รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** : การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตอ้อยสู่การพัฒนาเกษตรสมัยใหม่

2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นแบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติสำหรับอ้อย

   กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาเครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นแบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติสำหรับอ้อย

   กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : วิจัยและพัฒนาเครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นแบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติสำหรับอ้อย

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Research and Development of a Boom Sprayer with Variable Rate Application for Sugarcane

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง	: นางสาวขนิษฐ์ หว่านณรงค์	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
ผู้ร่วมงาน	: นายอัคคพล เสนาณรงค์	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	: นายสราวุฒิ ปานทน	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	: นายธนพงค์ แสนจุ้ม	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	: นายอุทัย ธานี	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	: นายอาธร พรบุญ	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

กรมวิชาการเกษตร

5. บทคัดย่อ

เพื่อพัฒนาระบบการฉีดพ่นของเครื่องพ่นสารฯ ให้สามารถปรับอัตราพ่นได้ตามความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ โดยใช้โซลินอยด์วาล์วติดตั้งเข้ากับหัวฉีดแบบดั้งเดิม และเขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุมสมองกลให้ควบคุมระยะเวลา เปิด-ปิด โซลินอยด์วาล์วอัตโนมัติ โดยหัวฉีดที่พัฒนาสามารถเปิด-ปิด ได้เร็ว 5 ครั้งต่อวินาที สามารถปรับอัตราอัตราพ่นได้กว้าง 20-100% ที่ความดันคงที่ 0.1 MPa โดยที่ไม่ทำให้ขนาดละอองและการกระจายตัวเปลี่ยน เมื่อเทียบกับการใช้หัวฉีดดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการทดสอบในแปลงอ้อย พบว่ามีความสามารถการทำงาน 14.28 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วรถแทรกเตอร์ 1.12 เมตร/วินาทีประสิทธิภาพการทำงาน 87.19% ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.21 ลิตร/ไร่ มีอัตราการพ่นเฉลี่ย 660.99 ลิตร/ชม. หรือ 46.23 ลิตร/ไร่ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การใช้สารที่ลดลงจากหัวฉีดดั้งเดิมเฉลี่ย 12.8% ความหนาแน่นของละอองสารฯบนต้นอ้อยเฉลี่ย 245.97 ละออง/ตร.ซม. ซึ่งเพียงพอต่อ การป้องกันกำจัดแมลงคือมากกว่า 30 ละออง/ตร.ซม

Abstract

A boom sprayer with tractor's speed-based variable rate application for sugarcane was developed. The control system consisted of spray nozzles coupled with solenoid valves, regulated using pulse-width modulation at 5 Hz and duty cycles of 20 to 100% to control the flow rate at constant pressure of 0.1 MPa. The controller could vary the nozzle flow without a significant change in droplet size distribution and the spray pattern at 95% confidence level. Testing was conducted in sugarcane field. Testing results found that average field capacity was 14.28 rai/h, at average travelling speed of tractor 1.12 m/s, average field efficiency was 87.19% and average fuel consumption was 0.21 lit/rai. Flow rate obtained with modulation was 660.99 l/h or 46.23 l/rai. The reduction of application was 12.8% lower than that of the original nozzle. Droplets penetration test on sugarcane leaves showed that the average droplet density was 245.97 aerosol /cm^2. It was sufficient for protection insecticides which is more than 30 aerosol / cm^2.

กรมวิชาการเกษตร

6. คำนำ

ในปีการผลิต 2558/59 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยประมาณ 11.01 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากปีก่อน 481,912 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 4.58 เนื่องจากนโยบายบริหารพื้นที่เกษตรกรรมของพืช (Zoning) ของรัฐบาล ที่ผลักดันให้เปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวที่อยู่ในพื้นที่ไม่เหมาะสม ไปสู่การปลูกอ้อยโรงงาน มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปริมาณผลผลิตอ้อยทั้งประเทศประมาณ 100.78 ล้านตัน แต่ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยอยู่ที่ 9.15 ตันต่อไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย , 2560) ซึ่งจัดอยู่ในขั้นต่ำมากเมื่อเทียบกับประเทศอื่นที่มีการผลิตอ้อยเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ปัญหาผลผลิตอ้อยตกต่ำเกิดมาจากหลายสาเหตุ อาทิ ความเสื่อมโทรมของดินอันเนื่องจากขาดการบำรุงดินอย่างถูกวิธี พันธุ์อ้อยที่ยังไม่เหมาะสมกับพื้นที่อย่างแท้จริง ปัญหาการระบาดของโรคและแมลงศัตรูอ้อย ขาดระบบและรูปแบบการเขตกรรมที่ถูกต้องและเหมาะสม

การระบาดของโรคและแมลงศัตรูอ้อย เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตอ้อยในประเทศไทยตกต่ำ จากอดีตที่ผ่านมา พบว่าประเทศไทยต้องประสบปัญหาการระบาดของโรคและแมลงศัตรูอ้อยเป็นช่วงๆ ซึ่งแต่ละช่วงเวลาก็สร้างความเสียหายให้แก่อุตสาหกรรมอ้อยของประเทศไม่น้อย (ธวัช, 2560) เกษตรกรส่วนใหญ่จึงจำเป็นต้องหันมาใช้สารเคมีเพิ่มมากขึ้น รวมถึงใช้สารกำจัดวัชพืชเนื่องจากให้ผลในการควบคุมได้ดีและนาน คำแนะนำการใช้สารเพื่อป้องกันหรือกำจัดโรค แมลง และวัชพืช ของกรมวิชาการเกษตร ส่วนใหญ่จะแนะนำเป็นปริมาณสารต่อน้ำ 20 ลิตร โดยถ้าใช้เครื่องพ่นแบบสูบโยกสะพายหลังจะแนะนำให้เดิน 1-2 ก้าวต่อวินาที ทั้งนี้เพราะความเร็วในการเดินมีผลต่ออัตราการฉีดพ่น (กรมวิชาการเกษตร, 2560) เครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่น หรือ Boom Sprayer เหมาะสำหรับการทำงานในไร่อ้อย เนื่องจากพ่นได้ในระดับต่ำตรงแถวของอ้อยและทำงานได้เร็ว ส่วนประกอบที่สำคัญคือ แขนพ่นสารที่มีหัวฉีดเรียงเป็นแถว ปั๊มแรงดันสูง และระบบกรอง ถังบรรจุน้ำยามีขนาด 200 - 400 ลิตร แต่การใช้เครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นต้องทำการสอบเทียบเพื่อให้ได้อัตราฉีดพ่นและขนาดละอองตามที่ต้องการ โดยต้องกำหนดความเร็วรถแทรกเตอร์รถคงที่ เพราะการลดความเร็วในการเคลื่อนที่ลงครึ่งหนึ่ง อัตราการพ่นสารก็อาจจะสูงขึ้นถึง 2 เท่า

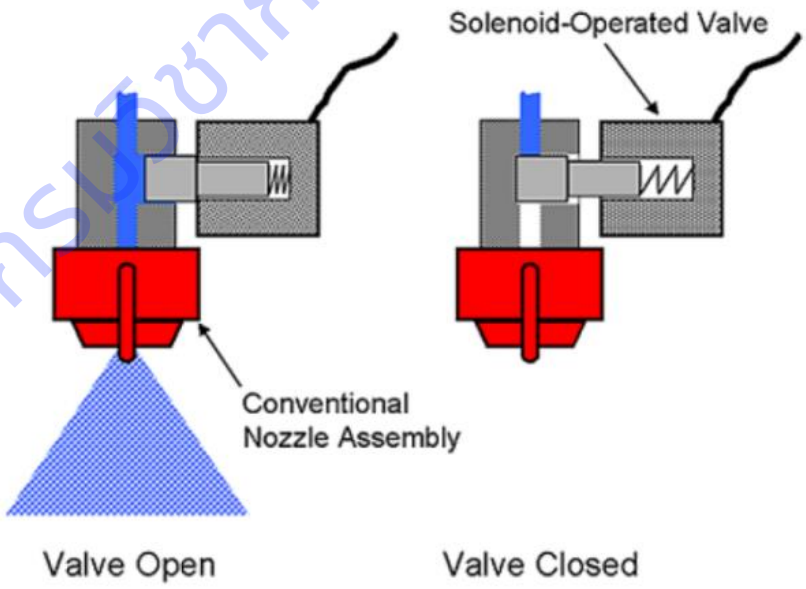
การปรับอัตราฉีดพ่นสารในปัจจุบันทำได้ในหลายรูปแบบ เช่น การเปลี่ยนความเร็วรถด้วยเกียร์โดยความดันคงที่ จะทำให้อัตราพ่นเปลี่ยน 10-25% เนื่องจากการใช้เกียร์สูงมีผลต่อการทรงตัวของรถ เช่นรถที่ติดแขนพ่น การเพิ่มหรือลดแรงดันซึ่งจะเพิ่มหรือลดได้ไม่เกิน 10% เพราะมีผลต่อขนาดละอองและการกระจายตัวละออง การเปลี่ยนหัวฉีดจะเปลี่ยนค่าอัตราพ่นได้มากกว่า 25% แต่จะเสียเวลาในการเปลี่ยนทีละหัว การเปลี่ยนอัตราส่วน ผสมของสารเคมีที่ใส่ในแทงค์ เพื่อคงอัตราการพ่นที่ต้องการเป็นวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน ในต่างประเทศมีระบบหัวฉีดที่ปรับอัตราฉีดพ่นได้ (Modulated Spraying Nozzle Control, MSNC) เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ปรับอัตราพ่นได้กว้างที่ความดันคงที่ โดยไม่ทำให้ขนาดละอองและการกระจายตัวเปลี่ยน ใช้ High-speed valve เป็นตัวควบคุมระยะเวลาการเปิด-ปิดของ

กรมวิชาการเกษตร

หัวฉีด สามารถเปิด-ปิดวาล์วได้ 10 ครั้ง/วินาที โดยรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ (Daniel et.al., 2016) รูปที่ 1 แสดงหัวฉีดแบบดั้งเดิมที่ติดตั้ง MSNC

คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นสำหรับอ้อย แบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติ ตามอัตราที่ต้องการและสอดคล้องกับความเร็วรถแทรกเตอร์ขณะทำงาน โดยกำหนดความแม่นยำของอัตราพ่นด้วยระบบควบคุมและประมวลผลโดยใช้โปรแกรมสมองกลแบบฝังตัว การปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติทำให้การเพิ่มความเร็วช่วงที่รถแทรกเตอร์ออกตัว หรือการลดความเร็วเพื่อกลับรถหัวแปลง ไม่มีผลกระทบต่ออัตราพ่น กล่าวคือเครื่องพ่นยังสามารถพ่นในอัตราที่ถูกต้องแม่นยำแม้ว่าความเร็วรถแทรกเตอร์จะเปลี่ยนไป อีกทั้งชุดควบคุมดังกล่าวสามารถปรับใช้กับเครื่องพ่นแบบอื่นที่ต้องการความแม่นยำได้ จะเห็นว่าการปรับอัตราฉีดพ่นสารเป็นหัวใจสำคัญของการใช้เครื่องพ่นสาร เพราะหมายถึงทำให้เกิดการใช้สารได้อย่างเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ลดต้นทุน และลดการสูญเสียทรัพยากรได้ ซึ่งสอดคล้องกับโมเดลเศรษฐกิจใหม่ของนายกรัฐมนตรี “ประเทศไทย 4.0” ที่ต้องการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจ ไปสู่ “เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม” โดยเปลี่ยนจากการเกษตรแบบดั้งเดิม (Traditional Farming) ในปัจจุบัน ไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ ที่เน้นการบริหารจัดการและเทคโนโลยี (Smart Farming)

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 1 หัวฉีดแบบดั้งเดิมที่ติดตั้ง MSNC

ที่มา: Daniel et al., 2016

7. วิธีดำเนินการ

7.1 ตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง และสำรวจข้อมูลการฉีดพ่นสารฯ สำหรับอ้อย เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางการออกแบบเครื่องต้นแบบ

7.2 พัฒนาเครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 6 เมตร โดยเน้นพัฒนาส่วนหัวฉีดให้สามารถปรับอัตราพ่นได้ โดยใช้เทคโนโลยี Modulated Spraying Nozzle Control, MSNC ซึ่งจะปรับอัตราพ่นได้กว้างด้วยการควบคุมระยะเวลาการเปิด-ปิดของหัวฉีด โดยความดันคงที่ จึงไม่ทำให้ขนาดละอองและการกระจายตัวเปลี่ยน โดยประกอบหัวฉีดแบบดั้งเดิมเข้ากับโซลินอยด์วาล์ว และทดสอบการทำงานเบื้องต้นของหัวฉีด

7.3 พัฒนาโปรแกรมควบคุมและประมวลผลส่วนหัวฉีด MSNC โดยใช้โปรแกรม Matlab Simulink เขียนลงในบอร์ดสมองกลฝังตัว Arduino mega 2560

7.3.1 พัฒนาโปรแกรมส่วนควบคุมหัวฉีด MSNC ให้ปรับอัตราพ่นได้ โดยเขียนโปรแกรมควบคุมระยะเวลาการเปิด-ปิดของโซลินอยด์วาล์ว ทั้งนี้อุปกรณ์ต้องสามารถตอบสนองกับคำสั่งของโปรแกรมได้ และทดสอบหาอัตราพ่นของหัวฉีดที่ความดันใช้งาน

7.3.2 พัฒนาโปรแกรมคำนวณอัตราการฉีดพ่นให้สัมพันธ์กับความเร็วรถแทรกเตอร์ โดยวัดความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ด้วยอุปกรณ์วัดรอบ (proximity switch) ที่ติดกับล้อขับ (ground wheel) บอร์ดสมองกลฝังตัว Arduino mega 2560 จะรับสัญญาณพัลส์จาก ground wheel เพื่อคำนวณความเร็วของรถแทรกเตอร์ และส่งคำสั่งไปควบคุมให้โซลินอยด์วาล์วที่หัวฉีดให้เปิด-ปิด ให้ได้อัตราพ่นสอดคล้องกับความเร็วการเคลื่อนที่

7.4 ทดสอบหัวฉีดและชุดควบคุมในห้องปฏิบัติการ

7.4.1 การทดสอบหาความสม่ำเสมอของละอองสารฯ (Droplets distribution uniformity) โดยใช้สารละลายสี Kingkol tartrazine เข้มข้น 1% เป็น ตัวแทนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช พ่นสารละลายลงบนกระดาษ chromolux ขนาด 25x75 cm รองรับละอองที่พ่น พอแห้งจึงเอามาสแกนและวิเคราะห์ภาพถ่ายวัดขนาดละออง และการ กระจายตัวของละอองด้วยโปรแกรม Depositscan เพื่อหาขนาดละออง Volume median diameter (VMD) การกระจายตัวของหยดน้ำ (Relative Span) การกระจายตัวของละอองต่อพื้นที่

7.4.2 การทดสอบการกระจายตัวของการฉีดพ่น (Spray Distribution) โดยติดตั้งหัวฉีดที่พัฒนาจำนวน 3 หัว เหนือสันร่องของอุปกรณ์วัดการกระจายของการฉีดพ่น (Patternator) 50 เซนติเมตร ระยะห่างของหัวฉีดตามที่โรงงานตั้ง 52 เซนติเมตร วัดปริมาตรของน้ำที่ตวงได้ในแต่ละหลอด

7.5 ทดสอบความสามารถการทำงานจริงในแปลงอ้อยของเกษตรกร ดังนี้

7.5.1 ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ โดยหาค่าความสามารถการทำงานจริงในสนามต่อความสามารถการทำงานทางทฤษฎี ทดสอบหาความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

7.5.2 ทดสอบอัตราการพ่นจริงของหัวฉีด MSNC ที่พัฒนนาเปรียบเทียบกับหัวฉีดแบบดั้งเดิม

กรมวิชาการเกษตร

7.5.3 การทดสอบวัดความหนาแน่นของละอองสารฯบนต้นอ้อย

7.6 วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบ วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และสรุปผลการวิจัย เพื่อให้ได้ข้อมูลการทำงาน ข้อจำกัดในการทำงานของเครื่องต้นแบบ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ระยะเวลา 2 ปี เริ่มต้น ตุลาคม 2561 สิ้นสุด 30 กันยายน 2563

สถานที่ทำการทดลอง สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 การพัฒนาหัวฉีด MSNC (Modulated Spraying Nozzle Control)

ในการวิจัยได้เลือกเครื่องพ่นอเนกประสงค์ ของ บ. สยามคูโบต้า จำกัด รุ่น BSM300 (รูปที่ 2) ที่ใช้ กับรถแทรกเตอร์ขนาด 30-47 แรงม้า มีขนาดถังบรรจุน้ำยาขนาด 300 ลิตร ความกว้างของแขนฉีดพ่น 6.6 เมตร มีหัวฉีดจำนวน 15 หัว แรงดันสำหรับทำงาน 2-20 บาร์ มาพัฒนาในส่วนของหัวฉีดให้สามารถปรับอัตราพ่นได้ โดยใช้เทคโนโลยี Modulated Spraying Nozzle Control, MSNC เช่นเดียวกับใน ต่างประเทศ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ปรับอัตราพ่นได้กว้างที่ความดันคงที่ โดยไม่ทำให้ขนาดละอองและการ กระจายตัวเปลี่ยน ใช้ High-speed valve เป็นตัวควบคุมระยะเวลาการเปิด-ปิดของหัวฉีด

รูปที่ 2 เครื่องพ่นอเนกประสงค์ ของ บ. สยามคูโบต้า จำกัด รุ่น BSM300

ได้พัฒนาหัวฉีดแบบปรับอัตราพ่นได้ โดยติดตั้งโซลินอยด์วาล์วเข้ากับหัวฉีดแบบดั้งเดิม เลือกโซลินอยด์วาล์วยี่ห้อ AIRTAC รุ่น 2W-050-10 (รูปที่ 3) เป็นโซลินอยด์วาล์ว ระบบเปิดปิดโดยตรง (Direct Acting) 2/2 ทาง มีทางเข้าหนึ่งทาง และทางออกหนึ่งทางมีทุ่น (plunger) ซึ่งมีซีลอยู่ปลายด้านล่างทำ

หน้าที่เปิดและปิดรูทางผ่าน (orifice) ของของไหลเมื่อจ่ายไฟฟ้าเข้า หรือตัดไฟฟ้าออกจากคอยล์มีขนาดรูทางผ่าน (orifice) 5 มม.

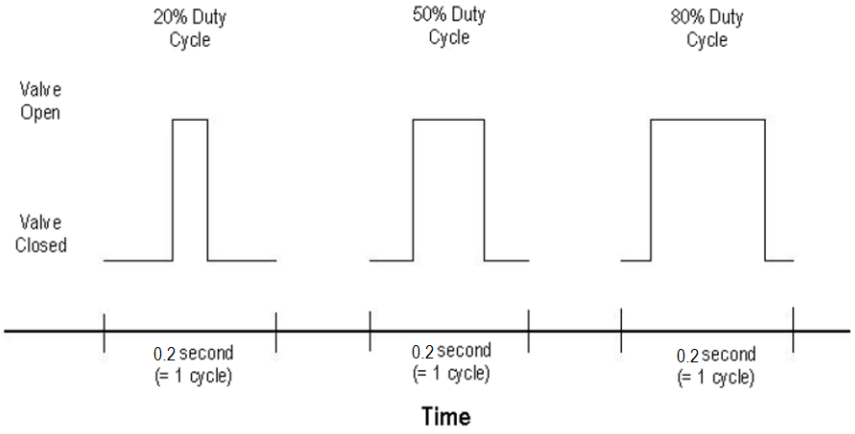
รูปที่ 3 หัวฉีดแบบดั้งเดิม ติดตั้งกับโซลินอยด์วาล์ว

8.2 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมและประมวลผลส่วนหัวฉีด MSNC

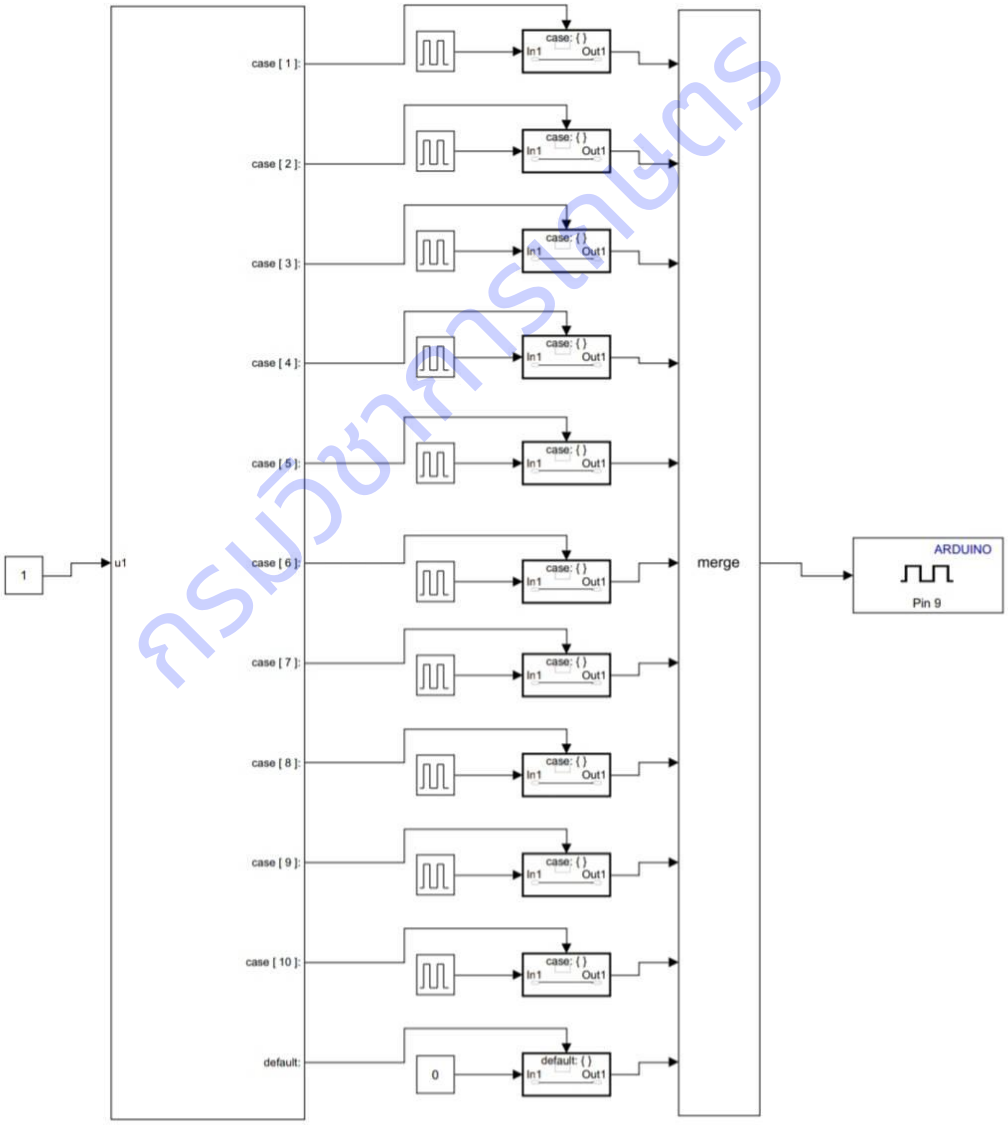
8.2.1 การเขียนโปรแกรมส่วนควบคุมหัวฉีด

ใช้โปรแกรม Matlab Simulink เขียนโปรแกรมควบคุมลงบอร์ด Arduino mega 2560 ให้ส่งคำสั่งไปเปิด-ปิด โซลินอยด์วาล์ว ผ่าน solid state relay เพื่อ เปิด-ปิด น้ำที่จะไหลผ่านไปยังหัวฉีด จากการทดสอบโปรแกรมควบคุมโซลินอยด์วาล์ว พบว่าโซลินอยด์วาล์วที่เลือกใช้สามารถเปิด-ปิด น้ำที่จะเข้าสู่หัวฉีดได้เร็ว 5 ครั้งต่อ วินาที หรือ 0.2 วินาทีต่อ 1 cycle (รูปที่ 4) สามารถปรับ duty cycle (ระยะเวลาที่โซลินอยด์เปิดต่อระยะเวลาทั้งหมดตั้งแต่โซลินอยด์เปิดจนถึงปิด) ได้ตั้งแต่ 20-100% ทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่สั่งให้สมองกลทำงานที่ duty cycle ต่างๆ ที่ความดันใช้งาน 0.1 Mpa ได้ดังแสดงในตารางที่ 1 รูปที่ 5 แสดงโปรแกรมส่วนคำสั่งควบคุมหัวฉีด

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 4 ตัวอย่าง Duty cycle ที่ 20% 50% และ 80%



กรมวิชาการเกษตร

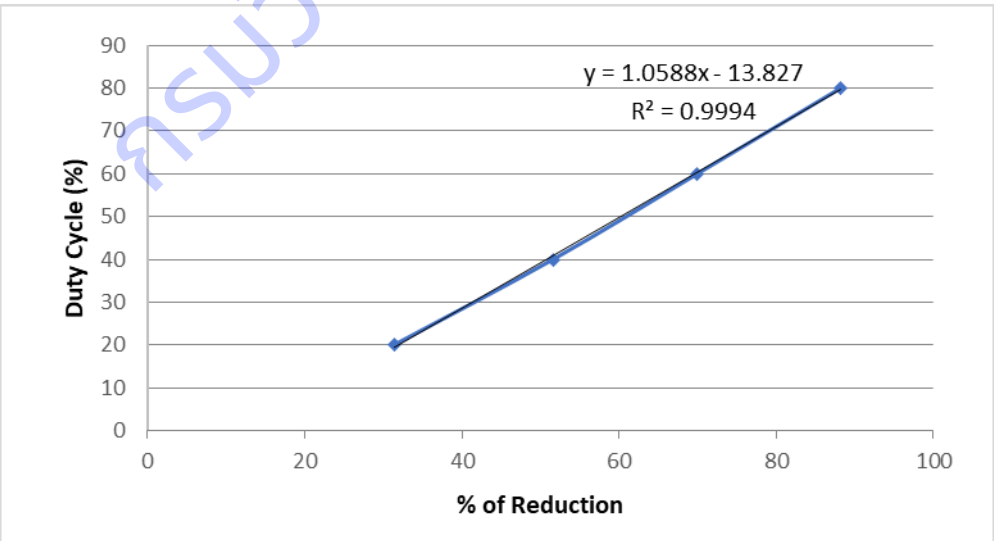
รูปที่ 5 โปรแกรมส่วนคำสั่งควบคุมหัวฉีด

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบอัตราการพ่นเฉลี่ยของหัวฉีด MSNC และเปอร์เซ็นต์การลดลงของอัตราการพ่นที่ค่า duty cycle ต่างๆ

Duty Cycle * (%)	อัตราการพ่นเฉลี่ยของหัวฉีด MSNC (l/min)	เปอร์เซ็นต์ของอัตราการพ่นของหัวฉีด MSNC ที่ลดลง (%)
20	0.250	31.38
40	0.411	51.61
60	0.558	69.95
80	0.703	88.19
100	0.797	100.00

*Duty cycle หมายถึง ร้อยละของระยะเวลาที่โซลินอยด์เปิดต่อระยะเวลาทั้งหมดตั้งแต่โซลินอยด์เปิดจนถึงปิด

จากการทดสอบพบว่า หัวฉีด MSNC ที่พัฒนาสามารถเปิด-ปิด น้ำที่จะเข้าสู่หัวฉีดได้เร็ว 5 ครั้งต่อวินาที สามารถปรับอัตราพ่นได้กว้าง 20-100% สามารถเขียนความสัมพันธ์ของ duty cycle และเปอร์เซ็นต์ ของอัตราการพ่นของหัวฉีดที่ลดลง ดังกราฟรูปที่ 6



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของ duty cycle และ เปอร์เซ็นต์ของอัตราการพ่นของหัวฉีด MSNC ที่ลดลง (% of Reduction)

กรมวิชาการเกษตร

8.2.2 การเขียนโปรแกรมส่วนคำนวณอัตราการพ่นของหัวฉีด MSNC

ในการเขียนโปรแกรม จะให้ผู้ใช้เลือกความเร็วรถแทรกเตอร์(เมตร/วินาที) ที่เป็นไปได้ในการทำงานจริงตามสภาพแปลงที่กล่องสมองกลควบคุม และต้องวิ่งรถแทรกเตอร์ให้สอดคล้องกับความเร็วที่เลือกไว้การ ทำงานของโปรแกรมคือ ค่าที่ผู้ใช้เลือกคือค่าความเร็วของรถแทรกเตอร์ที่ตั้งไว้ซึ่งจะถูกนำมาคำนวณร่วมกับ ความเร็วของรถแทรกเตอร์ที่วัดได้ในขณะนั้นๆ ที่ตรวจสอบอัตราความเร็วของรถแทรกเตอร์จากล้อขับ (Ground wheel) ที่ติดอุปกรณ์วัดความเร็วรอบ (Proximity switch) ซึ่งจะส่งสัญญาณไปยังสมองกลเพื่อ คำนวณความเร็วรถแทรกเตอร์ขณะนั้นๆ และคำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของความเร็วรถแทรกเตอร์ซึ่งมี ความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การลดลงอัตราการพ่นของหัวฉีด MSNC (% of Reduction) ดังสมการที่ (1) ที่ได้ จากกราฟในรูปที่ 6

$$\text{Duty cycle} = (1.0588\ X) - 13.827 \qquad (1)$$

โดย X = เปอร์เซ็นต์การลดลงอัตราการพ่นของหัวฉีด MSNC (% of Reduction)

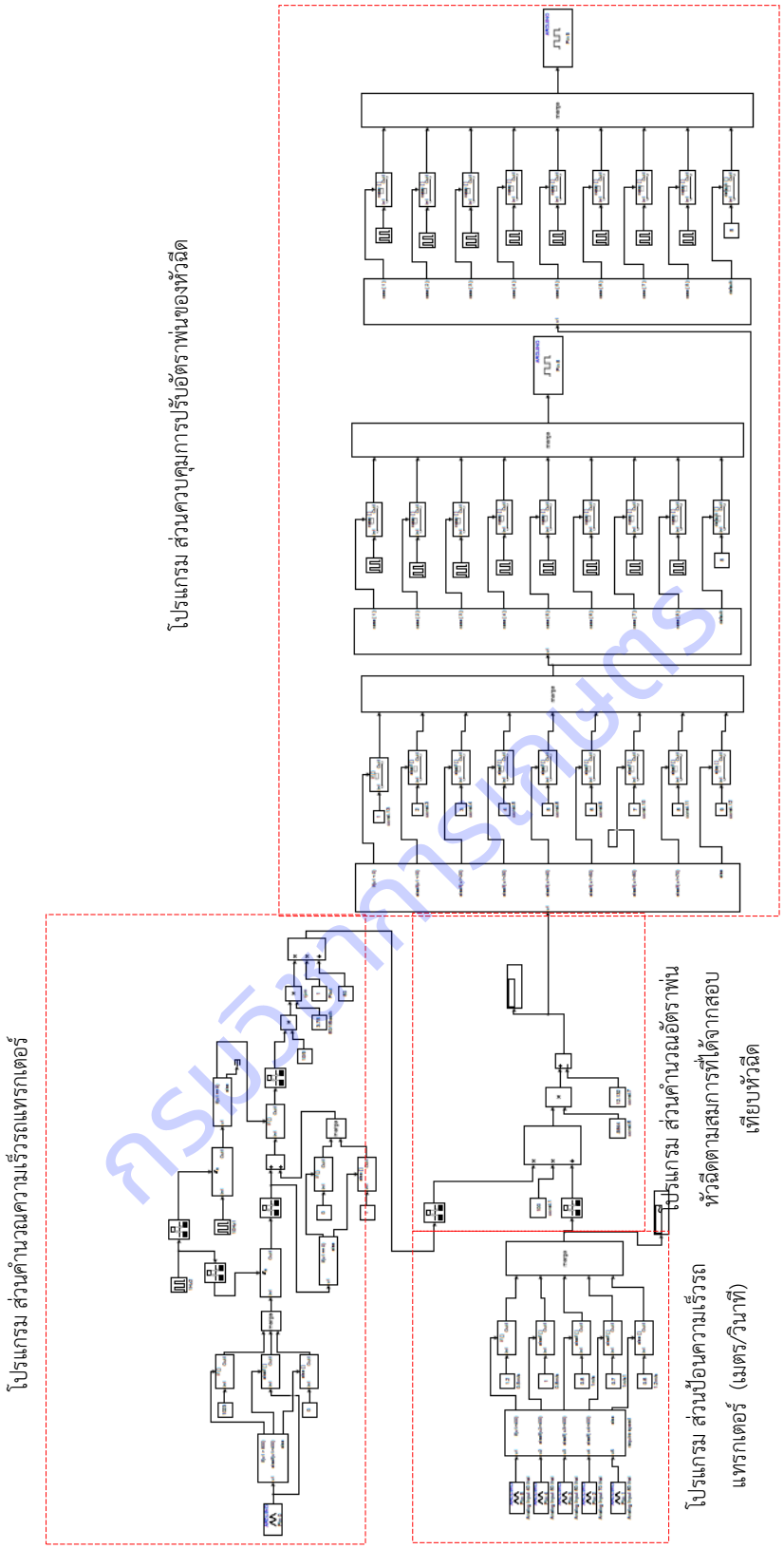
= เปอร์เซ็นต์การลดลงของความเร็วรถแทรกเตอร์

$$= \frac{(\text{ความเร็วรถแทรกเตอร์ขณะใดๆ} \times 100)}{\text{ความเร็วแทรกเตอร์ที่ต้องวิ่งให้ได้อัตราตามที่ตั้งไว้}}$$

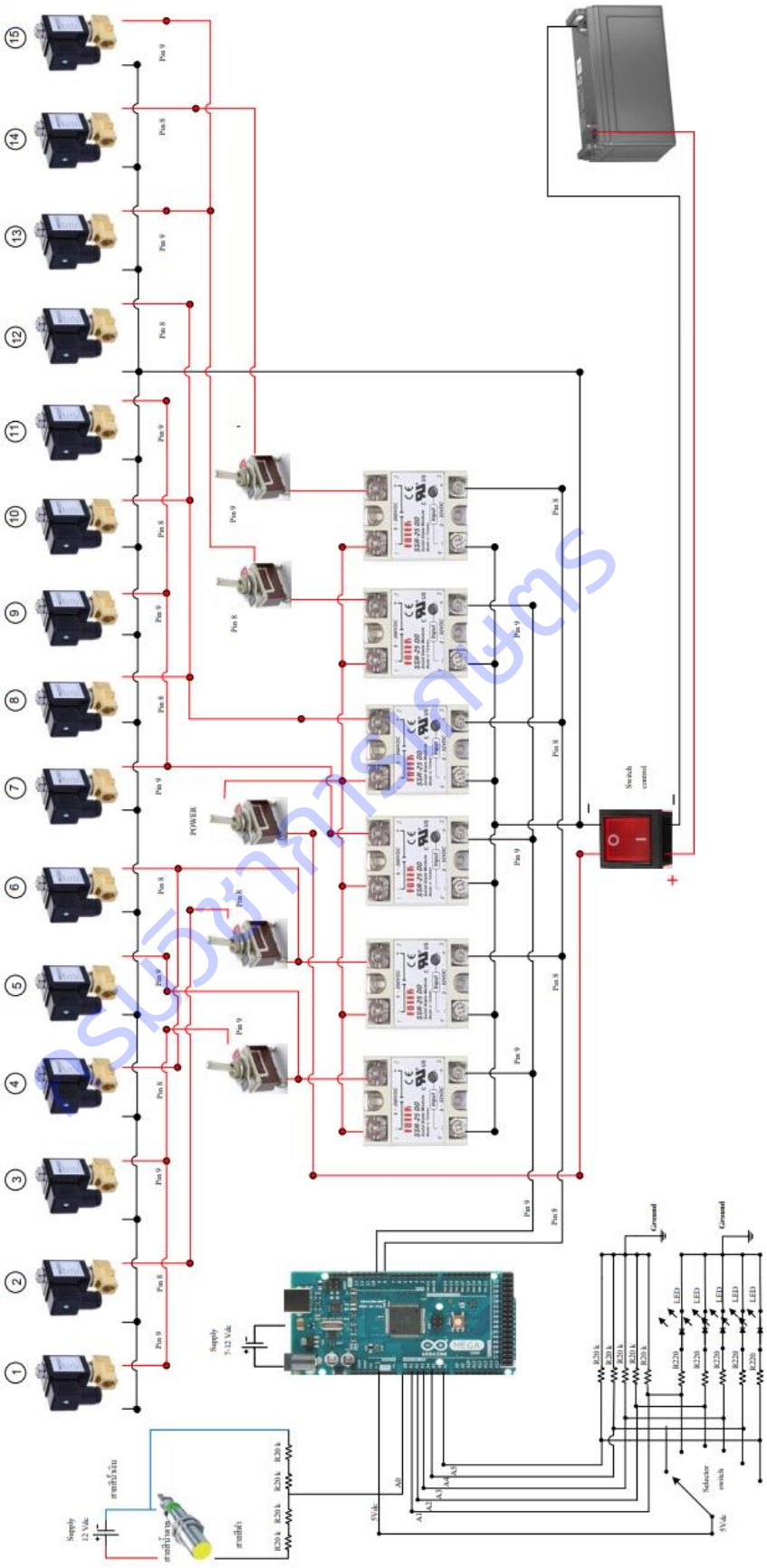
เมื่อโปรแกรมคำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงอัตราการพ่นของหัวฉีด MSNC แล้วจะส่งคำสั่งไปโซลินอยด์ วาล์วให้เปิด-ปิด น้ำที่จะไหลผ่านไปยังหัวฉีด ให้สัมพันธ์กับอัตราการลดลงของความเร็วของรถแทรกเตอร์ใน ขณะนั้นๆ รูปที่ 7 แสดงโปรแกรมระบบควบคุมและประมวลผล

เนื่องจากเครื่องพ่นสารฯ สามารถพับเหลือ 4.5 เมตร ได้ ในกรณีใช้ในแปลงขนาดเล็ก จึงออกแบบสวิตซ์ควบคุมหัวฉีดให้สามารถ เปิด-ปิด หัวฉีดได้ครั้งละ 3 หัว กล่าวคือ สามารถปิดหัวฉีดได้เมื่อพับแขนพ่นที่ไม่ใช้ รูปที่ 8 แสดง wiring diagram ของกล่องสมองกลควบคุมหัวฉีด รูปที่ 9 แสดงกล่องสมองกลควบคุมหัวฉีด ทั้งนี้ได้เขียนโปรแกรมควบคุมหัวฉีด ให้หัวฉีดที่อยู่ติดกันมีเฟสนำ 90 องศา กล่าวคือหัวฉีดที่อยู่ติดกันจะไม่ปิดหัวฉีดพร้อมกัน (รูปที่ 10) เพื่อทำให้การพ่นมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ

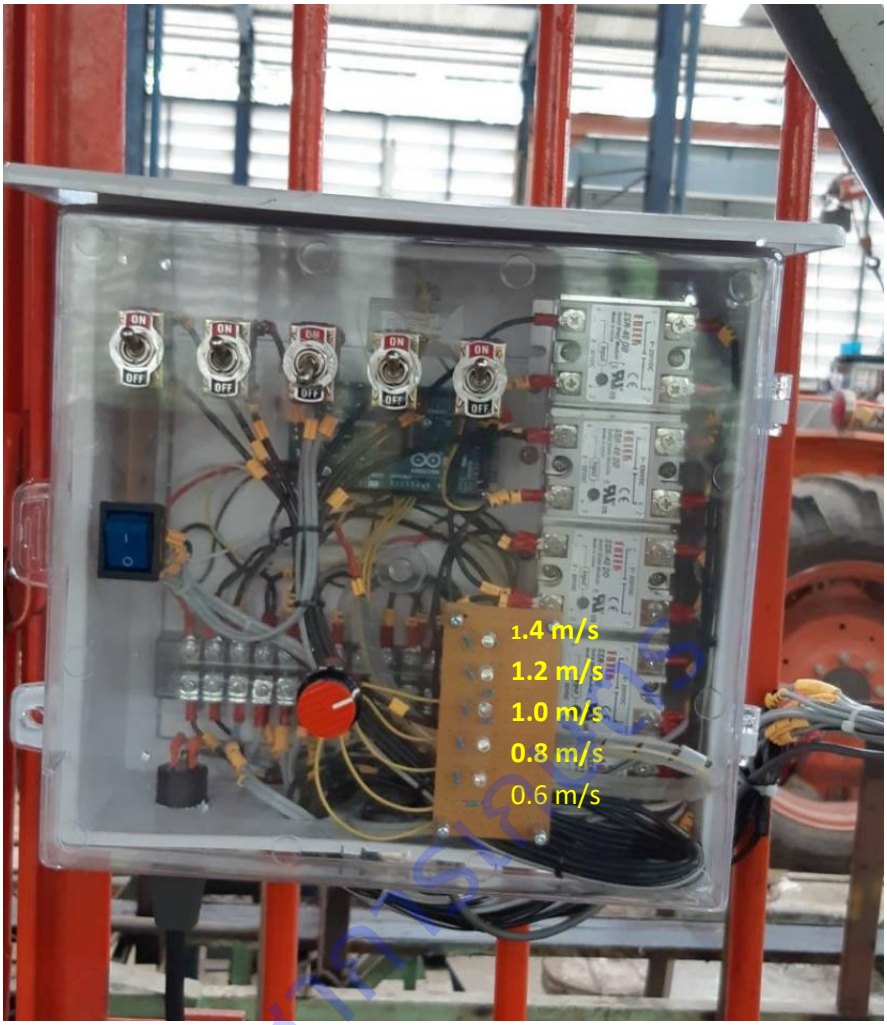
ศูนย์วิทยทรัพยากร



รูปที่ 7 โปรแกรมระบบควบคุมและประมวลผล



รูปที่ 8 wiring diagram ของกล่องสมองกลควบคุมหัวฉีด



รูปที่ 9 กล่องสมองกลควบคุมหัวฉีด

รูปที่ 10 หัวฉีดที่อยู่ติดกันจะไม่ปิดพร้อมกัน

8.3 การทดสอบหัวฉีด MSNC ในห้องปฏิบัติการ

8.3.1 การทดสอบหาความสม่ำเสมอของละอองสารฯ (Droplets distribution uniformity)

การทดสอบเก็บข้อมูลการหาจำนวน ขนาด การกระจายตัว และความสม่ำเสมอของละอองสารฯ ทำโดยใช้สารละลายสี Kingkol tartrazine เข้มข้น 1% เป็นตัวแทนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช พ่นสารละลายลงบน กระดาษ chromolux ขนาด 25x75 cm วางห่างกัน 1.0x0.5 m บนพื้นที่ไม่มีต้นพืช (รูปที่ 11) ใช้ความเร็ว 1 m/s พ่นที่ค่า duty cycle (ระยะเวลาที่โซลินอยด์เปิดต่อระยะเวลาทั้งหมดตั้งแต่โซลินอยด์เปิด จนถึงปิด) ต่างๆ หลังจากการพ่นทิ้งไว้ 30 นาที จึงเก็บเพื่อนำมาวิเคราะห์รูปที่ 12 แสดงตัวอย่างกระดาษที่รองรับละอองที่ duty cycle ต่างๆ

วิเคราะห์หา droplets distribution uniformity ด้วยโปรแกรม Deposit Scan โดยใช้เครื่อง scanner ความละเอียด 600 dpi (รูปที่ 13) โดยโปรแกรมจะคำนวณ เส้นผ่านศูนย์กลางจริง (Dd) โดยใช้สมการที่ (2) RS (Relative Span) คือค่าการกระจายตัวของ droplets หาได้จาก สมการที่ (3) (Zhu et al., 2011) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2

$$D_d = 1.06\ As^{0.455} \qquad (2)$$

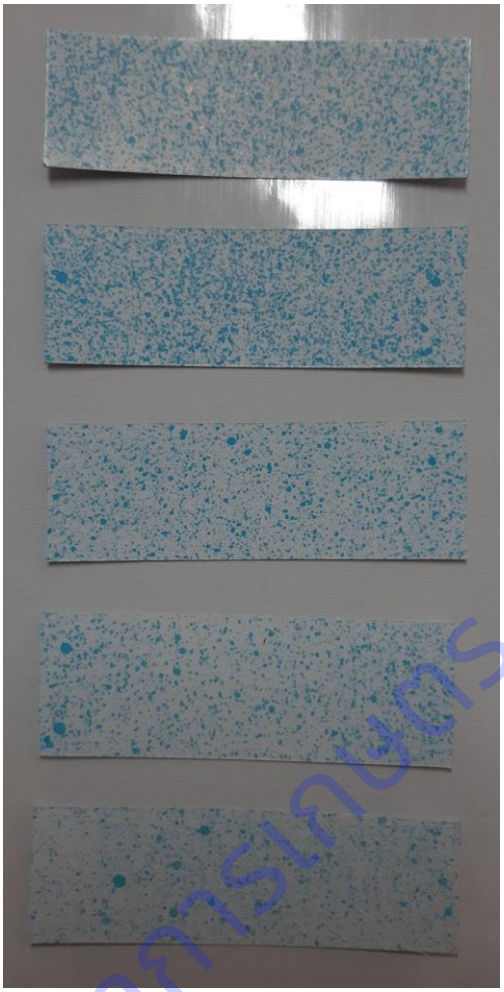
โดยที่ Dd = actual droplet diameter, μm

As = spot area, μm^2

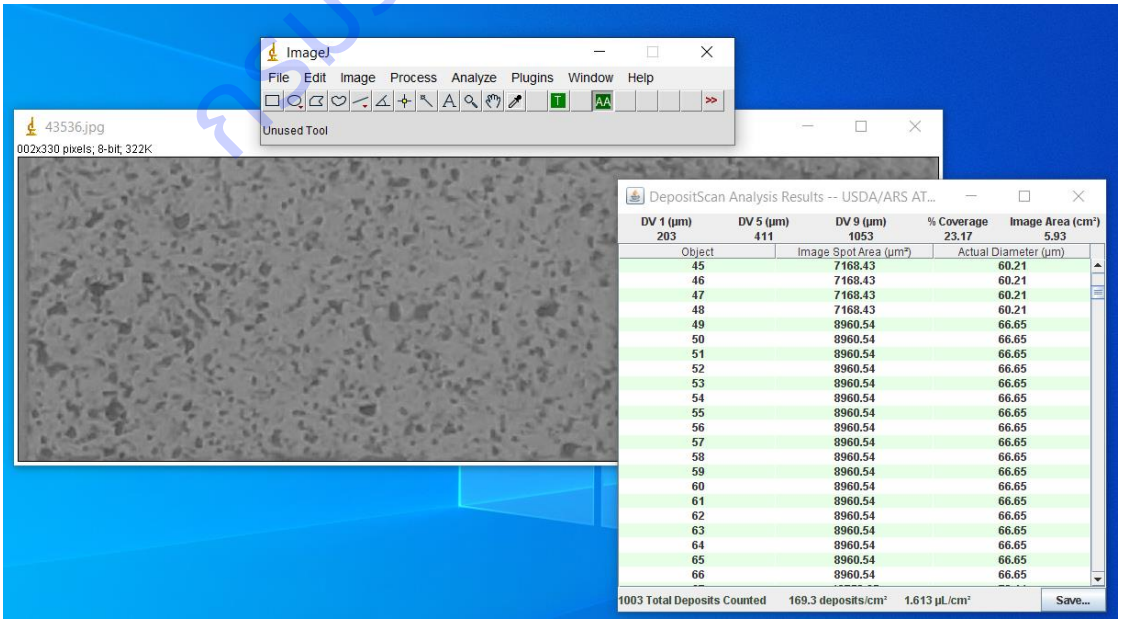
$$RS = (DV0.9 - DV0.1)/DV0.5 \qquad (3)$$

รูปที่ 11 การทดสอบหาความสม่ำเสมอของละอองสารฯ

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 12 ตัวอย่างกระดาษที่รองรับละอองที่ duty cycle ต่างๆ



รูปที่ 13 โปรแกรม Deposit scan ที่ใช้วัด Droplet size distribution

ลิขสิทธิ์การเกษตร

ตารางที่ 2 การทดสอบหาความสม่ำเสมอของละอองสารฯ (Droplets distribution uniformity)

Duty Cycle (%)	VMD (μm)	RS	Deposits/cm^2
20	291.5	1.18	300.57
40	330.0	1.28	257.8
60	370.7	1.28	309.7
80	341.3	1.00	276.5
100	340.3	0.97	289.9

VMD = Volume Median Diameter, RS = Relative Span.

จากตารางจะพบว่า ค่า VMD อยู่ระหว่าง 291.5-341.3 μm จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Anova one factor พบว่า ค่าเฉลี่ยของ VMD ที่ Duty cycle 20-100% ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 ส่วนค่า RS หรือการกระจายตัวของหยดน้ำถ้าเข้าใกล้ 1 คือมีความสม่ำเสมอ แต่จากการทดสอบพบว่าค่า RS ที่ Duty cycle 20-60 ยังไม่สม่ำเสมอดี ค่าความหนาแน่นของละอองอยู่ที่ 257.8-309.7 ละออง/ตร.ซม. จากการวิเคราะห์ทางสถิติ Anova one factor พบว่า ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของละอองที่ Duty cycle 20-100% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

8.3.2 การทดสอบการกระจายตัวของการฉีดพ่น (Spray Distribution)

ทดสอบการกระจายตัวของการฉีดพ่น (รูปที่ 14) โดยติดตั้งหัวฉีดที่พัฒนา จำนวน 3 หัว เหนือสันร่อง ของอุปกรณ์วัดการกระจายของการฉีดพ่น (Patternator) 50 เซนติเมตร ระยะห่างของหัวฉีดตามที่โรงงานผู้ผลิตตั้งไว้ 52 เซนติเมตร วัดปริมาตรของน้ำที่ตวงได้ในแต่ละหลอดคิดเป็นร้อยละของปริมาตรเฉลี่ยของน้ำในหลอดตวง ทั้งหมด ที่ค่า duty cycle ต่างๆ ได้ดังตารางที่ 3 และสามารถเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 15

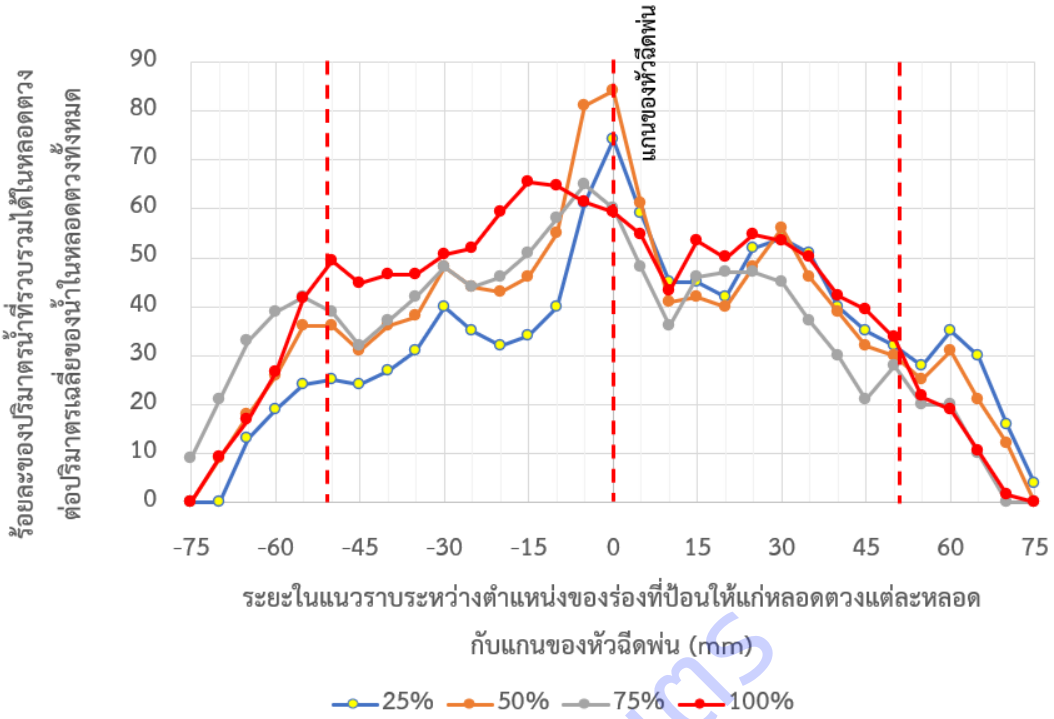
รูปที่ 14 ทดสอบการกระจายตัวของการฉีดพ่น

ศรีปทุมการเกษตร

ตารางที่ 3 ร้อยละของปริมาตรน้ำที่รวบรวมได้ในหลอดตวงต่อปริมาตรเฉลี่ยของน้ำในหลอดตวงทั้งหมด ที่ค่า duty cycle ต่างๆ

หลอดตวงที่	ร้อยละของปริมาตรน้ำที่รวบรวมได้ในหลอดตวงต่อปริมาตรเฉลี่ยของน้ำในหลอดตวง			
	25%	50%	75%	100%
1	0	0	9	0
2	0	9	21	9
3	13	18	33	17
4	19	26	39	27
5	24	36	42	42
6	25	36	39	49
7	24	31	32	45
8	27	36	37	47
9	31	38	42	47
10	40	48	48	51
11	35	44	44	52
12	32	43	46	59
13	34	46	51	65
14	40	55	58	65
15	61	81	65	61
16	74	84	60	59
17	59	61	48	55
18	45	41	36	43
19	45	42	46	53
20	42	40	47	50
21	52	48	47	55
22	54	56	45	53
23	51	46	37	50
24	40	39	30	42
25	35	32	21	39
26	32	30	28	34
27	28	25	20	22
28	35	31	20	19
29	30	21	10	11
30	16	12	0	2
31	4	0	0	0

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 15 กราฟการกระจายตัวของการฉีดพ่น (Spray Distribution)

พิจารณาความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของการฉีดพ่น เมื่อเปลี่ยนค่า duty cycle เป็น 25% 50% 75% เทียบกับที่ duty cycle 100% โดยใช้ pair t-test พบว่าร้อยละของปริมาตรน้ำในแต่ละหลอดที่ ค่า duty cycle 25%, 50% และ 75% ไม่มีความแตกต่างกันกับร้อยละของปริมาตรน้ำในแต่ละหลอดที่ค่า duty cycle 100% อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการทดสอบพบว่าการเปลี่ยน duty cycle จะไม่ทำให้ Spray Distribution และ Droplet size เปลี่ยน สอดคล้องกับการทดลองของ GopalaPillai et.,al. (1999) ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญของเทคโนโลยีการปรับอัตราการฉีดพ่น (Variable rate technology)

8.4 การทดสอบการทำงานจริงในแปลง

8.4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่

ทดสอบการทำงานในแปลงอ้อยของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานีโดยใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 47 แรงม้า เป็นต้นกำลัง กำหนดใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1200 rpm และเลือกความเร็วรอบของ เพลาอำนวยกำลัง 750 rpm ใช้แรงดันปั๊ม 0.1 MPa ทดสอบหาความเร็วในการวิ่งของรถแทรกเตอร์ที่เกียร์ ต่างๆที่เครื่องพ่นสารฯสามารถทำงานได้จริงตามสภาพพื้นที่ และจับเวลาที่ระยะทาง 20 เมตร ผลการ ทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการวัดความเร็วรถแทรกเตอร์ในแปลงทดสอบ

เกียร์	ความเร็วรถแทรกเตอร์ (m/s)				
	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Avg.	SD
Low 4	0.78	0.86	0.81	0.82	0.039
H 1	0.89	0.97	0.87	0.91	0.052
H 2	1.18	1.07	1.11	1.12	0.055

จากการทดสอบได้เลือกใช้เกียร์ H2 ในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ เนื่องจากเป็น ความเร็วสูงสุดที่รถแทรกเตอร์ยังสามารถทำงานได้ดี จากการทดสอบ (รูปที่ 16) พบว่าเครื่องพ่นสาร ฯ มี ความสามารถการทำงาน 14.28 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วรถแทรกเตอร์ 1.12 เมตร/วินาทีประสิทธิภาพการ ทำงาน 87.19% ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.21 ลิตร/ไร่

รูปที่ 16 ทดสอบการทำงาน

กรมวิชาการเกษตร

8.4.2 การทดสอบอัตราการพ่นของหัวฉีด MSNC ที่พัฒนาเปรียบเทียบกับหัวฉีดแบบดั้งเดิม

การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอัตราการฉีดพ่น ได้ทำบนพื้นซีเมนต์เพื่อให้เห็นการทำงานของหัวฉีดที่ พัฒนาได้ชัดเจนขึ้น โดยใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 47 แรงม้าเป็นต้นกำลัง เลือกใช้เกียร์ H2 ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1200 rpm วัดความเร็วรถแทรกเตอร์ได้1.20 เมตร/วินาที และเลือกความเร็วรอบของเพลาอำนวยกำลัง 750 rpm ใช้แรงดันปั๊ม 0.1 MPa ในการทดสอบจะเติมน้ำในถังที่ระดับ 200 ลิตร ทำการวิ่งพ่น สารบนพื้นจำนวน 8 รอบ จับเวลาที่ใช้และน้ำที่ใช้ไปในการพ่นด้วยหัวฉีดหัวฉีด MSNC ที่พัฒนา และหัวฉีด แบบดั้งเดิม ทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบอัตราการพ่นของหัวฉีด MSNC ที่พัฒนาเปรียบเทียบกับหัวฉีดแบบดั้งเดิม

อัตราการพ่น (ลิตร/ชม.)	**Rep.1**	**Rep.2**	**Rep.3**	**Avg.**	**SD**
หัวฉีดดั้งเดิม	760.39	726.54	790.20	759.04	31.85
หัวฉีด MSNC ที่พัฒนา	665.55	663.60	653.81	660.99	6.29
เปอร์เซนต์การใช้สารลดลงจากหัวฉีดดั้งเดิม	12.47%	8.66%	17.26%	12.80%	0.043

กรมวิชาการเกษตร

จากตารางที่ 5 พบว่าการพ่นสารฯด้วยหัวฉีดแบบดั้งเดิมมีอัตราการพ่นเฉลี่ย 759.04 ลิตร/ชม. การพ่นสารฯด้วยหัวฉีด MSNC ที่พัฒนา มีอัตราการพ่นเฉลี่ย 660.99 ลิตร/ชม. มีการใช้สารฯน้อยกว่าที่แบบดั้งเดิม 98.05 ลิตร/ชม. คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การใช้สารที่ลดลงจากหัวฉีดดั้งเดิมเฉลี่ย 12.8%

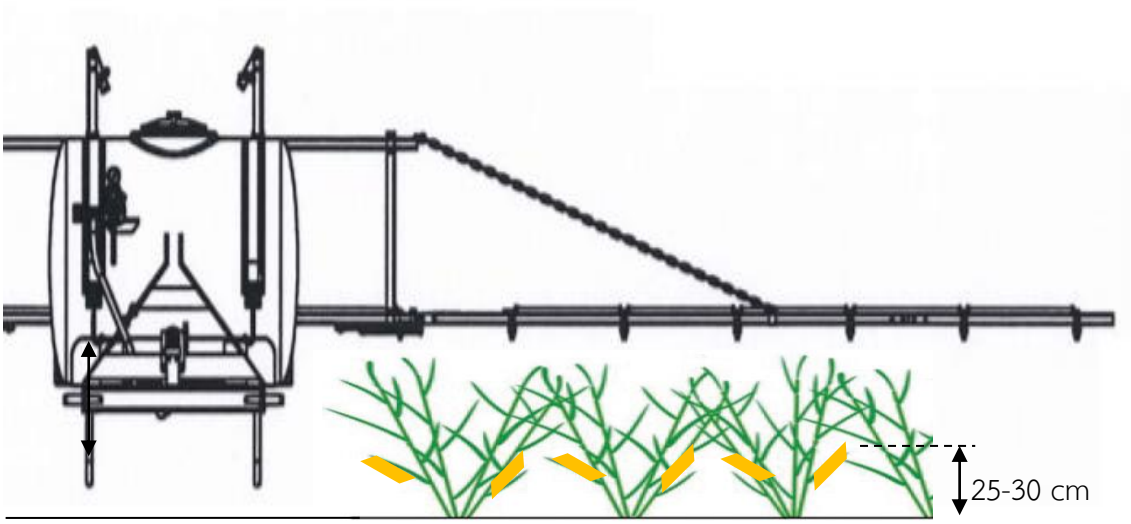
สามารถคำนวณอัตราการพ่นสารเฉลี่ยเชิงพื้นที่ ที่ความสามารถการทำงาน 14.28 ไร่/ชั่วโมง ของการพ่นสารฯด้วยหัวฉีดแบบดั้งเดิมได้เท่ากับ 53.27 ลิตร/ไร่ การพ่นสารฯด้วยหัวฉีด MSNC ที่พัฒนาได้เท่ากับ 46.23 ลิตร/ไร่ รูปที่ 17 แสดงการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอัตราการฉีดพ่น

รูปที่ 17 การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอัตราการฉีดพ่น

8.4.3 การทดสอบวัดความหนาแน่นของละอองสารฯบนต้นอ้อย

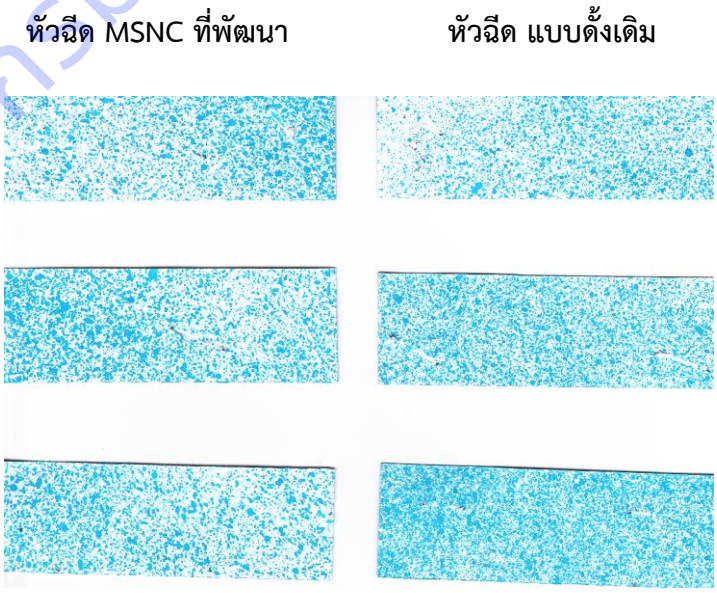
ทดสอบวัดความหนาแน่นของละอองสารฯบนต้นอ้อยด้วยหัวฉีดที่พัฒนาและหัวฉีดแบบดั้งเดิม เปรียบเทียบกัน 2 กรรมวิธีแต่ละกรรมวิธีติดกระดาษ chromolux ขนาด 25x75 cm ที่ใบของต้นอ้อยที่มี ระยะปลูกระหว่างแถว 1.8 เมตร เหนือพื้นประมาณ 25-30 ซม. จำนวน 3 ต้นๆละ 2 แผ่น รวม 6 แผ่น (รูปที่ 18) ทำ 3 ซ้ำ รวม 18 แผ่น ติดทุก 5 เมตร ตามระยะการวิ่งของรถแทรกเตอร์หลังติดกระดาษทำการพ่น สารละลายสี Kingkol tartrazine เข้มข้น 1% เป็นตัวแทนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช แล้วปล่อยให้แห้ง ประมาณ 10 นาที แล้วเก็บไปวิเคราะห์หา droplets density ด้วยโปรแกรม Deposit Scan โดยใช้เครื่อง scanner ใช้ความละเอียด 600 dpi ซึ่งความหนาแน่นของละอองสารในทางทฤษฎีที่เพียงพอต่อการป้องกัน กำจัดแมลงคือมากกว่า 30 ละออง/ตร.ซม. การทดสอบวัดความหนาแน่นของละอองสารฯบนต้นอ้อย ดังแสดง ในรูปที่ 19 ตัวอย่างกระดาษที่ติดกับใบอ้อยที่พ่นโดยใช้หัวฉีดที่พัฒนาและหัวฉีดแบบดั้งเดิมดังแสดงในรูปที่ 20 ข้อมูลความหนาแน่นของละอองสารฯบนต้นอ้อยดังแสดงในตารางที่ 6

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 18 แสดงตำแหน่งการติดกระดาษบนต้นอ้อย

รูปที่ 19 การทดสอบวัดความหนาแน่นของละอองสารฯบนต้นอ้อย



รูปที่ 20 ตัวอย่างกระดาษที่ติดกับใบอ้อยที่พ่นโดยใช้หัวฉีดที่พัฒนา และหัวฉีดแบบดั้งเดิม

ตารางที่ 6 ความหนาแน่นของละอองสารฯบนต้นอ้อย

ความหนาแน่นของละอองสาร (ละออง/ตร.ซม.)	**Rep.1**	**Rep.2**	**Rep.3**	**Avg.**	**SD**
หัวฉีดดั้งเดิม	219.90	248.63	247.60	238.71[a]	16.30
หัวฉีด MSNC ที่พัฒนา	211.20	248.20	278.50	245.97[a]	33.71

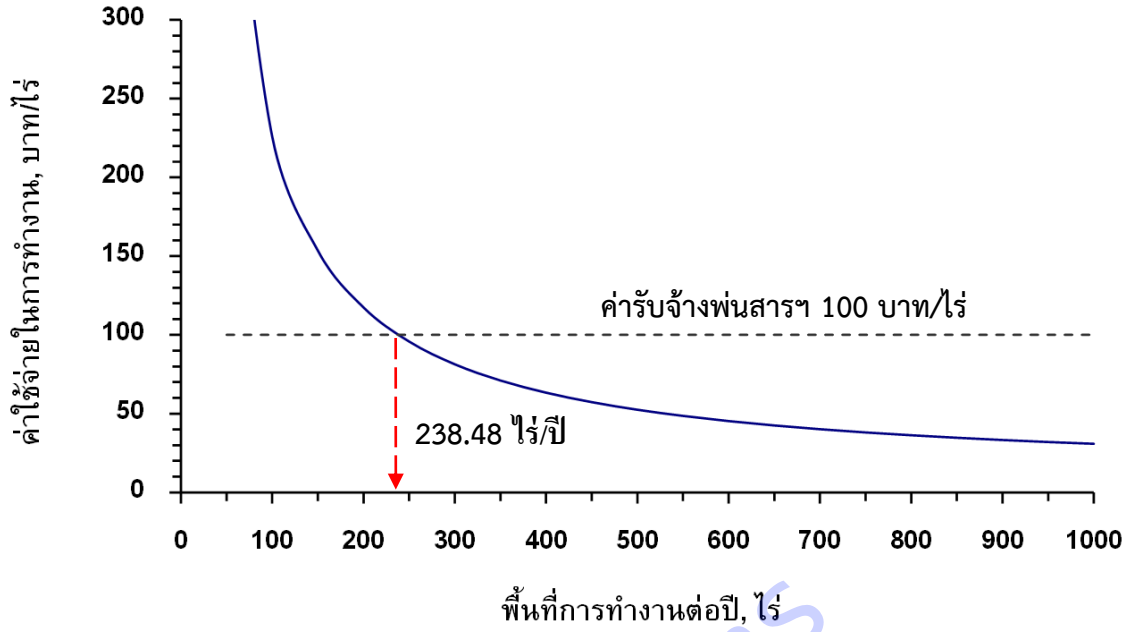
จากการทดสอบวัดความหนาแน่นของละอองสารฯบนต้นอ้อย พบว่า เมื่อใช้หัวฉีด MSNC ที่พัฒนา และหัวฉีดแบบดั้งเดิม ให้ความหนาแน่นของละอองสารที่เพียงพอต่อการป้องกันกำจัดแมลงคือมากกว่า 30 ละออง/ตร.ซม. และความหนาแน่นของละอองสารฯบนต้นอ้อยที่ฉีดโดยใช้หัวฉีด MSNC ที่พัฒนา ไม่มีความแตกต่างกันกับความหนาแน่นของละอองสารฯเมื่อฉีดโดยใช้หัวฉีดดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อย่างไรก็ตามการใช้หัวฉีด MSNC จะสามารถประหยัดสารฯมากกว่าการใช้หัวฉีดแบบดั้งเดิม

8.5 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

คำนวณหาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ โดยวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นแบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติสำหรับอ้อย โดยคำนวณความคุ้มทุนในกรณีที่เกษตรกรซื้อมารับจ้าง กำหนดให้ราคาของรถแทรกเตอร์ขนาด 32 แรงม้า ราคา 400,000 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี และการใช้งานรถแทรกเตอร์เพื่อพ่นสารประมาณ 25% ของการใช้งานทั้งหมด เครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นแบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติ ราคา 65,000 บาท อายุการใช้งาน 7 ปี

จากการคำนวณสามารถเขียนกราฟแสดงความความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นแบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติได้ดัง รูปที่ 21

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การใช้งานต่อปี กับค่าใช้จ่ายในการใช้งาน

จากรูปที่ 21 จะเห็นว่าต้นทุนในการใช้งานของเกษตรกรจะลดลงเมื่อพื้นที่การใช้งานมากขึ้น เกษตรกรสามารถพิจารณาได้ว่าควรจะซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมเครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นแบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติมารับจ้างหรือไม่ โดยพิจารณาจุดตัดระหว่างต้นทุนในการใช้งานเครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นแบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติ กับราคาค่ารับจ้างพ่นสารในปัจจุบัน

ค่ารับจ้างพ่นสาร 100 บาท/ไร่ จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การใช้งานต่อปี กับต้นทุนในการทำงาน จะเห็นว่าที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการทำงาน 100 บาท/ไร่ พื้นที่การใช้งานเท่ากับ 238.48 ไร่/ปี ดังนั้นเกษตรกรที่จะซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมเครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นแบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติ มาใช้งานหรือรับจ้าง (การใช้งานรถแทรกเตอร์เพื่อพ่นสารประมาณ 25% ของการใช้งานทั้งหมด) ควรมีพื้นที่การพ่นสารไม่ต่ำกว่า 238.48 ไร่/ปี เป็นเวลา 7 ปี จึงจะคุ้มต่อการซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมพร้อมเครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นแบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติมาใช้งาน

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ได้พัฒนาวิจัยและพัฒนาเครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นแบบปรับอัตราฉีด พ่นอัตโนมัติสำหรับอ้อย โดยใช้เครื่องพ่นอเนกประสงค์ของ บ. สยามคูโบต้า จำกัด รุ่น BSM300 ที่ใช้กับรถ แทรกเตอร์ขนาด 30-47 แรงม้า มีขนาดถังบรรจุน้ำยาขนาด 300 ลิตร ความกว้างของแขนฉีดพ่น 6.6 เมตร มาพัฒนาในส่วนของหัวฉีดให้สามารถปรับอัตราพ่นได้ค่าได้ โดยใช้เทคโนโลยี Modulated

สถาบันวิจัยเกษตรฯ

Spraying Nozzle Control, MSNC ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ปรับอัตราพ่นได้กว้างที่ความดันคงที่ โดยไม่ทำให้ขนาด ละอองและการกระจายตัวเปลี่ยน โดยใช้โซลินอยด์วาล์วติดตั้งเข้ากับหัวฉีดแบบดั้งเดิมของเครื่องพ่นสาร และ เขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุมสมองกล ให้ควบคุมระยะเวลาเปิด-ปิด โซลินอยด์วาล์วให้สอดคล้องกับความเร็ว การเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์โดยหัวฉีดที่พัฒนาสามารถเปิด-ปิด ได้เร็ว 5 ครั้งต่อวินาทีสามารถปรับอัตรา อัตราพ่นได้กว้าง 20-100% จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่า การเปลี่ยน duty cycle ไม่มีผลกระทบ ต่อ Droplet size distribution และ Spray pattern เมื่อเทียบกับการใช้หัวฉีดดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ที่ ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการทดสอบเครื่องพ่นสารฯต้นแบบในแปลงอ้อย พบว่ามีความสามารถการทำงาน 14.28 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วรถแทรกเตอร์ 1.12 เมตร/วินาทีประสิทธิภาพการทำงาน 87.19% ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.21 ลิตร/ไร่ มีอัตราการพ่นเฉลี่ย 660.99 ลิตร/ชม. หรือ 46.23 ลิตร/ไร่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ การใช้สารที่ลดลงจากหัวฉีดดั้งเดิมเฉลี่ย 12.8% ความหนาแน่นของละอองสารฯบนต้นอ้อยเฉลี่ย 245.97 ละออง/ตร.ซม. ซึ่งเพียงพอต่อการป้องกันกำจัดแมลงคือมากกว่า 30 ละออง/ตร.ซม. และไม่มีความแตกต่าง กับความหนาแน่นของละอองสารฯเมื่อฉีดโดยใช้หัวฉีดดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์พบว่าเกษตรกรที่จะซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมเครื่องพ่นสารชนิดแขน พ่นแบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติมาใช้งานหรือรับจ้าง (การใช้งานรถแทรกเตอร์เพื่อพ่นสารประมาณ 25% ของการใช้งานทั้งหมด) ควรมีพื้นที่การพ่นสารไม่ต่ำกว่า 238.48 ไร่/ปี เป็น เวลา 7 ปี จึงจะคุ้มต่อการซื้อมาใช้รับจ้างพ่นสาร

เครื่องพ่นสารชนิดแขนพ่นแบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติสำหรับอ้อยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ งานด้าน Precision farming ที่ต้องปรับอัตราฉีดพ่นให้เหมาะสมกับพื้นที่ หรือเหมาะสมกันปริมาณแมลง หรือวัชพืชได้ อย่างไรก็ตามชุดโซลินอยด์วาล์วที่ติดตั้งกับหัวฉีดดั้งเดิม ควรปรับปรุงให้มีความเร็วในการปิด-เปิดเร็วยิ่งขึ้น เพื่อให้ได้อัตราการพ่นสม่ำเสมอที่ความเร็วการเคลื่อนที่รถแทรกเตอร์สูงขึ้น

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ต้นแบบที่แล้วเสร็จได้นำไปเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการด้านเกษตรวิศวกรรม ทางสื่อต่างๆ และเผยแพร่แบบให้กับบริษัทเอกชนที่สนใจที่จะนำต้นแบบไปพัฒนาเพื่อการผลิตเชิงพาณิชย์

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอขอบคุณ ศวพ.อุทัยธานี ที่ได้อนุเคราะห์แปลงทดสอบ

กรมวิชาการเกษตร

12. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2560. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับอ้อย. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร สุพรรณบุรี. สืบค้นจาก: http://www.doa.go.th/ardc/suphan/sugarcane_GAP.htm [พ.ค. 2560].

ธวัช หะหมาน. 2560. ปัญหาโรคและแมลงศัตรูอ้อยในประเทศไทย และการป้องกันกำจัด. ฝ่าย ส่งเสริมด้านอ้อย. ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายภาคที่ 4. สำนักงาน คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม สืบค้นจาก: http://oldweb.ocsb.go.th/udon/Udon12/1.htm. [เม.ย. 2560]

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2560. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2559/2560. กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สืบค้นจาก: http://www.ocsb.go.th/upload/OCSBActivity/fileupload/8071-2689.pdf. [เม.ย. 2560].

Daniel, R. Ess., Samuel, D. Parsons and Case R. Medlin. 2016. Implementing Site-Specific Management: Sprayer Technology – Controlling Application Rate and Droplet Size Distribution On The Go. Purdue University. Retrieved May 25, 2016, from https://www.extension.purdue.edu/extmedia/AE/SSM-5-W.pdf.

GopalaPillai, S., Tian, L., Zheng, J. 1999. Evaluation of a Flow Control System for Site-Specific Herbicide Applications. American Society of Agricultural Engineers. Vol. 42(4): 863-870.

Heping Zhua, Masoud Salyani b, Robert D. 2011. A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. Elsevier. Computers and Electronics in Agriculture 76 (2011) 38–43.

กรมวิชาการเกษตร

13. ภาคผนวก

การคำนวณจุดคุ้มทุนของเครื่องพ่นสารฯ แบบปรับอัตราฉีดพ่นอัตโนมัติ

กำหนดให้ราคาของรถแทรกเตอร์ขนาด 32 แรงม้า ราคา 400,000 บาท และการใช้งานรถแทรกเตอร์เพื่อพ่นสารฯประมาณ 25% ของการใช้งานทั้งหมด เครื่องพ่นสารฯ ต้นแบบราคา 65,000 บาท รวมราคาทั้งหมด 465,000 บาท โดยใช้งานรถแทรกเตอร์ 10 ปี และอุปกรณ์ 7 ปี

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของแทรกเตอร์ต้นกำลัง

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของแทรกเตอร์ต้นกำลัง

ราคารถแทรกเตอร์, P	= 400,000	บาท
ราคาซาก, S	= 25 %ของ P	บาท
อายุการใช้งาน, N	= 10	ปี
อัตราดอกเบี้ย, i	= 5.5	เปอร์เซ็นต์/ปี
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	= 21.99 (22 มิ.ย. 2563)	บาท/ลิตร
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	= 0.21	ลิตร/ไร่
ค่าน้ำมันหล่อลื่น	= 10% ของค่าน้ำมัน	
ค่าแรงขับรถแทรกเตอร์	= 300	บาท/วัน/คน
ค่าบำรุงรักษารถแทรกเตอร์	= 0.50% ของP/100 ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องพ่นสารฯ

ราคา, P_1	65,000	บาท
ราคาซาก, S_1	10%ของ P_1	บาท
อายุการใช้งาน, N_1	7	ปี
อัตราดอกเบี้ย, i_1	5.5	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
ค่าบำรุงรักษา	0.5% ของ P_1/100ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง
ความสามารถการทำงาน	14.28	ไร่/ชั่วโมง
พื้นที่ทำงานต่อปี	A	ไร่

กรมวิชาการเกษตร

การคำนวณต้นทุนต่อปีของรถแทรกเตอร์

ราคารถแทรกเตอร์	400,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา	32,000	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	13,200	บาท/ปี
รวมต้นทุนคงที่	45,200	บาท/ปี
ต้นทุนคงที่ในการเป็นต้นกำลังของเครื่องพ่นสารฯ (หนึ่งในสี่ของค่าใช้จ่ายคงที่รวม)	11,300	บาท/ปี
<u>ค่าต้นทุนผันแปร:</u>		
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	65.94	บาท/ชั่วโมง
ค่าน้ำมันหล่อลื่น	6.59	บาท/ชั่วโมง
ค่าแรงขับรถแทรกเตอร์ 1คน	37.50	บาท/ชั่วโมง
ค่าบำรุงรักษารถแทรกเตอร์	20.00	บาท/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปรของรถแทรกเตอร์	130.04	บาท/ชั่วโมง

การคำนวณต้นทุนต่อปีของเครื่องใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินแบบแยกถังปุ๋ย

ราคา, P	65,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา	8,357.14	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	1,966.25	บาท/ปี
ค่าต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์	11,300.00	บาท/ปี
รวมค่าต้นทุนคงที่	21,623.39	บาท/ปี

กรมวิชาการเกษตร

ค่าต้นทุนผันแปร:

ค่าบำรุงรักษาเครื่องพ่นสารฯ	3.25	บาท/ชั่วโมง
ค่าต้นทุนผันแปรของรถแทรกเตอร์	130.04	บาท/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปร	133.29	บาท/ชั่วโมง
ความสามารถการทำงาน	14.28	ไร่/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปร	9.33	บาท/ไร่

ความสัมพันธ์ของต้นทุนต่อปีในการใช้เครื่องพ่นสารฯ ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (A) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ต้นทุนต่อปีในการใช้เครื่องพ่นสารฯ, บาท/ไร่ = ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร

= (21,623.39/A)+9.33 (1)

จุดที่คุ้มทุนของการใช้งานเครื่องพ่นสารฯ สามารถคำนวณได้เมื่อต้นทุนในการใช้งานเครื่องพ่นสารฯ ในสมการที่ (1) เท่ากับราคารับจ้างพ่นสารฯ ในปัจจุบันเท่ากับ 100 บาท/ไร่

ต้นทุนในการใช้งานเครื่องพ่นสารฯ = ค่ารับจ้างพ่นสารฯ

(24,661/A)+33.03 = 100

A = 238.48 ไร่/ปี

กรมวิชาการเกษตร