป็นเครื่องขนาดเล็ก ราคาถูก ออกแบบง่าย ค่าบำรุงรักษาต่ำ มีทั้งชนิดที่อัดอากาศเข้าไปในถัง (Hydraulic) เพื่อให้เกิดความดันประมาณ 3-5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อากาศที่มีความดันสูงในถังที่อยู่เหนือน้ำยาก็จะดันให้น้ำยาไหลผ่านท่อน้ำยามายังลิ้นควบคุมการไหลและถูกพ่นเป็นละอองออกมาภายนอก การพ่นจะต่อเนื่องกันไป จนกระทั่งความดันลดลงจึงนำมาอัดอากาศเข้าไปใหม่อีกชนิดหนึ่ง จะใช้มือโยกให้ลูกสูบทำงาน (Pneumatic) ตลอดเวลาที่ฉีด ดังที่ 2.13 ขนาดความจุของถังประมาณ 5-20 ลิตร ปั๊มที่ใช้มักจะเป็นปั๊มลูกสูบ การกวนน้ำยาทำได้โดยการเขย่าถัง

รูปที่ 2.13 เครื่องพ่นยาสะพายไหล่แบบใช้แรงงานคน
a) แบบอัดอากาศ b) แบบสูบโยก

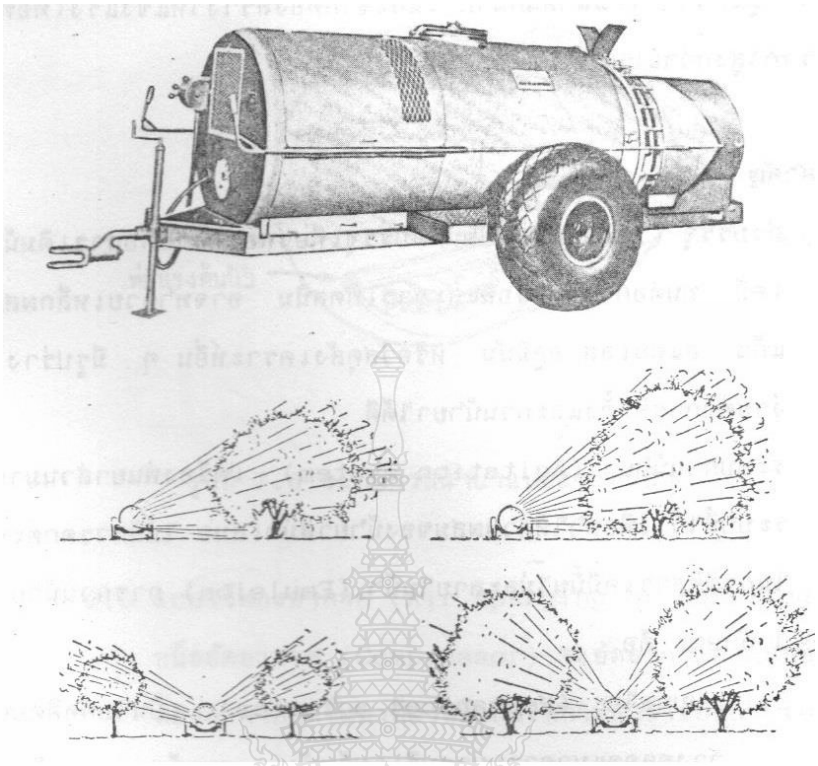
ส่วนเครื่องพ่นยาแบบสะพายไหล่ที่ใช้เครื่องยนต์ขับ ก็เป็นที่นิยมสำหรับเกษตรกรเช่นกัน เนื่องจากทำงานได้รวดเร็วกว่าเครื่องพ่นยาแบบแรก ลักษณะการทำงานคล้ายกัน แต่ติดตั้งเครื่องยนต์เพื่อขับให้ปั๊มทำงาน จึงได้ความดันที่สูงกว่าและให้น้ำยาเป็นฝอยละอองละเอียดกว่า อย่างไรก็ตาม เครื่องจะมีการทำงานที่ซับซ้อนขึ้นเพราะติดเครื่องยนต์ ซึ่งต้องการการบำรุงรักษามากกว่าแบบแรก เครื่องพ่นยาแบบนี้อาจดัดแปลงใช้ได้หลายลักษณะ ใช้พ่นเป็นหมอก (Mist) หรือเป็นผง (Dust) เครื่องยนต์ที่ขับเคลื่อนเป็นเครื่องยนต์เบนซิน ขนาดประมาณ 4-8 แรงม้า และความจุถังน้ำมันประมาณ 10-25 ลิตร ปั๊มที่ใช้มักเป็นปั๊มลูกสูบ ให้ความดันถึง 12 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การกวนน้ำยาในถังอาจใช้อุปกรณ์กวนน้ำยาหรือใช้น้ำยาส่วนเกินที่ส่งกลับถังเป็นตัวกวนก็ได้



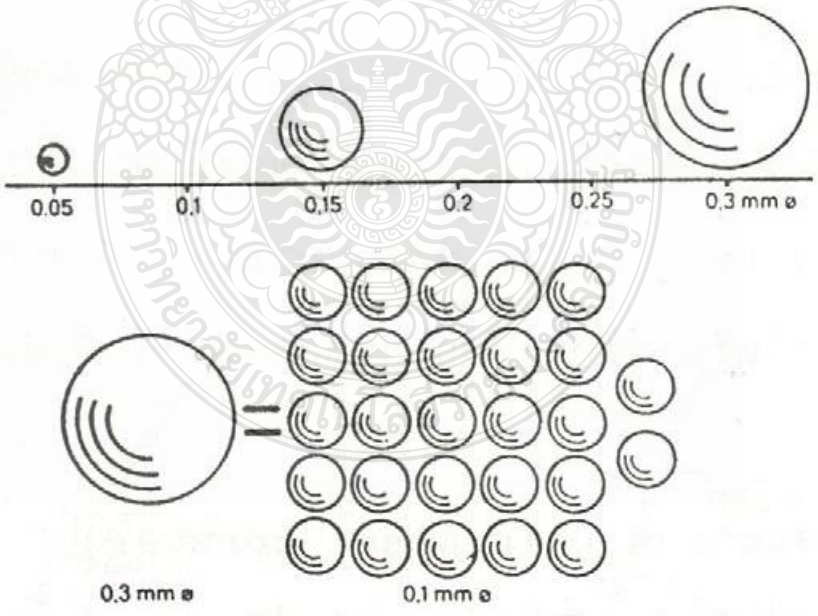
รูปที่ 2.14 เครื่องพ่นยาสะพายไหล่แบบสะพายไหล่ที่ใช้เครื่องยนต์ขับ

2) เครื่องพ่นยาแบบผสมกับอากาศ (Air-blast sprayer)

ละอองน้ำยาที่ได้จากเครื่องพ่นยาชนิดนี้ มีขนาดเล็กมาก ทำงานโดยการพ่นยาออกมาผสมกับลมเป่า ที่มีความเร็วสูง น้ำยาจึงเกิดการแตกตัวเป็นละอองเล็กลง ประมาณ 27 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ละอองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 มิลลิเมตร จะแตกตัวเป็นละอองขนาด 0.05 มิลลิเมตร ได้ถึง 216,000 เม็ด มีลักษณะเป็นหมอก บางครั้งจึงเรียกว่าเครื่องพ่นหมอก (Mist sprayer) เมื่อทำงานจะพ่นเป่าลมและสารเคมีไปยัง ยอดไม้หรือแถวพืชได้ จึงใช้ได้ทั้งในสวนผลไม้และพืชที่ปลูกเป็นแถว กระแสลมที่เกิดขึ้นทำให้เกิดการสั่นไหวของต้นพืช ซึ่งจะช่วยให้น้ำยาแทรกผ่านเข้าไปจับภายในทรวงพุ่มได้ดี และสามาระจัดมุมและทิศทางการพ่นได้ อันเป็นข้อดีของเครื่องพ่นยาชนิดนี้



รูปที่ 2.15 เครื่องพ่นยาแบบผสมอากาศที่ใช้ในสวนผลไม้



รูปที่ 2.16 ขนาดของละอองจากเครื่องพ่นยาแบบผสมอากาศ

3) เครื่องพ่นยาแบบติดท้ายรถแทรกเตอร์ (Boom sprayer)

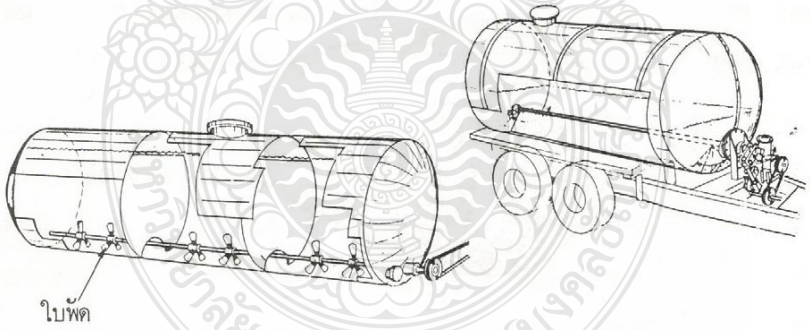
มีทั้งแบบเครื่องพ่นยาความดันต่ำ (Low-pressure sprayer) เหมาะสำหรับพ่นยาในแปลงขนาดใหญ่ ราคาค่อนข้างต่ำ ใช้ได้กับการควบคุมศัตรูพืชก่อนและหลังการงอก ทำงานที่ความดันประมาณ 1-4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนเครื่องพ่นยาแบบความดันสูง ต่ำ (High-pressure sprayer) มีลักษณะคล้ายกับแบบความดันต่ำ แต่สร้างความดันในการขับน้ำยากว่า จะมีน้ำหนักมาก เนื่องจากต้องสร้างให้แข็งแรงเพื่อทนต่อความดันสูงๆ ราคาสูงกว่าแบบความดันต่ำ

ส่วนประกอบที่สำคัญ

1) ถังบรรจุ (Tank) ควรมีขนาดบรรจุเพียงพอ ง่ายต่อการเติมน้ำและสารเคมี ทนต่อการกัดกร่อนและการเกิดสนิม อาจทำด้วยเหล็กผสม สารใยแก้ว สแตนเลส อลูมินัม และวัสดุสังเคราะห์อื่นๆ มีรูปร่างเหมาะสมง่ายต่อการติดตั้งและกวนน้ำยาได้ดี

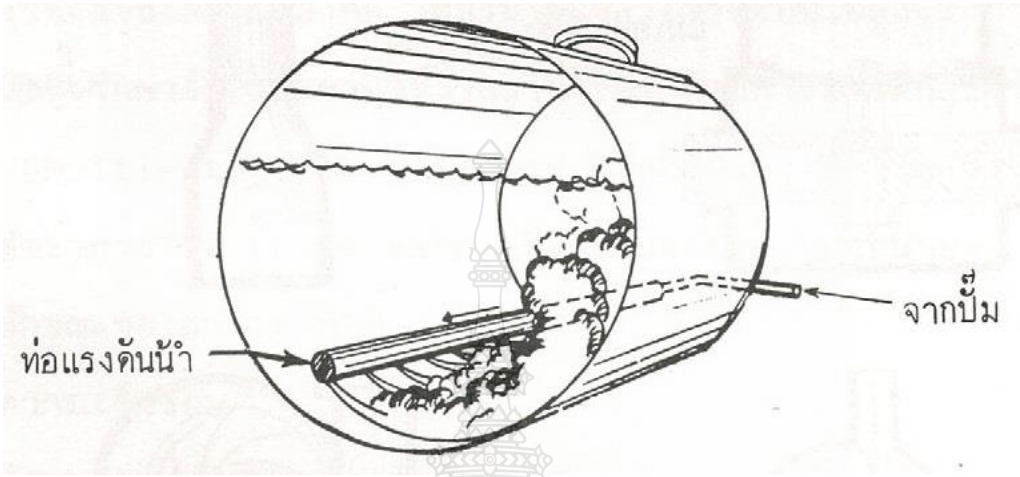
2) ระบบกวนน้ำยา (Agitation system) เครื่องพ่นยาส่วนมากจะติดตั้งระบบนี้ไว้ เพื่อทำให้ส่วนผสมของน้ำยาสม่ำเสมอ ไม่มีการตกตะกอนหรือในกรณีที่สารเคมีนั้นไม่ละลายในน้ำ (Emulsion) การกวนน้ำยาจทำได้ 3 ลักษณะ คือ

(2.1) แบบกลไก (Mechanical agitator) เป็นใบพัดติดบนแกนหมุน วางตลอดแนวความยาวบริเวณก้นถัง หมุนด้วยความเร็วประมาณ 100-200 รอบต่อนาที



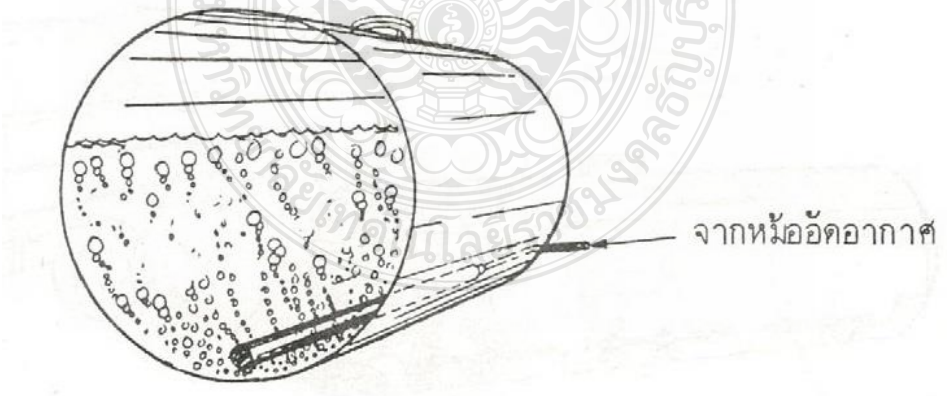
รูปที่ 2.17 ระบบกวนน้ำยาแบบกลไก

(2.2) แบบแรงดันน้ำ (Hydraulic agitator) ใช้น้ำยาส่วนเกินส่งกลับถังให้ผ่านออกมาทางรูเล็กๆ ตามท่อที่วางตลอดแนวความยาวของก้นถังทำให้เกิดความเคลื่อนไหวของน้ำยา ครึ่งหนึ่งของความสามารถปั๊มจะใช้ในระบบกวนน้ำยา จึงต้องใช้ปั๊มที่ให้ปริมาณน้ำสูงพอ



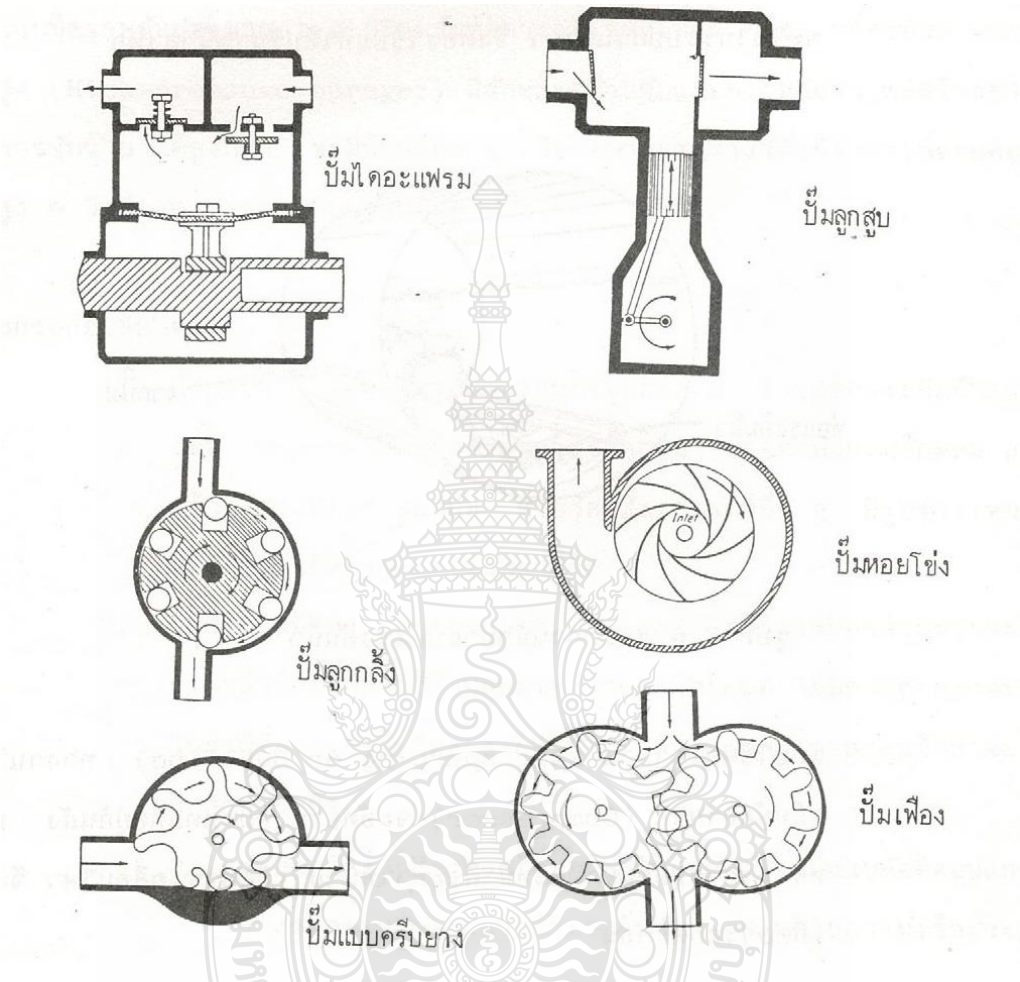
รูปที่ 2.18 ระบบกวนน้ำยาแบบแรงดันน้ำ

(2.3) แบบใช้ฟองอากาศ (Air sparging or Bubbling) ทำงานโดยหม้ออัดอากาศ (Compressor) จะอัดอากาศผ่านท่อที่ก้นถัง เมื่อฟองอากาศปุดขึ้นมาที่ผิวหน้าก็จะทำให้น้ำยาเกิดการเคลื่อนไหว จึงไม่เกิดการตกตะกอน



รูปที่ 2.19 ระบบกวนกวนน้ำยาแบบใช้ฟองอากาศ

3) ปั๊ม (Pump) ทำหน้าที่เพิ่มความดันให้กับน้ำยาและส่งไปยังหัวฉีด ปั๊มที่ใช้กับเครื่องพ่นยามี 6 ชนิด ดังรูปที่ 2.20 มีความสามารถและข้อจำกัดที่แตกต่างกันดังแสดงใน ตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.20 ชนิดของปั๊มที่ใช้กับเครื่องพ่นยา

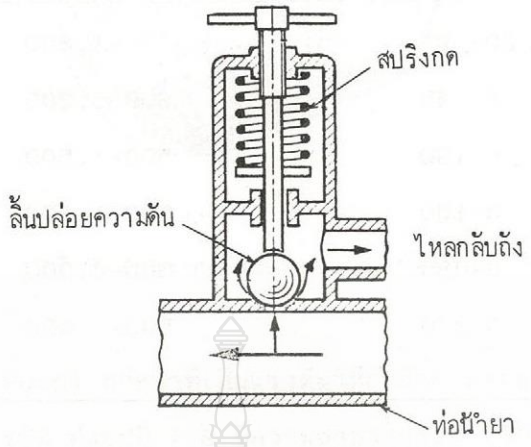
ตารางที่ 2.3 ความสามารถในการทำงานของปั๊มชนิดต่างๆ

ชนิดของปั๊ม	ความสามารถในการส่งน้ำ (ลิตรต่อนาที)	ความเร็ว (รอบต่อนาที)	ความดันสูงสุด (กก./ตร.ซม.)
ปั๊มเฟือง	20-90	500-1,800	7.0
ปั๊มไดอะแฟรม	5-45	200-1,200	7.0
ปั๊มแบบครีบยาง	0-130	500-1,500	3.5
ปั๊มลูกกลิ้ง	0-160	600-1,800	20.0
ปั๊มหอยโข่ง	0-680	600-4,000	3.5
ปั๊มลูกสูบ	0-270	500-1,000	55.0

ปั๊มที่นิยมใช้กันในเป็นปั๊มหอยโข่ง แม้จะให้แรงดันค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปั๊มชนิดอื่น แต่ทนต่อการขัดสีของสารเคมีได้ดี ให้ปริมาณน้ำยาเข้าระบบได้สูงและการไหลคงที่ ไม่มีกลไกซับซ้อน บำรุงรักษาง่ายและอายุการใช้งานนาน หากต้องการแรงดันสูงกว่านี้อาจใช้ชนิดใบพัดหลายใบ (Muti-stage unit) ซึ่งการเลือกใช้ปั๊มควรพิจารณาถึง

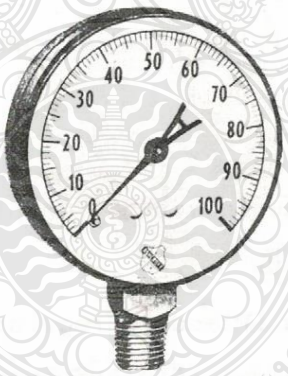
- อัตราการไหล (Flow rate) ที่แขนพ่นและระบบกวนน้ำยา
- ลักษณะของสารเคมีที่ใช้
- ความเร็วรอบ
- ทิศทางการหมุนและการต่อพ่วง (Coupling)
- กำลังม้าที่ใช้ขับปั๊ม

4) ชุดควบคุมความดัน (Pressure regulator) ทำงานโดยลิ้นปล่อยความดัน (Relief valve) เมื่อความดันในระบบสูงเกิน แรงสปริงที่ตั้งไว้ก็จะดันให้ลิ้นเปิด ปล่อยให้น้ำยาส่วนหนึ่งผ่านลิ้นออกไป และความดันลดลง ตามรูปที่ 2.21 ดังนั้นการปรับตั้งความดันจึงต้องปรับที่ลิ้นปล่อยความดันนี้ให้อยู่กับระดับความดันที่ต้องการ น้ำยาส่วนเกินก็จะไหลกลับถัง ทำหน้าที่เป็นตัวกวนน้ำยาในถังด้วย ในระบบที่ฉีดพ่นใช้ความดันสูงกว่า 13 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อาจใช้ลิ้นลดภาระ (Unloaded valve) แทนลิ้นปล่อยความดันเพื่อลดภาระของปั๊ม ในกรณีที่หยุดฉีดพ่นขณะที่เพลาอำนวยกำลังยังหมุนขับให้ปั๊มทำงานอยู่ เช่น เมื่อถึงบริเวณหัวงานทำให้ลิ้นเปิดและน้ำยาไหลวนกลับถังที่แรงดันต่ำๆ ซึ่งเป็นการลดการสึกหรอของปั๊ม



รูปที่ 2.21 การทำงานของลิ้นปล่อยความดัน

5) มาตรวัดความดัน (Pressure guage) สำหรับวัดความดันในระบบ จึงต้องคอยอ่านค่าความดันจากมาตรขณะทำงานเสมอ เพราะสามารถบอกถึงปัญหาบางอย่างที่เกิดขึ้นกับเครื่องพ่นยาได้ เช่น หัวฉีดอุดตัน



รูปที่ 2.22 แสดงมาตรวัดความดัน

6) กรองน้ำยา (Strainer and screen) มีอยู่หลายจุดคือ

- ที่ปากถัง เป็นกรองแบบหยาบ เพื่อกรองใบไม้หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นที่มีขนาดใหญ่
- ที่ท่อส่ง เพื่อกรองเศษสนิม ทราย หรือสิ่งเจือปนขนาดเล็กๆ ที่จะเข้าไปทำอันตรายต่อปั๊ม ตำแหน่งที่ติดกรองจะขึ้นอยู่กับชนิดของปั๊ม

- ที่หัวฉีด เป็นกรองละเอียดสำหรับกันเศษผงขนาดเล็กที่หลุดรอดเข้าไปทำให้หัวฉีดอุดตัน ขนาดของตะแกรงจะเล็กกว่ารูของหัวฉีดประมาณ 10%

  กรองละเอียดจะมีขนาดตั้งแต่ 40-200 เมช° (Mesh) ดังนั้นหัวฉีดจะไม่มีการอุดตัน ถ้าใช้กรองขนาดที่เหมาะสม เมื่อหัวฉีดไม่ทำงานจะเกิดการอุดตันของกรองน้ำยา ท่อส่งจะใช้กรองขนาด 50-80 เมช ควรทำความสะอาดกรองอย่างน้อยวันละครั้ง ส่วนหัวฉีดจะใช้กรองขนาด 100-200 เมช ควรทำความสะอาดกรองหัวฉีด เมื่อมีการเติมน้ำยาในถัง

7) ท่อส่งน้ำยา (Pipe & Hose) ทำหน้าที่ส่งน้ำยาจากถังไปยังหัวฉีด ท่อส่งจะต้องทนต่อแรงดันได้ ความดันในท่อที่จุดต่างๆ จะไม่เท่ากัน จึงอาจใช้ท่อส่งชนิดต่างกัน ผิวของท่อทั้งด้านในและด้านนอกควรทนต่อสารเคมี การสูญเสียความดันในระบบขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ความยาวและอัตราการไหลของน้ำยา

8) ลิ้นควบคุมการไหล (Control valve) ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณการไหลของน้ำยาไปยังหัวฉีดแขนซ้าย-ขวา หรือทั้งซ้ายและขวา หรือกลับไปยังถัง

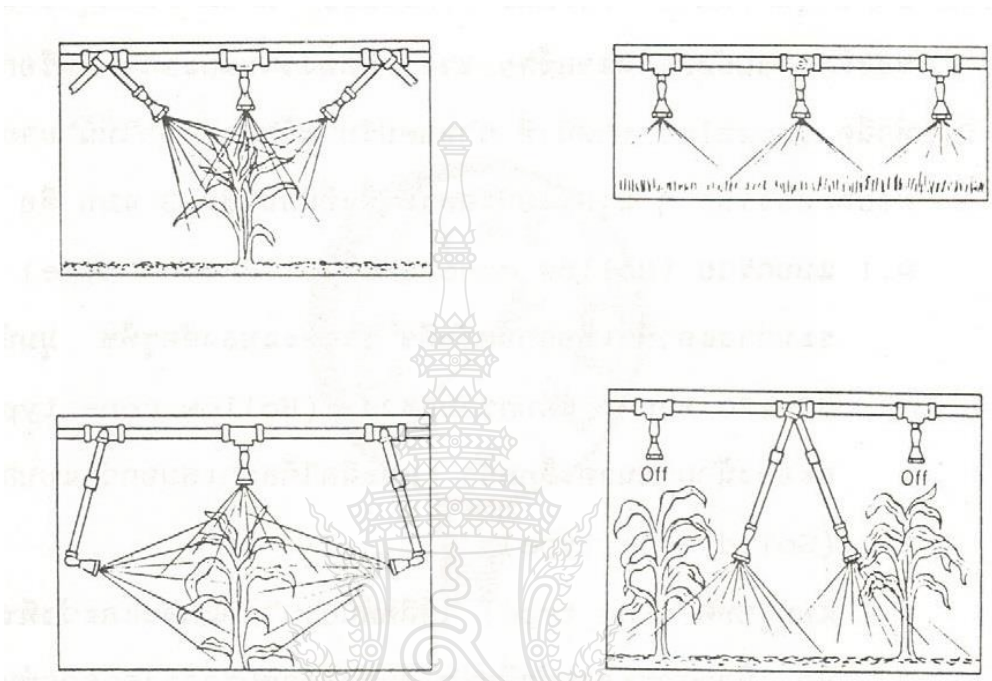
9) หัวฉีด (Nozzle) ทำหน้าที่กำหนดปริมาณน้ำยา ทำให้น้ำยากระจายเป็นฝอยละอองเล็กๆ มีรูปแบบเฉพาะ ซึ่งนิยมใช้มี 3 แบบ คือ

(9.1) แบบกรวย (Hollow cone and solid cone type) มักใช้ฉีดพ่นระหว่างแถวพืชเพื่อกำจัดวัชพืช ราและแมลงศัตรูพืช มุมหัวฉีดมีขนาด 30-120 องศา แบบกรวยกรวง (Hollow cone type) จะให้ละอองน้ำยาขนาดเล็กกว่า และฉีดได้สม่ำเสมอกว่าแบบกรวยเต็ม (Solid cone type)

(9.2) แบบรูปพัด (Fan type) ใช้ฉีดพ่นยากำจัดแมลงและวัชพืช รวมทั้งปุ๋ย น้ำ ให้การกระจายตัวที่สม่ำเสมอตลอดหน้ากว้างการฉีดพ่น โดยปรับมุมของหัวฉีดให้การฉีดพ่นแต่ละหัวต่อการพอดี

รูปที่ 2.23 การกระจายตัวของละอองน้ำยาจากหัวฉีด

(9.3) แบบหน้ากว้าง (Flooding) จะให้ละอองขนาดใหญ่ ฉีดพ่นได้หน้ากว้าง การติดตั้ง หัวฉีดพ่นที่ตำแหน่งต่างกันจะให้รูปแบบการกระจายตัวน้ำยาต่างกันด้วยรูปที่ 2.24 มักใช้กับการพ่นปุ๋ยและบางครั้งใช้โดยไม่มีแขนพ่น ตามที่รูปที่ 2.25

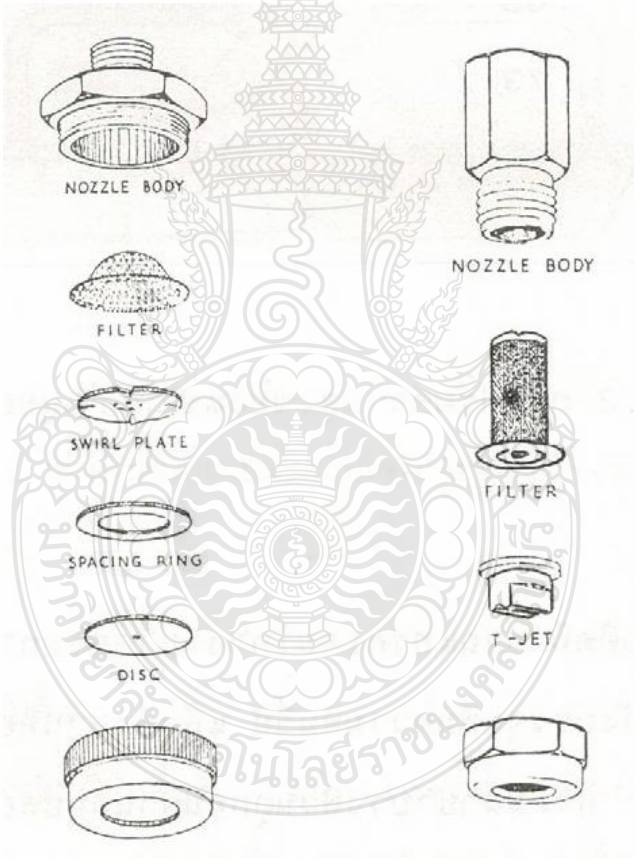


รูปที่ 2.24 การติดตั้งหัวฉีดที่ตำแหน่งต่างๆ

รูปที่ 2.25 การใช้หัวฉีดหน้ากว้างโดยไม่มีแขนพ่น

ส่วนประกอบที่สำคัญของหัวฉีด คือ

- ตัวเรือนและฝาครอบ (Body and cap) อาจทำด้วยทองเหลือง แผ่นสังกะสี อลูมินัม สแตนเลส เซรามิค หรือไนล่อน ทำหน้าที่ยึดกรองและปลายหัวฉีด (Tip) เข้าเป็นชุดเดียวกัน และตัวเรือนจะยึดกับแขนพ่น
- ปลายหัวฉีด (Tip) สามารถถอดเปลี่ยนได้ มีหลายขนาด หลายรูปแบบ
- กรองหัวฉีด (Strainer) มักทำเป็นรูปทรงกระบอกหรือวัสดุสังเคราะห์ ข้อควรพิจารณาทั่วไปคือ ควรเลือกกรองที่มีขนาดรูเล็กกว่ารูหัวฉีด คอยตรวจเช็คและทำความสะอาดเสมอ โดยใช้แปรงอ่อนๆ ปัดหรือใช้ลมเป่า เพื่อให้เครื่องพ่นยาทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและการกระจายตัวของน้ำยาแน่นอน



รูปที่ 2.26 ส่วนประกอบที่สำคัญของหัวฉีด

รูปที่ 2.27 ชนิดของกรองหัวฉีด

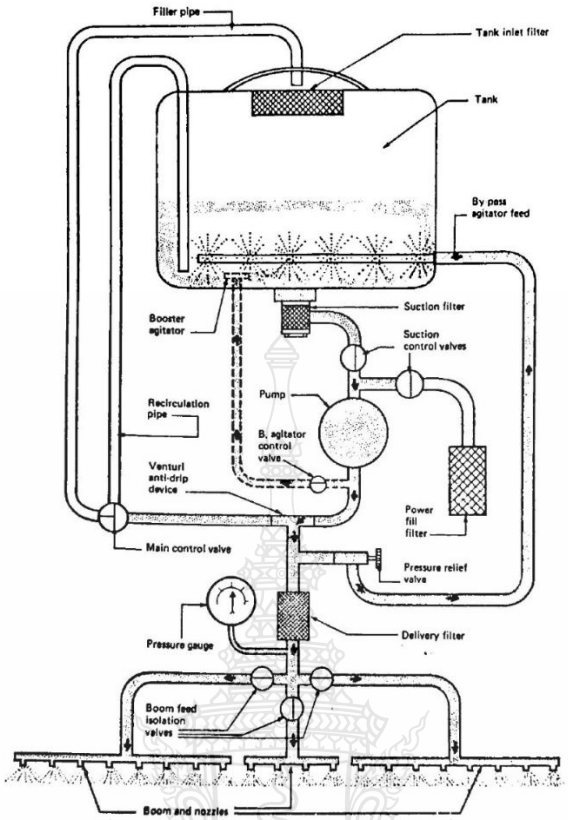
10) แขนพ่น (Boom) จะมีหัวฉีดติดอยู่เป็นระยะ ถ้ายาวมากมักจะทำให้พับได้เพื่อสะดวกในการเดินทางขนย้าย ความสูงจากแขนพ่นจากพื้นดินขึ้นอยู่กับมุมการกระจายตัวของน้ำยาและระยะระหว่างหัวฉีด ซึ่งปกติจะมีระยะ 50 เซนติเมตร อาจจะประเมินได้ดังนี้

ตารางที่ 2.4 การปรับความสูงของแขนพ่นกับมุมการกระจายน้ำยา

มุมหัวฉีด	ความสูงจากพื้น (ซม.)
65°	55
73°	53
80°	45

หลักการทำงาน

เครื่องพ่นยาแบบติดท้ายรถแทรกเตอร์ทำงานโดยรับกำลังจากเพลาอำนวยกำลังไปขับปั๊ม ทำให้น้ำยาจากถังบรรจุเพิ่มความดันขึ้น แล้วส่งผ่านท่อน้ำยาไปยังหัวฉีด ถ้าความดันในระบบสูงเกินไป ก็จะมีน้ำยาบางส่วนถูกดันผ่านลิ้นปล่อยความดัน กลับไปยังถังบรรจุ ขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่เป็นตัวกวนน้ำยาไปด้วย



รูปที่ 2.28 ส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องพ่นยา

2.4 โดรนเพื่อการเกษตรและระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก

2.4.1 โดรน (Drone) หรืออากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle : UAV)

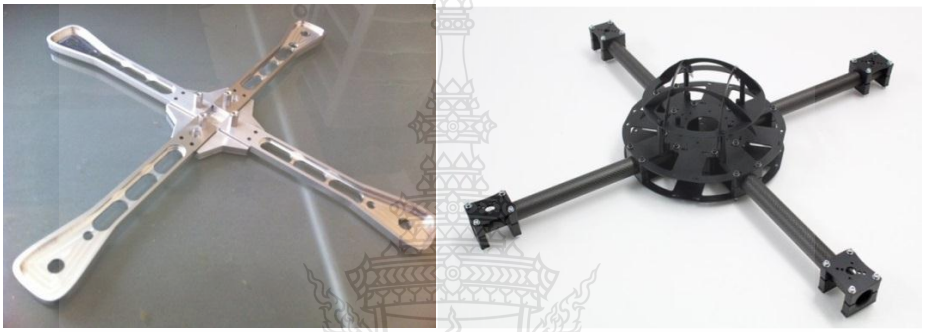
เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีมาแรงที่ทั่วโลกต่างจับตามอง ด้วยการทำงานที่สามารถใช้การควบคุมจากระยะไกล หรือทำงานแบบอัตโนมัติโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายใน แทนการใช้นักบินเป็นผู้ควบคุมอากาศยาน โดรนในระยะเริ่มแรกถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในปฏิบัติการทางทหารเท่านั้น ต่างจากในปัจจุบันที่โดรนถูกพัฒนาและดัดแปลงสำหรับใช้งานในรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้น ส่งผลให้กระแสความนิยมใช้งาน โดรน ทั่วทุกมุมโลกขยายตัวอย่างรวดเร็ว ตัวอย่าง ธุรกิจที่นำโดรนมาใช้ดำเนินงานแล้ว เช่น ธุรกิจการเกษตร ใช้ โดรน ทำหน้าที่หว่านเมล็ดพันธุ์ ฉีดพ่นปุ๋ยและสารเคมีต่างๆได้รวดเร็วและแม่นยำกว่าการใช้แรงงานคน ส่งผลให้เกษตรกรลดต้นทุนในการปลูกพืชได้ถึง 85% ขณะเดียวกัน โดรนยังช่วยบริหารความเสี่ยงภาคเกษตรด้วยการถ่ายภาพมุมสูงของพื้นที่การเกษตร เก็บข้อมูลความชื้นและความกดอากาศแล้วนำมาประมวลผลเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลต่อการเพาะปลูก ซึ่งช่วยให้เกษตรกรเตรียมวางแผนรับมือปัจจัยเสี่ยงเหล่านั้นได้ตรงจุดและทันท่วงที ในธุรกิจ

พลังงานและโครงสร้างพื้น ฐาน ทั้งในขั้นตอนการเข้าสำรวจพื้นที่ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจัดทำแผนก่อสร้าง ตลอดจนขั้นตอนการบำรุงรักษา เช่น Solarplaza บริษัทผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของเนเธอร์แลนด์ ใช้โดรนบินสำรวจแผ่นโซลาร์เซลล์ ซึ่งภายในเวลา 1 นาที โดรนสามารถตรวจสอบแผ่นโซลาร์เซลล์ได้ราว 800 แผ่น เทียบกับการใช้แรงงานคนที่ตรวจสอบได้เพียง 1 แผ่นในเวลาเท่ากัน ธุรกิจขนส่ง โดรนทำหน้าที่ส่งสินค้าแทนรถบรรทุกเพื่อร่นระยะเวลาและลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ซึ่งขณะนี้หลายบริษัทเริ่มนำโดรน มาใช้ในการขนส่งสินค้าแล้ว อาทิ Amazon เว็บไซต์ซื้อขายสินค้าออนไลน์ พัฒนาโดรนชื่อ “Amazon Prime Air” สามารถส่งสินค้าไปถึงมือผู้รับภายใน 30 นาที และลดต้นทุนค่าขนส่งได้ราว 20-80 เท่า เมื่อเทียบกับการขนส่งภาคพื้นดินแบบเดิม ธุรกิจประกันภัย การใช้โดรน สำรวจที่เกิดเหตุจะช่วยให้การประเมินความเสียหายมีความแม่นยำสูงขึ้นและสามารถส่งข้อมูลความเสียหายกลับไปยังสำนักงานได้ในทันที ทั้งนี้ Tata Consultancy Service บริษัทชั้นนำด้านไอที ประเมินว่าโดรนสามารถสำรวจความเสียหายในกรณีเกิดเหตุต่างๆ ได้ภายในเวลาราว 1 ชั่วโมง เทียบกับการใช้เจ้าหน้าที่ภาคสนามที่ต้องใช้เวลาถึง 2.5 ชั่วโมง เป็นที่น่าสังเกตว่า การนำโดรนมาใช้ในภาคธุรกิจทั้งของไทยและต่างประเทศ ไม่เพียงสะท้อนความสำคัญของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในโลกธุรกิจเท่านั้น แต่ยังแสดงให้เห็นถึงปัญหาด้านแรงงานที่หลายประเทศทั่วโลกรวมถึงไทยกำลังเผชิญอยู่ในขณะนี้ การใช้โดรนจึงเป็นหนึ่งในทางออก ที่ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถแก้ไขปัญหาขาดแคลนแรงงานและค่าจ้างที่ปรับสูงขึ้น รวมทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งในการปรับตัวของภาคธุรกิจเข้าสู่ยุค Industry 4.0 ที่เน้นขับเคลื่อนธุรกิจด้วยนวัตกรรมมากยิ่งขึ้น

รูปที่ 2.29 ตัวอย่างโดรนที่ใช้งานในภาคธุรกิจต่างๆ

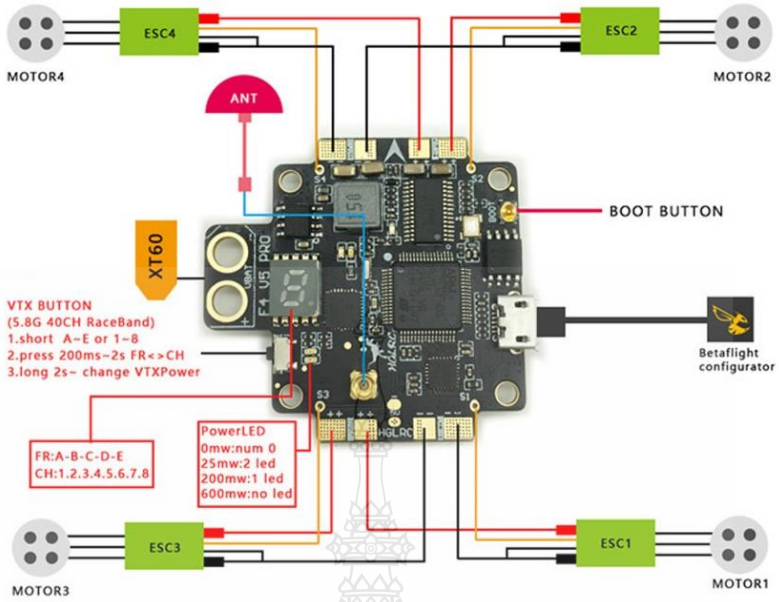
2.4.1.1 ส่วนประกอบหลักของ โดรน

1) ตัวลำ (Frame) คือ โครงสร้างหลักของตัวอากาศยานที่มีหน้าที่รับน้ำหนักของอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถออกแบบได้หลายรูปแบบแต่เน้นความแข็งแรง ด้วยเหตุนี้เอง ตัวลำของอากาศยานต้องทำด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง เพื่อให้สามารถทนต่อแรงยกและรับแรงบิดของมอเตอร์ได้ดี โดยไม่มีการบิดตัว และสามารถรับแรงสั่นสะเทือนจากมอเตอร์ได้ดี นอกจากตัวลำจะมีความแข็งแรงแล้ว วัสดุที่เลือกใช้จะต้องเป็นวัสดุที่มีน้ำ หนักเบา เช่น อลูมิเนียม, คาร์บอนไฟเบอร์ หรือ แผ่น G10 เพื่อลดน้ำหนักของตัวอากาศยานและใช้พลังงานในการยกน้อยที่สุด



รูปที่ 2.30 ตัวลำของอากาศยานแบบสี่ใบพัด

(2) ชุดควบคุมการบิน (Flight Controller) ทำหน้าที่ ควบคุมเสถียรภาพในการบินทั้งหมด ได้แก่ ควบคุมระดับความเอียง (Attitude Control) ควบคุมความสูง (Altitude Control) ควบคุมตำแหน่ง (Position Control) ควบคุมทิศทาง (Heading Control) และ นำทางการบิน (Navigation) นอกจากจะควบคุมการบินแล้ว ชุดควบคุมยังรับคำสั่งการบินจากนักบินผ่านทางวิทยุบังคับทางไกลอีกด้วย ชุดควบคุมการบินใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ขนาดเล็ก เป็นส่วนประมวลผลการควบคุมทั้งหมด โดยจะรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์หลายแบบเพื่อใช้ใน การความคุมการบินแบบต่างๆ



รูปที่ 2.31 ชุดควบคุมการบิน

(3) ชุดรับ-ส่งสัญญาณ (Signal transmit – Receive system) ทำหน้าที่ รับส่งสัญญาณควบคุมจากนักบินและทำหน้าที่ส่งข้อมูลการบินทั้งหมดกลับมายังฐานภาคพื้นดิน (Ground Station)

รูปที่ 2.32 ชุดรับ-ส่งสัญญาณควบคุมการบินภาคพื้นดิน

รูปที่ 2.33 ชุดรับ-ส่งสัญญาณควบคุมการบินภาคอากาศ

(4) มอเตอร์กระแสตรง ชนิดไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor) เป็นส่วนสร้างแรงยกให้กับอากาศยานแบบสี่ใบพัด ประกอบด้วย มอเตอร์ ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นแบบใช้ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor) ต้องใช้งานร่วมกันกับชุดควบคุมความเร็วรอบแบบอิเล็คทรอนิคส์ (Electronic Speed Controller, ESC) และใบพัดเป็นตัวสร้างแรงยก ใบพัดที่ใช้ส่วนมากจะเป็นแบบที่ให้กาลังขับมากในรอบต่ำ และเป็นใบพัดแบบหมุนกลับทิศทางกันเพื่อสร้างความสมดุลแรงบิดของใบพัดทั้งหมด นอกจากนี้ส่วนสร้างแรงยก ยังทำหน้าที่สร้างแรงในการควบคุมทิศทางต่าง ๆ ของอากาศยานอีกด้วย

รูปที่ 2.34 มอเตอร์กระแสตรง ชนิดไร้แปรงถ่าน

(5) แบตเตอรี่ (Battery) เป็นส่วนเก็บพลังงานสารองสาหรับใช้ในการบิน แบตเตอรี่ที่ใช้เป็นชนิดที่มีน้ำหนักเบาและมีความสามารถจ่ายพลังงานสูงได้อย่างต่อเนื่อง (มีค่ากำลังวัตต์ต่อน้ำหนักสูง) ระยะเวลาในการบินจะขึ้นอยู่กับค่าความจุของแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียงสองแบบใหญ่ๆ คือ

แบตเตอรี่แบบ NiMH (Nickel Metal Hydride) สำหรับอากาศยานขนาดเล็กแบบ FP นั้น บางรุ่นก็จะใช้แบตเตอรี่แบบ NiMH (Nickel Metal Hydride) แบตเตอรี่แบบนี้ใช้งานง่ายและการดูแลรักษาก็ไม่ยุ่งยากนัก ในปัจจุบันแบตเตอรี่แบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากกว่าแบตเตอรี่แบบ NiCd (Nickel Cadmium) แต่ที่ใช้กันมากเนื่องจากมีความจุมากกว่าถึง 2-3 เท่า นอกจากนี้ NiCd ยังมีสารที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ความจุของแบตเตอรี่นิยมบอกในรูปของค่าประจุที่แบตเตอรี่จ่ายได้เช่น 1000 mAh

รูปที่ 2.35 แบตเตอรี่แบบ NiMH

แบตเตอรี่แบบ LiPo (Lithium Polymer) เทคโนโลยีใหม่ที่ทำให้อากาศยานบังคับที่ใช้พลังงานไฟฟ้าได้รับความนิยมมากในปัจจุบันคือแบตเตอรี่แบบ LiPo (Lithium Polymer) แบตเตอรี่แบบนี้มีข้อได้เปรียบกว่าแบบ NiMH หลายอย่างเช่น มีน้ำหนักเบาให้พลังงานสูง ความจุสูงและประสิทธิภาพสูงกว่ามาก นอกจากนี้ แบตเตอรี่แบบ LiPo ยังมีอัตราการคายประจุสูงมากทำ ให้มอเตอร์ได้รับพลังงานเพียงพอกับกำลังที่ต้องการ ส่วนข้อเสียของแบตเตอรี่แบบนี้ก็คือ มีราคาสูงถ้าดูแลรักษาไม่ดี จะชาร์จได้เพียง 300-400 ครั้งเท่านั้น สารประกอบที่อยู่ภายในแบตเตอรี่แบบ LiPo ติดไฟง่ายจึงอาจเกิดการระเบิดได้ ถ้าไม่ชาร์จหรือจัดเก็บอย่างถูกวิธี รวมทั้งถ้าติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่ไม่ปลอดภัยจะทำให้เกิดการระเบิดได้เมื่อเกิดการกระแทก ดังนั้นการใช้แบตเตอรี่แบบนี้จึงต้องมีข้อควรระวังที่ต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

รูปที่ 2.36 แบตเตอรี่แบบ LiPo

(6) ใบพัด (Propeller) คือ อุปกรณ์ใบพัดหมุนชนิดขับด้วยกำลัง มีดุมหนึ่งดุม และแขนหรือกลีบรูปร่างปิดอย่างเกลียวตั้งแต่สองอันขึ้นไป อุปกรณ์ใบพัดจะติดตั้งอยู่บนอากาศยาน และใช้สำหรับขับเคลื่อน หรือดึงอากาศยานไปข้างหน้าผ่านอากาศ โดยการกระทำของใบพัดหมุนกินอากาศเพื่อให้เกิดแรงส่ง Thrust เป็นแรงที่ใช้ขับเคลื่อนอากาศยานไปในอากาศ และ Thrust เป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ผลักดันอากาศยาน ซึ่งมีอยู่หลายแบบและหลายวิธีการในการสร้างระบบผลักดันนี้ขึ้นมา ใบพัดก็เป็นหนึ่งในระบบขับเคลื่อนอากาศยาน จุดมุ่งหมายของใบพัดก็คือการขับเคลื่อนอากาศยาน ให้เคลื่อนที่ไปในอากาศ ใบพัดประกอบใบหรือกลีบ ตั้งแต่สองกลีบหรือสองใบขึ้นไป ต่อกันด้วยที่ศูนย์กลาง ซึ่งเรียกว่า Hub ทำหน้าที่ยึด ใบพัดแต่ละกลีบหรือแต่ละใบเข้ากับ Shaft ของเครื่องยนต์ ใบพัดที่นิยมใช้กับอากาศยานหลายใบพัด แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

(6.1) ใบพัดแบบรอบจัด (Speed Propeller) ซึ่งใบพัดชนิดนี้จะใช้กับอากาศยานประเภทบินเร็วและมีน้ำหนักเบา เน้นรอบจัด เพื่อความคล่องตัวในการบิน

รูปที่ 2.37 ใบพัดแบบรอบจัด

(6.2) ใบพัดแบบรอบต่ำ (Slow Propeller) ใบพัดชนิดนี้จะใช้กับอากาศยานที่มีขนาดใหญ่มีน้ำหนักตัวลำที่มาก โดยใบพัดชนิดนี้จะเน้นสาหรับสร้างแรงดึง ให้รอบต่ำและ ทอร์คสูง

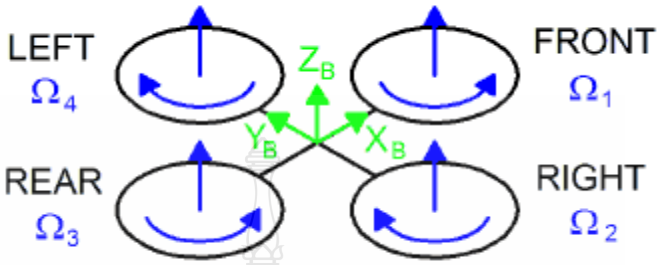
รูปที่ 2.38 ใบพัดแบบรอบต่ำ

2.4.2 หลักการทำงานของโดรน

การควบคุมการเคลื่อนที่ของโดรน จะควบคุมโดยการกำหนดให้ความเร็วรอบของใบพัดโดรนทั้งสี่ใบ มีความแรงในรูปแบบต่าง ๆ กัน ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำการควบคุมความเร็วรอบของใบพัดโดรนนั้น ทุกวันนี้จะใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ (Micro Controller) ซึ่งในปัจจุบันนี้จะมีบอร์ดสำเร็จรูปที่ได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นมาสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของโดรนโดยเฉพาะ ซึ่งนอกจากไมโครคอนโทลเลอร์แล้ว บนแผงวงจรยังจะมีอุปกรณ์ที่ตรวจจับต่างๆ ที่จำเป็นในการควบคุมโดรนอีก เช่น อุปกรณ์วัดความเร่ง (Accelerometer) อุปกรณ์วัดมุมเอียง (Gyroscopic Sensor) อุปกรณ์หาตำแหน่ง (GPS) และอุปกรณ์อื่นๆ ทั้งนี้ ทำให้การควบคุมโดรนสามารถทำได้ง่ายมากขึ้น สำหรับลักษณะการควบคุมโดรนแบบสี่ใบพัดนั้น เพื่อให้ได้การเคลื่อนที่ตามที่ต้องการจะประกอบด้วยการเคลื่อนที่หลักๆ ดังนี้

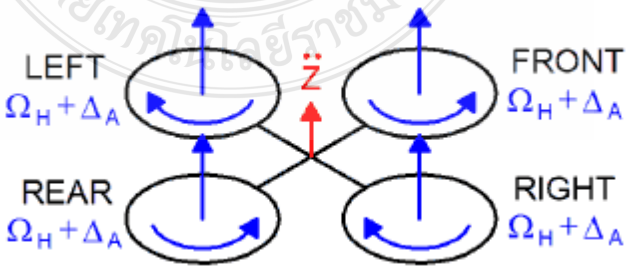
การควบคุมโดรน ให้ลอยตัวอยู่กับที่ (Hovering) ทำได้โดยควบคุมให้ความเร็วใบพัดทั้งสี่ตัวมีความเร็วที่เท่ากัน เพื่อสร้างโมเมนต์บิดที่เกิดจากด้านหนึ่งหักล้างกับโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นจากอีกด้านหนึ่ง ตามที่แสดงในรูปที่ 2.39 โดยกำหนดแกน X ชี้ไปในทิศทางด้านหน้าของอากาศยาน แกน Z อยู่ในทิศทางที่ชี้ขึ้นด้านบน และแกน Y เป็นไปตามกฎมือขวา สำหรับชื่อของใบพัดทั้งสี่ก็จะเป็น ใบพัดหน้า (Front Rotor) ใบพัดหลัง (Rear Rotor) ใบพัดขวา (Right Rotor) ใบพัดซ้าย (Left Rotor) เพื่อให้โดรนหยุดอยู่นิ่งได้ อุปกรณ์ควบคุมจะทำการควบคุมใบพัดที่อยู่ในแนวเส้นทแยงมุมกัน หมุนไปในทิศทางเดียวกัน ด้วยความเร็วเท่ากัน โดยใบพัดทั้งสี่จะมีความเร็วรอบเท่ากัน ด้วย Hove speed ΩH นั่นคือ Ω1+ Ω2+ Ω3+ Ω4= ΩH การหมุนของใบพัดเช่นนี้ จะทำ ให้โมเมนต์รอบแกน Z ของโดรน หักลบกัน

ไปหมด ทำให้โดรนหยุดนิ่ง ไม่มีการหมุนรอบแกนใดๆ เมื่อแรงยกที่เกิดจากใบพัดทั้งสี่เท่ากับ น้ำหนักของโดรน ก็จะทำให้โดรนลอยนิ่งได้



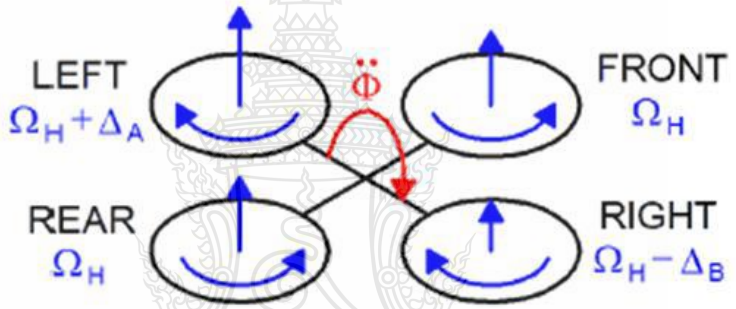
รูปที่ 2.39 การควบคุมโดรน ให้ลอยตัวอยู่กับที่ (Hovering)

การควบคุมโดรน ให้บินขึ้น-ลง (Throttle) จากการที่โดรนหยุดนิ่งในอากาศได้ เนื่องจากแรงยกเท่ากับน้ำหนัก และความเร็วรอบของใบพัดทั้งสี่เท่ากันที่ ΩH การที่จะให้โดรนยกตัวขึ้นจะสามารถเพิ่มความเร็วรอบให้มากขึ้นกว่า ΩH ตามที่แสดงในรูปที่ 2.40 โดยเพิ่มความเร็วรอบของใบพัดทั้งสี่ให้เป็น ΩH + ΩA เท่ากันทั้งหมด การกระทำเช่นนี้จะทำให้โมเมนต์รอบแกน Z ยังคงเท่ากับศูนย์แต่แรงในแกน Z จะมากขึ้น ทำให้แรงยกมากกว่าน้ำหนักก็จะทำให้โดรน ยกตัวขึ้นต่อเนื่องด้วยความเร็วเท่ากับ Z ตามที่แสดงในภาพ ส่วนในกรณีที่ต้องการจะลดระดับความสูง ก็จะทำในลักษณะเดียวกันเพียงแต่ให้ค่าความเร็วรอบต่ำลงเป็น ΩH - ΩA ก็จะทำ ให้แรงยกมีค่าน้อยกว่าน้ำหนัก โดรนจะค่อยๆ เคลื่อนตัวต่ำลงด้วยอัตราเร่ง Z ด้วยวิธีการนี้ เราสามารถที่จะควบคุมการบินขึ้นและลงของโดรนได้



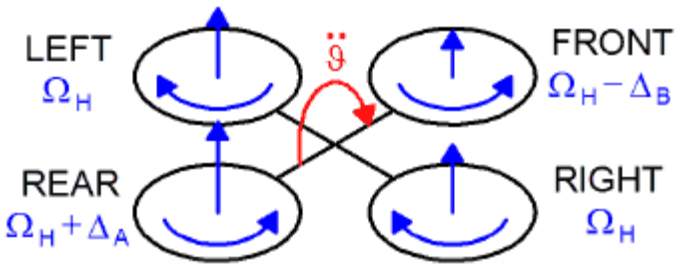
รูปที่ 2.40 การควบคุมโดรน ให้บินขึ้น-ลง (Throttle)

การควบคุมโดรนให้เอียงตัวซ้าย-ขวา (Roll) หากเราต้องการให้โดรนหมุนรอบแกน X หรือเรียกว่าการเอียงตัวซ้าย-ขวา สิ่งที่เราต้องทำคือ ทำให้แรงบิดรอบแกน X ไม่เป็นศูนย์ เหมือนกับการลอยตัว เพื่อจะได้แรงตามวัตถุประสงค์นี้ เราจะต้องควบคุมใบพัดหน้าและใบพัดหลัง มีความเร็วเท่าเดิม แต่ความเร็วใบพัดซ้าย ใบพัดขวาจะเปลี่ยนไป ยกตัวอย่างเช่น เราต้องการให้โดรนหมุนตัวเป็นมุมบวกรอบแกน X เราก็จะกำหนดให้ใบพัดซ้ายหมุนเร็วขึ้นให้มีความเร็วเป็น ΩH + ΩA เพื่อเพิ่มแรงยกด้านซ้ายในขณะเดียวกับที่ลดความเร็วใบพัดขวาลงให้เป็น ΩH - ΩB แรงที่มากขึ้นทางด้านซ้ายและลดลงด้านขวา จะทำให้โดรนเริ่มหมุนรอบแกน X ตามต้องการ ด้วยความเร่งเชิงมุมเท่ากับ Ø โดยการเพิ่มความเร็วทางใบซ้ายด้วยปริมาณ Δ A และลดความเร็วทางใบพัดขวาด้วยปริมาณ Δ B นั่นไม่จำเป็นต้องเป็นอัตราเดียวกัน ทั้งนี้ขึ้นกับอัตราเร่งในการหมุนตัวที่เราต้องการ



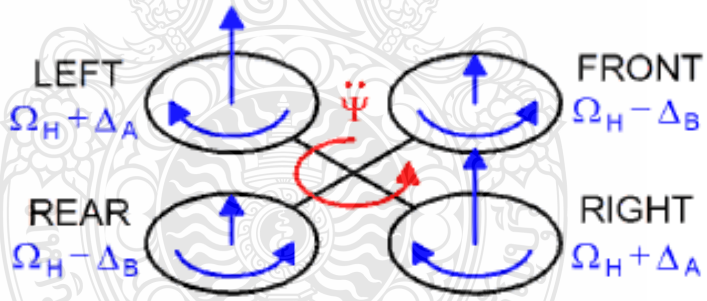
รูปที่ 2.41 การควบคุมโดรน ให้เอียงตัวซ้าย-ขวา (Roll)

การควบคุมโดรน ให้เงยหรือก้ม (Pitch) การควบคุมนี้จะคล้ายกับการหมุนรอบแกน X หรือ Roll เพียงแต่เราเปลี่ยนแกน การหมุนให้เป็นแกน Y โดยถ้าหากเราต้องการจะก้มหน้าโดรน เราจะกำหนดใบพัดซ้ายและขวาให้มีความเร็วรอบเท่ากันและลดความเร็วรอบของใบพัดหน้าลงให้เป็น และเพิ่มความเร็วของใบพัดหลังให้เป็นแรงที่เกิดจากความแตกต่างของแรงยกที่ใบพัดหน้าและหลัง จะทำให้เกิดโมเมนต์รอบแกน Y ขึ้น ทำให้โดรนเริ่มหมุนตัว รอบแกน Y ด้วยความเร่ง $\ddot{\vartheta}$ เพื่อเข้าสู่สมดุลใหม่ ΔH - ΔB



รูปที่ 2.42 การควบคุมโดรน ให้เงยหรือก้ม (Pitch)

การควบคุมโดรน ให้หมุนตัว (Yaw) เป็นการกำหนดให้โดรนหมุนตัวรอบแกน Z ซึ่งสามารถทำโดยการกำหนดให้ความเร็วใบพัดหน้าเท่ากับใบพัดหลังและมีความเร็วต่ำกว่าใบพัดซ้าย และใบพัดขวา เพื่อให้แรงบิดทางด้านซ้ายหรือขวา มากกว่าด้านหน้าหรือด้านหลัง จึงทำให้เครื่องบินหมุนตัวรอบแกน Z ด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับ $\ddot{\Psi}$ การควบคุมนี้จะทำให้ โดรนหมุนตัวกลับหน้าหลังได้



รูปที่ 2.43 การควบคุมโดรน ให้หมุนตัว (Yaw)

2.4.3 ระบบ GPS (Global Positioning System)

คือ ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

2.4.3.1 ส่วนอวกาศ ประกอบด้วยเครือข่ายดาวเทียมหลัก 3 ค่าย คือ อเมริกา รัสเซีย ยุโรป

1) ของอเมริกา ชื่อ NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging GPS) มีดาวเทียม 28 ดวง ใช้งานจริง 24 ดวง อีก 4 ดวงเป็นตัวสำรอง บริหารงานโดย Department of Defenses มีรัศมีวงโคจรจากพื้นโลก 20,162.81 กม.หรือ 12,600 ไมล์ ดาวเทียมแต่ละดวงใช้ เวลาในการโคจรรอบโลก 12 ชั่วโมง

2) ยุโรป ชื่อ Galileo มี 27 ดวง บริหารงานโดย ESA หรือ European Satellite Agency จะพร้อมใช้งานในปี 2008

3) รัสเซีย ชื่อ GLONASS หรือ Global Navigation Satellite บริหาร Russia VKS (Russia Military Space Force) ในขณะนี้ภาคประชาชนทั่วโลกสามารถใช้ข้อมูลจากดาวเทียมของทางอเมริกา (NAVSTAR) ได้ฟรี เนื่องจาก นโยบายสิทธิการเข้าถึงข้อมูลและข่าวสารสำหรับประชาชนของรัฐบาลสหรัฐ จึงเปิดให้ประชาชนทั่วไปสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในระดับความแม่นยำที่ไม่เป็นภัยต่อความมั่นคงของรัฐกล่าวคือมีความแม่นยำในระดับบวก / ลบ 10 เมตร

2.4.3.2 ส่วนควบคุม ประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดิน สถานีใหญ่อยู่ที่ Falcon Air Force Base ประเทศ อเมริกา และศูนย์ควบคุมย่อยอีก 5 จุด กระจายไปยังภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลก

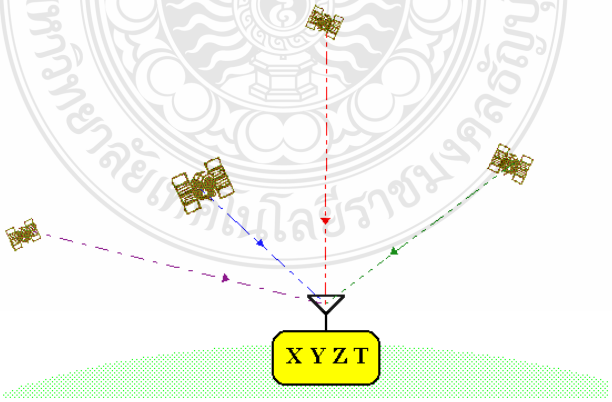
2.4.3.3 ส่วนผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานต้องมีเครื่องรับสัญญาณที่สามารถรับคลื่นและแปรรหัสจากดาวเทียมเพื่อนำมาประมวลผลให้เหมาะสมกับการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ

2.4.4 การทำงานของ GPS

ดาวเทียม GPS (Navstar) ประกอบด้วยดาวเทียม 24 ดวง โดยแบ่งเป็น 6 รอบวงโคจร การจรจะเอียงทำมุมเอียง 55 องศา กับเส้นศูนย์สูตร (Equator) ในลักษณะสานกันคล้ายลูกตะกร้อ แต่ละวงโคจรมีดาวเทียม 4 ดวง รัศมีวงโคจรจากพื้นโลก 20,162.81 กม. หรือ 12,600 ไมล์ดาวเทียมแต่ละดวงใช้ เวลาในการโคจรรอบโลก 12 ชั่วโมง

รูปที่ 2.44 ตำแหน่งของดาวเทียมที่โคจรรอบโลก

GPS ทำงานโดยการรับสัญญาณจากดาวเทียมแต่ละดวง โดยสัญญาณดาวเทียมประกอบไปด้วยข้อมูลที่ระบุตำแหน่งและเวลาขณะส่งสัญญาณ ตัวเครื่องรับสัญญาณ GPS จะต้องประมวลผลความแตกต่างของเวลาในการรับสัญญาณเทียบกับเวลาจริง ณ ปัจจุบันเพื่อแปรเป็นระยะทางระหว่างเครื่องรับสัญญาณกับดาวเทียมแต่ละดวง ซึ่งได้ระบุมีตำแหน่งของมันมากับสัญญาณดังกล่าวข้างต้นเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการค้นหาตำแหน่งด้วยดาวเทียม ต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง เพื่อบอกตำแหน่งบนผิวโลก ซึ่งระยะห่างจากดาวเทียมทั้ง 3 กับเครื่อง GPS (ที่จุดสีแดง) จะสามารถระบุตำแหน่งบนผิวโลกได้หากพื้นโลกอยู่ในแนวระนาบแต่ในความเป็นจริง พื้นโลกมีความโค้งเนื่องจากสัณฐานของโลกมีลักษณะกลมดังนั้นดาวเทียมดวงที่ 4 จะทำให้สามารถคำนวณเรื่องความสูงเพื่อทำให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องมากขึ้น



รูปที่ 2.45 เครื่อง GPS รับสัญญาณมาจากดาวเทียม 4 ดวง

นอกจากนี้ความแม่นยำของการระบุตำแหน่งนั้นขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง กล่าวคือถ้าระยะห่างระหว่างดาวเทียมที่ใช้งานอยู่ห่างกันย่อมให้ค่าที่แม่นยำกว่าที่อยู่ใกล้กันและยิ่งมีจำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้มากก็ยิ่งให้ความแม่นยำมากขึ้น ความแปรปรวนของชั้นบรรยากาศชั้นบรรยากาศประกอบด้วยประจุไฟฟ้า ความชื้น อุณหภูมิ และความหนาแน่นที่แปรปรวนตลอดเวลา คลื่นเมื่อตกกระทบ กับวัตถุต่างๆ จะเกิดการหักเหทำให้สัญญาณที่ได้อ่อนลงและสิ่งแวดล้อมในบริเวณรับสัญญาณเช่นมีการบดบังจากกระจก ละอองน้ำ ใบไม้ จะมีผลต่อค่าความถูกต้องของความแม่นยำ เนื่องจากถ้าสัญญาณจากดาวเทียมมีการหักเหก็จะทำให้ค่าที่คำนวณได้จากเครื่องรับสัญญาณเพี้ยนไป และสุดท้ายก็คือประสิทธิภาพของเครื่องรับสัญญาณว่ามีความไวในการรับสัญญาณแค่ไหนและความเร็วในการประมวลผลด้วยการวัดระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับทำได้โดยใช้สูตรคำนวณ

ระยะทาง =ความเร็ว x ระยะเวลา วัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุส่งจากดาวเทียมมายังเครื่องรับ GPS คูณด้วยความเร็วของคลื่นวิทยุจะเท่ากับระยะทางที่เครื่องรับ อยู่ห่างจากดาวเทียม โดยเวลาที่วัดได้มาจากนาฬิกาของดาวเทียมที่มีความแม่นยำสูงมีความละเอียดถึงนาโนวินาที และมีการสอบทวนเสมอๆกับสถานีภาคพื้นดินองค์ประกอบสุดท้ายก็คือตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวงในขณะที่ส่งสัญญาณมาว่าอยู่ที่ใด (Almanac) มายังเครื่องรับ GPS โดยวงโคจรของดาวเทียมได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้วเมื่อถูกส่งขึ้นสู่อวกาศ สถานีควบคุมจะคอยตรวจสอบการโคจรของดาวเทียมอยู่ตลอดเวลาเพื่อทวนสอบความถูกต้อง

2.4.5 หน้าที่สำคัญ ของดาวเทียม GPS มีดังนี้

2.4.5.1 รับข้อมูล วงโคจรที่ถูกต้องของดาวเทียม (Ephemeris Data) ที่ส่งมาจากสถานีควบคุมดาวเทียมหลัก (Master Control Station) เพื่อส่งกระจายสัญญาณข้อมูลนี้ ลงไปยังพื้นโลก สำหรับGPS Receiver ใช้ในการคำนวณ ระยะห่าง (Range) ระหว่างดาวเทียมดวงนั้นกับตัวเครื่อง GPS Receiver และตำแหน่งของดาวเทียมบนท้องฟ้า เพื่อใช้คำนวณหาตำแหน่งพิกัดของตัวเครื่อง GPS Receiver เอง

2.4.5.2 ส่งรหัส (Code) และข้อมูล Carrier Phase ไปกับคลื่นวิทยุลงไปยังพื้นโลก สำหรับGPS Receiver ใช้ในการคำนวณระยะห่าง (Range) ระหว่างดาวเทียมดวงนั้นกับตัวเครื่อง GPS Receiver

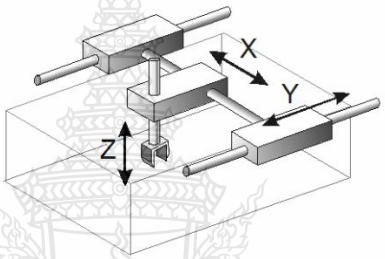
2.4.5.3 ส่งข้อมูลตำแหน่งโดยประมาณของดาวเทียมทั้งหมด (Almanac Information) และข้อมูลสุขภาพของดาวเทียมลงไปยังพื้นโลกสำหรับ GPS Receiver ใช้ในการกำหนดดาวเทียมที่จะสามารถรับสัญญาณได้

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ

2.5.1 แขนกล (Robotic Arm)

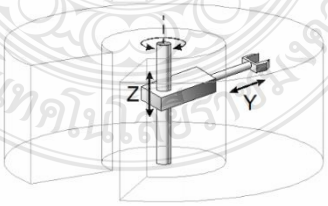
เป็นส่วนหนึ่งของหุ่นยนต์ Robot สามารถควบคุมหรือสั่งการให้แขนกลเคลื่อนทำงานได้ตามต้องการ เช่น งานตัดเลเซอร์ งานเชื่อมโลหะ งานพ่นสี เป็นต้น หรือเพื่อการหยิบ-วางวัตถุ สิ่งของต่างๆ หลักพื้นฐานการเคลื่อนที่ของแขนกล สามารถแบ่งออกได้ 5 ประเภท ดังนี้

1) แขนกลแบบ Cartesian Robot มีการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นทั้ง 3 แกน เช่น ระบบเครนในโรงงานอุตสาหกรรม มีข้อดี คือ สามารถออกแบบให้รับน้ำหนักได้สูง ควบคุมการทำงานได้ง่าย มีข้อเสีย คือ ต้องใช้พื้นที่มากในการติดตั้ง



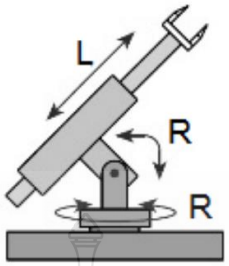
รูปที่ 2.46 ลักษณะแขนกลแบบ Cartesian Robot

2) แขนกลแบบ Cylindrical Robot มีการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น 2 แกน และเชิงมุม 1 แกน เช่น เครนก่อสร้างอาคารสูง มีข้อดี คือ ออกแบบใช้งานง่าย ชิ้นส่วนไม่ซับซ้อน มีข้อเสีย คือ มีพื้นที่การทำงานที่จำกัด



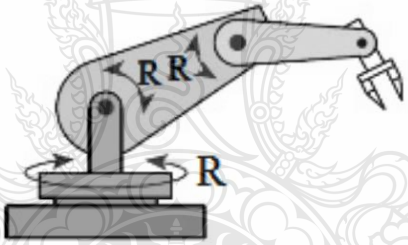
รูปที่ 2.47 ลักษณะแขนกลแบบ Cylindrical Robot

3) แขนกลแบบ Spherical Robot มีการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น 1 แกน และเชิงมุม 2 แกน เช่น แขนกลงานเชื่อม มีข้อดี คือ สามารถหยิบ-วางได้ มีข้อเสีย คือ มีระบบการควบคุมที่ซับซ้อน



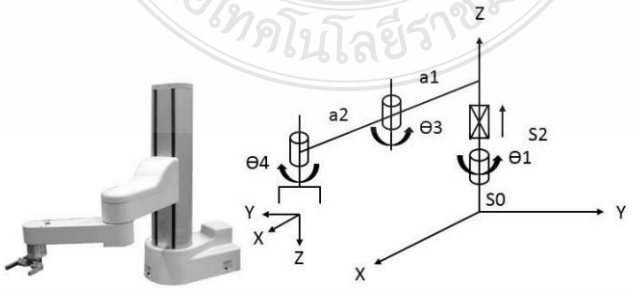
รูปที่ 2.48 ลักษณะแขนกลแบบ Spherical Robot

4) แขนกลแบบ Articulated Robot มีการเคลื่อนที่เชิงมุมทั้ง 3 แกน ทำให้สามารถทำงานได้อย่างอิสระขึ้น มีโครงสร้างคล้ายกับแขนของมนุษย์ มีข้อดี คือ สามารถออกแบบให้มีการทำงานได้หลากหลายประเภท เช่น การหยิบ-วางสิ่งของ งานเชื่อมโลหะ งานตัดเลเซอร์ งานประกอบติดตั้งชิ้นส่วนเครื่องจักร งานระบบลำเลียงในอุตสาหกรรม มีข้อเสีย คือ มีระบบการควบคุมที่ซับซ้อน



รูปที่ 2.49 ลักษณะแขนกลแบบ Articulated Robot

5) แขนกลแบบ SCARA Robot มีการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น 1 แกน และเชิงมุม 2 แกน เหมาะสำหรับงาน หยิบ-วาง มีข้อดี คือ สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว และมีความแม่นยำสูง มีข้อเสีย คือ มีระบบการควบคุมที่ซับซ้อน



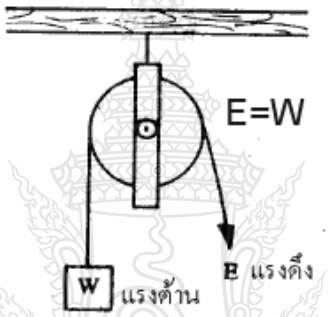
รูปที่ 2.50 ลักษณะแขนกลแบบ SCARA Robot

2.5.2 รอก (Pulley)

เป็นเครื่องกลที่ใช้สำหรับยกของขึ้นที่สูงหรือหย่อนลงไปในที่ต่ำ รอกมีลักษณะเป็นล้อมหมุนได้คล่องรอบตัว และมีเชือกพาดล้อสำหรับยกตัวและดึงวัตถุรอก แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ รอกเดี่ยวและรอกพวง

1) รอกเดี่ยว แบงออกเป็น 2 ระบบ

รอกเดี่ยวตายตัว เป็นรอกที่ตรึงติดอยู่กับที่ ใช้เชือกหนึ่งเส้นพาดรอบล้อโดยปลายข้างหนึ่งผูกติดกับวัตถุ ปลายอีกข้างหนึ่งใช้สำหรับดึง เมื่อดึงวัตถุขึ้นในแนวดิ่ง แรงที่ใช้ดึงจะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ รอกเดี่ยวตายตัวไม่ช่วยผ่อนแรงแต่สามารถอำนวยความสะดวกในการทำงาน ตัวอย่างเช่น การชักธงชาติขึ้นสู่ยอดเสา การลำเลียงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างขึ้นที่สูง



รูปที่ 2.51 รอกเดี่ยวตายตัว

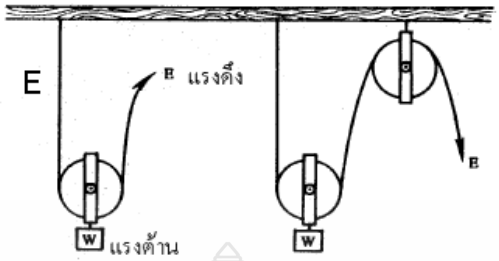
สมการที่ใช้คำนวณแรงดึง

$$E = W$$

เมื่อ E = แรงความพยายาม หรือแรงที่ใช้ดึงวัตถุ (นิวตัน)

W = แรงต้านทานหรือน้ำหนักของวัตถุ (นิวตัน)

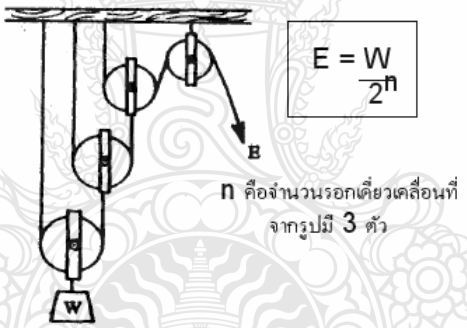
รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ เป็นรอกที่เคลื่อนที่ได้ขณะที่ใช้งาน วัตถุผูกติดกับตัวรอกใช้เชือกหนึ่งเส้นพาดรอบล้อโดยปลายข้างหนึ่งผูกติดกับเพดาน ปลายอีกข้างหนึ่งใช้สำหรับดึง เมื่อดึงวัตถุขึ้นในแนวดิ่งแรงที่ใช้ดึงมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของน้ำหนักของวัตถุ รอกเดี่ยวเคลื่อนที่เป็นเครื่องกลที่ช่วยผ่อนแรง



รูปที่ 2.52 รอกเดี่ยวเคลื่อนที่

2) รอกพวง แบ่งออกเป็น 3 ระบบ

รอกพวงระบบที่ 1 ประกอบด้วยรอกเดี่ยวเคลื่อนที่หลายตัว รอกแต่ละตัวมีเชือกคล้องหนึ่งเส้น โดยปลายข้างหนึ่งผูกติดกับเพดาน ปลายอีกข้างหนึ่งผูกกับรอกตัวถัดไป วัตถุผูกติดกับรอกตัวล่างสุด เชือกที่คล้องรอบรอกตัวบนสุดใช้สำหรับดึง



รูปที่ 2.53 รอกพวงระบบที่ 1

สมการที่ใช้คำนวณแรงดึง

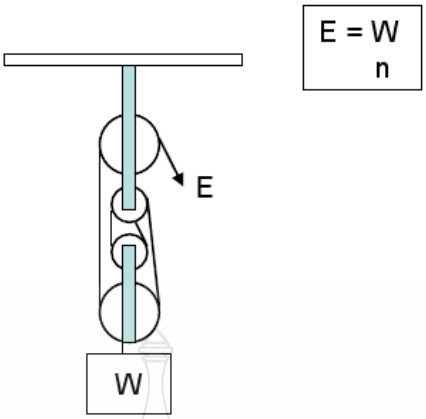
E = W/2n

เมื่อ E = แรงความพยายาม หรือแรงที่ใช้ดึงวัตถุ (นิวตัน)

W = แรงต้านทานหรือน้ำหนักของวัตถุ (นิวตัน)

n = จำนวนรอกเดี่ยวเคลื่อนที่

รอกพวงระบบที่ 2 ประกอบด้วยรอก 2 ตับ ตับบนแขวนติดเพดาน วัตถุผูกติดกับรอกตัวล่างสุด ของตับล่าง ใช้เชือกเส้นเดียวคล้องรอบรอกทุกตัว โดยปลายข้างหนึ่งผูกติดกับรอกตัวล่างสุดของตัวบน หรือตัวบนสุดของตับล่างปลายอีกข้างหนึ่งใช้สำหรับดึง



รูปที่ 2.54 รอกพวงระบบที่ 2

สมการที่ใช้คำนวณแรงดึง

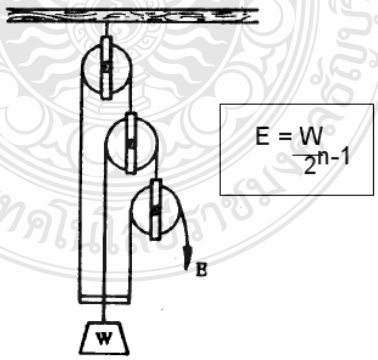
$$E = W/n$$

เมื่อ E = แรงความพยายาม หรือแรงที่ใช้ดึงวัตถุ (นิวตัน)

W = แรงต้านทานหรือน้ำหนักของวัตถุ (นิวตัน)

n = จำนวนรอก

รอกพวงระบบที่ 3 ประกอบด้วยรอกเดียวตายตัว 1 ตัว ที่เหลือเป็นรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ ปลายข้างหนึ่งของเชือกที่คล้องรอบรอกทุกตัวผูกติดกับคานตรงอันหนึ่งวัตถุผูกติดกับคานนี้ ปลายอีกข้างหนึ่งของเชือกผูกกับรอกตัวถัดไป เหลือปลายสุดท้ายใช้สำหรับดึง



รูปที่ 2.55 รอกพวงระบบที่ 3

สมการที่ใช้คำนวณแรงดึง

$$E = W / 2^{n-1}$$

เมื่อ E = แรงความพยายาม หรือแรงที่ใช้ดึงวัตถุ (นิวตัน)

W = แรงต้านทานหรือน้ำหนักของวัตถุ (นิวตัน)

n = จำนวนรอกเดี่ยวเคลื่อนที่

2.5.3 ระบบต้นกำลังขับชุดแขนกลพ่นน้ำยา

มอเตอร์ที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง Gear motor 24VDC สมการที่ใช้คำนวณแรงบิดเพลา

$$T = F \times r$$

$$P = 2\pi NT / 60$$

เมื่อ T = โมเมนต์แรงบิด (N-m)

F = โมเมนต์แรงบิด (N)

r = รัศมีเพลา (m)

N = ความเร็วรอบ (rpm)

สมการคำนวณแรงยกของมอเตอร์

$$W_{Total} = (W_{Frame} + W_{Device}) + Payload$$

คิดค่าประสิทธิภาพแรงยกที่ 80%

$$0.8\ T_{use} = W_{Total}$$

ในทางปฏิบัติ จะคิดค่าแรงยกสูงสุดของมอเตอร์แต่ละชุดที่ 40-70%

$$0.7\ T_{piece} = T_{use} / \text{จำนวนมอเตอร์ใบพัดโดรน}$$

เมื่อ W_{Total} = น้ำหนักรวมทั้งหมด (N)

W_{Frame} = น้ำหนักโครงสร้างโดรน (N)

W_{Device} = น้ำหนักชุดแขนกลพ่นน้ำยา (N)

Payload = น้ำหนักสารฉีดพ่น (N)

T_{use} = แรงยกมอเตอร์โดยรวม (N)

T_{piece} = แรงยกมอเตอร์แต่ละชุด (N)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จรัสศรี วงศ์กำแหง [11] ได้ศึกษาสำรวจการระบาดของแมลงดำหนามมะพร้าว โดยแมลงดำหนามมะพร้าวเป็นแมลงศัตรูมะพร้าวที่อพยพเข้ามาและระบาดในประเทศไทย ครั้งแรกในปี พ.ศ.2543 ในสวนมะพร้าวจังหวัดนราธิวาส ยะลา ปัตตานี ปัจจุบันได้ขยายพื้นที่ระบาดในสวนมะพร้าวแถบภาคกลาง ภาคตะวันออก และตะวันตก ทำความเสียหายกับสวนมะพร้าวในหลายพื้นที่คิดเป็นมูลค่าหลายร้อยล้านบาท ส่วนภาคใต้ตอนล่างยังมีการระบาดอยู่บ้างอย่างต่อเนื่องแต่ไม่รุนแรงเหมือนในอดีตที่ผ่านมา ทั้งนี้ศัตรูธรรมชาติที่สำรวจพบคือแตนเบียนชื่อ Tetrastichus brontispae Ferrier (F.Eulopidae, O.Hymenoptra) มีส่วนสำคัญในการควบคุมแมลงดำหนามในอยู่ในระดับสมดุล ซึ่งพบในทุกพื้นที่ทั้ง 4 จังหวัดที่มีการระบาดของแมลงดำหนามมะพร้าววงจรชีวิตแมลงดำหนามมะพร้าวB.longissima ระยะไข่ 2-5 วัน หนอนมี 4 ระยะๆ หนอน 26-53 วัน ระยะดักแด้ 4-7 วัน ตัวเต็มวัยมีอายุ 5.4 เดือน (163 วัน) เพศเมียเริ่มวางไข่เมื่อผสมพันธุ์แล้ว 20 วัน แต่ละตัววางไข่ได้ 105 ฟอง ส่วนวงจรชีวิตของแตนเบียน T.brontispae ระยะไข่ หนอน ดักแด้ อาศัยอยู่ในมัมมี่(หนอนแมลงดำหนามวัย4 ที่ถูกเบียน) 20-21วัน เมื่อเป็นตัวเต็มวัยออกจากมัมมี่ผสมพันธุ์วางไข่ต่อไป มีอายุ 4-5 วันการสำรวจแลสุ่มตัวอย่างสวนมะพร้าวเพื่อประเมินเปอร์เซ็นต์ความเสียหายและทำแผนที่การระบาดในจังหวัดสงขลา สตูล พัทลุงและตรัง ซึ่งสวนปลูกมะพร้าวส่วนใหญ่มีขนาด 5-10ไร่ ปลูกเป็นกลุ่มไม่ต่อเนื่องทำให้ลักษณะการระบาดมีเป็นหย่อมๆในปี 2549 ดำเนินการ 2 จังหวัด คือ สงขลาและสตูล พื้นที่สำรวจจังหวัดสงขลารวม 15 อำเภอ 115 ตำบล 1150 จุด พบการระบาดรุนแรงใน 3 อำเภอ ได้แก่ อ.เมือง อ.สะเดา และ อ.ระโนด ความเสียหาย 49.01 40.73 และ 38.44 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ตามลำดับ พื้นที่สำรวจจังหวัดสตูลรวม 8 อำเภอ 33 ตำบล 330 จุด มีการระบาดรุนแรงใน 3 อำเภอคือ อ.ละงู อ.เมือง และ อ.ควนโดน ความเสียหาย 38.0 37.9 และ 37.90 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ตามลำดับ ปี 2550 ดำเนินการ 2 จังหวัด คือ พัทลุงและตรัง พื้นที่สำรวจจังหวัดพัทลุงรวม 11 อำเภอ 65 ตำบล 650 จุด พบการระบาดรุนแรงใน 3 อำเภอ ได้แก่ อ.ป่าพะยอม อ.เขาชัยสน และ อ.ป่าบอน ความเสียหาย 58.25 50.0 และ 40.0 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ตามลำดับ พื้นที่สำรวจจังหวัดตรังรวม 10 อำเภอ 87 ตำบล 870 จุด มีการระบาดรุนแรงใน 3 อำเภอ คือ อ.วังวิเศษ อ.สิเกา และ อ.เมือง ความเสียหาย 55.85 41.56 และ 33.73 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ตามลำดับ

วลัยพร ศะศิประภา [12] ศึกษาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูและการฟื้นตัวของมะพร้าวในพื้นที่อำเภอกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ อ.กุยบุรี จ. ประจวบคีรีขันธ์ มีสภาพอากาศที่แปรปรวน ฝนน้อย แห้งแล้งยาวนาน ทำให้มีการเข้าทำลายของแมลงศัตรูมะพร้าวยาวนาน จำเป็นต้องหาแนวทางหรือวิธีการที่เหมาะสม จึงดำเนินการศึกษาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูมะพร้าวระหว่างเดือนกรกฎาคม ปีพ.ศ. 2555–กรกฎาคม ปี พ.ศ. 2558 โดยสำรวจการเข้าทำลายของหนอนหัวดำมะพร้าว และแมลงดำ

หนามมะพร้าว 120 แปลง ทุก 2 เดือนพร้อมสัมภาษณ์เกษตรกร ประเมินระดับการทำลายของแมลงศัตรูมะพร้าวรายแปลง จัดกลุ่มระดับการเข้าทำลายและติดตามการเปลี่ยนแปลง พบว่า การปลูกมะพร้าวใน อ.กุยบุรี 57% ปลูกแบบพืชเดี่ยว เป็นแปลงขนาดเล็ก ส่วนที่ผสมผสานมีทั้งพืชและสัตว์ ส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนมีเพียง 8% ที่สามารถให้น้ำได้ การสำรวจช่วงเดือนกรกฎาคม 2555 พบหนอนหัวดำมะพร้าว (Opisina arenosella Walker.) ทำลายรุนแรงใน ต.เขาแดง สามกระทาย ดอนยายหนู บริเวณตอนเหนือและตอนใต้ของ ต.กุยเหนือ ตอนเหนือของ ต.กุยบุรี และทางด้านตะวันออกของ ต.หาดขาม ส่วนแมลงดำหนามมะพร้าว (Brontispa longissima Gestro.) ส่วนใหญ่พบการระบาดในระดับน้อยถึงไม่ถูกทำลาย โดยพบการเข้าทำลายในระดับปานกลาง ที่ตอนกลางและด้านตะวันออกของ ต.กุยเหนือ มีรูปแบบการทำลายขึ้นๆลงๆ ทุกรอบ 4 เดือน เปอร์เซ็นต์ใบแรกที่ถูกทำลายเพิ่มขึ้นในช่วงแล้ง และลดลงในช่วงฝนตกชุก การฟื้นตัวของสวนมะพร้าวที่มีการทำลายระดับน้อยมีโอกาสมากที่จะใช้เวลาในการฟื้นตัวสั้นกว่าสวนที่ถูกทำลายรุนแรง การฟื้นตัวของมะพร้าวที่มีระยะเวลาในการเข้าทำลายของหนอนหัวดำมะพร้าวยาวนาน การฟื้นตัวเกิดขึ้นช้ามากและยังคงมีทางใบที่ไม่ถูกทำลายน้อยกว่า 10 ทางใบในปีที่ 3 การดูแลบำรุงรักษาสวนช่วยให้การฟื้นตัวเร็วขึ้น ฝนที่ตกมากขึ้นโดยเฉพาะช่วงปลายฤดูฝนทำให้ระดับการเข้าทำลายลดลงอย่างชัดเจน การฉีดสารเคมีเข้าต้นในมะพร้าวต้นสูงกว่า 12 เมตร ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำในแปลงที่มีการเข้าทำลายรุนแรงต้องใช้เวลาอย่างน้อย 8 เดือน จึงฟื้นตัวจนมีทางใบที่ไม่ถูกทำลายไม่น้อยกว่า 13 ทางใบ ใช้เวลาประมาณ 1.5 ปี กว่าจะให้ผลผลิตในระดับปกติ และสามารถควบคุมการเข้าทำลายครั้งใหม่ให้มีทางใบที่ไม่ถูกทำลายมากกว่า 13 ทางใบ โดยไม่ต้องมีมาตรการใดเสริมในช่วง 23 เดือน ส่วนการปล่อยแตนเบียน Goniozus nephantidis ในแปลงมะพร้าวต้นเตี้ย สามารถช่วยให้มะพร้าวฟื้นต้นได้ ประชากรหนอนหัวดำมะพร้าวลดลง พบหนอนตายแต่ยังการเบียนของ G. nephantidis ในธรรมชาติ

พีระ บุนนาค [13] ได้พัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศสำหรับจักรยานยนต์พ่วงข้าง และเพื่อหาสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศสำหรับกับจักรยานยนต์พ่วงข้าง โดยเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศในแปลงผลไม้ติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้าง ประกอบด้วย พัดลมแรงเหวี่ยง ชุดปรับมุม ตัวกระจายลมเครื่องยนต์แก๊ส หัวฉีดกรวยกลวง และปั๊มกระแสตรง สามารถนำไปติดตั้งกับรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง หรือรถเอทีวีได้ จากการทดสอบพบว่าสมรรถนะในการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศในแปลงผลไม้สำหรับจักรยานยนต์พ่วงข้างที่ความเร็วรอบพัดลม 1,950 รอบต่อนาทีความเร็วในการเคลื่อนที่ 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีสมรรถนะในการทำงานเท่ากับ 10 ไร่ต่อชั่วโมงอัตราการใช้สารเคมี 240 ลิตรต่อชั่วโมง อัตราสิ้นเปลืองแก๊ส 1.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความหนาแน่นของละอองสารเคมีเท่ากับ 19.33 ละอองต่อตารางเซนติเมตร

ขนาดละอองเฉลี่ย 61.2 ไมครอนโดยมีต้นทุนอยู่ที่ 40,000 บาท สามารถคืนทุนได้ในเวลา 0.365 ปี หรือประมาณ 4 เดือน 14 วัน

เกรียงไกร แซมสีม่วง และคณะ [14] ได้พัฒนาระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้ควบคุมระยะไกลร่วมกับเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายเพื่อควบคุมการให้สารเคมีแบบแม่นยำสำหรับโรงเรือนมาตรฐาน ระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้แบบควบคุมระยะไกล ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายที่พัฒนาขึ้น สามารถตรวจวัดและประเมินผลการระบาดของโรคพืชเพื่อป้องกันผลผลิตลดต่ำลงได้เป็นอย่างดี ข้อมูลภาพถ่ายจะถูกประมวลผลด้วยโปรแกรมที่ออกแบบไว้ในโปรแกรม MATLAB เพื่อควบคุมระบบการฉีดพ่นสารเคมีให้สัมพันธ์กับความหนาแน่นของโรคพืชที่ตรวจวัดได้ โดยกล้องสามารถบันทึกตำแหน่ง และค่าการสะท้อนแสงแบบใกล้ช่วงคลื่นอินฟราเรดที่ 800 nm และช่วงคลื่นสีแดงที่ 650 nm ส่งผลให้การจำแนกกล้วยไม้ที่สมบูรณ์กับที่เป็นโรค และการระบุตำแหน่งของโรคใบปื้นเหลือง โรคใบจุดดำ โรคแอนแทรคโนสนั้น สามารถทำได้อย่างแม่นยำ จากนั้นจึงเปรียบเทียบผลที่ได้จากระบบกับเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ภาคพื้นดิน และทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ออกมา ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI และ GNDVI จะแปรผันตามระดับคลอโรฟิลล์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.985 ถึง 0.992 ดังนี้ R2=0.985-0.992 สำหรับกล้วยไม้สมบูรณ์, R2=0.984-0.998 สำหรับกล้วยไม้เกิดโรค ตามลำดับ และกล้องถ่ายภาพแบบ Web CAM ซึ่งมีราคาต่ำ จะให้ค่าความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายดีที่สุด ที่ระดับความสูง 1.2 m เมื่อเทียบกับการใช้กล้องชนิดอื่น กล้องถ่ายภาพแบบ Digital camera ซึ่งมีราคาปานกลาง ที่ระดับความสูง 1-1.2 m ส่วนกล้องถ่ายภาพแบบ NIR camera ซึ่งมีราคาสูงมาก ที่ระดับความสูง 1.6 m ขึ้นไป และพบว่าโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายที่พัฒนาขึ้นนั้น มีคุณรูปที่สามารถยอมรับได้เมื่อทำการสอบเทียบกับการตรวจวัดด้วยคน

กิตติชัย เลิศกาญจนวงศ์ [15] พัฒนาเครื่องฉีดพนสารเคมีในแปลงปลูกองุ่นพวงท้ายรถแทรกเตอร์ มีขนาด 100 × 100 × 120 เซนติเมตร ต่อพวงกับระบบต่อติดสามจุดของรถแทรกเตอร์ โดยรับกำลังจากเพลาอำนวยกำลังส่งผ่านไปสูปมแรงดันสามสูบ เพื่อสร้างและส่งความดันไปยังหัวฉีด ที่ติดตั้งอยู่บนแขนพ่น จากการศึกษาหัวฉีดที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู 4 รู 5 รู และ 7 รู ผลการทดลองพบว่า ความเร็วเดินหน้าขณะทำงาน ของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีเท่ากับ 2.06 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้ความดันในการฉีดพ่นเท่ากับ 35 บาร์ หัวฉีดกรวยกลวง 1 รู มีจำนวนละอองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการฉีดพ่น ซึ่งมีจำนวนละอองที่หน้าใบเฉลี่ยเท่ากับ 75 ละออง/ตารางเซนติเมตร จำนวนละอองที่หลังใบเฉลี่ยเท่ากับ 50 ละออง/ตารางเซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนของขนาดละออง VMD/NMD พบว่ามีค่าที่สม่ำเสมอมากที่สุดคือ 1.24 และมีอัตราการฉีดพ่นเท่ากับ 7.65 ลิตร/นาที ส่วนหัวฉีดกรวยกลวง 4 รู 5 รู และ 7 รู มีจำนวนละอองในบางตำแหน่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

ของการฉีดพ่น โดยเครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงานเชิงไร่ เท่ากับ 4.25 ไร่/ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการทำงานเชิงไร่ เท่ากับ 73.57 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการฉีดพ่นสารเคมี 0.54 ลิตร/ต้น คิดเป็นปริมาณการใช้น้ำยาอยู่ที่ 108.25 ลิตร/ไร่ และจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่าเมื่อเครื่องต้นแบบทำงานวันละ 5 ชั่วโมง เป็นเวลา 200 วันต่อปี เปรียบเทียบกับแรงงานคน จะมีระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 1 เดือน โดยมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 37.75 ไร่

วิชัย โอภานุกุล และคณะ [16] ศึกษาการวิจัยอากาศยานไร้คนขับ (Drone) สำหรับเกษตรอินทรีย์ เพื่อรองรับยุทธศาสตร์ Thailand 4.0 สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จึงเร่ง ดำเนินการวิจัยและได้เครื่องต้นแบบในปลายปี 2559 มีคุณลักษณะทางเทคนิค ดังนี้ (1) เป็นโดรนแบบมัลติโรเตอร์ 4 ใบพัด (2) ควบคุมการทำงานด้วยรีโมท (3) ใช้ต้นกำลังจากแบตเตอรี่ 16,000 mAh (4) มีระยะห่างแกนมอเตอร์ใบพัด 90 เซนติเมตร (5) บรรจุสารได้ครั้งละ 4 ลิตร (6) หน้า กว้างการพ่น 1.5-3.0 เมตร (7) ความสูงที่เหมาะจากยอดพืชเป้าหมาย 1.5-2.5 เมตร (8) มิติโดยรวม (กxยxส) 100x160x50 เซนติเมตร (9) น้ำหนัก 5.5 กิโลกรัม และ (10) ราคาประมาณ 100,000 บาท ผลการทดสอบพ่นสาร ในแปลงผักคะน้า หอม ผักชีนาข้าว และในไร่อ้อย มีความสามารถในการทำงาน 3-5 นาที/ไร่ ซึ่งเร็วกว่า การใช้แรงงานคนที่ใช้เครื่องพ่นแบบสะพายหลัง 6-9 เท่า รวมทั้งมีละอองสารติดที่ใต้ใบมากกว่า เนื่องจากมีแรงลมจากใบพัดโดรนช่วยเป่า และทดสอบพ่นสารในสวนมะพร้าวน้ำหอมมีความสูงเฉลี่ย 11 เมตร ใช้เวลาประมาณ 15 นาที/ไร่

ปัทมา ชูกลิ่น [17] ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบอากาศยานสี่ใบพัด ที่บังคับการเคลื่อนที่ด้วยตนเอง งานวิจัยนี้ทาการสร้างเครื่องต้นแบบอากาศยานแบบสี่ใบพัดที่สามารถขึ้นบินและลงจอดแบบอัตโนมัติ โดยเคลื่อนที่อย่างไร้คนบังคับไปตามเส้นทางที่กำหนดได้ ทั้งนี้เนื่องจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีพื้นที่บริเวณกว้าง จึงทำให้อาคารบริหารส่วนต่าง ๆ ตั้งอยู่ห่างกัน ทำให้ยากต่อการติดต่อสื่อสารในด้านเอกสาร และปัจจุบันเครื่องบินบังคับวิทยุแบบปีกหมุนกาลังเป็นที่นิยมนำไปถ่ายรูปมุมสูง ซึ่งมีข้อดีที่สามารถบินขึ้น-ลงในแนวดิ่ง และสามารถรับภาระน้ำหนักได้ ผู้วิจัยจึงทาการออกแบบและสร้างอากาศยานสี่ใบพัดไร้คนขับที่สามารถบินรับ-ส่งเอกสารระหว่างอาคารแบบอัตโนมัติ โดยจะมีสถานีสาหรับรับ-ส่งเอกสารอยู่แต่ละอาคารที่กำหนด ซึ่งเส้นทางการบินจะถูกกำหนดไว้ก่อนด้วยพิกัดดาวเทียม GPS ข้อกำหนดของการออกแบบสามารถรับภาระน้ำหนักได้ไม่เกิน 200 กรัม ที่ระดับเพดานบิน 40 เมตร จากผลของการออกแบบอากาศยานต้นแบบมีน้าหนัก 1,869.8 กรัม และเมื่อรวมน้ำหนักบรรทุก อากาศยานต้นแบบมีน้ำหนักรวมทั้งหมด 2,039.3 กรัม ทำการบินทดสอบโดยกำหนดเส้นทางการบินผ่านโปรแกรม Mission Planner ด้วยระยะทางการบิน 286 เมตร เมื่อทำการทดสอบการบินของอากาศยานต้นแบบแบบอัตโนมัติ โครงสร้างที่ได้ทำการออกแบบมานั้นมีการตอบสนองต่อการบินนอกอาคารที่ดี สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดต่างๆ ตามที่โปรแกรมไว้ได้ โดยอาศัยข้อมูลในการบินดังนี้ พิกัด

ตำแหน่ง ความสูง และความเร็ว ใช้เวลาในการบิน 3.16 นาที ผลที่ได้จากการวิจัยและสร้างเครื่องต้นแบบนี้ จะช่วยให้งานขนส่งเอกสารภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เกิดความสะดวก ประหยัดเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งเอกสาร พร้อมทั้งพัฒนาระบบการบินของอากาศยานไร้คนควบคุมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

Grianggai Samseemoung , Peeyush Soni and Pimsiri Suwan [18] พัฒนาเครื่องพ่นสารเคมีแบบอัตราตัวแปรผันเพื่อป้องกันโรคและแมลงศัตรูมะพร้าว โดยใช้หลักการประมวลผลภาพ เพื่อตรวจสอบโรคและแมลงศัตรูมะพร้าว และกำหนดปริมาณการใช้สารเคมีให้เหมาะสม ทดแทนการใช้แรงงานคนในการฉีดพ่นสารเคมี โดยเครื่องพ่นสารเคมีที่ออกแบบ ประกอบด้วย ตัวโครง, มอเตอร์, ระบบไฟฟ้า, ถังเคมีและปั๊ม, เครน, หัวฉีดพร้อมระบบตรวจสอบระยะไกลและระบบควบคุมการเคลื่อนที่และเครน หลักการทำงานของระบบเริ่มต้นด้วยการใช้รีโมทควบคุมให้เครื่องฉีดพ่น เคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย โดยใช้ระบบตรวจสอบระยะไกลผ่านกล้องวงจรปิด เพื่อตรวจสอบการเข้าทำลายของศัตรูพืช เมื่อพบการเข้าทำลายของศัตรูพืช สามารถทำการฉีดพ่นสารเคมีไปยังเป้าหมายได้ทันที ตามปริมาณสารเคมีที่กำหนดไว้ให้เหมาะสมที่สุด ออกแบบทดสอบกับต้นมะพร้าว ที่ระดับความสูง 5–9 m ระยะห่างระหว่างหัวฉีดและเป้าหมาย 1 m แรงดันน้ำยา 1.5 bar อัตราการพ่น 2.712 L/min ความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่ 1.5 km/hr อัตราการใช้เชื้อเพลิง 0.58 L/hr มีความสามารถในการทำงาน 0.056 ha/hr

Bogusława Berner and Jerzy Chojnacki IX International Scientific Symposium [19] ศึกษาการใช้โดรนป้องกันพืชผลทางการเกษตร ในบทความนี้ได้นำเสนอผลการวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของความเร็วรอบใบพัดของโดรน ที่มีต่อการกระจายตัวและความเข้มข้นของน้ำยา โดยใช้โดรนแบบ 6 ใบพัด รุ่น DJI S 900 ใช้หัวฉีดพ่นน้ำยาแบบแบบพัด รุ่น XR 11002 ที่แรงดัน 0.2 MPa ควบคุมให้โดรนเคลื่อนที่เชิงเส้นด้วยความเร็วคงที่ 1.3 m/sec ทดสอบฉีดพ่นด้วยสีน้ำ โดยทำการทดสอบฉีดพ่นกับต้นมัสตาร์ด เพื่อดูการกระจายตัวของสีน้ำ ทั้ง 3 ระดับ คือ ส่วนบนบริเวณผิวใบ ส่วนตรงกลางบริเวณลำต้น และส่วนล่างบริเวณผิวดิน ระดับความสูงของหัวฉีดที่ติดตั้งกับโดรนเหนือต้นไม้ คือ 0.6 m ทดสอบที่ความเร็วรอบใบพัดโดรน 3 ระดับ คือ 0 ,1500 และ 4000 rpm ผลการทดสอบพบว่า ความเร็วรอบใบพัดของโดรนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การกระจายตัวของน้ำยาบริเวณส่วนบนผิวใบมีค่าลดลงตามลำดับ 50.41, 41.12, 36.58 % ส่วนการกระจายตัวของน้ำยาบริเวณส่วนกลางลำต้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ 29.18, 38.63, 43.45 % และการกระจายตัวของน้ำยาบริเวณส่วนล่างผิวดินมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย 20.41, 20.25, 19.98 % สรุปได้ว่า ความเร็วรอบของใบพัดโดรนจะแปรผันตามน้ำหนักบรรทุก โดยในขณะเริ่มต้นฉีดพ่นน้ำยาน้ำหนักบรรทุกของน้ำยาจะมีค่าสูง ส่งผลให้ใบพัดโดรนทำงานที่ความเร็วรอบสูงเพื่อรักษาระดับการบิน และเมื่อฉีดพ่นน้ำยาไปเรื่อยๆ จนน้ำหนักบรรทุกของน้ำยาลดต่ำลง ส่งผลให้

ใบพัดโดรนทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ ดังนั้น การใช้งานโดรนฉีดพ่นน้ำยาทางการเกษตร จะต้องพิจารณาผลกระทบจากแรงลมที่เกิดจากใบพัดของโดรนเป็นสำคัญ

Jorge Martinez-Guanter, Pablo Agüera2, Juan Agüera and Manuel Pérez-Ruiz [20] ศึกษาประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์การใช้โดรนฉีดพ่นน้ำยาสำหรับสวนส้มและมะกอก โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้โดรนพ่นน้ำยา รุ่น DJI s1000 บรรทุกน้ำยาได้สูงสุด 5 L สามารถบินฉีดพ่นน้ำยาได้ประมาณ 15 min กับการใช้รถฉีดพ่นน้ำยาขนาด 3,000 L ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ รุ่น John Deere 5510 N พบว่า การใช้โดรนฉีดพ่นน้ำยาสามารถปรับอัตราการฉีดพ่นให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งานได้ มีอัตราการกระจายของละอองน้ำยาโดยเฉลี่ยสำหรับต้นส้มและต้นมะกอก 17.86 และ 23.145 drops/cm^2 ตามลำดับ และมีขนาดของละอองน้ำยาโดยเฉลี่ยสำหรับต้นส้มและต้นมะกอก 65.44 และ 23.234 μm ตามลำดับ อีกทั้งการใช้โดรนยังช่วยลดปัญหาการบดอัดของดินที่เกิดจากน้ำหนักของรถพ่นยาและรถแทรกเตอร์ และสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า มีอัตราการทำงานต่อพื้นที่สูงกว่า และผลประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์พบว่า การใช้โดรนพ่นน้ำยา มีต้นทุนในการทำงานสูงกว่า คือ 33.8 €/ha ในขณะที่การใช้รถฉีดพ่นน้ำยา มีต้นทุนในการทำงานต่ำกว่า คือ 26 €/ha

Guobin Wang , Yubin Lan , Huizhu Yuan , Haixia Qi , Pengchao Chen , Fan Ouyang and Yuxing Han [21] ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดเพลี้ยในแปลงข้าวสาลีด้วยเครื่องพ่นน้ำยา 4 แบบ คือ 1) แบบ UAV คือ การใช้โดรนพ่นน้ำยาชนิด 6 ใบพัดสามารถบรรจุน้ำยาได้สูงสุด 5 ลิตร 2) แบบ SPB คือ การใช้รถฉีดพ่นน้ำยาแบบติดตั้งแขนพ่นยาบริเวณส่วนท้ายของตัวรถ สามารถบรรจุน้ำยาได้สูงสุด 280 ลิตร 3) แบบ KMB คือ การใช้เครื่องฉีดพ่นน้ำยาชนิดสะพายหลังแบบพ่นหมอกสามารถบรรจุน้ำยาได้สูงสุด 18 ลิตร และ 4) แบบ EAP คือ การใช้เครื่องฉีดพ่นน้ำยาชนิดสะพายหลังแบบพ่นละอองสามารถบรรจุน้ำยาได้สูงสุด 16 ลิตร โดยศึกษาจากค่าต่างๆ ดังนี้ ค่าการกระจายตัวของน้ำยาและความสูญเสียลงพื้นดิน ค่าความสม่ำเสมอของละอองน้ำยา ค่าการซึมผ่านของละอองในเรือนยอด จำนวนละอองและพื้นที่ละอองน้ำยา ผลการทดสอบพบว่า ประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยข้าวสาลีของเครื่องพ่นยา UAV มีค่าเท่ากับ 70.9% ซึ่งใกล้เคียงกับเครื่องพ่นยาทั้ง 3 ชนิด และมีอัตราการทำงาน 4.11 ha/hr สูงกว่าเครื่องพ่นยาทั้ง 3 ชนิด ประมาณ 1.7–20.0 เท่า

Daniele Sarri, Luisa Martelloni, Marco Rimediotti, Riccardo Lisci, Stefania Lombardo and Marco Vieri [22] ศึกษาทดสอบโดรนฉีดพ่นน้ำยาในไร่องุ่น ที่มีลักษณะพื้นที่ปลูกแบบเชิงเขา เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศที่เป็นเชิงเขาสูงและชัน ส่งผลให้เกษตรกรปฏิบัติงานได้ยากลำบาก จึงได้ศึกษาวิจัยเปรียบเทียบการฉีดพ่นน้ำยา ระหว่างเครื่องฉีดพ่นน้ำยา 3 แบบ คือ 1)เครื่องฉีดพ่นน้ำยาแบบติดตั้งกับโดรน ขนาดถังบรรจุน้ำยา 10 L แรงดันใช้งาน 0.40 MPa 2)เครื่องฉีดพ่นน้ำยาแบบปืนฉีดต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ ขนาดถังบรรจุน้ำยา 1,000 L แรงดันใช้งาน 3.00 MPa และ

3)เครื่องฉีดพ่นน้ำยาแบบเครื่องยนต์ขนาดเล็กสะพายหลัง ขนาดถังบรรจุน้ำยา 13 L แรงดันใช้งาน 0.37 MPa ผลทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน พบว่า เครื่องฉีดพ่นน้ำยาแบบเครื่องยนต์ขนาดเล็กสะพายหลัง มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด คือ 71% ซึ่งสูงกว่าเครื่องฉีดพ่นน้ำยาแบบปืนฉีดพ่นต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ และเครื่องฉีดพ่นน้ำยาแบบติดตั้งกับโดรน 61% และ 49% ตามลำดับ และผลทดสอบอัตราการทำงานเชิงพื้นที่ พบว่า เครื่องพ่นน้ำยาแบบติดตั้งกับโดรนมีความสามารถในการฉีดพ่นน้ำยาสูงสุด 0.28 ha/hr ซึ่งสูงกว่าเครื่องฉีดพ่นน้ำยาแบบปืนฉีดพ่นต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ และเครื่องฉีดพ่นน้ำยาแบบเครื่องยนต์ขนาดเล็กสะพายหลัง 0.14 ha/hr และ 0.17 ha/hr ตามลำดับ

Grianggai Samseemoung , Hemantha P. W. Jayasuriya,b and Peeyush Soni [23] การตรวจหาและประเมินผลการแพร่ระบาดของศัตรูพืชปาล์มน้ำมัน ด้วยเฮลิคอปเตอร์ควบคุมระยะไกล ซึ่งการตรวจหาศัตรูพืชหรือโรคอย่างทันท่วงทีเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง สำหรับการควบคุมการแพร่กระจายของโรคและป้องกันการสูญเสียของผลผลิตพืช การใช้เฮลิคอปเตอร์ควบคุมระยะไกลด้วยคลื่นวิทยุที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ ซึ่งติดตั้งบนแพลตฟอร์มการสำรวจระยะไกล (LARS) ในระดับเพดานต่ำ สามารถให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับค่าปัจจุบัน ตามความต้องการของผู้ใช้งานได้ โดยภาพ LARS ที่ได้มาจากประมวลผลค่าดัชนีพืชพรรณ ซึ่งตรวจพบโรคโคนเน่าตอนบน (Phellinus Noxius) ทั้งสองชนิด ทั้งต้นปาล์มน้ำมันแก่และต้นปาล์มอ่อน โดยค่าดัชนีพืชพรรณสามารถแบ่งแยกต้นปาล์มน้ำมันที่มีความสมบูรณ์ และต้นปาล์มน้ำมันที่ศัตรูพืชเข้าทำลายได้ โดยการสร้างภาพ วิเคราะห์ และแสดงผลเป็นภาพดิจิตอล โดยต้นปาล์มน้ำมันที่มีศัตรูพืชเข้าทำลาย จะมีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ (μmol m−2) แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนี้ ต้นปาล์มน้ำมันต้นอ่อน ที่มีความสมบูรณ์ มีค่า 972 ถึง1100 ต้นปาล์มน้ำมันต้นอ่อน ที่มีศัตรูพืชเข้าทำลาย มีค่า 253 ถึง 400 สำหรับต้นปาล์มน้ำมันต้นแก่ ที่มีความสมบูรณ์ มีค่า 1210 ถึง 1500 และสำหรับต้นปาล์มน้ำมันต้นแก่ ที่มีศัตรูพืชเข้าทำลาย มีค่า 440 ถึง 550 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R2) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ช่วง 0.62 ถึง 0.88 ดังนั้น ค่าดัชนีพืชพรรณ ตามภาพ LARS สามารถให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ เมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นนี้ มีแนวโน้มที่ดี เหมาะสำหรับสวนปาล์มน้ำมันขนาดกลางและขนาดใหญ่

Kanchana Daoden, Thanawat Sornnen, Tanachai Pankasemsuk, Pawerasak Phaphuangwittayakal, Sureeporn Sringam and Supanat Nicrotha [24] งานวิจัยนี้พัฒนาต้นแบบโดรนฉีดพ่นทางการเกษตรสำหรับควบคุมด้วงมะพร้าว โดยการฉีดพ่นทางยอดมะพร้าวโดยตรง เน้นพัฒนาระบบฉีดพ่นให้ใกล้ชิดยอดมะพร้าวและครอบคลุมพื้นที่ใบให้มากที่สุด วิธีการดังกล่าวมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดการสูญเสียของสารเคมี และสารอาหารที่ฉีดพ่น โดยวิธีแรงงานคนทั่วไปไม่สามารถพ่นสารไปถึงส่วนสำคัญของมะพร้าวได้ ผลการวิจัยพัฒนาโดรนตามแนวคิดข้อมูลวิดีโอแบบเรียลไทม์ร่วมกับกล้อง IP คุณภาพสูง เพื่อระบุตำแหน่งของช่อดอกมะพร้าว ติดตั้งร่วมกับโดรนชนิด 6 แขน 12

ใบพัด รับน้ำหนักได้ ไม่เกิน 40 ลิตร ใช้ปั๊มแรงดันสูง 4 ตัว จำนวนหัวฉีดพ่น 8 หัวฉีด ทีมวิจัยได้ออกแบบระบบออโตไพลอต ทำให้โดรนสามารถเรียนรู้และรับรู้การทำงานด้วยตัวเอง ในพื้นที่ที่เหมือนกัน ผลการทดสอบพบว่าสามารถพ่นน้ำยาได้ 4.5-5.2 ลิตร/นาที การพ่นน้ำยาเฉพาะจุด มีพ้นที่การพ่น กว้าง 0.5 – 1.2 เมตร ส่วนการพ่นแบบทั่วไปมีพื้นที่การพ่นกว้าง 6.5-8 เมตร ในกรณีพ่นทั่วไประบบป้องกันการชนทำงานตลอดเวลา อย่างแม่นยำบนแบตเตอรี่ 14S ขนาด 22,000 mAh ต้นแบบนี้สามารถพ่นได้ถึง 13-18 ไร่ (2.08-2.88 เฮกตาร์) บินต่อเนื่อง เป็นเวลา 22 นาที ในกรณีของการใช้แบตเตอรี่ก้อนเดียว และเมื่อเทียบกับการฉีดพ่นด้วยโดรนทั่วไป พบว่า นวัตกรรมนี้ช่วยประหยัดการใช้สารเคมีได้ 20-25%

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ผ่านมาแล้วนั้น จึงนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการออกแบบและสร้างแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างประกอบ แขนกลพ่นน้ำยา ประกอบด้วย

- กล่องอลูมิเนียมขนาด 1x1 นิ้ว ยาว 40 ซม.
- ท่ออลูมิเนียมขนาด 3/4 นิ้ว
- ซุปเปอร์ลีนแบบแท่งกลม 1 นิ้ว
- เซือกสลิงและลูกรอก
- เหล็กแผ่นพับขึ้นรูป
- น็อต และสกรู
- หัวฉีดพ่นน้ำยาแบบทองเหลือง
- ท่อน้ำยา ใช้ท่อชนิด PU-4
- กล้อง IP Camera รุ่น V Starcam C90S
- Gear motor 30 rpm 24 VDC

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างประกอบ ชุดอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา ประกอบด้วย

- เครื่องเลื่อยไฟฟ้า
- เครื่องตัดโลหะ
- เครื่องเจียร
- เครื่องกลึง
- เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
- สว่านไฟฟ้า

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ชุดอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา ประกอบด้วย

- โดรนเกษตร รุ่น #GCS๙ (ขนาดรับน้ำหนักบรรทุกได้ 5 กิโลกรัม)
- เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า Clamp Meter

- เครื่องชั่งดิจิตอล
- นาฬิกาจับเวลา
- เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
- ตลับเมตร/สายวัด

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการออกแบบและสร้างแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย เพื่อให้งานวิจัยบรรลุตามวัตถุประสงค์ จำเป็นต้องแบ่งขั้นตอนการดำเนินงาน ออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1) การศึกษาข้อมูลสวนมะพร้าวและลักษณะพื้นที่ปลูก

2) การออกแบบและสร้างประกอบชุดอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา

3) การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

4) การทดสอบภาคสนาม

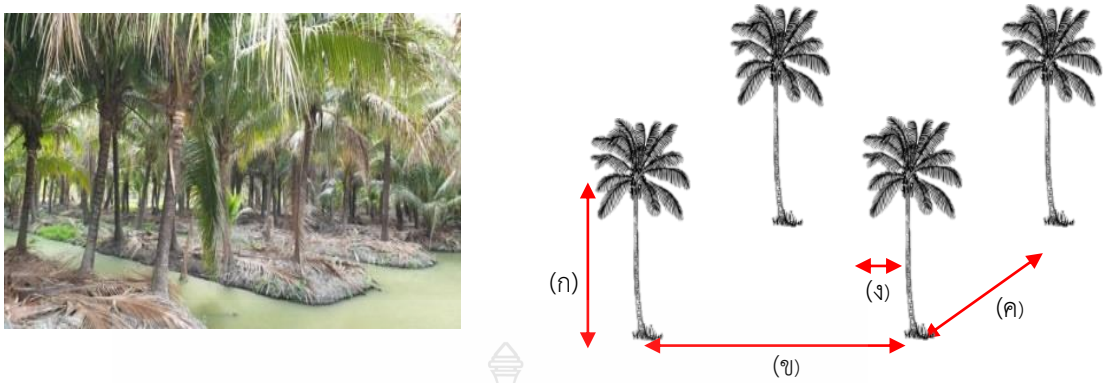
5) การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

3.2.1 การศึกษาข้อมูลสวนมะพร้าวและลักษณะพื้นที่ปลูก โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการทราบข้อมูลพื้นฐานลักษณะทางกายภาพของต้นมะพร้าว สำหรับการออกแบบระยะความยาวของแขนกลพ่นน้ำยา และลักษณะการเคลื่อนที่เข้าฉีดพ่นน้ำยา โดยการกำหนดพื้นที่เก็บข้อมูล ประมาณ 1 ไร่ และสุ่มเลือกต้นมะพร้าว จำนวน 40 ต้น จากนั้นทำการเก็บข้อมูล ดังนี้ ระยะความสูง ตามรูปที่ 3.1 (ก) ระยะห่างต้น ตามรูปที่ 3.1 (ข) ระยะห่างแถว ตามรูปที่ 3.1 (ค) และรัศมีทรงพุ่ม ตามรูปที่ 3.1 (ง) โดยมีหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ทดสอบ ดังนี้

1) เลือกพื้นที่สวนมะพร้าว ที่มีการแพร่ระบาดของโรคและแมลงศัตรูมะพร้าว

2) เลือกพื้นที่มีลักษณะการปลูกมะพร้าวแบบร่องสวน ซึ่งส่งผลให้การใช้เครื่องจักรกลการเกษตร เข้าปฏิบัติงานไม่สะดวก

3) ระดับความสูงของต้นมะพร้าว สูงกว่า 10 เมตร ซึ่งส่งผลให้การการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูมะพร้าว กระทำได้ยาก



รูปที่ 3.1 แสดงข้อมูลแปลงปลูกมะพร้าว และการเก็บข้อมูลทางกายภาพ

3.2.2 ศึกษาข้อมูลคุณลักษณะของโดรน สำหรับงานวิจัยนี้ เลือกใช้โดรนเกษตร รุ่น #GCS๙ ตามรูปที่ 3.2 และ รูปที่ 3.3 โดยมีคุณลักษณะดังนี้

- สามารถบรรทุกน้ำยาได้สูงสุด 5 ลิตร
- ระดับเพดานบินสูงสุด 30 เมตร บินไกลสุด 300 เมตร
- ระบบควบคุมด้วย Remote Control
- ชนิด 4 แขน 8 ใบพัด ใช้มอเตอร์ชนิดไร้แปรงถ่าน
- แบตเตอร์รี่ Lipo Battery 16,000 mAh 6S 22.2V
- ระบบปั๊มน้ำยา แบบไดอะแฟรม Max. Flow 3.5 L/min

รูปที่ 3.2 ภาพมุมมอง ทางด้านหน้าของโดรน

รูปที่ 3.3 ภาพมุมมอง ทางด้านข้างของโดรน

3.2.3 การออกแบบและสร้างประกอบชุดอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อฉีดพ่นน้ำยากำจัดด้วงมะพร้าวได้อย่างแม่นยำ ซึ่งมีรายละเอียดและหลักการออกแบบ ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงหลักการออกแบบ ชุดอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา

รายละเอียด	หลักการออกแบบ
1) ชุดแขนกลพ่นน้ำยา	● มีขนาดความยาวที่เหมาะสม สามารถเข้าฉีดพ่นน้ำยากำจัดศัตรูมะพร้าวได้จริง และมีประสิทธิภาพในการฉีดพ่นน้ำยาสูงที่สุด ● มีความแข็งแรงและเบา น้ำหนักไม่เกิน 1.5 กิโลกรัม สามารถรองรับการติดตั้งอุปกรณ์ประกอบทั้งหมดได้อย่างสมดุล ● สำหรับตีดตั้งใช้งานร่วมกับโดรนเกษตร ขนาดรับน้ำหนักบรรทุกได้ตั้งแต่ 5 กิโลกรัม ขึ้นไป ● สามารถถอดและประกอบติดตั้งเข้ากับโดรนได้ง่าย และในขณะบินฉีดพ่นน้ำยา โดรนสามารถทรงตัวได้ดี ไม่แกว่ง
2) ระบบควบคุมการทำงาน	● ควบคุมการทำงานด้วย Remote Control มีระยะควบคุมการทำงานไม่น้อยกว่า 50 เมตร ● แขนกลสามารถยืดออกและหดเข้าได้ โดยมีระยะยืดออกใช้งาน ไม่น้อยกว่า 2 เมตร

ตารางที่ 3.1 แสดงหลักการออกแบบ ชุดอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา (ต่อ)

รายละเอียด	หลักการออกแบบ
3) กล้อง IP Camera	● ควบคุมการทำงานด้วย Smart Phone สามารถส่งสัญญาณภาพได้แบบ Real Time มีระยะส่งสัญญาณ ไม่น้อยกว่า 50 เมตร ● มีระบบ WIFI และแบตเตอรี่ ในตัว ขนาดเล็กและน้ำหนักเบา สามารถเข้าถึงเป้าหมายได้ง่าย ● สามารถบันทึกข้อมูลได้ ทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ความละเอียดไม่น้อยกว่า 1080 พิกเซล
4) หัวฉีดพ่นน้ำยา	● สามารถปรับตั้ง รูปแบบการฉีดพ่นน้ำยาได้ เช่น แบบละอองฝอย ,แบบทรงกรวย และแบบพุ่งเป็นจุด

แนวทางการออกแบบระบบคุมการทำงานของชุดแขนกลพ่นน้ำยา เริ่มต้น ด้วยการประกอบติดตั้งอุปกรณ์ชุดแขนกลพ่นน้ำยาเข้ากับโดรนเกษตร จากนั้นใช้ Remote Control A และ Remote Control B เพื่อควบคุมการทำงาน ตามรูปที่ 3.4 ดังนี้

- เริ่มต้นการทำงาน แขนพ่นน้ำยาจะพับลงตามแนวราบ

- ใช้ Remote Control A ควบคุมให้โดรนบินขึ้น (Take off) ที่ระดับความสูงประมาณ 5 เมตร เพื่อให้แขนพ่นน้ำยา ห้อยตัวอิสระ ในแนวดิ่ง

- ใช้ Remote Control B สั่งการให้ดึงแขนพ่นน้ำยาขึ้น ยึดติดกับตัวโดรน เพื่อให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของโดรนได้ง่าย และสามารถฉีดพ่นน้ำยาได้อย่างแม่นยำ

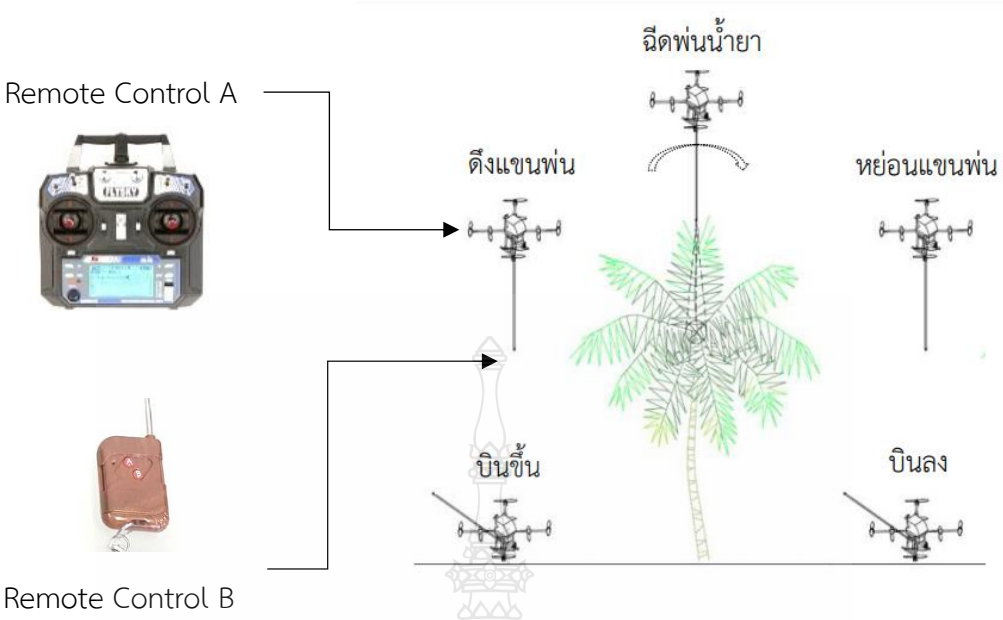
- ใช้ Remote Control A ควบคุมให้โดรนเคลื่อนที่ เพื่อค้นหาเป้าหมายบริเวณที่เกิดด้วงเจาะทำลาย โดยกล้อง IP Camera จะส่งสัญญาณภาพแบบ Real Time ไปยัง Smart Phone

- ใช้ Remote Control A ควบคุมให้โดรนพาแขนพ่นน้ำยา เคลื่อนที่เข้าภายในทรงพุ่มของต้นมะพร้าว เพื่อสั่งการฉีดพ่นน้ำยา

- ใช้ Remote Control A ควบคุมให้โดรนบินกลับมายังตำแหน่งเดิม

- ใช้ Remote Control B สั่งการให้ชุดแขนกลพ่นน้ำยา หย่อนแขนพ่น เพื่อให้แขนพ่นน้ำยาห้อยตัวอิสระในแนวดิ่ง

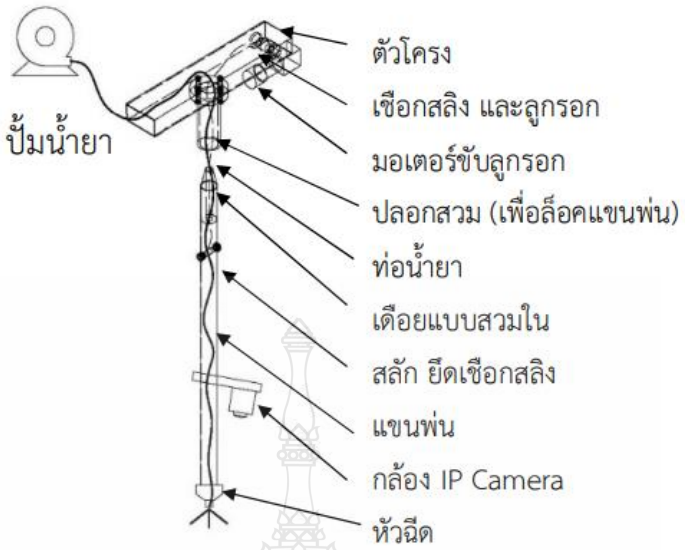
- ใช้ Remote Control A ควบคุมให้โดรนบินลงจอด (Landing) โดยแขนพ่นน้ำยาจะพับในแนวราบ เพื่อให้โดรนบินลงจอด (Landing) ได้อย่างปลอดภัย



รูปที่ 3.4 ระบบควบคุมการทำงาน ชุดอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา

1) ชุดแขนกลพ่นน้ำยา (Robotic Arm) ประกอบด้วยชิ้นต่างๆ ตามรูปที่ 3.5 ดังนี้

- ตัวโครง ทำหน้าที่ รองรับอุปกรณ์ทั้งหมดและติดตั้งเข้ากับโดรน ทำด้วยวัสดุอลูมิเนียมกล่อง ขนาด 50x50x450 มิลลิเมตร
- มอเตอร์ขับลูกรอก ใช้มอเตอร์เกียร์ ขนาด 24 VDC 30rpm
- เชือกสลิงและลูกรอก โดยเชือกสลิง มีหน้าที่ส่งกำลังจากลูกรอกเพื่อหมุนดึงแขนพ่นน้ำยาเข้าปลอกสวม และหย่อนเพื่อปล่อยแขนพ่นน้ำยาออกจากปลอกสวม
- ปลอกสวม ทำหน้าที่ล็อคแขนพ่นน้ำยาติดกับตัวโครง ทำด้วยวัสดุ Superlene
- ท่อน้ำยา สำหรับส่งน้ำยาไปยังหัวฉีดพ่นน้ำยา ทำด้วยวัสดุ PU ขนาดความโตภายนอก 6 มิลลิเมตร ขนาดรูภายใน 4 มิลลิเมตร
- เดือยแบบสวมใน สวมอัดติดแน่นเข้ากับแขนพ่นน้ำยา มีรูสำหรับร้อยท่อน้ำยาและลวดสลิง ทำด้วยวัสดุ Superlene กลึงขึ้นรูปลักษณะปลายแหลมและมีรูเจาะทะลุตลอดแนว
- แขนพ่นน้ำยา ทำหน้าที่ ติดตั้งหัวฉีดพ่นน้ำยา บริเวณปลายแขนพ่น และติดตั้งกล้อง IP Camera บริเวณสูงกว่าหัวฉีดพ่นน้ำยาเล็กน้อย โดยทำด้วยท่ออลูมิเนียมขนาด 5/8 นิ้ว ยาว 2 เมตร
- กล้อง IP Camera ทำหน้าที่ถ่ายภาพ และบันทึกภาพเคลื่อนไหว ขณะทำการฉีดพ่นน้ำยา
- หัวฉีดพ่นน้ำยา ทำหน้าที่ ฉีดพ่นน้ำยาเข้าสู่เป้าหมายที่ต้องการ

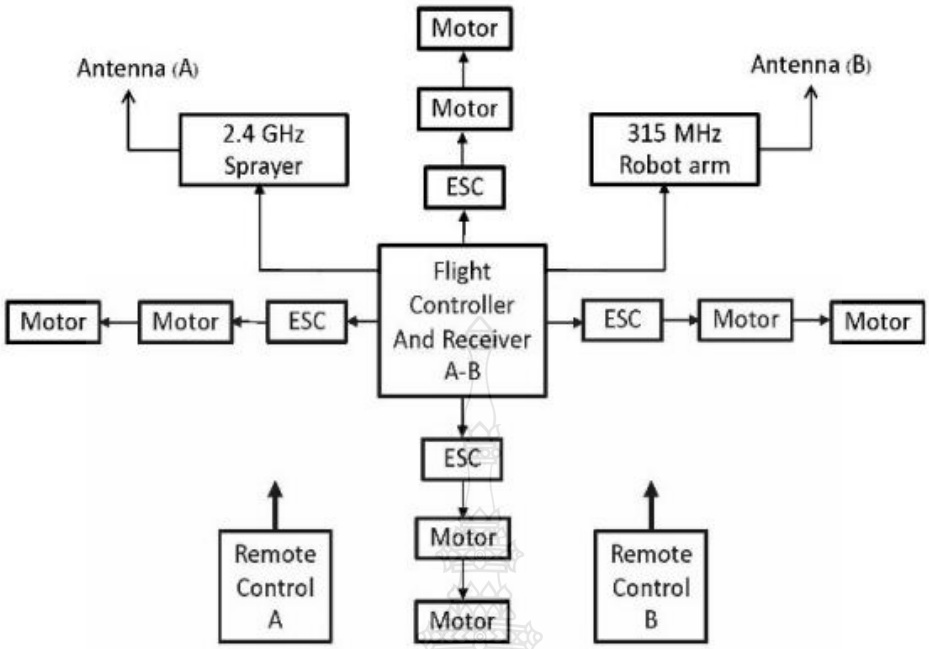


รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบชุดแขนกลพ่นน้ำยา

2) ระบบควบคุมการทำงาน (Control System) ประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ตามรูปที่ 3.6 ดังนี้

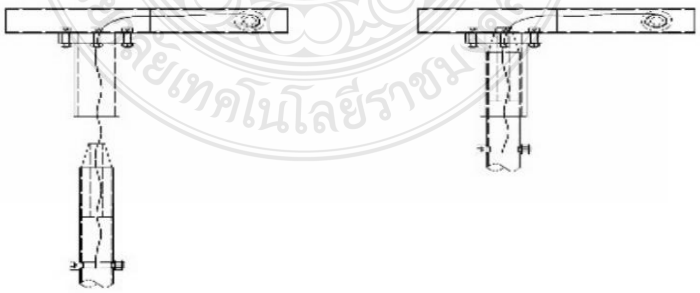
Remote Control A เป็นอุปกรณ์ควบคุมหลักที่มาพร้อมกับโดรน สำหรับใช้ควบคุมการทำงานของโดรน เช่น การลอยตัวอยู่กับที่ (Hovering) ,การบินขึ้น-บินลง (Throttle) ,การเอียงตัวซ้าย-ขวา (Roll) ,การเงยขึ้น-ก้มลง (Pitch) ,การหมุนตัว (Yaw) และการพ่นน้ำยา

Remote Control B เป็นอุปกรณ์ควบคุมที่ออกแบบขึ้นใหม่ สำหรับใช้ควบคุมการทำงานของชุดแขนกลพ่นน้ำยา เช่น การยืดแขนพ่นน้ำยา เพื่อให้แขนพ่นน้ำยาอ่อนตัวและพับได้ในแนวราบในขณะโดรนขึ้นบิน (Take off) และในขณะที่โดรนลงจอด (Landing) ,การหดแขนพ่นน้ำยา เพื่อให้แขนพ่นน้ำยายึดติดแน่นกับตัวโครง ทำให้สามารถควบคุมโดรนได้ง่ายและฉีดพ่นน้ำยาได้อย่างแม่นยำ

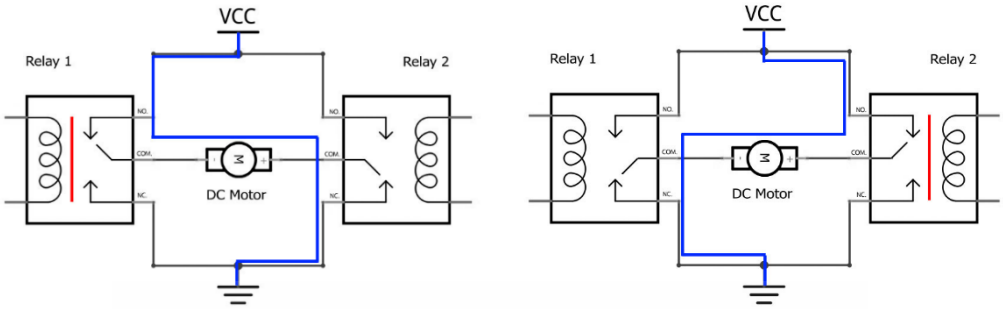


รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบชุดควบคุมการทำงาน Control System

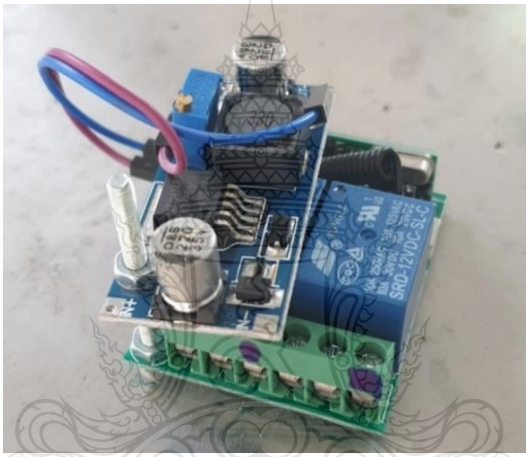
วงจรควบคุมการทำงาน การยืด-หด แขนพ่นน้ำยา อาศัยหลักการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ด้วยวงจรรีเลย์ 2 ชุด ประกอบเป็นแผงวงจร โดยออกแบบให้ เมื่อ Relay 1 ทำงาน มอเตอร์หมุนจะหมุนซ้ายส่งผลให้แขนพ่นน้ำยาเคลื่อนที่ยืดออก และเมื่อ Relay 2 ทำงาน มอเตอร์หมุนขวาส่งผลให้แขนพ่นน้ำยาเคลื่อนที่หดเข้ายึดติดกับตัวโครง และควบคุมการทำงานระยะไกลด้วย Remote Controlและต่อพ่วงใช้งานร่วมกับแบตเตอรี่ ของโดรน ตามรูปที่ 3.7 รูปที่ 3.8 รูปที่ 3.9 และรูปที่ 3.10



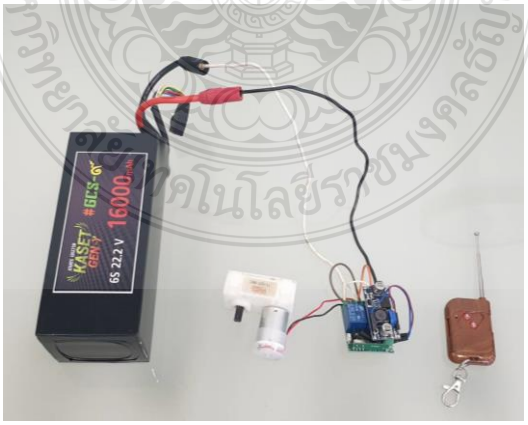
รูปที่ 3.7 การยืด-หด แขนพ่นน้ำยา



รูปที่ 3.8 วงจรรีเลย์ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ DC ให้หมุนซ้ายและหมุนขวา



รูปที่ 3.9 แผงวงจร กลับทิศทางการหมุน DC- MOTOR



รูปที่ 3.10 การต่อใช้งาน แผงวงจรกลับทิศทางการหมุน DC- MOTOR กับแบตเตอรี่ของโดรน

3) การติดตั้งโปรแกรมและเชื่อมต่อสัญญาณกล้อง IP Camera

การติดตั้งโปรแกรม โดยวิธีการ โหลด App eye4 ด้วยโทรศัพท์ Smart Phone ผ่านเครือข่ายสัญญาณ Internet เพื่อลงทะเบียนใช้งาน จากนั้นตั้งค่า Username และ Password โดยสามารถใช้งานร่วมกับ Smart Phone ได้ทั้ง 2 ระบบ IOS และ Android

วิธีการเชื่อมต่อสัญญาณจากกล้อง IP Camera เพื่อควบคุมผ่านโทรศัพท์ Smart Phone เพียงเปิดใช้งาน App eye4 จากโทรศัพท์ Smart Phone จากนั้นเปิดสวิทช์ กล้อง IP Camera ระบบ WIFI ของกล้อง จะเชื่อมต่อสัญญาณโดยอัตโนมัติ โดยมีระยะการควบคุมใช้งาน ประมาณ 50 เมตร

รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะ กล้อง IP Camera รุ่น V starcam C90S

3.3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

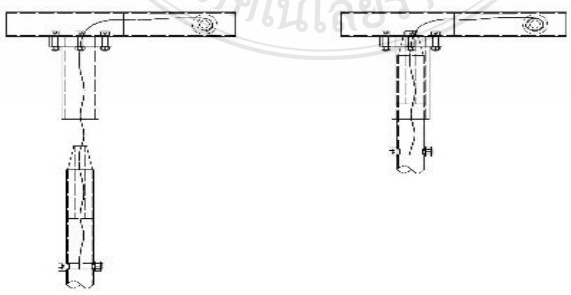
เพื่อให้งานวิจัยบรรลุตามวัตถุประสงค์ จำเป็นต้องทำการสอบเทียบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่สร้างและประกอบขึ้น แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

3.3.1 ทดสอบการเคลื่อนที่ยืด-หด แขนกลพ่นน้ำยา เพื่อหาระยะที่เหมาะสมในการออกระบบกลไก การยืดออกและหดเข้าของชุดแขนกลพ่นน้ำยา โดยวิธีการและขั้นตอน ดังนี้

1) ทดสอบที่ ความเร็วรอบของมอเตอร์ขับลูกรอก คงที่ 30 รอบต่อนาที และกำหนด ระยะยืดลวดสลิง 3 ระดับ คือ 10 ,15 และ 20 เซนติเมตร

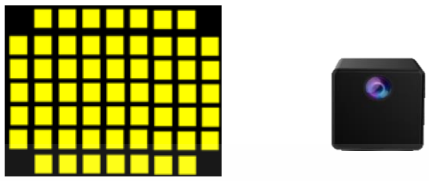
2) จับเวลาและบันทึกผลการทดสอบ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย

3) วิเคราะห์และประเมินผล



รูปที่ 3.12 การทดสอบการเคลื่อนที่ยืดออกและหดเข้าของชุดแขนกลพ่นน้ำยา

3.3.2 การทดสอบกล้อง IP Camera [15] เพื่อหาระยะที่เหมาะสมที่สุด ในการติดตั้งกล้อง IP Camera เข้ากับชุดแขนกลพ่นน้ำยา โดยมีขั้นตอนและวิธีการ ดังนี้



รูปที่ 3.13 ลักษณะแผ่นทดสอบ กล้อง IP Camera

1) เตรียมแผ่นทดสอบสีดำใหญ่ ขนาด 12x12 นิ้ว จำนวน 1 แผ่น แล้วติดด้วยแผ่นทดสอบสีเหลืองขนาดเล็ก จำนวน 52 แผ่น ตามรูปที่ 3.13

2) วิธีการประเมินผลกล้อง IP Camera กำหนดให้เปอร์เซ็นต์การมองเห็น 100% เมื่อสามารถนับจำนวนแผ่นทดสอบสีเหลืองได้ครบ ทั้งหมด 52 แผ่น ตามตารางที่ 3.2

3) ติดกล้อง IP Camera เข้ากับอุปกรณ์ทดสอบ

4) ทดสอบถ่ายภาพ ที่ความสูง 4 ระดับ คือ 1 ,2 ,3 และ 4 เมตร

5) นำภาพถ่ายที่ได้ไปสอบเทียบ หาค่าเปอร์เซ็นต์การมองเห็น

6) บันทึกข้อมูลและสรุปผลการทดสอบ

ตารางที่ 3.2 ตารางสอบเทียบการมองเห็นภาพ กล้อง IP Camera

จำนวนชิ้น	(%)	จำนวนชิ้น	(%)	จำนวนชิ้น	(%)	จำนวนชิ้น	(%)
52	100.00	39	75.00	26	50.00	13	25.00
51	98.08	38	73.08	25	48.08	12	23.08
50	96.15	37	71.15	24	46.15	11	21.15
49	94.23	36	69.23	24	46.15	10	19.23
48	92.31	35	67.31	22	42.31	9	17.31
47	90.38	34	65.38	21	40.38	8	15.38
46	88.46	33	63.46	20	38.46	7	13.46
45	86.54	32	61.54	19	36.54	6	11.54
44	84.62	31	59.62	18	34.62	5	9.62
43	82.69	30	57.69	17	32.69	4	7.69

ตารางที่ 3.2 ตารางสอบเทียบการมองเห็นภาพ กล้อง IP Camera (ต่อ)

จำนวนชิ้น	(%)	จำนวนชิ้น	(%)	จำนวนชิ้น	(%)	จำนวนชิ้น	(%)
42	80.77	29	55.77	16	30.77	3	5.77
41	78.85	28	53.85	15	28.85	2	3.85
40	76.92	27	51.92	14	26.92	1	1.92

3.3.3 การทดสอบหัวฉีดพ่นน้ำยา Spray Nozzle [15] เพื่อศึกษาหารูปแบบหัวฉีดพ่นน้ำยาและระยะฉีดพ่นน้ำยาที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยวิธีการศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของน้ำยากับระยะฉีดพ่นห่างจากเป้าหมาย และเพื่อการศึกษาหาอัตราการฉีดพ่นน้ำยา โดยวิธีการศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความดันของน้ำยา ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

รูปที่ 3.14 ลักษณะแผ่นทดสอบ หัวฉีดพ่นน้ำยา Spray Nozzle

1) เตรียมแผ่นทดสอบสีดำใหญ่ ขนาด 12x12 นิ้ว จำนวน 1 แผ่น แล้วติดด้วยแผ่นทดสอบสีเหลืองขนาดเล็ก จำนวน 52 แผ่น ตามรูปที่ 3.14

2) วิธีการประเมินผลหัวฉีดพ่นน้ำยา Spray Nozzle กำหนดให้การกระจายตัวของน้ำยา 100% เมื่อละอองน้ำยากระจายทั่วแผ่นทดสอบสีเหลืองครบ ทั้งหมด 52 แผ่น ตามตารางที่ 3.3

3) ใช้หัวฉีดพ่นน้ำยาชนิดทองเหลือง สามารถปรับรูปแบบการฉีดพ่นน้ำยาได้ 3 แบบ คือ แบบละอองฝอย Mist ,แบบกรวยตัน Full Cone และแบบพุ่งเป็นจุด Solid jet

4) ทดสอบฉีดพ่นน้ำยา ที่แรงดัน 3 ระดับ คือ 1 ,1.5 และ 2 บาร์

5) ทดสอบฉีดพ่นน้ำยา ที่ความสูง 4 ระดับ คือ 1 ,2 ,3 และ 4 เมตร

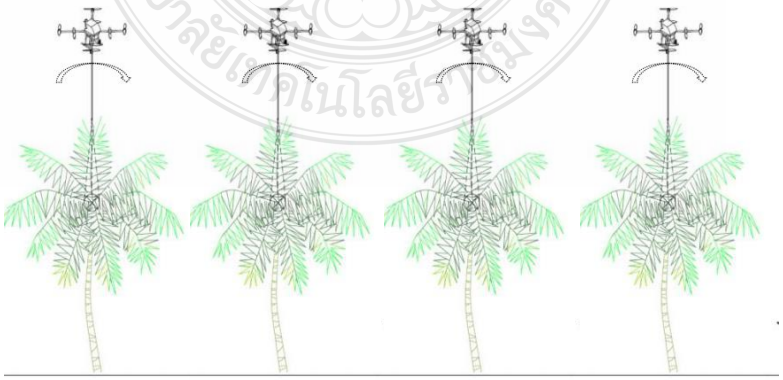
6) บันทึกข้อมูลและสรุปผลการทดสอบ

ตารางที่ 3.3 ตารางสอบเทียบการกระจายตัวของน้ำยา หัวฉีดพ่นน้ำยา Spray Nozzle

จำนวนชิ้น	(%)	จำนวนชิ้น	(%)	จำนวนชิ้น	(%)	จำนวนชิ้น	(%)
52	100.00	39	75.00	26	50.00	13	25.00
51	98.08	38	73.08	25	48.08	12	23.08
50	96.15	37	71.15	24	46.15	11	21.15
49	94.23	36	69.23	24	46.15	10	19.23
48	92.31	35	67.31	22	42.31	9	17.31
47	90.38	34	65.38	21	40.38	8	15.38
46	88.46	33	63.46	20	38.46	7	13.46
45	86.54	32	61.54	19	36.54	6	11.54
44	84.62	31	59.62	18	34.62	5	9.62
43	82.69	30	57.69	17	32.69	4	7.69
42	80.77	29	55.77	16	30.77	3	5.77
41	78.85	28	53.85	15	28.85	2	3.85
40	76.92	27	51.92	14	26.92	1	1.92

3.4 การทดสอบภาคสนาม

ทำการทดสอบชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย ตามรูปที่ 3.15 เพื่อหาอัตราการทำงาน และอัตราการสินเปลืองไฟฟ้า โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างต้นมะพร้าวจำนวน 4 ต้น บรรจุน้ำยา 2 ลิตร ฉีดพ่นน้ำยากำจัดด้วงมะพร้าว ในอัตรา 0.5 ลิตรต่อต้น จับเวลาและบันทึกผลการทดสอบ โดยทำการทดสอบ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.15 ลักษณะการทดสอบภาคสนาม

จากนั้นคำนวณหา อัตราการฉีดพ่นน้ำยา Rate of Sprayer (lite/min) ความสามารถในการทำงานจริง Actual working capacity of the sprayer (tree/hr) ,อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (Electricity consumption of the sprayer) (kWh) เพื่อให้การออกแบบระบบ มีประสิทธิภาพในการฉีดพ่นน้ำยาสูงสุด มีความแม่นยำสูง และสามารถนำไปใช้งานได้จริง ตามสมการ

อัตราการฉีดพ่นน้ำยา Rate of Sprayer (lite/min)

$$\text{Rate of Sprayer} = \frac{\text{ปริมาณน้ำยาที่ใช้ (lite)}}{\text{เวลาในการทำงานจริง (min)}}$$

ความสามารถในการทำงานจริง Actual working capacity of the sprayer (tree/hr)

$$\text{Actual working capacity} = \frac{\text{จำนวนต้นมะพร้าว (tree)}}{\text{เวลาในการทำงานจริง (hr)}}$$

อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า Electricity consumption of the sprayer (kWh)

$$\text{Electricity consumption} = \frac{IVt}{1{,}000}$$

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้า (A)

V = แรงดันไฟฟ้า (V)

t = เวลาการทำงาน (hr)

3.5 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายในการทำงาน จุดคุ้มทุน(Break-even point) และระยะเวลาคืนทุน(Pay Back Period)

3.5.1 การประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน (AC)

จากสมการ ค่าเสียโอกาส $(R) = [(P+S)/2]\, i$

ค่าเสื่อมราคา (D) = (P-S)/L

มูลค่าซาก (S) = (10%)(P)

ต้นทุนคงที่ (FC)= D+R

ต้นทุนผันแปร (VC) = W+E+M

ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (AC) = FC + VC

กำหนดให้ AC = การประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาท/ปี)

FC = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)

VC = ต้นทุนผันแปร (บาท/ปี)

P = ต้นทุนเครื่องจักร (บาท)

L = อายุการใช้งานเครื่องจักร (ปี)

S = มูลค่าซาก (บาท/ปี)

D = ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)

i = อัตราดอกเบี้ย (เปอร์เซ็นต์/ปี)

R = ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (บาท/ปี)

W = ค่าจ้างแรงงาน (บาท/ปี)

E = ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)

M = ค่าซ่อมบำรุง (บาท/ปี)

3.5.2 การประเมินจุดคุ้มทุน (Break-Even Point)

จากสมการ

จุดคุ้มทุน BEP = (FC) / (P-VC)

กำหนดให้ FC = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)

VC = ต้นทุนผันแปร (บาท/ปี)

P = อัตราค่ารับจ้าง (บาท/ชั่วโมง)

3.5.3 การประเมินระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

จากสมการ

กำไร (บาท/ปี) = รายได้ – ค่าใช้จ่าย

ระยะเวลาคืนทุน (ปี) = ต้นทุนเครื่อง / กำไร

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

จากวิธีการดำเนินการวิจัย โดยแบ่งขั้นตอนการออกแบบและสร้างแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย ออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1) การศึกษาข้อมูลสวนมะพร้าวและลักษณะพื้นที่ปลูก

2) การออกแบบและสร้างประกอบชุดอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา

3) การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

4) การทดสอบภาคสนาม

5) การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลสวนมะพร้าวและลักษณะพื้นที่ปลูก

สวนมะพร้าวน้ำหอมสำหรับงานวิจัยนี้ ตั้งอยู่ที่ ต.บึงบอน อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี พิกัดตำแหน่ง N14°4'29.7984" E100°48'4.5648" มีพื้นที่ปลูกทั้งหมด ประมาณ 20 ไร่ โดยมีลักษณะการปลูกแบบร่องสวนและมีคูน้ำระหว่างแถว สุ่มเก็บข้อมูลต้นมะพร้าว จำนวน 40 ต้น ประกอบด้วย ค่าความสูง ระยะห่างต้น ระยะห่างแถว และรัศมีทรงพุ่ม ตามรูปที่ 4.1 และ 4.2

รูปที่ 4.1 แสดงพื้นที่ปลูกมะพร้าวน้ำหอม

รูปที่ 4.2 แสดงการวัดค่า ความสูง ระยะห่างต้น ระยะห่างแถว และรัศมีทรงพุ่ม

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลการปลูกต้นมะพร้าวน้ำหอม

รายละเอียด	ความสูง (เมตร)	ระยะห่างต้น (เมตร)	ระยะห่างแถว (เมตร)	รัศมีทรงพุ่ม (เมตร)
ค่าเฉลี่ย (SD)	10.4±1.49	4.4±0.67	6.2±0.59	4.1±0.70

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นมะพร้าวมีค่าเท่ากับ 10.4 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.49 ค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างต้นมะพร้าวมีค่าเท่ากับ 4.4 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.67 ค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างแถวปลูกมะพร้าวมีค่าเท่ากับ 6.2 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 และ ค่าเฉลี่ยรัศมีของทรงพุ่มต้นมะพร้าวมีค่าเท่ากับ 4.1 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.70

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้อ้างอิง สำหรับการออกแบบและคำนวณชิ้นส่วนประกอบแขนกลพ่นน้ำยา เช่น ความยาวที่เหมาะสมของชุดแขนกลพ่นน้ำยา (เมตร) ระยะยืด-หด ของชุดแขนกลพ่นน้ำยา (เซนติเมตร) อัตราการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง) อัตราการฉีดพ่นน้ำยา (ลิตรต่อไร่) และการประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ต่อไป

4.2 ผลการออกแบบและสร้างประกอบชุดแขนกลพ่นน้ำยา

การออกแบบชุดแขนกลพ่นน้ำยา ประกอบด้วยชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ คือ ตัวโครง ลวดสลิงและลูกรอก มอเตอร์ขับลูกรอก ปลอกสวม ท่อน้ำยา เดือยแบบสวมใน สลักยึดลวดสลิง แขนพ่นน้ำยา กล้อง IP Camera และหัวฉีดพ่นน้ำยา ตามภาพที่ 4.3

จากข้อมูล ค่าเฉลี่ยรัศมีของทรงพุ่มต้นมะพร้าวมีค่าเท่ากับ 4.1 เมตร จึงได้ออกแบบความยาวของแขนพ่นน้ำยา ไว้ที่ขนาดความยาว 2 เมตร เพื่อให้แขนพ่นน้ำยา สามารถเคลื่อนที่เข้าสู่ภายในทรงพุ่มของต้นมะพร้าว ได้สูงสุดในระยะ 2 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่ปลอดภัยไม่ส่งผลกระทบต่อการบังคับและ

ควบคุมโดรน จากนั้นทำการทดสอบหัวฉีดพ่นน้ำยาเพื่อหารูปแบบการปรับหัวฉีดพ่นน้ำยา และทดสอบกล้อง IP Camera เพื่อหาตำแหน่งติดตั้งกล้องที่เหมาะสม ต่อไป

ผลการประกอบติดตั้งชุดแขนกลพ่นน้ำยาเข้ากับโดรน โดยวิธีการยึดเข้ากับสายรัดจากแบตเตอร์รี่โดรน พบว่าสามารถถอดประกอบและติดตั้งได้ง่าย ตามภาพที่ 4.4

ผลทดสอบน้ำหนักอุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบต่างๆ พบว่า น้ำหนักของอุปกรณ์ทั้งหมดมีค่า เท่ากับ 1,335 กรัม ตามภาพที่ 4.5 และตารางที่ 4.2

รูปที่ 4.3 แสดงผลการออกแบบชุดแขนกลพ่นน้ำยา

รูปที่ 4.4 แสดงการประกอบและติดตั้งชุดแขนกลพ่นน้ำยาเข้ากับโดรน

รูปที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบน้ำหนักชิ้นส่วนชุดแขนกลพ่นน้ำยา

ตารางที่ 4.2 แสดงน้ำหนักชิ้นส่วนอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา

ส่วนประกอบ	น้ำหนัก (กรัม)
ตัวโครงหลัก Main Frame	114
เชือกสลิงและลูกรอก	145
มอเตอร์ขับลูกรอก DC Motor 30 rpm	340
ปลอกสวม Superlene กลึงขึ้นรูปตามแบบ	124
ท่อน้ำยา PE Tube 4 mm. ยาว 2.4 เมตร	180
เดือยแบบสวมใน Superlene กลึงขึ้นรูปตามแบบ	40
สลักยึดเชือกสลิง	45
แขนพ่น ท่ออลูมิเนียมขนาด 5/8 นิ้ว ยาว 2 เมตร	175
กล้อง IP Camera Vstarcam C90S	52
หัวฉีดพ่นน้ำยา ชนิดทองเหลือง	120
น้ำหนักรวม	1,335

ผลทดสอบ การติดตั้งชุดแขนกลพ่นน้ำยา กับโดรนเกษตร พบว่า อุปกรณ์ทั้งหมดสามารถติดตั้งใช้งานร่วมกับโดรนเกษตร ที่รองรับน้ำหนักบรรทุกได้ ตั้งแต่ 5 กิโลกรัม -ขึ้นไป

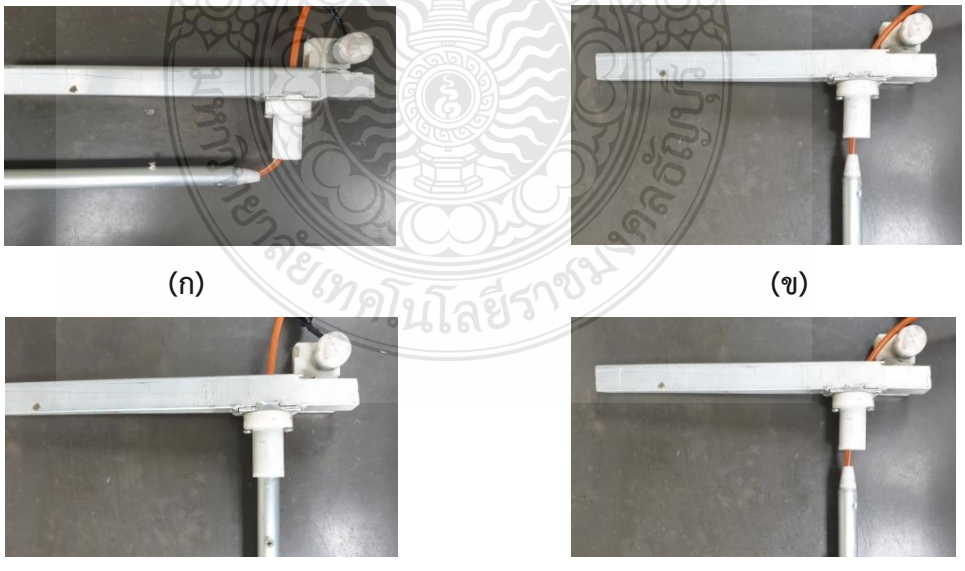
ผลการทดสอบ ด้านความแข็งแรงและการใช้งานของอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา พบว่า อุปกรณ์ทั้งหมดมีความแข็งแรง สามารถใช้งานได้จริง และหากชิ้นส่วนใดเกิดความเสียหายในขณะใช้งาน สามารถหาซื้อได้ทั่วไปตามร้านค้าวัสดุช่าง

4.3 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

4.3.1 การทดสอบ ระยะยืด-หด แขนพ่นน้ำยา ของชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย โดยในขณะเริ่มต้นการทำงาน แขนพ่นน้ำยาจะพับในแนวราบ ตามรูปที่ 4.6 (ก) เมื่อบังคับให้โดรนเคลื่อนที่บินขึ้น Take Off แขนพ่นน้ำยาจะห้อยตัวอิสระ ตามรูปที่ 4.6 (ข) จากนั้นควบคุมให้แขนพ่นน้ำยาเคลื่อนที่หดเข้าปลอกสวม Superlene ตามรูปที่ 4.6 (ค) แล้วจึงควบคุมให้โดรนเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายเพื่อทำการฉีดพ่นน้ำยา หลังจากฉีดพ่นน้ำยาเสร็จแล้ว บังคับให้โดรนเคลื่อนที่กลับมายังตำแหน่งเดิม และบังคับให้แขนพ่นน้ำยาเคลื่อนที่ยืดออกจากปลอกสวม Superlene ตามรูปที่4.6 (ง) เพื่อให้โดรนสามารถบินลงจอด Take Off ได้อย่างปลอดภัย โดยส่วนของแขนพ่นน้ำยาก็จะพับลงในแนวราบ ตามรูปที่ 4.6 (จ)

ผลการทดสอบ ตามตารางที่ 4.3 พบวา ระยะยืด-หด ของแขนพ่นน้ำยา 10 เซนติเมตร ใชเวลาเคลื่อนที่นอยที่สุด 5.77 วินาที แตเนื่องจากระยะเวลาในการเคลื่อนที่ แตกตางกันนอยมาก

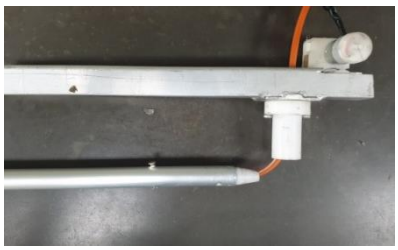
ดังนั้น จึงเลือกใชระยะยืด-หด แขนพ่นน้ำยา 15.0 เซนติเมตร เพราะสามารถพับแขนพ่นน้ำยาในแนวราบได้ง่าย



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 4.6 แสดงการทำงานของแขนพ่นน้ำยา



(จ)

รูปที่ 4.6 แสดงการทำงานของแขนพ่นน้ำยา (ต่อ)

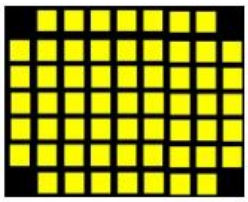
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบ ระยะยืด-หด แขนพ่นน้ำยา

ระยะยืด-หด แขนพ่นน้ำยา (cm)	ค่าเฉลี่ยเวลา ระยะหด (s)	ค่าเฉลี่ยเวลา ระยะยืด (s)	ผลรวม เวลา (s)
10	3.25	2.52	5.77
15	5.66	4.29	9.95
20	7.54	5.12	12.66

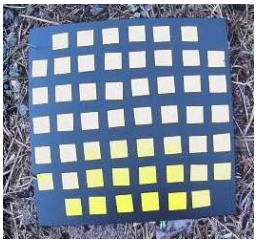
4.3.2 การทดสอบกล้อง IP Camera รุ่น C90S เพื่อหาระยะการมองเห็นที่เหมาะสม สำหรับติดตั้งใช้งานร่วมกับแขนพ่นน้ำยา ในงานวิจัยนี้ โดยใช้กลอง IP Camera ถ่ายภาพแผ่นทดสอบ ที่ระดับความสูง 1, 2, 3 และ 4 เมตร ตามลำดับ

ผลการทดสอบ ตามรูปที่ 4.7 พบว่า ระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความคมชัดของภาพลดลง และผลการนับจำนวนชิ้นแผ่นทดสอบจากภาพถ่าย ได้ครบ 52 ชิ้น ในทุกระดับความสูง และเมื่อสอบเทียบกับตารางสอบเทียบการมองเห็นภาพ กล้อง IP Camera ไดผลถูกตอง 100 %

ดังนั้น จึงเลือกตำแหน่งติดตั้งกล้อง กล้อง IP Camera บริเวณเหนือส่วนปลายของแขนพ่นน้ำยา 50 เซนติเมตร เพื่อป้องกันละอองน้ำยา ฟุ้งกระจายผ่านเลนส์กล้อง ในขณะฉีดพ่นน้ำยา

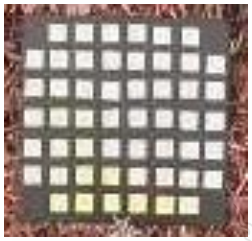


100% (52 ชิ้น)

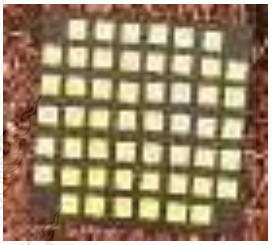


1.0 m

2.0 m



3.0 m

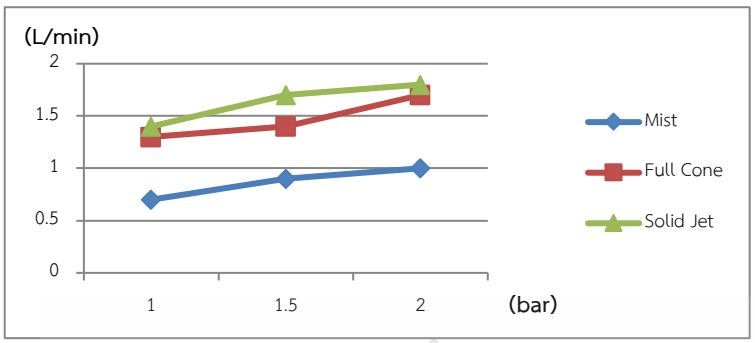


4.0 m

รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบกล้อง IP Camera

4.3.3 การทดสอบหัวฉีดพ่นน้ำยา Spray Nozzle เพื่อหาค่าแรงดันน้ำยาและอัตราการฉีดพ่นน้ำยา ที่เหมาะสมที่สุด โดยวิธีการปรับเพิ่มความดันน้ำยา 3 ระดับ คือ 1 ,1.5 และ 2 บาร์ ตามลำดับ และปรับหัวฉีดพ่นน้ำยา 3 แบบ คือ แบบละอองฝอย MIST แบบทรงกรวบ FULL CONE และแบบพุ่งเป็นจุด SOLID JET

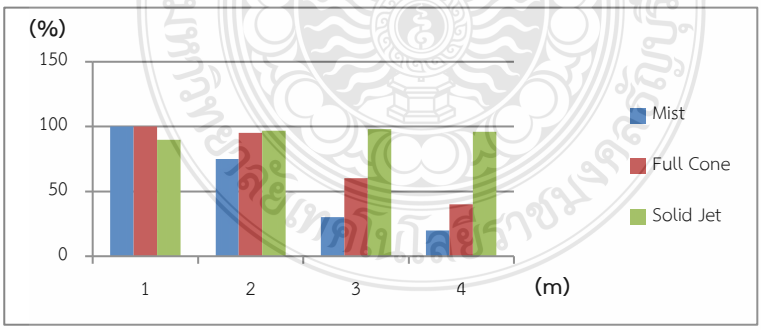
ผลการทดสอบ ตามรูปที่ 4.8 พบวา ค่าแรงดันน้ำยาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการฉีดพ่นน้ำยาเพิ่มสูงขึ้น และการปรับหัวฉีดพ่นน้ำยาแบบพุ่งเป็นจุด SOLID JET ที่ระดับแรงดันน้ำยา 2 บาร์ มีอัตราการฉีดพ่นน้ำยาเฉลี่ย สูงที่สุด คือ 1.78 ลิตร/นาที จึงมีความเหมาะสมใช้งานมากที่สุด



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดพ่นน้ำยาและความดัน

4.3.4 การทดสอบหัวฉีดพ่นน้ำยา Spray Nozzle เพื่อหารูปแบบการปรับหัวฉีดพ่นน้ำยา การกระจายตัวของน้ำยา และระยะฉีดพ่นน้ำยา ที่เหมาะสมที่สุด ด้วยวิธีการควบคุมแรงดันน้ำยา แบบคงที่ 2 bar จากนั้นปรับหัวฉีดพ่นน้ำยา 3 แบบ คือ แบบละอองฝอย MIST แบบทรงกรวยตัน FULL CONE และแบบพุ่งเป็นจุด SOLID JET ทดสอบที่ระยะห่างเป้าหมาย 4 ระดับ คือ 1 ,2 ,3 และ 4 เมตร ตามลำดับ

ผลการทดสอบ ตามรูปที่ 4.9 พบว่า หัวฉีดแบบพุ่งเป็นจุด SOLID JET มีความเหมาะสมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากสามารถฉีดพ่นน้ำยาที่ระยะห่างจากเป้าหมายได้ไกลสุด 4 เมตร โดยมีค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของน้ำยาค่อนข้างคงที่ 96.79% และเป็นระยะที่ปลอดภัยในการบังคับโดรนฉีดพ่นน้ำยา ดังนั้น ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดพ่นน้ำยาที่เหมาะสมใช้งาน คือ บริเวณปลายแขนพ่นน้ำยา เพราะสามารถฉีดพ่นน้ำยาได้ดี และสามารถติดตั้งใช้งานได้ง่าย



รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของน้ำยากับระดับความสูง

4.4 ผลทดสอบภาคสนาม

จากงานวิจัย [5] [24] การฉีดพ่นน้ำยากำจัดด้วงมะพร้าว จำเป็นต้องฉีดพ่นบริเวณส่วนยอดทรงพุ่มของต้นมะพร้าว โดยปริมาณฉีดพ่นน้ำยากำจัดด้วงมะพร้าว ที่เหมาะสม คือ 1-1.5 ลิตร/ต้น และต้นมะพร้าวที่มีขนาดทรงพุ่ม โตกว่า 7.5 เมตร ควรใช้ปริมาณฉีดพ่นน้ำยาเฉลี่ย 2.83 ลิตร/ต้น จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำยาฉีดพ่นกำจัดด้วงมะพร้าว จะขึ้นอยู่ขนาดของทรงพุ่มมะพร้าว ชนิดของน้ำยา และความเข้มข้นของน้ำยา

ดังนั้น การทดสอบภาคสนามสำหรับงานวิจัยนี้ จึงเลือกใช้น้ำยาความเข้มข้นสูงเพื่อลดระยะเวลาในการฉีดพ่นน้ำยา โดยกำหนดระยะเวลาในการฉีดพ่นน้ำยาแบบคงที่ 16.85 วินาทีต่อต้น ซึ่งอ้างอิงจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยปรับหัวฉีดพ่นน้ำยาแบบพุ่งเป็นจุด SOLID JET อัตราการฉีดพ่นน้ำยา 1.78 ลิตร/นาที แรงดัน 2 บาร์ ระยะฉีดพ่นน้ำยาห่างจากเป้าหมาย ไม่เกิน 4 เมตร

วิธีการทดสอบ โดยการสุ่มตัวอย่างต้นมะพร้าว จำนวน 4 ต้น และบรรจุน้ำยาฉีดพ่น ปริมาณ 2 ลิตร ทำการฉีดพ่นน้ำยาบริเวณยอดมะพร้าว ในอัตราการฉีดพ่นน้ำยาแบบคงที่ 0.5 ลิตร/ต้น โดยติดตั้งหัวฉีดพ่นน้ำยาบริเวณปลายแขนพ่นน้ำยาที่มีความยาว 2 เมตร ติดตั้งกล้อง IP Camera สูงจากปลายแขนพ่นน้ำยา 50 เซนติเมตร จากนั้น ควบคุมให้โดรนเคลื่อนที่พาแขนพ่นน้ำยาเข้าสู่ภายในทรงพุ่มของของต้นมะพร้าว ระยะประมาณ 1 เมตร เพื่อฉีดพ่นน้ำยาบริเวณส่วนยอดของต้นมะพร้าว

ผลทดสอบ ชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย ตามภาพที่ 4.10 ตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7 พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการบังคับและควบคุมโดรน ให้ฉีดพ่นน้ำยาบริเวณเป้าหมายที่ 1 ถึงเป้าหมายที่ 4 ใช้เวลารวมโดยเฉลี่ย 163.22 วินาที และจากการคำนวณ พบว่าชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย มีความสามารถในการทำงานจริง 2.22 ไร่ต่อชั่วโมง และมีอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้า 0.74 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

รูปที่ 4.10 แสดงการทดสอบชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบภาคสนาม

รายการ	ผลการทดสอบ			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทดสอบ (วินาที)				
- เวลาที่ใช้ ในการเติมน้ำยา (ลิตร)	6.58	5.6	6.11	6.10
- เวลาที่ใช้ บังคับโดรนบินขึ้น (Take Off)	7.42	6.12	5.98	6.51
- เวลาที่ใช้ บังคับชุดแขนกลเคลื่อนที่ขึ้น	6.84	7.84	5.69	6.79
- เวลาที่ใช้ บังคับโดรนเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย 1	11.76	12.65	11.48	11.96
- เวลาที่ใช้ ฉีดพ่นน้ำยาเป้าหมาย 1	16.85	16.85	16.85	16.85
- เวลาที่ใช้ บังคับโดรนเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย 2	12.43	13.11	12.91	12.82
- เวลาที่ใช้ ฉีดพ่นน้ำยาเป้าหมาย 2	16.85	16.85	16.85	16.85
- เวลาที่ใช้ บังคับโดรนเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย 3	14.88	13.21	12.91	13.67
- เวลาที่ใช้ ฉีดพ่นน้ำยาเป้าหมาย 3	16.85	16.85	16.85	16.85
- เวลาที่ใช้ บังคับโดรนเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย 4	12.89	14.73	12.11	13.24
- เวลาที่ใช้ ฉีดพ่นน้ำยาเป้าหมาย 4	16.85	16.85	16.85	16.85
- เวลาที่ใช้ บังคับโดรนเคลื่อนที่กลับ	11.76	12.38	12.98	12.37
- เวลาที่ใช้ บังคับชุดแขนกลเคลื่อนที่ลง	4.34	5.34	5.78	5.15
- เวลาที่ใช้ บังคับโดรนบินลง (Landing)	7.85	6.85	6.94	7.21
เวลารวมโดยเฉลี่ย (วินาที)	164.15	165.23	160.29	163.22

ตารางที่ 4.5 แสดงผลทดสอบสมรรถนะการทำงาน

สมรรถนะการทำงาน	ผลการทดสอบ	
อัตราการฉีดพ่นน้ำยา	1.78	ลิตรต่อนาที
ความสามารถในการทำงานจริง	88	ต้นต่อชั่วโมง
	2.2	ไร่ต่อชั่วโมง
อัตราสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า	0.74	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

4.5 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย สำหรับงานวิจัยนี้ มีต้นทุนในการสร้างตามตารางที่ 4.8 และจำเป็นต้องใช้โดรนเป็นระบบต้นกำลังหลัก อีกทั้งต้องมีแบตเตอร์รี่สำรองกับเครื่องชาร์จแบตเตอร์รี่ ให้เพียงพอกับการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ตามตารางที่ 4.9 โดยคิดเป็นต้นทุนรวมทั้งหมด 139,030 บาท สามารถประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน(บาทต่อไร่) จุดคุ้มทุน(ไร่ต่อปี) และระยะเวลาคืนทุน(เดือน) ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.6 แสดงต้นทุน การสร้างประกอบชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน

ส่วนประกอบ	ราคา (บาท)
ตัวโครงหลัก Main Frame	200
อุปกรณ์ประกอบแผงวงจรควบคุมมอเตอร์	500
กล้อง IP Camera Vstarcam C90S	890
เชือกสลิงและลูกรอก	150
มอเตอร์ขับลูกรอก DC Motor 30 rpm	160
ปลอกสวม Superlene กลึงขึ้นรูปตามแบบ	100
ท่อน้ำยา PE Tube 4 mm. ยาว 2.4 เมตร	150
เดือยแบบสวมใน Superlene กลึงขึ้นรูปตามแบบ	100
สลักยึดเชือกสลิง	50
แขนพ่น ท่ออลูมิเนียมขนาด 5/8 นิ้ว ยาว 2 เมตร	200
หัวฉีดพ่นน้ำยา ชนิดทองเหลือง	30
รวมค่าใช้จ่าย	2,530

ตารางที่ 4.7 แสดงต้นทุนโดรน แบตเตอร์รี่และเครื่องชาร์จแบตเตอร์รี่

ส่วนประกอบ	ราคา (บาท)
โดรนเกษตร ขนาด 5 ลิตร รุ่น GCS๙	75,000
แบตเตอร์รี่ มอเตอร์ 16,000 mAh จำนวน 10 ชุด	52,000
แบตเตอร์รี่ ปั๊มน้ำ 2,200 mAh จำนวน 2 ชุด	1,000
เครื่องชาร์จแบตเตอร์รี่ 500W 20A จำนวน 5 เครื่อง	8,500
รวมค่าใช้จ่าย	136,500

4.5.1 การประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน (AC)

ชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย มีต้นทุนในการสร้าง 2,530 บาท เมื่อรวมกับอุปกรณ์โดรน 136,500 บาท คิดเป็นต้นทุนทั้งหมด (P) 139,030 บาท อายุการใช้งาน(L) 5 ปี มูลค่าซาก(S) 10% ของต้นทุน อัตราดอกเบี้ย(i) 10% ต่อปี ค่าจ้างแรงงาน(W) 300 บาท/คน ค่าบำรุงรักษา 500 บาท/ปี ค่าไฟฟ้า (E) 5,000 บาทต่อปี จากผลการทดสอบภาคสนามโดยใช้แรงงานคน จำนวน 1 คน (ค่าจ้าง 100 บาท/คน/ไร่) พบว่า มีอัตราการฉีดพ่นน้ำยา 1.45 ไร่ต่อชั่วโมง หรือ 1,392 ไร่ต่อปี และในการรับจ้างฉีดพ่นน้ำยา ปกติจะทำงาน 2 รอบ คือ ช่วงเช้า 2 ชั่วโมง และช่วงเย็น 2 ชั่วโมง รวมเวลาทำงาน 4 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 240 วันต่อปี คิดค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักร 1,000 บาทต่อปี

ต้นทุนเครื่อง	(P)	= 139,030	บาท
อายุการใช้งาน	(L)	= 5	ปี
มูลค่าซาก	(S)	= (10%)(P)	
		= (10/100)(139,030)	
		= 13,903	บาท
ค่าเสื่อมราคา	(D)	= (P-S)/L	
		= (139,030-13,903)/5	
		= 27,527.94	บาท
ค่าเสียโอกาส	(R)	= [(P+S)/2] i	
		= [(139,030+13,903)/2]10/100	
		= 702.10	บาท/ปี
ต้นทุนคงที่	(FC)	= D+R	
		= 27,527.94+702.10	
		= 28,230.04	บาท/ปี
ค่าจ้างแรงงาน	(W)	= 2x100x1,392	
		= 278,400	บาท/ปี
ค่าไฟฟ้า	(E)	= 240x4x0.74x2x10	
		= 14,208	บาท/ปี
ค่าซ่อมบำรุง	(M)	= 1,000	บาท/ปี
ต้นทุนผันแปร	(VC)	= W+E+M	

= 278,400+14,208+1,000

= 293,608 บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (AC) = FC + VC

= 28,230.04+293,608

= 321,838.04 บาท/ปี

4.5.2 จุดคุ้มทุน (Break-Even Point)

กำหนดให้การรับจ้างฉีดพ่นด้วยชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย มีค่ารับจ้าง (P) 200 บาท/ไร่ จากผลการทดสอบภาคสนาม พบว่า มีอัตราการฉีดพ่นน้ำยา 1.45 ไร่ต่อชั่วโมง ทำงาน 4 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 240 วันต่อปี

ดังนั้น ค่ารับจ้างทำงานต่อชั่วโมง คือ 200x1.45 = 290 บาทต่อชั่วโมง

พื้นที่การทำงานต่อปี คือ 4x200x1.45 = 1,160 ไร่ต่อปี

จุดคุ้มทุน (BEP) = (FC)/(P-VC) = 32,672.05/(290-(205,500/1,160))

= 289.53 ไร่ต่อปี

4.5.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

กำหนดให้การรับจ้างฉีดพ่นด้วยชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย จากผลการทดสอบภาคสนาม พบว่า มีอัตราการฉีดพ่นน้ำยา 1.45 ไร่ต่อชั่วโมง ทำงาน 4 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 200 วันต่อปี มีค่ารับจ้าง (P) 200 บาท/ไร่ ต้นทุนเครื่อง (P) 139,030 บาท ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (AC) 208,767.05 บาทต่อปี

ดังนั้น พื้นที่การทำงานต่อปี คือ 4x200x1.45 = 1,160 ไร่ต่อปี

รายได้จากค่าจ้างการทำงานต่อปี คือ 200x1,160 = 232,000 บาทต่อปี

กำไร = รายได้ – ค่าใช้จ่าย (AC) = 232,000 - 208,767.05

= 23,232.95 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน = 232,000 / 23,232.95 = 0.97 ปี

ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่า ชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย มีต้นทุนการสร้าง 139,030 บาท มีค่าใช้จ่ายในการทำงานทั้งหมด 208,767.05 บาท/ปี และหากรับจ้างฉีดพ่นน้ำยาในอัตรา 200 บาทต่อไร่ จะมีจุดคุ้มทุนการทำงานที่ 101.08 ไร่ต่อปี และสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 0.97 ปี หรือประมาณ 1 ปี

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การออกแบบและสร้างชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก คือ ตัวโครง เชือกสลิงและลูกรอก มอเตอร์ขับลูกรอก ปลอกสวม ท่อน้ำยา เดือยแบบสวมใน สลักยึดลวดสลิง แขนพ่น กล้อง IP Camera และหัวฉีดพ่นน้ำยา การประกอบติดตั้งชุดแขนกลพ่นน้ำยาเข้ากับโดรน โดยวิธีการยึดเข้ากับสายรัดจากแบตเตอร์รี่โดรน พบว่าสามารถถอดประกอบและติดตั้งได้ง่าย ผลการชั่งน้ำหนักอุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบต่างๆ พบว่า มีน้ำหนักรวม 1,356 กรัม หลักการทำงาน เริ่มต้นจากการประกอบติดตั้งชุดแขนกลพ่นน้ำยาเข้ากับตัวโดรน จากนั้นควบคุมโดรนให้บินไปยังเป้าหมายต้นมะพร้าวที่มีการเจาะทำลายของตัวด้วง โดยสามารถตรวจดูได้แบบ Real Time ด้วยกล้อง IP Camera ที่แสดงผลผ่าน Smart Phone เมื่อพบรอยเจาะของตัวด้วง จะสามารถสั่งการฉีดพ่นน้ำยาโดยการควบคุมผ่าน Remote Control ที่ภาคพื้นได้แบบทันที โดยสามารถมองเห็นภาพในขณะท้าการฉีดพ่นน้ำยา

ผลการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า ระยะยืด-หด ลวดสลิง 15.0 เซนติเมตร มีความเหมาะสมใช้งานมากที่สุด ตำแหน่งติดตั้งกล้อง IP Camera ที่เหมาะสมคือ ระยะห่างจากส่วนปลายแขนพ่นน้ำยา 50 เซนติเมตร ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดพ่นน้ำยาที่เหมาะสมคือ บริเวณส่วนปลายแขนพ่น การปรับหัวฉีดพ่นน้ำยาแบบพุ่งเป็นจุด Solid Jet มีความเหมาะสมใช้งานมากที่สุด ที่ระดับแรงดันน้ำยา 2บาร์ มีอัตราการฉีดพ่นน้ำยาเฉลี่ย 1.78 ลิตร/นาที

ผลการทดสอบภาคสนาม โดยการสุ่มทดสอบกับต้นมะพร้าว จ้านวน 4 ต้น เติมน้ำยาปริมาณ 2ลิตร ปรับหัวฉีดพ่นน้ำยาแบบพุ่งเป็นจุด Solid Jet กำหนดอัตราการฉีดพ่นน้ำยา 0.5 ลิตรต่อต้น กำหนดระยะเวลาในการฉีดพ่นน้ำยา 16.85 วินาทีต่อต้น พบว่า ชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย ใช้ระยะเวลาในการทำงานรวมเฉลี่ย 163.22 วินาที คิดเป็นความสามารถในการทำงานจริง 2.22 ไร่ต่อชั่วโมง และมีอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้า 0.74 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่า ชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย มีต้นทุนการสร้าง 139,030 บาท มีค่าใช้จ่ายในการทำงานทั้งหมด 208,767.05 บาท/ปี และหากรับจ้างฉีดพ่นน้ำยาในอัตรา 200 บาทต่อไร่ จะมีจุดคุ้มทุนการทำงานที่ 101.08 ไร่ต่อปี และสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 0.97 ปี หรือ ประมาณ 1 ปี

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.1.1 เพื่อประสิทธิภาพสูงสุด ในการทำงานของชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย ควรเลือกใช้งานร่วมกับโดรนที่มีสมรรถนะสูง และผู้บังคับโดรน ควรเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ

5.1.2 งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัด คือ ในขณะบังคับโดรนบินลงจอด Landing จำเป็นต้องใช้แรงงานคนช่วยในการจับประคองแขนกลพ่นน้ำยา เพื่อให้โดรนสามารถบินลงจอด Landing ได้อย่างปลอดภัย ดังนั้น ควรมีการพัฒนาในส่วนของกลไกแขนพ่นน้ำยา ให้สามารถพับได้แบบอัตโนมัติ

5.1.3 ควรมีการทดสอบและเก็บข้อมูลภาคสนามที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ เช่น การสร้างแบบจำลองทดสอบ ตลอดจนการศึกษาผลกระทบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ความเร็วลม ทิศทางกระแสลม อุณหภูมิ ความเข้มของแสง และความชื้นของอากาศ เป็นต้น

บรรณานุกรม

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. **มะพร้าวผลแก่ : ร้อยละ และปริมาณผลผลิตเป็นรายเดือน รวมทั้งประเทศ รายภาค และรายจังหวัด ปี 2563**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/Coconut%20percent%2063.pdf, (5 มกราคม 2565)

[2] สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. **มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 18-2554 มะพร้าว.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.acfs.go.th/standard/download/coconut-1.pdf, (5 มกราคม 2565)

[3] สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ **มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 15-2550 มะพร้าวน้ำหอม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.acfs.go.th/standard/download/std_coconut.pdf, (5 มกราคม 2565)

[4] สำนักสงเสริมและฝกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. การปลูกมะพร้าว**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ จาก : http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/tree_fruit/cocunutpuk.pdf, (5 มกราคม 2565)

[5] สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร**. การจัดการความรู้ เทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวน้ำหอม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ จาก : https://www.doa.go.th/hc/chumphon/wp-content/uploads/2020/02/aromatic-coconut.pdf , (5 มกราคม 2565)

[6] วรภัทร ลัคนทินวงศ์**. การผลิตมะพร้าวน้ำหอมผลดกทั้งปี**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ จาก : http://www.thai-explore.net/file_upload/submitter/file_doc/af183dcecbf1460 1123e651f4a3494a1.pdf, (5 มกราคม 2565)

[7] สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร**. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลง-สัตว์ศัตรูพืชอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยจากงานวิจัย**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ จาก : https://www.doa.go.th/psco/wp-content/uploads/2020/06/คู่มือคำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลง-สัตว์ศัตรูพืชอย่างปลอดภัย-บีบอัด.pdf, (5 มกราคม 2565)

บรรณานุกรม (ต่อ)

[8] เกรียงไกร แซมสีม่วง. **เทคโนโลยีความแม่นยำทางการเกษตร.** (เอกสารคำสอน ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

[9] ปริญญา น้อยดอนไพร**. การสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ จาก : https://freebsd.sru.ac.th/course/4012702-Data-Communication/parinya-book/unit-09.pdf, (10 พฤษภาคม 2564)

[10] พันธิภา อินทรวิชัย**. เครื่องทุ่นแรงฟาร์ม ภาค 2.** 2535 (ศูนย์ฝึกอบรมวิศวกรรมเกษตร)

[10] ดุลยโชติ ชลศึกษ์**. การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม.** 2560 (ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์)

[11] จรัสศรี วงศ์กำแหง 2559. **การศึกษาสำรวจการระบาดของแมลงดำหนามะพร้าว (Brontispae longissima) และศัตรูธรรมชาติพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง สงขลา สตูล พัทลุง ตรัง**. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่๘ ร่วมจัดแสดงเป็นโปสเตอร์ในงานประชุมวิชาการเกษตรภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปี 2549

[12] วลัยพร ศะศิประภา ,นรีรัตน์ ชูช่วย ,สุวัฒน์ พูลพาน และณิชา โป๋ทอง.2559. **การเข้าทำลายของแมลงศัตรูและการฟื้นตัวของมะพร้าวในพื้นที่อำเภอกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์**. วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 34 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2559

[13] พีระ บุญนาค 2555. **การพัฒนาเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบผสมกับอากาศติดตั้งกับจักรยานยนต์พ่วงข้าง** (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี)

[14] เกรียงไกร แซมสีม่วง ,เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์ และอภิรัฐ ปิ่นทอง.2559. **การพัฒนาระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้ควบคุมระยะไกลร่วมกับเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายเพื่อควบคุมการใช้สารเคมีแบบแม่นยำสำหรับโรงเรือนมาตรฐาน**. บทความวิจัย. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 (2559) 7-20. สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย

[15] กิตติชัย เลิศกาญจนวงศ์.2559. **การวิจัยพัฒนาเครื่องฉีดพนสารเคมีในแปลงปลูกองุ่นพวงทายรถแทรกเตอร์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

บรรณานุกรม (ต่อ)

[16] วิชัย โอภานุกุล , อานนท์ สายคำฟู , พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท , อิศเรส เทียนทัด , บาลทิตย์ ทองแดง และ วีระสุข ประเสริฐ .2560. **การวิจัยอากาศยานไร้คนขับ (Drone) สาหรับเกษตรอินทรีย์**. บทความวิจัย. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 18 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2560 หน้า 119-223

[17] ปัทมา ชูกลิ่น.2557. **การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบอากาศยานสี่ใบพัด ที่บังคับการเคลื่อนที่ด้วยตนเอง** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

[18] Grianggai Samseemoung , Peeyush Soni and Pimsiri Suwan. 2017. **Development of a Variable Rate Chemical Sprayer for Monitoring Diseases and Pests Infestation in Coconut Plantations,** Journal of MPDI agriculture

[19] Bogusława Berner and Jerzy Chojnacki. 2017. **USE OF DRONES IN CROP PROTECTION**. "Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture", Lublin, Poland, 2017. pp. 46-51)

[20] Jorge Martinez-Guanter, Pablo Agüera2, Juan Agüera and Manuel Pérez-Ruiz. 2019. **Spray and economics assessment of a UAV-based ultra-low-volume application in olive and citrus orchards.** part of Springer Nature 2019

[21] Guobin Wang , Yubin Lan , Huizhu Yuan , Haixia Qi , Pengchao Chen , Fan Ouyang and Yuxing Han. 2019. **Comparison of Spray Deposition, Control Efficacy on Wheat Aphids and Working Efficiency in the Wheat Field of the Unmanned Aerial Vehicle with Boom Sprayer and Two Conventional Knapsack Sprayers.** Journal of MPDI applied sciences

[22] Daniele Sarri, Luisa Martelloni, Marco Rimediotti, Riccardo Lisci, Stefania Lombardo and Marco Vieri. 2018. **Testing a multi-rotor unmanned aerial vehicle for spray application in high slope terraced vineyard**. Journal of Agricultural Engineering 2019; volume L:853

บรรณานุกรม (ต่อ)

[23] Grianggai Samseemoung , Hemantha P. W. Jayasuriya and Peeyush Soni. 2011. **Oil palm pest infestation monitoring and evaluation by helicopter-mounted, low altitude remote sensing platform**. Journal of Applied Remote Sensing; Vol. 5

[24] Kanchana Daoden , Thanawat Sornnen , Tanachai Pankasemsuk , Pawerasak Phaphuangwittayakal , Sureeporn Sringam and Supanat Nicrotha. 2018. **Development of Agricultural Spraying Drones Prototype for Coconut Beetle Weevil Control**. Nat. Volatiles & Essent. Oils, 2021; 8(5): 8322 - 8332

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตารางบันทึกข้อมูลผลการทดสอบ

ตารางผนวกที่ ก.1 แสดงรายละเอียด ข้อมูลต้นมะพร้าว

ต้นที่	ความสูง(m)	ระยะห่างต้น(m)	ระยะห่างแถว(m)	ความกว้างทรงพุ่ม(m)
1	10.5	5.8	6.1	3.6
2	8.2	4.1	6.5	4.2
3	11.1	4.6	6.2	4
4	10.3	4.5	7.1	3.9
5	10.4	4.8	7.5	3.2
6	11	4.1	5.8	4.6
7	9.5	3.8	6.1	4.4
8	12.1	4.6	6.5	4.2
9	11.4	4.8	6.6	4.1
10	9.6	4.9	5.9	3.6
11	8.8	4.5	5.8	3.8
12	11.6	4.2	5.2	4.7
13	8.4	5.8	5.4	3.6
14	9.6	3.5	6.1	4
15	11.7	6.2	5.8	4.9
16	8.9	4.1	6.4	4.4
17	12.1	4.4	7.2	4.2
18	8.2	4.6	6.8	3.2
19	13.6	4.7	6.1	3.1
20	12.8	4.5	6.4	4.6
21	12.2	3.5	5.8	3.8
22	11.3	5.5	5.5	4.8
23	9.9	4.1	6.8	5.1
24	8.1	4.7	6.7	4.7
25	12.6	4.9	6.4	3.1
26	11.1	4.2	6.9	4.8
27	11.4	3.4	5.4	3.2
28	10.6	4.7	5.5	4.1

ตารางผนวกที่ ก.1 แสดงรายละเอียด ข้อมูลต้นมะพร้าว (ต่อ)

ต้นที่	ความสูง(m)	ระยะห่างต้น(m)	ระยะห่างแถว(m)	ความกว้างทรงพุ่ม(m)
29	10.9	4.9	5.2	4.8
30	8.8	4	6.7	4.4
31	11.2	3.5	6.6	4.9
32	11.9	4.1	6.1	3.2
33	12.5	5.2	5.5	4.8
34	9.5	4.9	6.2	5.6
35	8.2	3.8	6.6	3.2
36	8.9	4.4	6.8	5.4
37	10.1	3.8	7.1	3.2
38	8.7	3.5	5.4	4.9
39	9.9	3.6	6.7	4.1
40	8.8	4.2	6.1	3.2
Mean	10.4	4.4	6.2	4.1
SD	1.49	0.67	0.59	0.70

ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ

- ความสูงของต้นมะพร้าว (เมตร)

ค่าเฉลี่ย Mean	10.4	เมตร
ค่ามัธยฐาน Median	10.5	เมตร
ค่าฐานนิยม Mode	8.2	เมตร
ค่าแปรปรวน Variance	2.98	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard deviation	1.49	

- ระยะห่างระหว่างต้นมะพร้าว (เมตร)

ค่าเฉลี่ย Mean	4.4	เมตร
ค่ามัธยฐาน Median	4.5	เมตร
ค่าฐานนิยม Mode	4.1	เมตร
ค่าแปรปรวน Variance	0.45	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard deviation	0.67	

- ระยะห่างระหว่างแถว (เมตร)

ค่าเฉลี่ย Mean	6.2	เมตร
ค่ามัธยฐาน Median	6.2	เมตร
ค่าฐานนิยม Mode	6.1	เมตร
ค่าแปรปรวน Variance	0.35	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard deviation	0.59	

- ความกว้างทรงพุ่มต้นมะพร้าว (เมตร)

ค่าเฉลี่ย Mean	4.1	เมตร
ค่ามัธยฐาน Median	4.2	เมตร
ค่าฐานนิยม Mode	3.2	เมตร
ค่าแปรปรวน Variance	0.49	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard deviation	0.70	

ตารางผนวกที่ ก.2 แสดงผลทดสอบหัวฉีด Spray Nozzle ระยะฉีดพ่นห่างจากเป้าหมาย 1 เมตร

รูปแบบหัวฉีด	การกระจายตัวของน้ำยา (%)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	(%)
MIST	100.00	100.00	100.00	100.00
FULL CONE	100.00	100.00	100.00	100.00
SOLID JET	90.38	92.31	88.46	90.38

ตารางผนวกที่ ก.3 แสดงผลทดสอบหัวฉีด Spray Nozzle ระยะฉีดพ่นห่างจากเป้าหมาย 2 เมตร

รูปแบบหัวฉีด	การกระจายตัวของน้ำยา (%)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	(%)
MIST	76.92	75.00	73.08	75.00
FULL CONE	96.15	98.08	94.23	96.15
SOLID JET	98.08	96.15	94.23	96.15

ตารางผนวกที่ ก.4 แสดงผลทดสอบหัวฉีด Spray Nozzle ระยะฉีดพ่นห่างจากเป้าหมาย 3 เมตร

รูปแบบหัวฉีด	การกระจายตัวของน้ำยา (%)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	(%)
MIST	30.77	32.69	28.85	30.77
FULL CONE	59.62	57.69	61.54	59.61
SOLID JET	96.15	98.08	96.15	96.79

ตารางผนวกที่ ก.5 แสดงผลทดสอบหัวฉีด Spray Nozzle ระยะฉีดพ่นห่างจากเป้าหมาย 4 เมตร

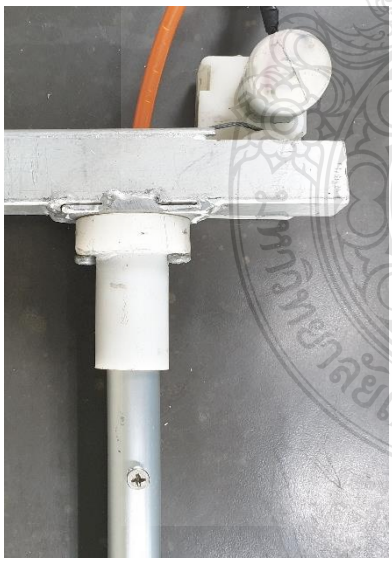
รูปแบบหัวฉีด	การกระจายตัวของน้ำยา (%)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	(%)
MIST	21.15	19.23	17.31	19.23
FULL CONE	40.38	42.31	40.38	41.02
SOLID JET	96.65	98.08	96.15	96.79

ภาคผนวก ข

ภาพการทดสอบ

ภาพที่ ข1 การเก็บข้อมูลต้นมะพร้าว

ภาพที่ ข2 การทดสอบน้ำหนักโดรน และอุปกรณ์ชุดแขนกลพ่นน้ำยา

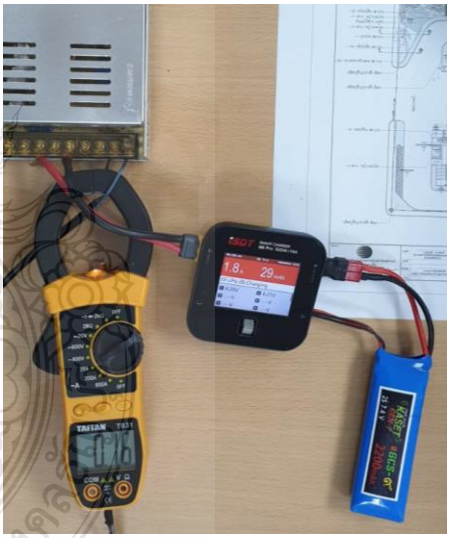


ภาพที่ ข3 การทดสอบการยืด-หด ชุดแขนกลพ่นน้ำยา

รูปที่ภาพที่ ข4 การทดสอบหัวฉีดพ่นน้ำยา

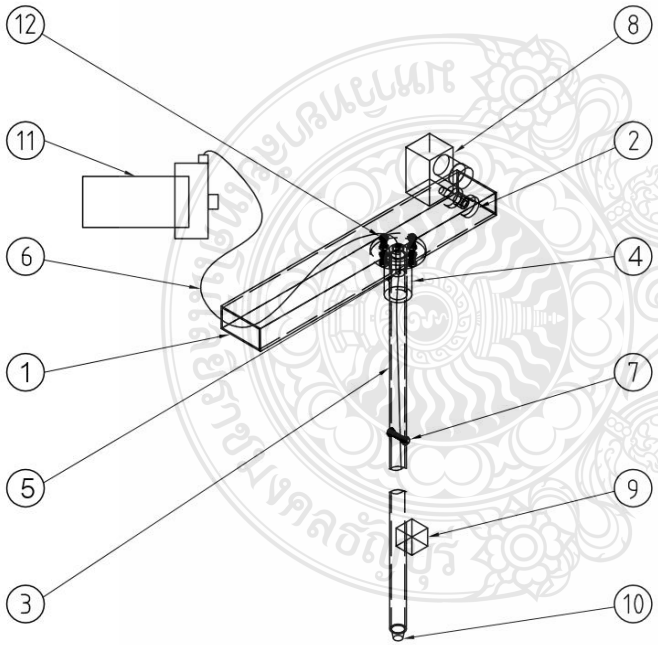
ภาพที่ ข5 การทดสอบกล้อง IP Camera

ภาพที่ ข6 การทดสอบอัตราการฉีดพ่นน้ำยา



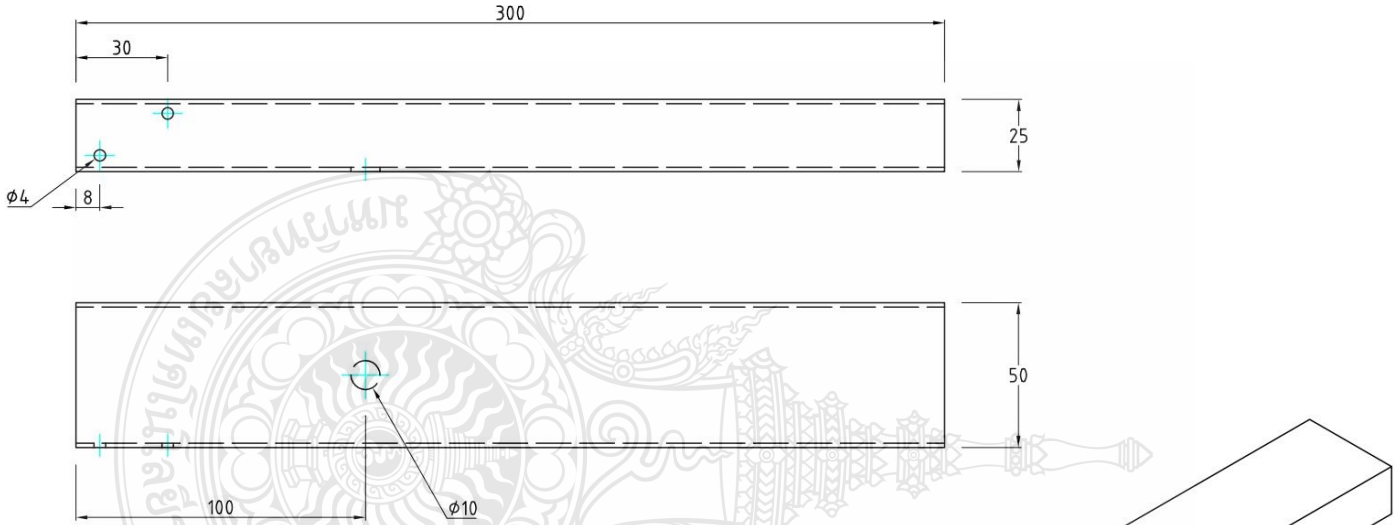
ภาพที่ ข7 การทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้า

ภาคผนวก ค
แบบรายละเอียดทางวิศวกรรม

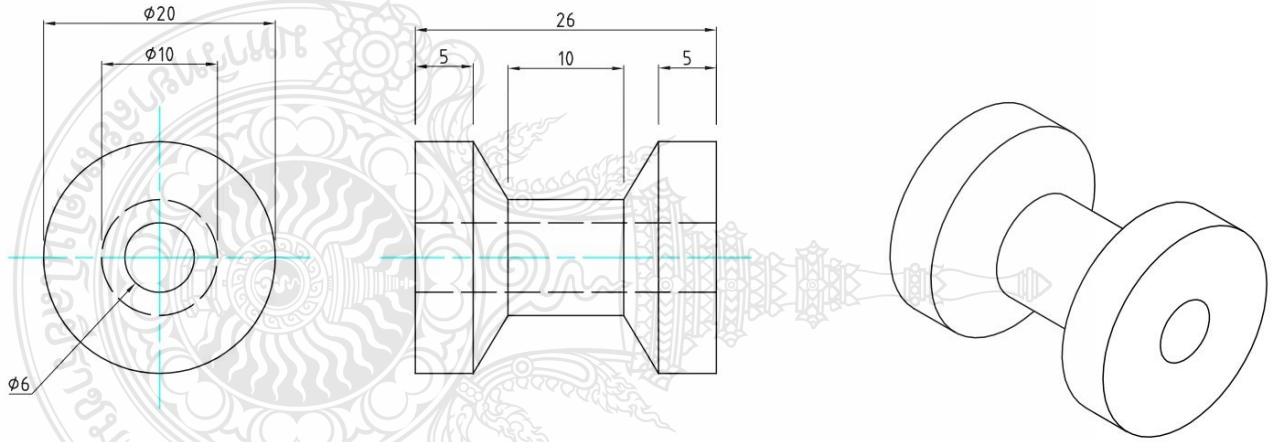


ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
12	น็อต M4	มาตรฐาน	-	4
11	ปั๊มน้ำ DC 24V	มาตรฐาน	-	1
10	หัวฉีด Spray Nozzle	มาตรฐาน	-	1
09	กล้อง IP Camera	มาตรฐาน	-	1
08	มอเตอร์ขับลูกรอก 24 V 30 rpm	อลูมิเนียม	-	1
07	สลักยึดเชือกสลิง น็อต M4	มาตรฐาน	-	1
06	ท่อน้ำยา -ขนาด 4 มม.	ซุปเปอร์ลีน	-	1
05	เดือยสวมใน	PE	05	1
04	ปลอกสวมนอก	มาตรฐาน	04	1
03	แขนพ่นน้ำยา	มาตรฐาน	03	1
02	ลูกรอก	ซุปเปอร์ลีน	02	1
01	ตัวโครง	อลูมิเนียม	01	1

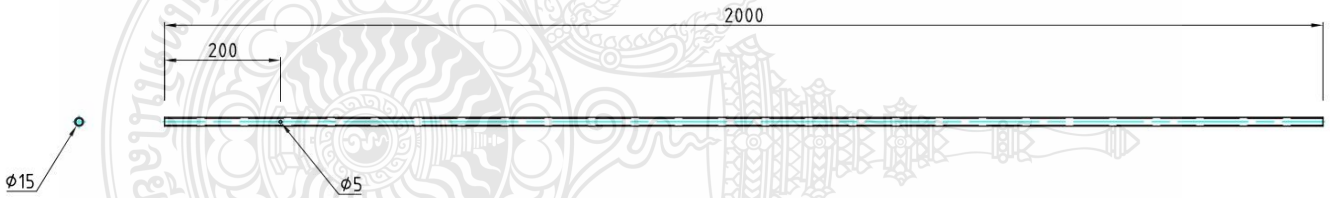
ผู้เขียนแบบ	วีรยุทธ พรหมจันทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ตรวจแบบ		
ผู้ออกแบบ	วีรยุทธ พรหมจันทร์	
มาตราส่วน	1 : 5	หมายเลขแบบ 00



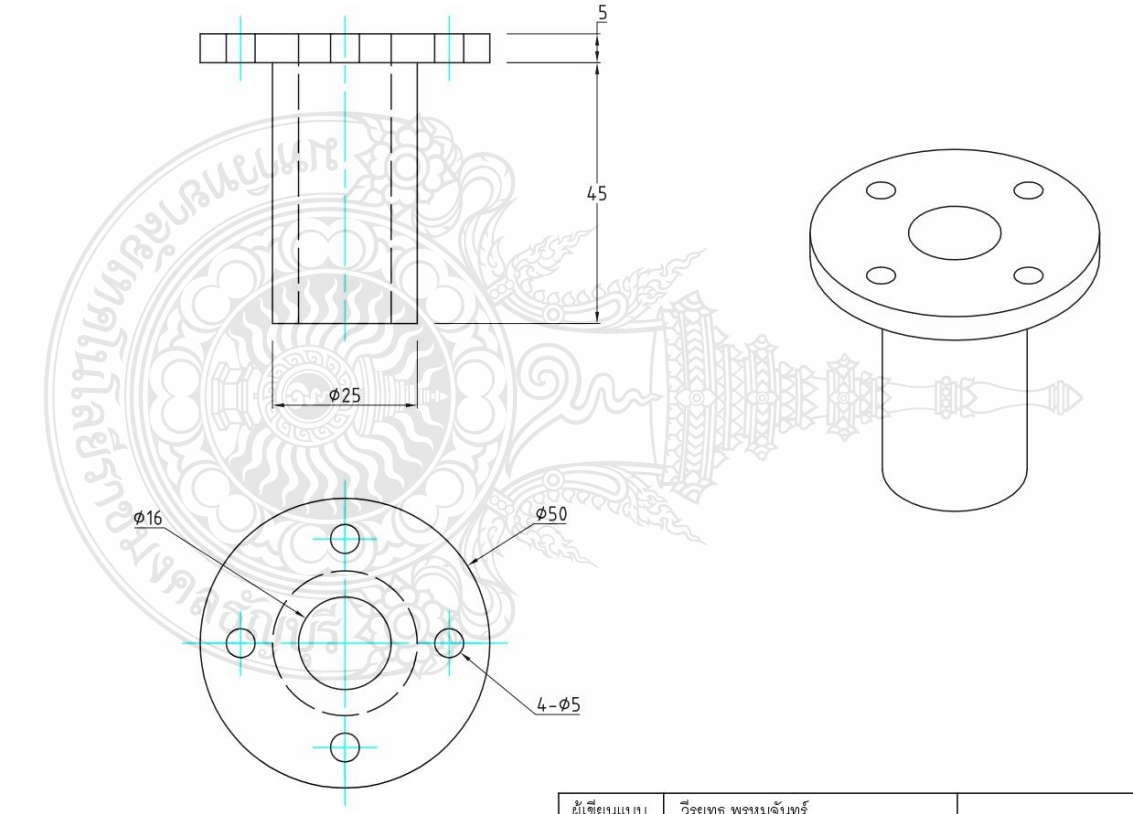
ผู้เขียนแบบ	วีรยุทธ พรหมจันทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	
ผู้ตรวจแบบ			
ผู้ออกแบบ	วีรยุทธ พรหมจันทร์		
มาตราส่วน	1 : 2	หมายเลขแบบ 01	



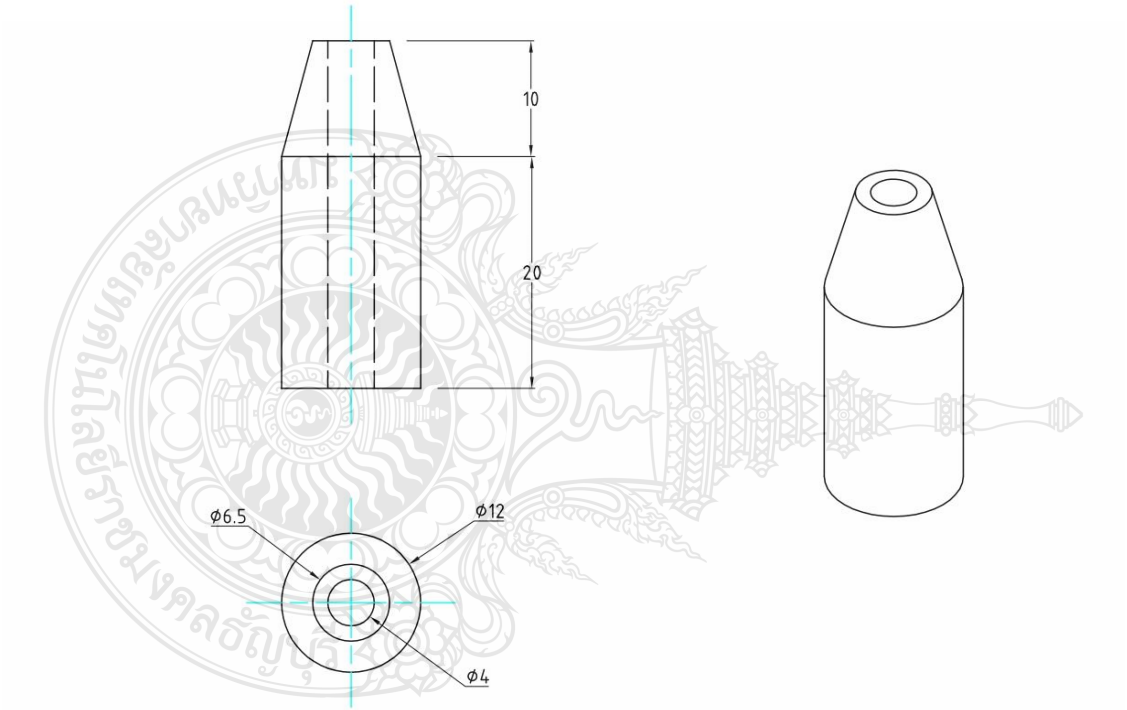
ผู้เขียนแบบ	วีรยุทธ พรหมจันทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	
ผู้ตรวจแบบ			
ผู้ออกแบบ	วีรยุทธ พรหมจันทร์		
มาตราส่วน	2 : 1	หมายเลขแบบ 02	



ผู้เขียนแบบ	วีรยุทธ พรหมจันทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	
ผู้ตรวจแบบ			
ผู้ออกแบบ	วีรยุทธ พรหมจันทร์		
มาตราส่วน	1 : 10	หมายเลขแบบ 03	



ผู้เขียนแบบ	วีรยุทธ พรหมจันทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	
ผู้ตรวจแบบ			
ผู้ออกแบบ	วีรยุทธ พรหมจันทร์		
มาตราส่วน	1 : 1	หมายเลขแบบ 04	



ผู้เขียนแบบ	วีรยุทธ พรหมจันทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	
ผู้ตรวจแบบ			
ผู้ออกแบบ	วีรยุทธ พรหมจันทร์		
มาตราส่วน	2 : 1	หมายเลขแบบ 05	

ภาคผนวก ง
การเผยแพร่ผลงาน

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170
โทร. 0-28892138 ต่อ 6401-3 โทรสาร ต่อ 6429

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 34 (ME-NETT 2020)
ณ โรงแรมวรวนา หัวหิน โฮเต็ลแอนด์คอนเวนชั่น อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์
วันที่ 15-17 กรกฎาคม พ.ศ. 2563

เรื่อง ตอบรับการส่งบทความวิจัยเพื่อเข้าร่วมการประชุมวิชาการ
หมายเลขบทความ AMM-008
ชื่อบทความ ออกแบบและสร้างแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรนสำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย
ชื่อผู้แต่งบทความ วีรยุทธ พรหมจันทร์ และเกรียงไกร แซมสีม่วง

เรียน ผู้แต่งบทความ

ตามที่ท่านได้ส่งผลงานเข้าร่วมนำเสนอผลงานวิชาการเรื่อง **"ออกแบบและสร้างแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรนสำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย"** ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 34 (ME-NETT 2020) ในวันที่ 15-17 กรกฎาคม พ.ศ. 2563 ณ โรงแรมวรวนา หัวหิน โฮเต็ลแอนด์คอนเวนชั่น อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ แล้วนั้น ผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณากลั่นกรอง (peer-review) บทความของท่านเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ทางคณะผู้จัดงานมีความยินดีเป็นอย่างยิ่งที่บทความวิจัยของท่านได้ผ่านการพิจารณาให้ร่วมนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการและตีพิมพ์ในรายงานการประชุมวิชาการ (proceeding) ทั้งนี้ท่านสามารถดูกำหนดการและรูปแบบการเตรียมเอกสารนำเสนอได้ที่ http://www.tsme.org/me-nett/me-nett2020/ หากท่านต้องการติดต่อสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม ท่านสามารถติดต่อผู้ประสานงานผ่านทางอีเมล menett2020@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนภัทร์ วานิชานนท์)
ประธานจัดงาน ME-NETT2020
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ME-NETT 34th 2020
innovation for SUSTAINABILITY
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๓๔
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า
วีรยุทธ พรหมจันทร์ และ เกรียงไกร แซมสีม่วง
ได้เข้าร่วมนำเสนอบทความ
เรื่อง “ออกแบบและสร้างแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน
สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย”
๑๕-๑๗ กรกฎาคม ๒๕๖๓ ณ วรวนา หัวหิน โฮเต็ล แอนด์ คอนเวนชั่น ประจวบคีรีขันธ์
(ศาสตราจารย์ ดร. ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช)
นายกสมาคมวิศวกรเครื่องกลไทย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สราวุธ เวชกิจ)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 34
วันที่ 14 -17 กรกฎาคม พ.ศ. 2563 จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
AMM-008

ออกแบบและสร้างแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย

Design and Invention of a Remote-Controlled Spraying Arm Mounted on a Drone for Spraying Coconut Shoots Destroyed by Beetles

วีรยุทธ พรหมจันทร์[1]* และเกรียงไกร แซมสีม่วง[2]

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110
*ติดต่อ: weerayuth_p@mail.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ได้ทำการออกแบบและสร้างแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก คือ ชุดแขนกลพ่นน้ำยาที่สามารถควบคุมการยืดและหดได้ เพื่อให้สามารถฉีดพ่นน้ำยาเข้าสู่เป้าหมายได้อย่างแม่นยำ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดนี้ จะติดตั้งเข้ากับโดรนพ่นยาขนาด 5 ลิตร ระบบการทำงาน เริ่มต้นจากการควบคุมโดรน ไปยังต้นมะพร้าวที่มีการเจาะทำลายของตัวด้วง โดยสามารถตรวจดูได้แบบ Real Time ด้วยกล้อง IP Camera ที่แสดงผลผ่าน Smart Phone เมื่อพบร่องรอยการเจาะทำลายของตัวด้วง สามารถสั่งการฉีดพ่นน้ำยาโดยการควบคุมผ่าน Remote Control ที่ภาคพื้นได้แบบทันที ผลการทดสอบชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน ที่มีระยะความยาวแขนพ่น 2.0 m มีการปรับตั้งหัวฉีดพ่นน้ำยา แบบพุ่งเป็นจุด Solid Jet สามารถฉีดพ่นน้ำยาบริเวณตำแหน่งยอดมะพร้าวได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยผลการทดสอบกับต้นมะพร้าวน้ำหอม ที่มีความสูงเฉลี่ย 10.4 m ใช้อัตราการฉีดพ่นน้ำยา 0.5 L/tree สามารถฉีดพ่นน้ำยาได้อย่างแม่นยำ และใช้เวลาน้อยที่สุด 41.11 วินาที ความสามารถในการทำงาน 2.2 rai/hr

คำหลัก: โดรนพ่นยา, แขนพ่นน้ำยา, ควบคุมระยะไกล, ด้วงมะพร้าว

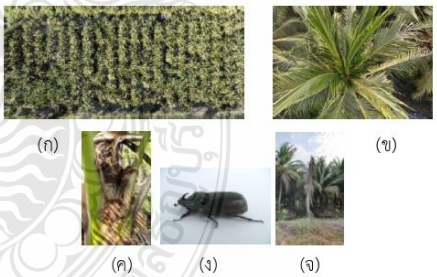
Abstract

This research has designed and built a robot arm for sprayer to remote control installed with the drone for spraying the top of the coconuts that cause the beetles to destroy. Consisting of the main parts as a robot arm for sprayer can control the stretching and contracting for spraying the solution more precisely. All of these devices will be installed with a 5-liter sprayer drone. The principle of operation starts from controlling the drone to the coconut three that has the destruction of beetles. By able to inspect in Real Time with IP Camera that show result via Smart Phone. When finding the piercing of beetle can spraying the solution by control via the remote control on the ground. The test results a robots arm for sprayer to remote control installed with the drone has sprayer arm length 2 m. Adjusting the sprayer nozzle is a Solid Jet can sprayer the top of coconut tree has precise and efficient. The test with Nam-Hom coconut has average height 10.4 m., the average spraying 0.5 L/tree, the average moving speed 21 m/min , and working capacity 2.2 rai/hr.

Keywords: Sprayer drone, Robots arm for sprayer, Remote control, Rhinoceros beetle

1. บทนำ

ด้วงแรดมะพร้าว (Rhinoceros Beetle) ดังรูปที่ 1 (ง) เป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญของมะพร้าว สามารถเข้าทำลายได้ ทั้งมะพร้าวต้นเตี้ยและมะพร้าวต้นสูงในบริเวณกำเนิดยอดอ่อนดังรูปที่ 1 (ค) โดยจะบินขึ้นไปกัดกินโคนทางใบมะพร้าว บริเวณส่วนยอดที่ยังห่อตัวอยู่ รวมทั้งช่อดอกอาจถูกทำลายเมื่อยอดเจริญเติบโตและใบคลี่ออกจะขาดเป็นริ้วๆ มีลักษณะเป็นรูปพัด ดังรูปที่ 1 (ข) หากเกิดการแพร่ระบาดของด้วงมะพร้าวจะส่งผลให้มะพร้าวยืนต้นตายได้ ดังรูปที่ 1 (จ) ซึ่งปกติเกษตรกรจะใช้วิธีกำจัดโดยการฉีดพ่นน้ำยาฆ่าแมลงในบริเวณที่เกิดด้วงมะพร้าวเข้าเจาะทำลาย และเนื่องจากต้นมะพร้าวมีความสูงมาก จึงเป็นอุปสรรคที่สำคัญยิ่ง ในการทำงานของเกษตรกร อีกทั้งยังต้องใช้สารฉีดพ่นในปริมาณมาก เพราะไม่สามารถมองเห็นได้ในขณะฉีดพ่น เช่นวิธีกำจัดด้วงของ Samseemoung และคณะ [1] ใช้รถที่สามารถยืดแขนสำหรับพ่นตามความสูงของต้นมะพร้าวได้ 5–9 m โดยควบคุมปริมาณการฉีดพ่นได้ตามต้องการแต่ยังสามารถเคลื่อนที่และทำงานได้ช้า ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีเกี่ยวกับโดรน (Drone) หรือ อากาศยานไร้คนขับ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) ได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว มีสมรรถนะการทำงานที่สูงขึ้น และมีแนวโน้มราคาที่ลดต่ำลง เนื่องจากการขันขันทางธุรกิจ ส่งผลให้ในภาคการเกษตรมีการนำโดรนมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีจุดเด่น คือ สามารถปฏิบัติงานในพื้นที่เสี่ยงอันตรายหรือพื้นที่สูงได้ดี เพื่อทดแทนการใช้แรงงานคน เช่น การพ่นสารกำจัดวัชพืช การให้ปุ๋ย ตลอดจนการถ่ายภาพเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางการเกษตร (Digital image processing) ดังผลงานการวิจัยของนักวิจัยในอดีตเช่น วิชัย โอภานุกูล และคณะ [2] ทดสอบการพ่นยาหรือสารเคมีในแปลงผักคะน้า หอม ผักชี นาข้าว และในไร่อ้อย พบว่าโดรนมีความสามารถในการทำงานสูงกว่าการใช้แรงงานคนที่ใช้เครื่องพ่นแบบสะพายหลัง 6-9 เท่า Hussain และคณะ [3] ศึกษาทดสอบรูปแบบของละอองฝอยที่ฉีดพ่นจากโดรน พบว่าที่ระดับความสูงจากเป้าหมายเฉลี่ย 1.5 m ความเร็วลมมีผลกระทบต่อความหนาแน่นของละอองฝอยเพียงเล็กน้อย พาโชค พิมพ์เลขา และณัฐดนัย ตัณฑวิรุฬห [4] ได้พัฒนาระบบการฉีดพ่นสำหรับใช้งานกับโดรนโดยดัดแปลงให้ใช้กับบรัชเลสมอเตอร์ของอากาศยานวิทยุบังคับ สามารถควบคุมการฉีดพ่นและอัตราการไหลได้อย่างแม่นยำมากขึ้น Yanliang และคณะ [5] พัฒนาระบบฉีดพ่นแบบไฟฟ้าสถิต (electrostatic spraying system) ใช้กับโดรนชนิด 6 ใบพัด พบว่าไฟฟ้าสถิตช่วยให้ประสิทธิภาพของฝอยละอองจากการฉีดพ่นหนาแน่นขึ้น Subr และคณะ [6] พบว่าความดันในการฉีดพ่นที่สูงขึ้นมีผลทำให้มุมของสเปรย์กว้างขึ้นซึ่งอาจมีผลต่อความหนาแน่นของฝอยละอองที่ฉีดพ่น ในทำนองเดียวกัน Vladimir และคณะ [7] พบว่าความดันในการฉีดพ่นสารเคมีที่สูงขึ้นมีผลต่อประสิทธิภาพในการฉีดพ่นเนื่องจากฝอยละอองจะมีขนาดเล็กลงเมื่อความดันเพิ่มขึ้น นอกจากการกำจัดศัตรูพืชแล้วการวิเคราะห์หรือเฝ้าระวังป้องกันเป็นแนวทางที่จะช่วยในการประหยัดได้ทั้งเวลาและต้นทุนเช่น Chaware และคณะ [8] ได้ใช้วิธีการถ่ายภาพด้วยกล้องแบบควบคุมระยะไกล (Image Processing) ช่วยในการเฝ้าระวังและวิเคราะห์โรคใบที่จะเกิดกับพืชซึ่งช่วยให้สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงที เกรียงไกร แซมสีม่วง และคณะ [9] ใช้เทคนิคการถ่ายภาพเช่นเดียวกันเพื่อตรวจสอบโรคกล้วยไม้ โดยพบว่าการใช้กล้องต่างชนิดกันจะมีความแม่นยำของภาพและผลการวิเคราะห์แตกต่างกัน



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

รูปที่ 1 (ก) แสดงพื้นที่ปลูกมะพร้าว (ข) แสดงลักษณะทรงพุ่มและลักษณะปลายใบที่ถูกด้วงเจาะทำลาย (ค) แสดงการเจาะทำลายของด้วงมะพร้าว (ง) แสดงลักษณะด้วงมะพร้าว (จ) แสดงลักษณะการยืนต้นตายของต้นมะพร้าว เนื่องจากการเข้าเจาะทำลายของด้วงมะพร้าว

จากงานวิจัยในอดีตมีการพัฒนาวิธีการและแนวทางต่างๆ ที่จะใช้เครื่องจักรทำงานแทนมนุษย์ เพื่อความรวดเร็ว แม่นยำ และปลอดภัย แต่การกำจัดด้วงมะพร้าวนั้นทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากความสูง ลักษณะทรงพุ่มที่เข้าถึงจุดฉีดพ่นได้ยากกว่าพื้นราบ ซึ่งมีงานวิจัยที่น่าสนใจของ Kim และคณะ [10] โดยมีการออกแบบแขนกลทำงานร่วมกับโดรนที่สามารถควบคุมปรับมุมองศาใช้งานได้ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบและสร้างชุดแขนกลพ่นน้ำยาที่สามารถยืดและหดได้แบบควบคุมระยะไกลติดตั้งใช้งานร่วมกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการออกแบบ คือ สามารถฉีดพ่นน้ำยากำจัดด้วงมะพร้าวโดยหัวฉีดเข้าใกล้เป้าหมายด้วยการยืดของแขนกล ใช้งานง่าย มีระบบการทำงานที่ไม่ซับซ้อน ทดแทนการใช้แรงงานคนในการฉีดพ่น มีความปลอดภัย และเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับเกษตรกรที่มีโดรนพ่นยาใช้งานอยู่แล้ว หรือผู้ประกอบการรับจ้างฉีดพ่นสารกำจัดแมลงศัตรูพืชด้วยโดรน

2. อุปกรณ์และวิธีการ

โดรนพ่นยา ใช้โดรนเกษตร รุ่น #GCS๙ สำหรับติดตั้งอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา โดยมีคุณลักษณะดังนี้ เป็นโดรน ชนิด 8 ใบพัด ระดับเพดานบินสูงสุด 30 เมตรสามารถบรรทุกน้ำยาได้สูงสุด 5 ลิตรต่อครั้ง ใช้แบตเตอรี่ ชนิด Lipo Battery 6S1P 14,000 mAh 22.2V ระบบปั๊มแบบไดอะแฟรม Max. Pressure 0.4 MPa ,Max. Flow 3.5 L/min ควบคุมการทำงานแบบ Manual ด้วย Remote Control มีน้ำหนักโดยรวม 7,845 กรัม (ไม่รวมน้ำยา) ระยะเวลาในการบินฉีดพ่นน้ำยา ประมาณ 15 นาทีต่อแบตเตอรี่ 1 ก้อน ตามรูปที่ 2

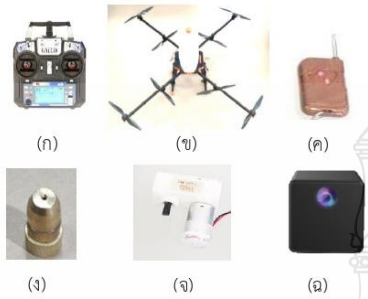
กล้อง IP Camera รุ่น V starcam C90S ทำหน้าที่ตรวจสอบเป้าหมายการเจาะทำลายของด้วงมะพร้าวและบันทึกภาพการฉีดพ่น เพื่อส่งสัญญาณภาพแบบ Real Time ไปที่ Smart Phone มีคุณลักษณะ ดังนี้ ขนาดกล้อง 126x98x45 มิลลิเมตร น้ำหนัก 128 กรัม ความละเอียดภาพ 1,080 Pixel มีแบตเตอรี่ และระบบ WIFI ในตัว ส่วนวิธีการทดสอบกล้อง IP Camera โดยการเตรียมแผ่นทดสอบ ที่มีลักษณะ เป็นแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่สีดำ ขนาด 12x12 นิ้ว แล้วติดด้วยแผ่นสี่เหลี่ยมขนาดเล็กสีเหลือง ขนาด 1x1 นิ้ว จำนวน 52 แผ่น จากนั้นทำการติดตั้งกล้อง เพื่อทดสอบการถ่ายภาพ ที่ความสูงต่างกัน 4 ระดับ คือ 1.0 m, 2.0 m และ 3.0 m และ 4 m แล้วทำการถ่ายภาพแผ่นทดสอบที่ระยะต่างๆ เพื่อทดสอบระยะการมองเห็น ตามรูปที่ 2

หัวฉีดพ่นน้ำยา Spray Nozzle เป็นชนิดทองเหลืองที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด เพื่อทำการทดสอบหารูปแบบละอองฉีดพ่นที่เหมาะสม หาอัตราการฉีดพ่น และหาระยะห่างจากเป้าหมายที่มีประสิทธิภาพสูงสุด วิธีการทดสอบโดยการปรับรูปแบบละอองสารฉีดพ่น 3 แบบคือ แบบละอองฝอย (Mist) ,แบบทรงกรวยตัน (Full Cone) และแบบพุ่งเป็นจุด (Solid Jet) ทดสอบโดยการเตรียมแผ่นทดสอบ มีลักษณะเป็นแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่สีดำ ขนาด 12x12 นิ้ว แล้วติดด้วยแผ่นสี่เหลี่ยมขนาดเล็กสีเหลือง ขนาด 1x1 นิ้ว จำนวน 52 แผ่น จากนั้นทำการติดตั้งหัวฉีด เพื่อทดสอบการฉีดพ่น ที่ความสูงต่างกัน 5 ระดับ คือ 1.0 m, 2.0 m, 3.0 m และ 4.0 m ในการทดลอง มีการควบคุมแรงดันน้ำยาที่ 1.0 bar เท่ากันทุกๆ หัวฉีด ตามรูปที่ 2

2.1 วิธีการการออกแบบและสร้างแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน ประกอบด้วย

ตัวโครง (Frame) ทำด้วยวัสดุอลูมิเนียมมีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด คือ เซือกสลิงและลูกรอก มอเตอร์ขับลูกรอก ปลอกสวม ท่อน้ำยา เดือยแบบสวมใน สลักยึดเซือกสลิง แขนพ่น กล้อง IP Camera และหัวฉีด ตามรูปที่ 3

ชุดแขนกลพ่นน้ำยา (Robot Arm) ทำด้วยวัสดุอลูมิเนียมมีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา สำหรับติดตั้งใช้งานร่วมกับโดรน ตามรูปที่ 3 (ก) หลักการทำงาน คือ ในขณะที่โดรนขึ้นบิน (Take Off) และโดรนลงจอด (Landing) ชุดแขนกลพ่นน้ำยาจะห้อยตัวอย่างอิสระ ตามรูปที่ 3 (ข) เพื่อให้สามารถพับได้ในแนวราบ ส่วนในขณะที่โดรนลอยตัวอยู่กับที่ (Hovering) และในขณะฉีดพ่นน้ำยา (Sprayer) ชุดแขนกลพ่นน้ำยาจะถูกล็อคแน่นเข้ากับปลอกสวม ตามรูปที่ 3 (ค) เพื่อความสะดวกในการควบคุมโดรนและช่วยเพิ่มความแม่นยำในการฉีดพ่นน้ำยา



รูปที่ 2 (ก) Remote Control A (ข) โดรนรุ่น #GCSอ (ค) Remote Control B (ง) หัวฉีดพ่นน้ำยา (จ) มอเตอร์เกียร์ (ฉ) กล้อง IP Camera

รูปที่ 3 (ก) แสดงรายละเอียดและส่วนประกอบ (ข) แสดงชุดแขนกลขณะปล่อยลง (ค) แสดงชุดแขนกลขณะดึงขึ้น

การคำนวณหาค่าแรงยกของมอเตอร์ ที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ ตามสมการ (1) ,(2) ,(3) และ (4)

$$W_{Total} = (W_{Frame} + W_{Device}) + Payload \quad (1)$$

โดย W_{Total} คือ น้ำหนักรวมทั้งหมด

W_{Frame} คือ น้ำหนักของโครงสร้างโดรน

W_{Device} คือ น้ำหนักของอุปกรณ์แขนกล

Payload คือ น้ำหนักบรรทุก น้ำยาสารฉีดพ่น

กำหนดให้ระบบต้นกำลังมีประสิทธิภาพในการสร้างแรงยก 80%

$$0.80T_{Use} = W_{Total} \quad (2)$$

โดย T_{Use} คือ ค่าแรงยกที่ใช้

จากค่าแรงยก T_{Use} ที่ได้เป็นค่าแรงยกทั้งหมดที่มอเตอร์สามารถยกได้ ซึ่งโดรนที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ เป็นชนิด 8 ใบพัด ดังนั้นแรงยกที่คำนวณได้ จะเป็นแรงยกของมอเตอร์ 8 ตัวรวมกัน จะต้องคำนวณแรงยกของมอเตอร์ต่อหนึ่งตัว

$$T_{Piece} = \frac{T_{Use}}{8} \quad (3)$$

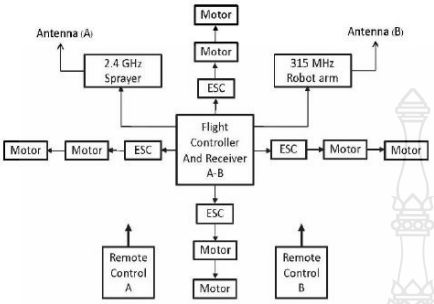
โดย T_{Piece} คือ ค่าแรงยกที่ใช้ต่อมอเตอร์หนึ่งตัว

แต่การนำไปใช้งานจริง ค่าแรงยกจะอยู่ในช่วง 40-70% ของแรงยกมอเตอร์แต่ละตัว ดังนั้นจึงกำหนดค่าแรงยกสูงสุดของมอเตอร์แต่ละตัวที่ใช้งานอยู่ที่ 70%

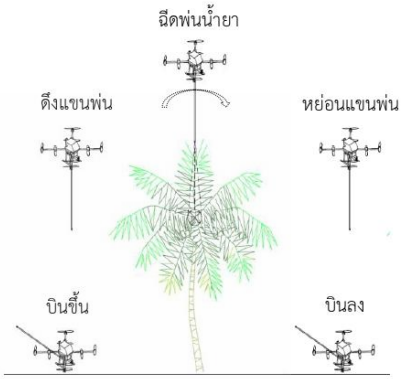
$$0.70T_{Max} = T_{Piece} \quad (4)$$

โดย T_{Max} คือ ค่าแรงยกสูงสุดต่อมอเตอร์หนึ่งตัว

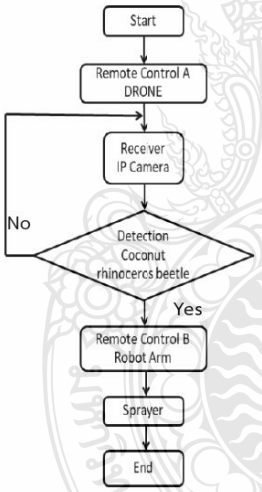
2.2 วิธีการออกแบบระบบควบคุมการทำงาน โดยแบ่งระบบควบคุมหลัก ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 Remote Control A ใช้สำหรับควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของโดรน และสั่งการการฉีดพ่นน้ำยา ส่วนที่ 2 Remote Control B ใช้สำหรับควบคุมแขนกลพ่นน้ำยา สำหรับปล่อยให้อ่อนตัว เพื่อความสะดวกในการขึ้นบินโดรน (Take Off) และการลงจอดโดรน (Landing) และสำหรับดึงขึ้นให้ยึดแน่น เพื่อทำการฉีดพ่นน้ำยา ตามรูปที่ 4 , 5 และ 6



รูปที่ 4 ไดอะแกรมแสดงรายละเอียดของอุปกรณ์



รูปที่ 6 แสดงรูปแบบหลักการทำงานของระบบ



รูปที่ 5 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ

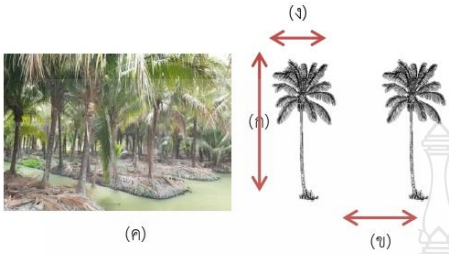
(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 7 (ก) แสดงการทดสอบกล้อง IP Camera (ข) แสดงการทดสอบหัวฉีดพ่นน้ำยา (ค) แสดงการทดสอบชุดแขนกลพ่นน้ำยา การเคลื่อนที่ ขึ้น-ลง (ง) แสดงการทดสอบน้ำหนักอุปกรณ์

2.3 การเตรียมแปลงทดสอบภาคสนาม เป็นสวนมะพร้าวน้ำหอม ตั้งอยู่ที่ ต.บึงบอน อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี พิกัดตำแหน่ง N14^{o}4'29.7984'' และ E100^{o}48'4.5648'' โดยทำการเก็บข้อมูลต้นมะพร้าว จำนวน 40 ต้น คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 1 ไร่ (40x40 ตารางเมตร) ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลแปลงปลูกมะพร้าวน้ำหอม

ความสูง (m)	ระยะห่างต้น (m)	ระยะห่างแถว (m)	รัศมีทรงพุ่ม (mmX
10.4	4.4	6.2	4.1



รูปที่ 8 (ก) ความสูง (ข) ระยะห่างต้น (ค) ระยะห่างแถว (ง) ความกว้างทรงพุ่ม

การทดสอบและประเมินผลภาคสนาม ทำการทดสอบชุดแขนกลพ่นน้ำยา แล้วนำผลทดสอบมาคำนวณ เพื่อหาค่าต่างๆ ดังนี้ อัตราการฉีดพ่นน้ำยา (L/min) ความสามารถในการทำงานของแขนกลพ่นน้ำยา (rai/hr) ตามสมการ (5) และ (6)

การคำนวณหา อัตราการฉีดพ่นน้ำยา (L/min)

$$\text{Rate of Sprayer} = \frac{\text{Flow Rate (L)}}{\text{Total time (min)}} \quad (5)$$

การคำนวณหา ความสามารถในการทำงานของระบบแขนกลพ่นน้ำยา (rai/hr)

$$\text{Actual working capacity} = \frac{\text{Working area (rai)}}{\text{Total time (hr)}} \quad (6)$$

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการออกแบบแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน ประกอบด้วยรายการวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ผลิต ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงรายการวัสดุและอุปกรณ์ ชุดแขนกลพ่นน้ำยา

Components	Material	Weight (g)
Main Frame	Aluminum	114
Sling / Pulley	Standard	145
DC Gear Motor 30 rpm	Standard	340
Flange	Superlene	124

ตารางที่ 2 แสดงรายการวัสดุและอุปกรณ์ ชุดแขนกลพ่นน้ำยา (ต่อ)

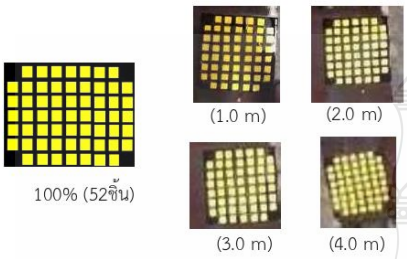
Components	Material	Weight (g)
Tube OD 4 mm	PE	180
Plug	Superlene	40
Stud Bolt	Standard	45
Pipe OD 5/8" L 2 m.	Aluminum	175
IP Camera	Standard	52
Spray Nozzle	Brass	120
Total		1,335

3.2 ผลทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ ของอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน โดยมีระยะความยาวสูงสุดของแขนพ่น 2.0 m ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมต่อการทำงาน ผลการทดสอบ พบว่าระยะยืด-หด ลวดสลิง 10 cm ใช้เวลาเคลื่อนที่น้อยที่สุด 5.77s แต่เนื่องจากระยะเวลาในการเคลื่อนที่ แตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ระยะยืด-หด ลวดสลิง 15.0 cm เพราะสามารถห้อยตัวได้ดีกว่า ในขณะโดรนลงจอด Landing

ตารางที่ 3 แสดงผลทดสอบการเคลื่อนที่ ขึ้น-ลง ของชุดแขนกลพ่นน้ำยา

ระยะยืด-หด ลวดสลิง (cm)	เวลาในการดึงขึ้น (s)	เวลาในการปล่อยลง (s)	ผลรวมเวลา (s)
10.0	3.25	2.52	5.77
15.0	5.66	4.29	9.95
20.0	7.54	5.12	12.66

รูปที่ 10 แสดงผลทดสอบกล้อง IP Camera เพื่อหาระยะการมองเห็นที่เหมาะสม สำหรับใช้ในงานวิจัยนี้ พบว่ากล้อง IP Camera สามารถประยุกต์ใช้งาน สำหรับ ถ่ายภาพและส่งข้อมูลผ่าน Smart Phone ที่ระดับความสูงห่างจากเป้าหมายตั้งแต่ 1.0m 2.0m 3.0m และ 4.0m สามารถบันทึกภาพแผ่นทดสอบ และประเมินผลอ่านค่า ได้ผลถูกต้อง 100 % ทุกระดับความสูง

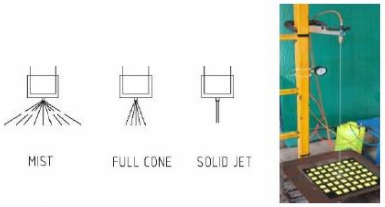


รูปที่ 9 แสดงผลทดสอบกล้อง IP Camera

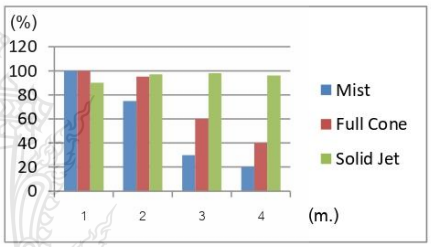
ผลทดสอบการกระจายตัวของน้ำยา โดยวิธีการปรับหัวฉีด 3 แบบ คือ แบบละอองฝอย Mist แบบทรงกรวยตัน Full Cone และแบบพุ่งเป็นจุด Solid Jet (ตามรูปที่ 10) และควบคุมความดันน้ำยา ที่ 2 bar เท่ากันทุกแบบ พบว่า การปรับหัวฉีดแบบพุ่งเป็นจุด Solid Jet มีอัตราการกระจายตัวของละอองน้ำยาดีที่สุด ที่ทุกๆ ระดับความสูง คือ 1.0 m ,2.0 m ,3.0 m และ 4.0 m โดยมีอัตราการกระจายตัวของละอองน้ำยาค่อนข้างคงที่ เท่ากับ 85% ,97% ,98% และ 96% ตามลำดับ ส่วนการปรับหัวฉีดพ่นน้ำยาแบบทรงกรวย Full Cone และแบบละอองฝอย Mist มีแนวโน้ม อัตราการกระจายตัวของละอองน้ำยาลดลง ตามระดับความสูงห่างจากเป้าหมายที่เพิ่มขึ้น ตามรูปที่ 11

รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอัตราการฉีดพ่นน้ำยาและความดัน ผลทดสอบโดยวิธีการเพิ่มความดันน้ำยา 3 ระดับ คือ 1 bar ,1.5 bar และ 2 bar พบว่า การปรับหัวฉีดแบบพุ่งเป็นจุด Solid Jet มีอัตราการไหลเพิ่มขึ้นสูงที่สุด คือ 1.4 L/min ,1.7 L/min และ 1.8 L/min ตามลำดับ ส่วนการปรับหัวฉีดพ่นน้ำยาแบบทรงกรวย Full Cone และแบบละอองฝอย Mist มีอัตราการไหล ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยที่ วิธีการปรับหัวฉีดแบบละอองฝอย Mist มีอัตราการไหลต่ำที่สุด

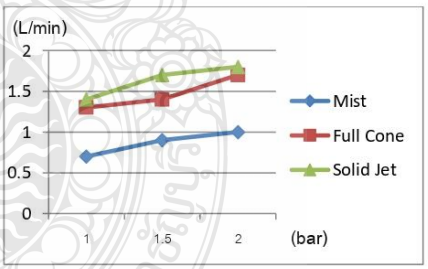
สรุปได้ว่า ในการพ่นน้ำยากำจัดด้วงมะพร้าว โดยเฉพาะบริเวณยอดมะพร้าว สามารถเลือกวิธีการปรับหัวฉีดน้ำยาได้ 2 แบบ คือ แบบทรงกรวย Full Cone โดยสามารถบังคับโดรนฉีดพ่นยา ให้มีระยะหัวฉีดห่างจากเป้าหมาย ได้ตั้งแต่ 1.0 m ถึง 2.0 m และการปรับหัวฉีดพ่นน้ำยาแบบพุ่งเป็นจุด Solid Jet โดยสามารถบังคับโดรนให้มีระยะหัวฉีดห่างจากเป้าหมาย ได้ตั้งแต่ 1.0 m ถึง 4.0 m



รูปที่ 10 แสดงรูปแบบการปรับหัวฉีด Spray Nozzle

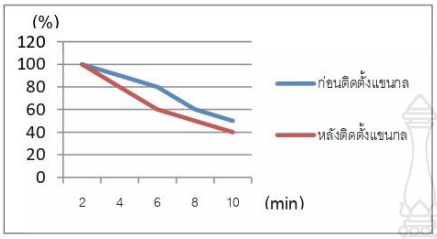


รูปที่ 11 แสดงผลทดสอบการกระจายตัวของน้ำยา



รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอัตราการฉีดพ่นน้ำยาและความดัน

ผลทดสอบการเคลื่อนที่ของโดรน พร้อมติดตั้งอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา พบว่า มีความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนที่เฉลี่ย 21 m/min โดยน้ำหนักของอุปกรณ์มีผลต่ออัตราการคายประจุของแบตเตอรี่ ซึ่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ระยะเวลาในการบินลดลง ตามรูปที่ 13



รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างก่อนและหลัง การติดตั้งชุดแขนกลพ่นน้ำยาแบบควบคุมระยะไกล

3.3 ผลการทดสอบภาคสนาม โดยการบรรจุน้ำยา ครั้งละ 0.5 ลิตร ทำการทดสอบฉีดพ่นน้ำยากำจัดด้วงมะพร้าว ในอัตรา 0.5 ลิตร/ต้น พบว่าการปรับหัวฉีดพ่นน้ำยาแบบพุ่งเป็นจุด Solid Jet สามารถฉีดพ่นน้ำยาได้อย่างแม่นยำ และใช้เวลาน้อยที่สุด 41.11 วินาที มีความสามารถในการทำงาน 2.2 rai/hr ตามตารางที่ 4 และรูปที่ 14

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบภาคสนาม

การปรับหัวฉีดพ่นน้ำยา	เวลาในการเคลื่อนที่ (s)	เวลาในการฉีดพ่นน้ำยา (s)	ค่าเฉลี่ย (rai/hr)
Full Cone	27.85	26.42	1.7
Jet	18.41	22.70	2.2

(ก) (ข)

รูปที่ 14 (ก) แสดงการทำงานของชุดแขนกลพ่นน้ำยา (ข) แสดงภาพจากกล้อง IP Camera ขณะทำการฉีดพ่นน้ำยา

4. สรุปผล

งานวิจัยนี้ ได้ทำการออกแบบและสร้างชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกล แบบติดตั้งกับโดรนสำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย โดยคำนึงถึง การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด และมีราคาถูกสามารถนำมาประกอบและใช้งานได้จริง สำหรับเกษตรกรชาวสวนมะพร้าว เพื่อใช้ฉีดพ่นน้ำยากำจัดด้วงมะพร้าว ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก คือ ตัวโครง ,ชุดแขนกลพ่นน้ำยา และระบบควบคุมระยะไกล โดยอุปกรณ์ทั้งหมดนี้ จะติดตั้งเข้ากับโดรนพ่นยาขนาด 5 ลิตร เริ่มต้นจากการควบคุมโดรน ไปยังต้นมะพร้าวที่มีการเจาะทำลายของตัวด้วง โดยสามารถตรวจดูได้แบบ Real Time ด้วยกล้อง IP Camera ที่แสดงผลผ่าน Smart Phone เมื่อพบรอยเจาะของตัวด้วงจะสามารถสั่งการฉีดพ่นน้ำยาโดยการควบคุมผ่าน Remote Control ที่ภาคพื้นได้แบบทันที

ผลการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า รูปแบบการปรับหัวฉีดพ่น Spray Nozzle ที่เหมาะสมสำหรับฉีดพ่นน้ำยาบริเวณยอดมะพร้าว ที่แรงดัน 2 bar มีด้วยกัน 2 แบบ คือ การฉีดแบบพุ่งเป็นจุด Solid Jet ให้ความแม่นยำสูง และการกระจายละอองน้ำยาได้ดี ที่ระยะห่างจากเป้าหมาย ตั้งแต่ 1.0 m ถึง 4.0 m และการฉีดพ่นน้ำยาแบบกรวยต้น Full Cone ให้ความแม่นยำสูง และการกระจายละอองน้ำยาได้ดี ที่ระยะห่างจากเป้าหมาย ตั้งแต่ 1.0 m ถึง 2.0 m

ผลการทดสอบสรรถนะการทำงานของชุดแขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรน โดยทำการทดสอบฉีดพ่นน้ำยากำจัดด้วงมะพร้าว ในอัตรา 0.5 ลิตร/ต้น พบว่าการปรับหัวฉีดพ่นน้ำยาแบบพุ่งเป็นจุด Solid Jet สามารถฉีดพ่นน้ำยาได้อย่างแม่นยำ และใช้เวลาน้อยที่สุด 41.11 วินาที มีความสามารถในการทำงาน 2.2 rai/hr

5.ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ เป็นประโยชน์กับเกษตรกรชาวสวนมะพร้าว และปาล์มน้ำมัน ที่เกิดปัญหาด้วงเจาะทำลาย ดังนั้นควรมีการทดสอบและเก็บข้อมูลภาคสนามเพิ่มเติมอย่างละเอียด เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด โดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และทิศทางลม เป็นต้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Grianggai Samseemoung และคณะ., 2017. Development of a Variable Rate Chemical Sprayer for Monitoring Disease and Pests Infestation in coconut Plantations, Rajamangala University of Technology Thanyaburi.

[2] วิชัย โอภานุกูล และคณะ., 2560. การวิจัยอากาศยานไร้คนขับ (Drone) สำหรับเกษตร, กรมวิชาการเกษตร.

[3] Saddam Hussain และคณะ., 2019. Spray Uniformity Testing Of Unmanned Aerial Spraying System For Precise Agro-Chemical Applications, University of Agriculture Faisalabad.

[4] พาโชค พิมพ์เลขา และ ณัฐดนัย ตันฑวิรุฬห์., 2560. การพัฒนาระบบควบคุมการฉีดพ่นโดยใช้บรัชเลสมอเตอร์สำหรับอากาศยานไร้คนขับ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

[5] Zhang Yanliang, Lian Qi, Zhang Wei., 2017. Design And Test Of a Six-Rotor Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Electrostatic Spraying System For Crop Protection, Heilongjiang Bayi Agricultural Universiyty.

[6] Alaa SUBr, Marek MILANOWSKI,Stanislaw PARAFINIUK, Jozef SAWA., 2017. Testing The Uniformity Of Spray Distribution Under Different Application Parameters, College of Agriculture, University of Baghdad.

[7] Vladimir Visacki, Aleksandar Sedlar, Rajko Bugarin, Jan Turan, Patrik Burg., 2017. Effect Of Pressure Of Nozzles transverse Distribution And Mathematical Model Development, Faculty of Agriculture, University of Novi Sad.

[8] RakeshChaware, RohitKarpe, PrithviPakhale, Prof.SmitaDesai., 2560. Detecton and Recognition Of Leaf Disease Using Image Processing, SavitribaiPhule University.

[9] เกรียงไกร แซมสีม่วง, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์, อภิรัฐ ปิ่นทอง., 2559. การพัฒนาระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้ควบคุมระยะไกลร่วมกับเทคนิคประมวลผลภาพเพื่อควบคุมการให้สารเคมีแบบแม่นยำสำหรับโรงเรือนมาตรฐาน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[10] Suseong Kim, Seungwon Choi, H. Jin Kim., 2017. Aerial manipulation Using a Quadroto with a Two DOF Robotic Arm.

[11] เกรียงไกร แซมสีม่วง, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์. 2557b. การพัฒนาระบบถ่ายภาพทางอากาศระยะไกลแบบติดตั้งบนเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุสำหรับการเฝ้าระวังการระบาดของโรคพืชในพื้นที่ปลูกพืชมันสำ ปะหลัง. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 20(1), 1-9.

[12] เกรียงไกร แซมสีม่วง, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์. 2557a. การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักคะน้าประสิทธิภาพสูงสำหรับการเพาะกล้า. วารสารวิชาการเกษตร 32(2), 178-187.

[13] กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. เอกสารวิชาการกล้วยไม้ ปี 2550. แหล่งข้อมูล: http://www.library.moac.go.th. เข้าถึงเมื่อ 12 เมษายน 2563.

[14] Samseemoung, G., Hemantha P. W.Jayasuriya and Peeyush Soni. 2011. Oil palm pest infestation monitoring and evaluation by helicopter-mounted low altitude remote sensing platform, Journal of Applied Remote Sensing 5(1), 053540.

[15] Guangyu Zhang, Yuqing He, Bo Dai, Feng Gu, Liying Yang, Jianda han and Guangjun Liu., 2019. Aerial Grasping of an Object in the Strong Wind: Robust Control of an Aerial Manipulator. University of Chinese Academy of sciences, Beijing 100049, China.

[16] ชามา พานแก้ว, เบญจคุณ แสงทองพราว และพนัญญา พบสุข., 2561. การจัดการแมลงศัตรูปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคตะวันออกโดยวิธีการควบคุมแบบผสมผสาน (ต่อเนื่องปีที่ 2), กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

[17] กรมวิชาการเกษตร 2553. ข้อมูลวิธีป้องกันและจัดการกับด้วงมะพร้าว ปี 2553. แหล่งข้อมูล: http://at.doa.go.th/coconut/beetle.html. เข้าถึงเมื่อ 12 เมษายน 2563.

สยามรัฐ
Siam Rath
Circulation: 900,000
Ad Rate: 1,050

Section: First Section/-
วันที่: อังคาร 8 กันยายน 2563
ปีที่: 71 **ฉบับที่:** 24370 **หน้า:** 1(ซ้าย), 9
Col.Inch: 76 **Ad Value:** 79,800 **PRValue (x3):** 239,400 **คลิป:** สีสี
คอลัมน์: ด้วยสมองและสองมือ: นักวิจัย 'มทร.ธัญบุรี' พัฒนาโดรนฉีดพ่นยอดมะพร้าว กำจัดศัตรู...

นักวิจัย ►9
'มทร.ธัญบุรี'
พัฒนาโดรน
ฉีดพ่นยอด
มะพร้าว กำจัด
ศัตรูพืช-ด้วง

นักวิจัย 'มทร.ธัญบุรี' พัฒนาโดรน ฉีดพ่นยอดมะพร้าว กำจัดศัตรูพืช-ด้วง

ด้วยสมอง และสองมือ

2 นักวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ธัญบุรี ออกแบบและสร้างแขนกลแบบควบคุมระยะไกลติดตั้งใช้งานร่วมกับโดรน เพื่อฉีดพ่นยอดมะพร้าว กำจัดแมลงศัตรูพืช

รศ.ดร.เกรียงไกร แชมสีม่วง อาจารย์ที่ปรึกษา และนายวีรยุทธ พรหมจันทร์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (มทร.ธัญบุรี) เจ้าของไอเดีย ผลงานวิจัยที่ออกแบบและสร้างชุดแขนกลพ่นน้ำยาที่สามารถยืดและหดได้แบบควบคุมระยะไกลติดตั้งใช้งานร่วมกับโดรน สำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการออกแบบคือ สามารถฉีดพ่นน้ำยากำจัดด้วงมะพร้าวโดยหัวฉีดเข้าใกล้เป้าหมายด้วยการยืดของแขนกล ใช้งานง่ายมีระบบทำงานที่ไม่ซับซ้อน ทดแทนการใช้แรงงานคนฉีดพ่น มีความปลอดภัย และเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับเกษตรกรที่มีโดรนพ่นยาใช้งานอยู่แล้ว หรือผู้ประกอบการรับจ้างฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชด้วยโดรน

แมลงศัตรูมะพร้าวที่สำคัญ มีอยู่ 2 จำพวก คือ แมลงเพลี้ยและหนอนหัวดำมะพร้าว โดยจะเข้าทำลายบริเวณส่วนทางใบของมะพร้าว หากเกิดการระบาดจะส่งผลให้ทางใบมะพร้าวเกิดความเสียหาย และหากปล่อยไว้นานจะเกิดการระบาดอย่างรุนแรงจนทำให้ต้นมะพร้าวมีลักษณะใบแห้งเหี่ยวหรือที่ชาวบ้านเรียกว่าอาการมะพร้าวหัวหงอก วิธีกำจัดทำได้โดยฉีดพ่นสารกำจัดแมลงบริเวณส่วนใบที่เกิดการระบาด และการตัดใบทิ้งแล้วเผาทำลาย ส่วนอีกจำพวกคือ ด้วงแรด และด้วงงวงมะพร้าว ซึ่งจะเข้าทำลายบริเวณยอดอ่อนของต้นมะพร้าว หากเกิดการแพร่ระบาดจะส่งผลให้มะพร้าวมีลักษณะใบแหว่งเป็นรูปพัด และหาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ที่อยู่ : 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก(คลองหก) อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

ไทยรัฐ กรองข่าว
Thai Rath (Mid-Day)
Circulation: 800,000
Ad Rate: 2,200

Section: First Section/วิทยาการ-เกษตร
วันที่: อังคาร 29 กันยายน 2563
ปีที่: 71 **ฉบับที่:** 22897 **หน้า:** 7(ล่าง)
Col.Inch: 45.99 **Ad Value:** 101,178 **PRValue (x3):** 303,534 **คลิป:** สีสี
หัวข้อข่าว: พัฒนาโดรนร่วมแขนกลฉีดพ่นกำจัดศัตรูมะพร้าว 2 จำพวก

พัฒนาโดรนร่วมแขนกลฉีดพ่น กำจัดศัตรูมะพร้าว 2 จำพวก

มะพร้าวมีแมลงศัตรูที่สำคัญอยู่ 2 จำพวก...พวกแรก แมลงเพลี้ยและหนอนหัวดำมะพร้าว ทำให้มะพร้าวใบแห้งเหี่ยว หรือชาวบ้านเรียกว่ามะพร้าวหัวหงอก อีกจำพวกด้วงแรดและด้วงงวงมะพร้าว ทำลายยอดอ่อนส่งผลให้ใบแหว่งเป็นรูปพัด มะพร้าวจะยืนต้นตายได้ กลายเป็นมะพร้าวยอดด้วน

วิธีกำจัดจะต้องฉีดพ่นสารที่ส่วนยอดมีความยากลำบากมาก เพราะความสูงของต้นมะพร้าว และเป้าหมายมีขนาดเล็ก

นายวีรยุทธ พรหมจันทร์ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (มทร.ธัญบุรี) และ **รศ.ดร.เกรียงไกร แซมสีม่วง** อาจารย์ที่ปรึกษา ได้ออกแบบและสร้างชุดแขนกลพ่นน้ำยาที่สามารถยืดและหดได้แบบควบคุมระยะไกลติดตั้งใช้งานร่วมกับโดรน

เครื่องมือประกอบไปด้วยอุปกรณ์ออกเป็น 3 ส่วน...ส่วนแรกแขนกลพ่นน้ำยา ส่วนที่สองระบบควบคุมการทำงาน การทดสอบผลในห้องปฏิบัติการ และส่วนสุดท้ายมีการทดสอบภาคสนาม

"อุปกรณ์หลักที่ใช้ ประกอบด้วย โดรนพ่นยา 8 ใบพัด ระดับเพดานบินสูงสุด 30 เมตร และสามารถบรรทุกน้ำยาได้สูงสุด 5 ลิตรต่อครั้ง มีกล้อง IP Camera ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบเป้าหมายการเจาะทำลายของด้วงมะพร้าว และบันทึกภาพการฉีดพ่น เพื่อส่งสัญญาณภาพแบบเรียลไทม์ไปยังสมาร์ทโฟน หัวฉีดพ่นน้ำยา Spray Nozzle ชนิดทองเหลือง หลักการทำงาน ขณะที่โดรนขึ้นบิน และลงจอด ชุดแขนกลพ่นน้ำยาจะห้อยตัวอย่างอิสระ สามารถพับได้ในแนวราบ ส่วนในขณะที่โดรนลอยตัวอยู่กับที่ และในขณะฉีดพ่นน้ำยา ชุดแขนกลพ่นน้ำยาจะถูกล็อกแน่นเข้ากับปลอกสวม เพื่อสะดวกในการควบคุมโดรน และเพิ่มความแม่นยำในการฉีดพ่นน้ำยา รวมถึงตึงขึ้นให้ปัดแน่น เพื่อทำการฉีดพ่นน้ำยา"

รศ.ดร.เกรียงไกร อธิบายชุดแขนกลพ่นน้ำยาใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด และมีราคาถูก สามารถนำมาประกอบและใช้งานได้ง่าย เหมาะกับเกษตรกรชาวสวนมะพร้าว ถือเป็นอีกหนึ่งด้านเทคโนโลยีที่มาช่วยเกษตรกร ไม่ต้องสูญเสียรายได้จากผลผลิตมะพร้าวที่ลดลง หรือตายลงไปแล้วต้องใช้ระยะเวลาปลูกใหม่อีกหลายปีกว่าจะได้ผลผลิต สนใจติดต่อได้ที่ 08-9641-7532.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ที่อยู่ : 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก(คลองหก) อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

เดลินิวส์
Daily News
Circulation: 500,000
Ad Rate: 2,100

Section: First Section/เกษตร
วันที่: พฤหัสบดี 1 ตุลาคม 2563
ปีที่: - **ฉบับที่:** 25921 **หน้า:** 8(กลาง)
Col.Inch: 71.75 **Ad Value:** 150,675 **PRValue (x3):** 452,025 **คลิป:** สี่สี
หัวข้อข่าว: พัฒนาโดรน'ฉีดพ่นยอดมะพร้าว'กำจัดด้วง

พัฒนาโดรน'ฉีดพ่นยอดมะพร้าว'กำจัดด้วง

รศ.ดร.เกรียงไกร แซมสีม่วง อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (มทร.ธัญบุรี) เปิดเผยว่า แมลงศัตรูมะพร้าวที่สำคัญนั้น มีอยู่ 2 จำพวก คือ แมลงเพลี้ยและหนอนหัวดำมะพร้าว และด้วงแรดและด้วงงวง วิธีการกำจัดสามารถทำได้โดยการฉีดพ่นสารกำจัดแมลงบริเวณส่วนยอดที่เกิดการเจาะเข้าทำลายของตัวด้วง ซึ่งการฉีดพ่นบริเวณรอยเจาะของตัวด้วงมีความยากลำบากมาก เนื่องจากความสูงของต้นมะพร้าว และเป้าหมายฉีดพ่นมีขนาดเล็ก ไม่สามารถมองเห็นการทำงานได้ในขณะฉีดพ่น ส่งผลให้การพ่นสารกำจัดแมลงมีประสิทธิภาพต่ำลง สิ้นเปลืองสารฉีดพ่น และการเข้าถึงเป้าหมายของหัวฉีดพ่นทำได้ยาก จากปัญหาดังกล่าว นายวีรยุทธ พรหมจันทร์ นักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร จึงได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยาควบคุมระยะไกลแบบติดตั้งกับโดรนสำหรับฉีดพ่นยอดมะพร้าวที่เกิดด้วงเจาะทำลาย

ผลงานวิจัยดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือการออกแบบและสร้างแขนกลพ่นน้ำยา การออกแบบระบบควบคุมการทำงาน การทดสอบผลในห้องปฏิบัติการ และการทดสอบภาคสนาม โดยอุปกรณ์หลักที่ใช้สำหรับงานวิจัย ประกอบด้วย โดรนพ่นยา ใช้โดรนเกษตรสำหรับติดตั้งอุปกรณ์แขนกลพ่นน้ำยา ซึ่งเป็นโดรนชนิด 8 ใบพัด ระดับเพดานบินสูงสุด 30 เมตร และสามารถบรรทุกน้ำยาได้สูงสุด 5 ลิตรต่อครั้ง กล้อง IP Camera ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบเป้าหมายการเจาะทำลายของด้วงมะพร้าวและบันทึกภาพการฉีดพ่น เพื่อส่งสัญญาณภาพแบบเรียลไทม์ไปยังสมาร์ทโฟน หัวฉีดพ่นน้ำยา Spray Nozzle

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ที่อยู่ : 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก(คลองหก) อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายวีรยุทธ พรหมจันทร์
วัน เดือน	3 ธันวาคม 2524
ที่อยู่	38/434 ตำบลคลองสาม อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประวัติการทำงาน	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ตำแหน่ง นักวิจัย ตั้งแต่ พ.ศ. 2552 ถึงปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	09-3848-5383
อีเมล	weerayuth_p@mail.rmutt.ac.th