ระดับแผนงานวิจัยย่อย

รายงานแผนงานวิจัยย่อย

แผนงานย่อยวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศ

Research and Development of Pesticide Application Technology and Image Processing for controlling and monitoring of Insect Pests by Using Unmanned Aerial Vehicle

หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
นายพฤทธิชาติ ปุญวัฒโท
Mr. Pruetthichat Punyawattoe

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

รายงานแผนงานวิจัยย่อย

แผนงานย่อยวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศ

Research and Development of Pesticide Application Technology and Image Processing for controlling and monitoring of Insect Pests by Using Unmanned Aerial Vehicle

หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
นายพฤทธิชาติ ปุญวัฒโท
Mr. Pruetthichat Punyawattoe

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ

แผนงานย่อยวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศ เป็นการรวบรวมโครงการวิจัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพงานด้านอารักขาพืชอย่างเป็นระบบ ซึ่งประกอบด้วยโครงการวิจัย 2 โครงการ ได้แก่

1. โครงการวิจัยเทคนิคเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาเทคนิค อุปกรณ์การใช้สารแบบใหม่ๆ และปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยได้ทำการศึกษาเทคนิค อุปกรณ์การใช้สารแบบใหม่ ๆ ในพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ เห็ด หน่อไม้ฝรั่ง กล้วยไม้ ส้มเขียวหวาน อ้อยและองุ่น รวมทั้งศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ การผสมสารแบบ tank mixed คุณภาพน้ำและสารเสริมประสิทธิภาพต่าง ๆ ที่เหมาะสม รวมทั้งศึกษาอนุภาคนาโนคอปเปอร์ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ ในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ คะน้า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ทั้งในห้องปฏิบัติการ โรงเรือนทดลอง และแปลงทดลองในการแนะนำสู่เกษตรกร ซึ่งโครงการนี้ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการ 5 ปี

ผลที่ได้จากการวิจัยนี้จะเกิดผลผลิตที่เป็นองค์ความรู้โดย 1) ได้เทคนิคและอัตราการพ่นสารที่เหมาะสมด้วยอากาศยานไร้คนขับในการป้องกันกำจัดศัตรูคะน้า หอมแบ่ง และมันสำปะหลัง 2) ได้ต้นแบบและภาพถ่ายที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลัง แมลงดำหนามมะพร้าว และหนอนหัวดำมะพร้าว ในสภาพแปลงทดลอง ผลกระทบจากโครงการเกิดขึ้นใน 2 มิติ ได้แก่ผลกระทบด้านนโยบายและยุทธศาตร์ชาติด้านการเกษตร เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ลดต้นทุนการผลิต รวมทั้งช่วยแก้ปัญหาความเสียหายจากศัตรูพืชได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลกระทบด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยลดจำนวนครั้งในการพ่นสารของเกษตรกร จากการใช้เครื่องมือ และใช้สารอย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง และเหมาะสม ทำให้เกษตรกรมีสุขภาพดีขึ้น ลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลให้กับภาครัฐ และลดผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมที่จะตามมาในอนาคตซึ่งมิอาจประเมินมูลค่าได้ โครงการวิจัยนี้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงานยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก

2. โครงการวิจัยและพัฒนาเทคนิคการพ่นสารและประมวลผลภาพถ่ายเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดและตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชด้วยอากาศยานไร้คนขับ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาเทคนิคการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับในการลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในประเทศไทย โดยได้ทำการศึกษาอัตราพ่นที่เหมาะสมในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สำคัญในพืชเศรษฐกิจ 3 ชนิด ได้แก่ คะน้า หอมแบ่ง และมันสำปะหลัง นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาเทคนิคการใช้อากาศยานไร้คนขับในการประเมินสถานการณ์การระบาดและความเสียหายจากหนอนหัวดำและแมลงดำหนามในมะพร้าว และไรแดงในมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นศัตรูพืชที่สำคัญและสร้างความเสียหายให้กับพืชเศรษฐกิจทั้ง 2 ชนิด อย่างเป็นวงกว้าง ซึ่งโครงการนี้ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการ 2 ปี

ผลที่ได้จากการวิจัยนี้จะเกิดผลผลิตที่เป็นองค์ความรู้โดย 1) ได้เทคนิคและอัตราการพ่นสารที่เหมาะสมด้วยอากาศยานไร้คนขับในการป้องกันกำจัดศัตรูคะน้า หอมแบ่ง และมันสำปะหลัง 2) ได้ต้นแบบและภาพถ่ายที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลัง แมลงดำหนามมะพร้าว และหนอนหัวดำมะพร้าว ในสภาพแปลงทดลอง ผลกระทบจากโครงการเกิดขึ้นใน 2 มิติ ได้แก่ผลกระทบด้านนโยบายและยุทธศาตร์ชาติด้านการเกษตร เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากการใช้วิธีการที่ทันสมัย รวมทั้งช่วยแก้ปัญหาความเสียหายจากศัตรูพืชได้อย่างรวดเร็ว ทันต่อเหตุการณ์และมีความแม่นยำ และเกษตรกรสามารถ

กรมวิชาการเกษตร

นำเทคโนโลยีการใช้อากาศยานไร้คนขับไปใช้ในการประกอบอาชีพ เป็นการสร้างงานและรายได้ สำหรับหน่วยงานของรัฐ ภาคเอกชน สามารถนำต้นแบบการประเมินความเสียหายหรือการระบาดของศัตรูพืชมาพัฒนาระบบหรือซอฟต์แวร์ในพืชอื่น ๆ เพื่อใช้เตือนภัยให้กับเกษตรกร หรือจำหน่ายนำเงินตราเข้าสู่ประเทศ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลกระทบด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยทำให้เกษตรกรมีสุขภาพดีขึ้น ปลอดภัยจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช เนื่องจากการใช้เครื่องมือที่ทันสมัยในการป้องกันกำจัด ลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลให้กับภาครัฐ และลดผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมที่จะตามมาในอนาคตซึ่งมิอาจประเมินมูลค่าได้ โครงการวิจัยนี้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงานยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก

เอกสารรายงานฉบับนี้เป็นการสรุปผลการดำเนินการของแผนงานย่อยวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งดำเนินงานระหว่างปี 2563-2564 ขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในการจัดทำรายงานฉบับนี้ทุกท่านและหากมีข้อผิดพลาดใด ๆ ในฐานะหัวหน้าโครงการวิจัยต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

สารบัญ	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
ผู้วิจัย	2
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	2
บทนำ	3
บทคัดย่อ	6
1. **โครงการที่ 1** โครงการวิจัยเทคนิคเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช	7
2. **โครงการที่ 2** โครงการวิจัยและพัฒนาเทคนิคการพ่นสารและประมวลผลภาพถ่ายเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดและตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชด้วยอากาศยานไร้คนขับ	19
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	40
บรรณานุกรม	47

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

รายงานแผนงานย่อยวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศ งบประมาณ 2559-2564 ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือ จากบุคคลหลายท่าน ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่จัดสรรงบประมาณสนับสนุนให้โครงการวิจัยนี้ได้ดำเนินการ ขอขอบคุณนักวิจัยทุกท่านซึ่งไม่อาจกล่าวนามได้หมด ที่ให้ความร่วมมือในการทำงานและส่งผลการทดลอง รายงานนี้ไม่อาจเกิดขึ้นได้ถ้าไม่ได้รับความร่วมมือจากทุกท่าน

ขอขอบคุณ นายพิเชฐ เชาวน์วัฒนวงศ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านศัตรูพืชที่ให้คำปรึกษา ให้ข้อเสนอแนะในการจัดทำรายงานโครงการวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณ นางสาวสุชาดา สุพรศิลป์ และนายจักรพงศ์ โภคพูลสมบัติ ที่ช่วยรวบรวมและจัดพิมพ์รายงานสุดท้ายขอขอบคุณ ผู้อำนวยการสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กลุ่มบริหารโครงการวิจัย กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร ที่ช่วยประสานงานในด้านต่าง ๆ ให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานด้านอารักขาพืชกรรมของกรมวิชาการเกษตร และของประเทศไทยในอนาคต

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท Pruetthichat Punyawattoe

สิริกัญญา ขุนวิเศษ Sirikanya Khunwiset

วรวิช สุดจริตธรรมจริยางกูร Woravit Sutjaritthammajariyangkun

สุภางคนา ถิรวุธ Supangkana Thirawut

จรัญญา ปิ่นสุภา Jarunya Pinsupa

ภัทร์พิชชา รุจิระพงศ์ชัย Phatphitcha Rujirapongchai

นลินา ไชยสิงห์ (Nalina Chaiyasing

ยุรวรรณ อนันตนมณี Yurawan anantanamanee

ปรัชญา เอกฐิน Pruchya Ekkathin

ดารุณี ปุญญพิทักษ์ Darunee Punyaphithak

นายอนุสรณ์ พงษ์มี Anusorn Pongmee

นางสาวพัชรีวรรณ จงจิตต์เมต Patchareewan Chongchitmate

นายวีรชัย สมศรี Weerachai Somsri

นางอุราพร หนูนารถ Uraporn Nounart

นายวิชัย โอภานุกุล Wichai Opanukul

นายอานนท์ สายคำฟู Arnon Saicomfu

นายณพชรกร ธไภษัชย์ Naphacharakorn Ta-Phaisach

นายวีรชัย สมศรี Weerachai Somsri

นายจิรวัสส์ เจียตระกูล Jirawat Chiatrakul

นางบุษราคัม อุดมศักดิ์ Boossaracum Udomsak

นางสาวทิพวรรณ กัณหาญาติ Tippawan Kanhayart

นางสาวสุชาดา สุพรศิลป์ Suchada Supornsin

นางสาวสุณีรัตน์ สีมะเดื่อ Suneerat Seemadua

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

EU	= Emission Uniformity ความสม่ำเสมอของการกระจายน้ำ
O.D.	= Optical Density ค่าการดูดกลืนแสงของตัวกลาง หรือสารละลายเมื่อมีแสงผ่าน
OECD	= Organisation for European Economic Co-operation
UAV	= Unmanned Aerial Vehicle
GPS	= Global Positioning System
GIS	= Geographic Information System
GNDVI	= Green normalized difference vegetation index
pNIR	= ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นใกล้ อินฟราเรด 800 nm
pR	= ค่าการสะท้อนแสง ในช่วงคลื่นสีแดง 650 nm
M	= ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบพืชที่ เครื่องวัดอ่านได้ จะเป็นตัวเลขดิจิตอล
Chl	= ปริมาณความเข้มข้นของค่าคลอโรฟิลล์ (มีหน่วยเป็น µmol m-2)

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ปัญหาการอารักขาพืชของประเทศไทยในปัจจุบัน นอกจากจะเกิดจากปัญหาการระบาดของศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการระบาดทำลายในพืชเศรษฐกิจก่อให้เกิดความสูญเสียเป็นจำนวนมากในแต่ละปีแล้ว ปัญหาที่มีความสำคัญมากอีกปัญหาหนึ่งก็คือการหาแนวทางหรือวิธีการป้องกันกำจัดที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งวิธีการหนึ่งที่เป็นที่นิยมของเกษตรกรทำเนื่องจากเป็นวิธีการที่สะดวก รวดเร็วและง่ายต่อการปฏิบัติ ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ก็คือ “การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช” วิธีการดังกล่าวถึงแม้จะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพวิธีการหนึ่ง อย่างไรก็ตามด้วยการปฏิบัติและแนวความคิดที่ไม่คำนึงถึงต้นทุนและทรัพยากรที่ใช้ที่มีอย่างจำกัด รวมทั้งการไม่ให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยในการใช้สาร จึงทำให้วิธีการดังกล่าวพบกับอุปสรรคและปัญหาที่ตามมาในหลายประเด็น ได้แก่

- ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ในปัจจุบันเกษตรกรไทยมีอายุเฉลี่ยสูงขึ้นเรื่อย ๆ และคนรุ่นใหม่ไม่ต้องการเข้าสู่ภาคเกษตร จนเป็นสาเหตุให้ขาดแรงงานในการที่จะเข้ามาปฏิบัติงานในด้านนี้ หรือแม้จะสามารถหาแรงงานข้ามชาติมาทำงานด้านการเกษตรได้ก็ไม่สามารถลดต้นทุนการผลิตได้เนื่องจากค่าจ้างแรงงานของแรงงานข้ามชาติเหล่านี้ในปัจจุบันก็มีอัตราค่าจ้างในอัตราเดียวกับคนในประเทศ (กรวิทย์, 2558)

- ปัญหาการขาดแคลนน้ำจนเป็นเหตุให้เกิดผลกระทบกับการเพาะปลูกหรือการทำกิจกรรมทางการเกษตร เช่น ขาดน้ำที่มีคุณภาพในการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2558)

- ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เช่น การรุกของน้ำเค็มในจังหวัดที่ใกล้ชายฝั่งจนอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (สุรัตน์, 2558)

- ปัญหาของเกษตรกรในประเทศขาดความรู้ในเรื่องของการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ถูกต้องและมีการใช้สารอย่างฟุ่มเฟือย จนเป็นเหตุให้สถิติการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรเพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งจากสถิติการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี 2553-2556 พบว่ามีการนำเข้าสารฆ่าแมลงเพิ่มขึ้นจาก 109,908 ตัน เป็นมูลค่า 19,182 ล้านบาท ในปี 2553 เพิ่มขึ้นเป็น 164,343 ตัน ในปี 2556 คิดเป็นมูลค่าถึง 22,044 ล้านบาท (สำนักควบคุมพืชและวัสดุเกษตร, 2557)

- ปัญหาการขาดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณภาพของน้ำที่ใช้ผสมสาร การผสมสารเสริมประสิทธิภาพ และการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชแบบเดี่ยวและแบบผสม (Tank mixtures) จนเป็นสาเหตุให้การพ่นสารไม่มีประสิทธิภาพ (ดำรงและคณะ, 2554)

- ปัญหาต้นทุนการป้องกันกำจัดศัตรูพืชของประเทศไทยสูงเป็นลำดับต้นๆ ในกลุ่มประเทศสมาชิกอาเซียน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558)

- ปัญหาเกษตรกรที่ป่วยจากสาเหตุการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีอัตราที่เพิ่มขึ้นทุกปี (Ministry of Public Health, 2011)

จากสภาพปัญหา การวิจัยเทคนิคเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เช่น การพัฒนาเทคนิคและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ ประหยัดและปลอดภัยแนะนำสู่เกษตรกรในทุกกลุ่มเป้าหมาย การวิจัยเรื่องสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ คุณภาพของน้ำที่ใช้ผสมสาร การผสมสารเสริมประสิทธิภาพ ความคงทนของสารต่อสภาพแวดล้อม และการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชแบบเดี่ยวและแบบผสม จึงเป็นงานวิจัยที่สำคัญและสามารถนำมาช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว ดังตัวอย่างในประเทศที่พัฒนาแล้วหลายประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ยุโรป และญี่ปุ่น หรือแม้กระทั่งประเทศสมาชิกในประชาคมอาเซียน เช่น มาเลเซีย อินเดีย และจีน ที่ให้ความสำคัญและพัฒนางานวิจัยด้านนี้อย่างต่อเนื่อง (Zijlstra *et al*., 2011; ธีรเกียรติ์, 2558) จึงทำให้การป้องกันกำจัดมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าและมี

กรมวิชาการเกษตร

ต้นทุนการใช้สารที่ต่ำกว่าการปฏิบัติของเกษตรกรถึง 30% รวมทั้งสามารถลดต้นทุนเรื่องแรงงานในการพ่นสารลงกว่า 20% (Bravo *et al*., 2003; Mairhofer *et al*., 2009)

นอกจากงานที่ได้กล่าวข้างต้น ในปัจจุบันการนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในการป้องกันกำจัดและประเมินสถานการณ์การระบาดของศัตรูพืช ก็เป็นอีกงานที่มีประโยชน์และเป็นที่นิยมกันมากในประเทศที่พัฒนาแล้วหลายประเทศเช่นกัน สำหรับในประเทศไทยการสำรวจและการป้องกันกำจัดยังคงใช้แรงงานคนเป็นหลัก บางครั้งเนื่องจากข้อจำกัดด้านทรัพยากรบุคคลทำให้ไม่สามารถสำรวจและแจ้งเตือนได้ทันจนเป็นสาเหตุให้การระบาดเกิดขึ้นอย่างว้างขวาง นอกจากนี้การใช้แรงงานคนในการพ่นสารยังเป็นเรื่องยากที่จะควบคุมประสิทธิภาพในการทำงานตลอดจนอัตราการใช้สารเหมาะสม อีกทั้งยังพบความเสี่ยงในเรื่องของการสัมผัสสารของผู้ปฏิบัติอีกด้วย

งานวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการประเมินสถานการณ์การระบาดและประเมินความเสียหายแนวใหม่ที่มีความแม่นยำและรวดเร็ว รวมทั้งใช้ในการวางมาตรฐานการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับในประเทศที่จำเป็นต้องมีข้อมูลพื้นฐานด้านวิชาการ สำหรับการออกกฎหมายควบคุมการปฏิบัติงาน รวมถึงข้อกำหนดต่าง ๆ เช่น การฝึกอบรมและออกใบอนุญาตจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ เพื่อป้องกันปัญหาที่จะตามมาทั้งในเรื่องของประสิทธิภาพ ความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (FAO, 2018) นอกจากนี้เมื่อประเทศเพื่อนบ้านหรือประเทศคู่แข่งทางการค้านำงานด้านนี้มาใช้ในเชิงพาณิชย์ในเมื่อใด อาจทำให้ประเทศไทยจะสูญเสียโอกาสในการแข่งขัน เนื่องจากต้นทุนการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สูงกว่านั่นเอง

ด้วยเหตุนี้ จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวใช้ในเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นคำแนะนำและเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกร ตลอดจนใช้ในการต่อยอดเพื่อพัฒนาระบบการอารักขาพืชแม่นยำสูงซึ่งสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาประเทศสู่การเกษตร 4.0 ของไทย

วัตถุประสงค์ของแผนงานวิจัยย่อย

1. เพื่อศึกษาเทคนิค อุปกรณ์การใช้สารแบบใหม่ๆ และปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช
2. เพื่อศึกษาเทคนิคการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับในการลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางมาตรฐานอากาศยานไร้คนขับสำหรับพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย ตลอดจนเทคนิคการใช้อากาศยานไร้คนขับในการการประเมินสถานการณ์การระบาดหรือความเสียหายจากศัตรูพืชที่มีความแม่นยำและรวดเร็ว

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาเทคนิค อุปกรณ์การใช้สารแบบใหม่ ๆ ในพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ เห็ด หน่อไม้ฝรั่ง กล้วยไม้ ส้มเขียวหวาน อ้อยและอ้อย รวมทั้งศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ การผสมสารแบบ tank mixed คุณภาพน้ำและสารเสริมประสิทธิภาพต่าง ๆ ที่เหมาะสม รวมทั้งศึกษาอนุภาคนาโนคอปเปอร์ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ โดยได้ทำการศึกษาในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ คะน้า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ทั้งในห้องปฏิบัติการ โรงเรือนทดลอง และแปลงทดลองในการแนะนำสู่เกษตรกร ผลการทดลองที่ได้จากโครงการวิจัยนี้จะทำให้ได้ข้อมูลสำคัญต่าง ๆ ได้แก่ อัตราพ่นที่เหมาะสมสำหรับสารชีวภัณฑ์ในในการป้องกันกำจัดด้วงเจาะเห็ด เทคนิคการพ่นสารด้วยคานหัวฉีดแบบต่าง ๆ ในกระเจี๊ยบเขียวและกล้วยไม้ ระบบการให้น้ำแบบสปริงเกอร์ในการควบคุมด้วงหมัดผักในคะน้าด้วยไส้เดือนฝอย ระบบและสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทางระบบน้ำหยด เทคนิคการพ่นสารด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมขนาดใหญ่ในอุ่นเทคนิค และวิธีฉีดสารเข้าต้นในส้มเขียวหวาน ข้อมูลสารเสริมประสิทธิภาพที่มีต่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดและความคงทนของสารฆ่าแมลงในสภาพแปลงทดลอง ข้อมูลสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกผสม

กรมวิชาการเกษตร

ร่วมกับประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกที่มีประสิทธิภาพแนะนำในการควบคุมวัชพืช ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย และมันสำปะหลัง รวมทั้งอนุภาคนาโนคอปเปอร์ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคใบจุดพริก

2. ศึกษาหาอัตราพ่นที่เหมาะสมในในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในพืชเศรษฐกิจ 3 ชนิด ได้แก่ คะน้า หอมแบ่ง และมันสำปะหลัง ตลอดจนศึกษาเทคโนโลยีการประเมินสถานการณ์การระบาดหรือความเสียหายจากศัตรูพืชที่มีความแม่นยำและรวดเร็วจากหนอนหัวดำและแมลงดำหนามในมะพร้าว และไรแดงในมันสำปะหลัง การศึกษาดังกล่าวเป็นการศึกษาเบื้องต้นภายในสภาพห้องปฏิบัติการ โรงเรือนและแปลงของเกษตรกร

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การพัฒนาเทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศเพื่อประยุกต์ใช้ในงานอารักขาพืชเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติสู่เกษตร 4.0 แผนงานวิจัยย่อยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) ศึกษาเทคนิค อุปกรณ์การใช้สารแบบใหม่ๆ และปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 2) ศึกษาอัตราพ่นที่เหมาะสมจากการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในพืชเศรษฐกิจ และ 3) ศึกษาเทคนิคการใช้อากาศยานไร้คนขับในการประเมินสถานการณ์การระบาดและความเสียหายจากศัตรูพืช ผลการศึกษาโดยสรุปดังนี้ 1) ได้เทคนิค อัตราพ่น และอุปกรณ์พ่นสารที่เหมาะสมในพืชเศรษฐกิจชนิดต่าง ๆ 2) ได้ข้อมูลประสิทธิภาพของการใช้สารแบบผสม สารเสริมประสิทธิภาพและคุณภาพน้ำที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช 3) ได้อัตราพ่นที่เหมาะสมในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ และ 4) ได้ต้นแบบและภาพถ่ายที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์การระบาดและความเสียหายจากศัตรูพืช ข้อมูลที่ได้จากแผนงานวิจัยย่อยนี้เป็นความรู้ใหม่และเป็นต้นแบบเทคโนโลยีและนวัตกรรมการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถใช้ในการแก้ไขปัญหาศัตรูพืช เพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และยังสามารถใช้ในการถ่ายทอดและให้คำแนะนำเกษตรกร รวมทั้งใช้ในการกำหนดนโยบายการป้องกันกำจัดศัตรูพืชสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย

Abstract

The development of pesticide application techniques and aerial image processing for crop protection is important for driving the national strategy toward Agriculture 4.0. The aims of this study are as follows: 1) to examine the use of new substances and the factors affecting the efficiency of pesticides; 2) to identify the optimum spray rate by unmanned aerial vehicles for economy crops; and 3) to analyse the techniques used by unmanned aerial vehicles to assess outbreaks and damage to crops from pests. The results of the study are summarised as follows: 1) appropriate techniques, spray rates, and spraying equipment were obtained for various economic crops; 2) the efficiency of additives and water quality affecting the effectiveness of pesticides was assessed; 3) appropriate spraying rates were obtained for the prevention of pests by unmanned aerial vehicles; and 4) prototypes and photographs were analysed to assess the performance of unmanned vehicles in identifying outbreaks and pest damage.

The information obtained from this sub-research is new knowledge and provides a model for high-efficiency pest control technologies and innovations. It can be used to address pest problems, increase efficiency, and reduce the use of pesticides. The results of this study can also be used to advise farmers and help in formulating policies to mitigate the use of pesticides on important economic crops in Thailand.

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 1

โครงการวิจัยเทคนิคเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

Research for increasing efficiency of Pesticide Application Technology

ผู้วิจัย

พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท Pruetthichat Punyawattoe
สิริกัญญา ขุนวิเศษ Sirikanya Khunwiset
วรวิช สุดจริตธรรมจริยางกูร Woravit Sutjaritthammajariyangkun
สุภางคนา ถิรวุธ Supangkana Thirawut
จรัญญา ปิ่นสุภา Jarunya Pinsupa
ภัทร์พิชชา รุจิระพงศ์ชัย Phatphitcha Rujirapongchai
นลินา ไชยสิงห์ (Nalina Chaiyasing
ยุรวรรณ อนันตนมณี Yurawan anantanamanee
ปรัชญา เอกฐิน Pruchya Ekkathin
ดารุณี ปุญญพิทักษ์ Darunee Punyaphithak

คำหลัก: เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช, คานหัวฉีด, เครื่องแอร์บลาสท์, ระบบสปริงเกอร์, ระบบน้ำหยด, การฉีดสารเข้าลำต้น, สารเสริมประสิทธิภาพ, คุณภาพน้ำ, การผสมสาร

Keywords: pesticide application technology, boom sprayer, airblast sprayer, sprinkler system, drip water system, trunk injection, Water quality, Tank mixed

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยเทคนิคเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเป็นงานที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ลดต้นทุนการผลิต และลดอันตรายจากการใช้สารของผู้ปฏิบัติงาน รวมทั้งสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลในเกษตรปลอดภัย กรมวิชาการเกษตรจึงได้จัดทำโครงการ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาเทคนิค อุปกรณ์การใช้สารแบบใหม่ ๆ ในพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ เห็ด หน่อไม้ฝรั่ง กล้วยไม้ ส้มเขียวหวาน อ้อยและอ้อย รวมทั้งศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ การผสมสารแบบ tank mixed คุณภาพน้ำและสารเสริมประสิทธิภาพต่าง ๆ ที่เหมาะสม รวมทั้งศึกษาอนุภาคนาโนคอปเปอร์ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ โดยได้ทำการศึกษาในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ คะน้า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ทั้งในห้องปฏิบัติการ โรงเรือนทดลอง และแปลงทดลองในการแนะนำสู่เกษตรกร ผลการทดลองที่ได้จากโครงการวิจัยนี้จะทำให้ได้ข้อมูลสำคัญต่าง ๆ ได้แก่ อัตราพ่นที่เหมาะสมสำหรับสารชีวภัณฑ์ในในการป้องกันกำจัดด้วงเจาะเห็ด เทคนิคการพ่นสารด้วยคานหัวฉีดแบบต่าง ๆ ในกระเจี๊ยบเขียวและกล้วยไม้ ระบบการให้น้ำแบบสปริงเกอร์ในการควบคุมด้วงหมัดผักในคะน้าด้วยไส้เดือนฝอย ระบบและสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทางระบบน้ำหยด เทคนิคการพ่นสารด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมขนาดใหญ่ในอ้อย เทคนิค และวิธีฉีดสารเข้าต้นในส้มเขียวหวาน ข้อมูลสารเสริมประสิทธิภาพที่มีต่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดและความคงทนของสารฆ่าแมลงในสภาพแปลงทดลอง ข้อมูลสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกผสมร่วมกับประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกที่มีประสิทธิภาพแนะนำในการควบคุมวัชพืช ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย และมันสำปะหลัง รวมทั้งอนุภาคนาโนคอปเปอร์ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคใบจุดพริก ซึ่งงานวิจัยในเรื่องต่าง ๆ เหล่านี้เป็นหัวใจหลักในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยตรง จะช่วยในการลดปัญหาการสูญเสียผลผลิตเกษตรทั้งด้านคุณภาพและปริมาณเนื่องจากการระบาดทำลายของศัตรูพืชที่ในประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Abstract

Research on techniques to optimise the use of pesticides is an important task since it helps to reduce production costs and potential exposure to workers from hazardous substances, in accordance with the government's policy on safe agriculture. The main objective of the project initiated by the Department of Agriculture is to encourage research into new application techniques and equipment for cash crops, including mushrooms, asparagus, orchids, tangerines, sugarcane, and grapes. This study therefore examines the factors affecting the efficacy of pesticide applications, such as tank mix, water quality, and various appropriate additives. For instance, copper nanoparticles have been found to inhibit the growth of infection. Important cash crops such as kale, maize, sugarcane, and cassava are analysed in this study, both in the laboratory and on experimental plots for potential use by farmers.

The experimental results obtained from this research project will provide important information on the optimum spray rate for bio-chemicals in mushroom borer control, boom spray techniques for okra and orchids, a sprinkler irrigation system for kale flea beetle control with nematodes, the use of pesticides in drip irrigation systems, techniques for using airblast sprayers

กรมวิชาการเกษตร

in grapes, and injecting methods in tangerines. This study examines the relevant data on additives for the prevention and persistence of pesticides in experimental conditions. An effective pre-germinated herbicide in combination with a post-germination herbicide is essential for weed control in maize, sugarcane, and cassava, including copper nanoparticles that can inhibit the growth of chili leaf spot pathogens.

Research in these areas is key to increasing efficiency in the use of pesticides. It will help to effectively reduce the problem of agricultural loss in terms of quality and quantity due to pest infestations in Thailand.

บทนำ

ปัญหาการอารักขาพืชของประเทศไทยในปัจจุบัน นอกจากจะเกิดจากปัญหาการระบาดของศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการระบาดทำลายในพืชเศรษฐกิจก่อให้เกิดความสูญเสียเป็นจำนวนมากในแต่ละปีแล้ว ปัญหาที่มีความสำคัญมากอีกปัญหาหนึ่งก็คือการหาแนวทางหรือวิธีการป้องกันกำจัดที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งวิธีการหนึ่งที่เป็นที่นิยมของเกษตรกรทำเนื่องจากเป็นวิธีการที่สะดวก รวดเร็วและง่ายต่อการปฏิบัติ ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ก็คือ “การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช” วิธีการดังกล่าวถึงแม้จะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพวิธีการหนึ่ง อย่างไรก็ตามด้วยการปฏิบัติและแนวความคิดที่ไม่คำนึงถึงต้นทุนและทรัพยากรที่ใช้ที่มีอย่างจำกัด รวมทั้งการไม่ให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยในการใช้สาร จึงทำให้วิธีการดังกล่าวพบกับอุปสรรคและปัญหาที่ตามมาในหลายประเด็น

จากสภาพปัญหา การวิจัยเทคนิคเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เช่น การพัฒนาเทคนิคและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ ประหยัดและปลอดภัยแนะนำ รวมทั้งการวิจัยเรื่องสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ คุณภาพของน้ำที่ใช้ผสมสาร การผสมสารเสริมประสิทธิภาพ ความคงทนของสารต่อสภาพแวดล้อม และการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชแบบเดี่ยวและแบบผสม จึงเป็นงานวิจัยที่สำคัญ ดังตัวอย่างในประเทศที่พัฒนาแล้วหลายประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ยุโรป และญี่ปุ่น หรือแม้กระทั่งประเทศสมาชิกในประชาคมอาเซียน เช่น มาเลเซีย อินเดีย และจีน ที่ให้ความสำคัญและพัฒนางานวิจัยด้านนี้อย่างต่อเนื่อง (Zijlstra et al., 2011; ธีรเกียรติ์, 2558) จึงทำให้การป้องกันกำจัดมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าและมีต้นทุนการใช้สารที่ต่ำกว่าการปฏิบัติของเกษตรกรถึง 30% รวมทั้งสามารถลดต้นทุนเรื่องแรงงานในการพ่นสารลงกว่า 20% (Bravo et al., 2003; Mairhofer et al., 2009)

ด้วยเหตุนี้ จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวใช้ในเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นคำแนะนำและเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกร

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาเทคนิค อุปกรณ์การใช้สารแบบใหม่ๆ และปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

การทบทวนวรรณกรรม

เทคโนโลยีหรือเทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (Pesticide Application Technology) เป็นเทคโนโลยีหรือเทคนิคการใช้สารที่เหมาะสม ทั้งการพ่นทางใบ ตลอดจนเทคนิคการใช้สารแบบอื่นๆ เช่น การใช้สารร่วมกับระบบการให้น้ำ การใช้สารร่วมกับระบบน้ำหยดและการฉีดสารเข้าลำต้น รวมถึงการพัฒนาอุปกรณ์ในการใช้สารชนิดใหม่เพื่อให้การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีประสิทธิภาพ ประหยัดและปลอดภัย (Matthews, 2000) ซึ่งรายละเอียดของเทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชแบบต่าง ๆ มีดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

1. เทคนิคการใช้สารโดยการพ่นทางใบ

ดำรงและคณะ (2551) รายงานว่าในปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไม้นิยมใช้การพ่นสารด้วยเครื่องยนต์พ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงชนิดลากสาย ประกอบหัวฉีดแบบกรวยกลวงซึ่งทำด้วยสแตนเลส โดยใช้อัตราพ่นระหว่าง 200 - 250 ลิตรต่อไร่ ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงเกินกว่าอัตราที่แนะนำคือที่อัตรา 120 ลิตรต่อไร่ จนทำให้เกิดปรากฏการณ์การไหลรวมตัวของสารฆ่าแมลงและหยดลงสู่พื้นดิน (run off) เกิดการสูญเสียทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มโดยไม่จำเป็น และทำให้เกิดการตกค้างจนทำให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อมได้

Hermosilla *et al*. (2012) รายงานว่าการใช้คานหัวฉีดแบบลากพ่นสารละลายของสี kingkol tartrazine บนต้นมะเขือเทศที่ปลูกในลักษณะโรงเรือนให้การตกค้างของละอองสารบนต้นมากกว่าการพ่นสารโดยใช้ก้านฉีดแบบไกปืนถึง 34% นอกจากนี้ยังสามารถลดการสูญเสียลงสู่ดินมากกว่า 50% นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบเวลาการปฏิบัติงานพบว่าการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบลากสามารถทำงานได้รวดเร็วกว่าการพ่นสารโดยใช้ก้านฉีดแบบไกปืน

Nuyttens *et al*. (2004) รายงานว่าการพ่นสารละลายคีเลทด้วยคานหันฉีดแบบแนวตั้งในโรงเรือนที่ปลูกพริกไทยและมะเขือเทศพบการตกค้างของสารละลายตกค้างมากกว่าการพ่นสารแบบดั้งเดิมคือพ่นด้วยก้านฉีดประกอบหัวฉีดแบบกรวยกลวง นอกจากนี้ยังให้ความสม่ำเสมอของละอองสารในส่วนต่างๆ ของพืชมากกว่า อีกทั้งมีการสูญเสียและตกค้างบนตัวผู้พ่นน้อยกว่าประมาณ 20 - 30%

Wise (2552) รายงานว่าเครื่องพ่นสารแบบ airblast ใช้อัตราพ่นที่ 468 ลิตรต่อเฮกแตร์ ให้เปอร์เซ็นต์สูงสุดของครอบคลุมภายในและภายนอกทรงพุ่มอ่อน คือสูงที่สุดในด้านจำนวนความหนาแน่นของละอองสาร และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของละอองสารเล็กสุด ในขณะที่การวัดข้อมูลเหล่านี้นั้นแสดงให้เห็นถึงการมีบทบาทความสัมพันธ์การกระจายของละอองสารสู่เป้าหมายที่สามารถปรับให้เหมาะสมกับเครื่องพ่นสารเคมี airblast โดยการเลือกปริมาณน้ำที่เหมาะสม

2. เทคนิคการใช้สารด้วยวิธีการอื่น ๆ

2.1 เทคนิคการใช้สารร่วมกับระบบการให้น้ำแบบสปริงเกอร์

Juan *et al*. (2008) รายงานผลของระบบการให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์ที่มีต่อไส้เดือนฝอย *Heterorhabditis baujardi* LPP7 ระยะ IJ โดยได้ทดสอบความอยู่รอด ประสิทธิภาพในการเข้าทำลายแมลงและการค้นหาแมลงศัตรูพืช ของไส้เดือนฝอย *H. baujardi* LPP7ระยะ IJ ที่ปล่อยไปตามระบบน้ำสปริงเกอร์ ผลการทดลองพบว่า ระบบการให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์ไม่มีผลกระทบต่อความอยู่รอด ประสิทธิภาพในการเข้าทำลายแมลงและการค้นหาแมลงศัตรูพืชของไส้เดือนฝอย *H. baujardi* LPP7 ระยะ IJ

2.2 เทคนิคการใช้สารร่วมกับระบบระบบน้ำหยด

Ghidiu *et al*. (2009) ได้ทำการใช้สาร chlorantraniliprole ผ่านทางการให้น้ำแบบระบบน้ำหยด เพื่อใช้ควบคุมหนอนเจาะลำต้นข้าวโพด (European corn borer) ในพริกหยวกพบว่าผลพริกหยวกที่เสียหายจากหนอนเจาะลำต้นข้าวโพดมีจำนวนลดลง และการใช้สาร chlorantraniliprole ผ่านทางการให้น้ำแบบระบบน้ำหยดจำนวน 2 ครั้ง มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนเจาะลำต้นข้าวโพด ดีเทียบเท่ากับการพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงตามโปรแกรมพ่นสารซึ่งต้องพ่นหลายครั้ง

Ghidiu *et al*. (2012) รายงานว่าการให้น้ำแบบระบบน้ำหยดเริ่มมีการใช้ครั้งแรกในช่วงปลายปี ค.ศ. 1800 ซึ่งการนำมาใช้ในระยะแรกมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมความชื้นภายในดิน การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชผ่านทางระบบน้ำหยดมีได้มีการทดลองใช้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1980 โดยใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในกลุ่ม carbamates และ organophosphates แต่ไม่ค่อยประสบความสำเร็จในการใช้ ปัจจุบันมีสารป้องกันกำจัดแมลงที่ถูกพัฒนาขึ้นใหม่ เช่น สารกลุ่ม neonicotinoids และสารกลุ่ม anthranilic diamides ซึ่งสามารถนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชผักหลายชนิดผ่านทางระบบน้ำหยด

กรมวิชาการเกษตร

การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชผ่านทางการให้น้ำแบบระบบน้ำหยดเป็นการลดปริมาณการใช้สารลงเมื่อเปรียบเทียบกับการพ่นสารทางใบตามปกติ การทดลองในพืชผักหลายการทดลอง การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชผ่านทางการให้น้ำแบบระบบน้ำหยด 1 - 2 ครั้งต่อฤดูปลูก มีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือดีกว่าการพ่นสารทางใบตามปกติจำนวนหลายครั้งต่อฤดูปลูก

Lahm *et al*. (2007) รายงานว่าการใช้สาร chlorantraniliprole เป็นสารชนิดหนึ่งที่อยู่ในกลุ่ม anthranilic diamides ซึ่งมีคุณสมบัติในการเคลื่อนที่ได้ในระบบท่อน้ำของพืชโดยผ่านการดูดซึมทางราก และสามารถเคลื่อนที่ไปยังเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของพืชได้ โดยควบคุมแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด

Schuster *et al*. (2009) รายงานว่าการใช้สาร chlorantraniliprole ผ่านทางการให้น้ำแบบระบบน้ำหยด มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนแมลงวันชอนใบ (*Liriomyza trifolii*) และ หนอนกระทู้ (*Spodoptera* spp.) ในมะเขือเทศ

2.3 เทคนิคการใช้สารโดยการฉีดสารเข้าต้น

สุเทพ และคณะ (2556) รายงานว่าการฉีดสาร emamectin benzoate อัตรา 30 มิลลิลิตรต่อต้น มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวได้ประมาณ 3 เดือน

Buitendag and Bronkhorst (1980) รายงานว่าการฉีดสารเข้าต้นด้วยสาร monocrotophos มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดเพลี้ยหอยสีแดง *Aonidiella aurantii* เพลี้ยอ่อน *Toxoptera citricida* และเพลี้ยไก่แจ้ *Trioza erytreae* ในพืชตระกูลส้ม

Grosman *et al*. (2009) รายงานว่าการใช้วิธี Trunk injection ด้วยสาร emamectin benzoate จะมีประสิทธิภาพป้องกันกำจัด Southern pine beetle; *Deendroctonus frontalis* ในพืช Loblolly pine

He *et al*. (2005) รายงานว่า ในสิงคโปร์การใช้สาร imidacloprid ด้วยวิธีการฉีดสารลงดินบริเวณรากการราดสารรอบโคนต้น หรือการพ่นทางใบ มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงดำหนามในปาล์ม กรณีการระบาดรุนแรงการพ่นทางใบจะทำให้ลดการระบาดได้อย่างทันเหตุการณ์ กรณีที่แหล่งระบาดอยู่ใกล้ชุมชน หรือต้นปาล์มที่สูงมากแนะนำให้ใช้ราดโคนต้น ส่วนอัตราการใช้จะขึ้นกับขนาดความสูงของต้นปาล์ม ที่ฟิลิปินส์

Varca และ Fabro (2008) รายงานว่าการใช้สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ เช่น thiamethoxam, imidacloprid, clothianidin โดยวิธี trunk injection มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงดำหนามมะพร้าวได้ประมาณ 1 เดือน ที่เวียดนาม และรายงานว่าการใช้สาร diazinon 10%G 30 กรัมใส่ถุงชา (sachets) สอดไว้ตามยอดมะพร้าวมีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดแมลงดำหนามได้นาน 45 วัน

ระเบียบวิธีการวิจัย

ศึกษาเทคนิค อุปกรณ์การใช้สารแบบใหม่ ๆ ในพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ เห็ด หน่อไม้ฝรั่ง กล้วยไม้ ส้มเขียวหวาน อ้อยและอ่อน รวมทั้งศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ การผสมสารแบบ tank mixed คุณภาพน้ำและสารเสริมประสิทธิภาพต่าง ๆ ที่เหมาะสม รวมทั้งศึกษาอนุภาคนาโนคอปเปอร์ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ โดยได้ทำการศึกษาในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ คะน้า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ทั้งในห้องปฏิบัติการ โรงเรือนทดลอง และแปลงทดลองในการแนะนำสู่เกษตรกร ผลการทดลองที่ได้จากโครงการวิจัยนี้จะทำให้ได้ข้อมูลสำคัญต่าง ๆ ได้แก่ อัตราพ่นที่เหมาะสมสำหรับสารชีวภัณฑ์ในในการป้องกันกำจัดด้วงเจาะเห็ด เทคนิคการพ่นสารด้วยคานหัวฉีดแบบต่าง ๆ ในกระเจี๊ยบเขียวและกล้วยไม้ ระบบการให้น้ำแบบสปริงเกอร์ในการควบคุมด้วงหมัดผักในคะน้าด้วยไส้เดือนฝอย ระบบและสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทางระบบน้ำหยด เทคนิคการพ่นสารด้วยเครื่องพ่นสารแบบใช้แรงลมขนาดใหญ่ในอ่อนเทคนิค และวิธีฉีดสารเข้าต้นในส้มเขียวหวาน ข้อมูลสารเสริมประสิทธิภาพที่มีต่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัด

กรมวิชาการเกษตร

และความคงทนของสารฆ่าแมลงในสภาพแปลงทดลอง ข้อมูลสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกผสมร่วมกับประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกที่มีประสิทธิภาพแนะนำในการควบคุมวัชพืช ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย และมันสำปะหลัง รวมทั้งอนุภาคนาโนคอปเปอร์ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคใบจุดพริก ซึ่งทุกการทดลองได้ดำเนินการตามมาตรฐานและระเบียบวิธีวิจัยที่ได้มาตรฐานตามสายงาน และได้ดำเนินการตามหลักสถิติ โดยผ่านการพิจารณาของนักสถิติทุกการทดลอง

ผลการวิจัย

กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

การทดลองที่ 1.1 พัฒนาเทคนิคการพ่นสารชีวภัณฑ์ในการป้องกันกำจัดด้วงเจาะเห็ด (*Cyllodes biplagiatus*) ในเห็ดนางฟ้าช่วงเก็บเกี่ยว

จากการทดลองพบว่าอัตราพ่นที่เหมาะสมสำหรับไส้เดือนฝอยอยู่ที่ 80-100 ลิตรต่อไร่ ส่วนการใช้สารฆ่าแมลง diflubenzuron 25% WP สามารถใช้อัตราพ่นได้ตั้งแต่ 60 ลิตรต่อไร่ การใช้ไส้เดือนฝอยเพื่อป้องกันกำจัดด้วงเจาะเห็ดในเห็ดนางฟ้า ต้องมีการพ่นไส้เดือนฝอยไม่ต่ำกว่า 3 ครั้ง จึงเริ่มเห็นผลในการป้องกันกำจัดด้วงเจาะเห็ด ดังนั้น เทคนิคการพ่นสาร อัตรา และระยะเวลาการพ่น จึงมีความสำคัญ เพื่อให้การนำไส้เดือนฝอยไปใช้ควบคุมแมลงได้อย่างถูกต้องและประสบความสำเร็จสูงสุด

การทดลองที่ 1.2 พัฒนาเทคนิคการพ่นสารในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้ายศัตรูกระเจี๊ยบเขียว

การใช้เครื่องพ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำสูง ประกอบก้านฉีดและหัวฉีดแบบต่างๆ ร่วมกับการใช้สารฆ่าแมลง flonicamid 50% WG อัตรา 3 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มที่ 29 จัดเป็นสารฆ่าแมลงกลุ่มใหม่ ให้ผลดีในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในกระเจี๊ยบเขียวและสามารถยืดระยะเวลาในการฉีดพ่นสารในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้ายได้นานถึง 14 วัน ดังนั้น การที่เกษตรกรเลือกใช้ยาฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพที่ดีในการป้องกันกำจัดแมลง สามารถช่วยประหยัดเวลาในการพ่นสารและช่วยลดต้นทุนในการพ่นสารได้อีกทางหนึ่ง

การทดลองที่ 1.3 พัฒนาเทคนิคการพ่นสารด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงลมขนาดใหญ่เพื่อป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในแปลงองุ่นแบบสภาพไร่

วิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงลมขนาดใหญ่ (Airblast) เป็นวิธีการพ่นสารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในแปลงองุ่นแบบสภาพไร่ ในส่วนการทดลองด้านกายภาพมีการตกค้างของละอองสารบนใบองุ่นไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีเกษตรกรที่ใช้เครื่องยนต์พ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง แต่ลดการสูญเสียของละอองสารที่ตกลงบนพื้นดิน และลดอันตรายจากผู้พ่นสารได้มากกว่า ในส่วนการทดลองด้านประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพืชที่สำคัญในองุ่นให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกันทั้งการทดลองในปี2562(เพลี้ยไฟ) และการทดลองในปี2563(ไรแดง) มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกับกรรมวิธีเกษตรกร แต่สามารถลดเวลาการทำงานได้ระหว่าง 83-91 เปอร์เซ็นต์อีกด้วย

การทดลองที่ 1.4 พัฒนาเทคนิคการพ่นสารด้วยคานหัวฉีดเพื่อป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในแปลงองุ่นแบบสภาพร่องสวน

วิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดประกอบหัวฉีดกรวยกลวง จำนวน 4 หัว (Boom sprayer) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในแปลงองุ่นแบบสภาพร่องสวน ในส่วนการทดลองด้านมีการตกค้างของละอองสารบนใบองุ่นไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีเกษตรกรที่ใช้เครื่องยนต์พ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง แต่ลดการสูญเสียของละอองสารที่ตกลงบนพื้นดิน และลดอันตรายจากผู้พ่นสารได้มากกว่า

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.5 พัฒนาเทคนิคการพ่นสารด้วยคานหัวฉีดแบบต่าง ๆ ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูที่สำคัญในกล้วยไม้

การพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบแนวตั้ง (vertical boom sprayer) และคานหัวฉีดแบบลาก (manual pulled trolley boom sprayer) ที่อัตราพ่น 120 ลิตรต่อไร่ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงประกอบก้านฉีดแบบปรับมุมด้านท้ายที่อัตราพ่น 120 ลิตรต่อไร่ (อัตราแนะนำ) และที่อัตราพ่น 160 ลิตรต่อไร่ (อัตราการใช้ของเกษตรกร) ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดทั้ง 2 แบบ มีการตกค้างของละอองสารบนดอกที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงประกอบก้านฉีดแบบปรับมุมด้านท้ายที่อัตราพ่น 120 และ 160 ลิตรต่อไร่ การพ่นด้วยคานหัวฉีดลดการสูญเสียของละอองสารได้มากกว่า 19-30 เปอร์เซ็นต์ และการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการพ่นทั้ง 4 วิธีด้วยการพ่นสารฆ่าแมลง spinetoram (Exalt 12 % SC) ที่อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร พบว่าทุกกรรมวิธีการพ่นมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟเมล่อนในกล้วยไม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และกรรมวิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดสามารถลดเวลาการทำงานได้ระหว่าง 36-62 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแนะนำและกรรมวิธีของเกษตรกรและลดปริมาณสารฆ่าแมลงได้ถึง 25% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีของเกษตรกร ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงความคุ้มค่าด้านประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลง การใช้เครื่องชนิดนี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งมีความเหมาะสม และสามารถนำไปแนะนำสู่เกษตรกรเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูกล้วยไม้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

การทดลองที่ 1.6 เทคนิคการใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* Weiser ควบคุมด้วงหมัดผักในคะน้าด้วยระบบการให้น้ำแบบสปริงเกอร์

จากการทดลองพบว่ากรรมวิธีปล่อยไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* อัตรา 320 ล้านตัว/น้ำ 160 ลิตร/ไร่ ไปตามระบบการให้น้ำแบบสปริงเกอร์, กรรมวิธีพ่นไส้เดือนฝอยด้วยเครื่องพ่นสารแบบสูบโยกสะพายหลัง อัตรา 320 ล้านตัว/น้ำ 160 ลิตร/ไร่ ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร, กรรมวิธีพ่นสารฟิโปรนิล 5% W/V SC อัตรา 50 มล./น้ำ 20 ลิตร และกรรมวิธีพ่นสารกำจัดด้วงหมัดผักตามกรรมวิธีของเกษตรกร เปรียบเทียบกับกรรมวิธีไม่ใช้สารกำจัดแมลงและไส้เดือนฝอยผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีพ่นสารกำจัดด้วงหมัดผักตามกรรมวิธีของเกษตรกรและกรรมวิธีพ่นสาร fipronil 5% W/V SC อัตรา 50 มล./น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักในคะน้าได้ดีกว่ากรรมวิธีปล่อยไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* อัตรา 320 ล้านตัว/น้ำ 160 ลิตร/ไร่ ไปตามระบบการให้น้ำแบบสปริงเกอร์ และกรรมวิธีพ่นไส้เดือนฝอยด้วยเครื่องพ่นสารแบบสูบโยกสะพายหลัง อัตรา 320 ล้านตัว/น้ำ 160 ลิตร/ไร่

การทดลองที่ 1.7 เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อควบคุมหนอนกออ้อยด้วยระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด

การศึกษาประสิทธิภาพเทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อควบคุมหนอนกออ้อยด้วยระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด ผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีการใช้สาร chlorantraniliprole 5.17% SC, สาร emamectin benzoate 1.92% EC และสาร cyantraniliprole 20% SC ร่วมกับระบบน้ำหยด มีแนวโน้มว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกออ้อย แต่เนื่องจากพบเปอร์เซ็นต์การทำลายของหนอนกออ้อยในแปลงค่อนข้างน้อยและมีการระบาดไม่สม่ำเสมอจึงควรดำเนินการทดลองซ้ำอีกครั้งเพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลอง

การทดลองที่ 1.8 การฉีดสารเข้าต้นเพื่อป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ เพลี้ยไก่แจ้ และหนอนชอนใบส้มเขียวหวาน

การศึกษาประสิทธิภาพการฉีดสารกำจัดแมลงชนิดต่าง ๆ เข้าสู่ลำต้นส้มเขียวหวานเพื่อป้องกันกำจัดเพลี้ยไก่แจ้ส้ม (*D. citri* Kuawayama) ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีใช้สาร thiamethoxam 25% WG อัตรา 4 กรัม/ต้น, clothianidin 16% SG อัตรา 4 กรัม/ต้น, imidacloprid 35% SC อัตรา 4 มิลลิลิตร/ต้น, dinotefuran

กรมวิชาการเกษตร

10% SL อัตรา 4 มิลลิลิตร/ต้น, emamectin benzoate 1.92% EC อัตรา 4 มิลลิลิตร/ต้น มีประสิทธิภาพในการป้องกำจัดเพลี้ยไก่แจ้ส้ม สำหรับกรรมวิธีใช้สาร abamectin 1.8% EC อัตรา 4 มิลลิลิตร/ต้น มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไก่แจ้ส้มต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารกำจัดแมลงชนิดอื่น ๆ

กิจกรรมที่ 2 การศึกษาผลของการใช้สารแบบผสม สารเสริมประสิทธิภาพและคุณภาพน้ำที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช

การทดลองที่ 2.1 ประสิทธิภาพของการใช้สารฆ่าแมลงแบบผสม (tank mixtures) ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.)

การทดสอบประสิทธิภาพของการใช้สารฆ่าแมลงแบบผสม (tank mixtures) ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก ด้วยสารฆ่าแมลง spinetoram 12% SC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, indoxacarb 15% SC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, emamectin benzoate 1.92% EC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, chlorfenapyr 10% SC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, fipronil 5% SC อัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, tolfenpyrad 16% EC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, Bt. Aizawai อัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, Bt. kurstaki อัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ผสมสารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb 80% WP อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และสาร dimethomorph 50% WP อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ผลการทดลองพบว่าสารฆ่าแมลงและสารป้องกันกำจัดโรคพืชที่ผสมกันในทุกกรรมวิธีสามารถละลายได้ดี โดยไม่เกิดการแยกชั้นที่เห็นด้วยสายตาตลอดจนไม่พบความเป็นพิษต่อพืชจากการผสมสารฆ่าแมลงและสารป้องกันกำจัดโรคพืชดังกล่าว สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพด้วยวิธีการ bioassays และสภาพแปลงทดลองนั้น พบว่าการผสมของสารฆ่าแมลงและสารป้องกันกำจัดโรคพืชแนะนำไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงแนะนำทั้ง 8 ชนิด ที่ใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า

การทดลองที่ 2.2 ผลของสภาพน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงและอายุการใช้งานของหัวฉีดที่ใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) ในคะน้า

การทดสอบผลของสภาพน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงที่ใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก *(Plutella xylostella* L.) ในคะน้า โดยใช้สารฆ่าแมลงที่แนะนำได้แก่สาร spinetoram 12% SC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, indoxacarb 15% SC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, emamectin benzoate 1.92% EC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, chlorfenapyr 10% SC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, fipronil 5% SC อัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, tolfenpyrad 16% EC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, *Bt. Aizawai* อัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, *Bt. kurstaki* อัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และน้ำสภาพต่าง ๆ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างที่ระดับ pH 4 - 9 ความเค็มที่ระดับ น้อยกว่า 0.2, 0.2-0.5, 0.5-1.5 และ มากกว่า1.5 g l^{-1} ความกระด้างที่ระดับ 50, 100, 200 และ 400 และความขุ่นของน้ำที่ระดับ ขุ่นมากและขุ่นน้อย ผลการทดลองพบว่าสารฆ่าแมลงในทุกกรรมวิธีสามารถละลายได้ดีในน้ำทุกคุณลักษณะ โดยไม่เกิดการแยกชั้นที่เห็นด้วยสายตาตลอดจนไม่พบความเป็นพิษต่อพืช จากการผสมสารฆ่าแมลงแนะนำในอัตราสูงสุดกับน้ำที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงในสภาพน้ำที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ ด้วยวิธีการ bioassays และสภาพแปลงทดลองนั้น พบว่าสภาพน้ำไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงแนะนำทั้ง 8 ชนิด ที่ใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า

การทดลองที่ 2.3 ผลของการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมกับสารกำจัดเพลี้ยไฟในข้าวนาหว่านน้ำตมที่มีผลต่อหญ้าข้าวนก

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรที่ปลูกข้าวในพื้นที่ภาคกลาง จำนวน 150 ราย พบว่า มีเกษตรกรถึง 77.3 เปอร์เซ็นต์ ที่มีพฤติกรรมการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมกับสารกำจัดเพลี้ยไฟฉีดพ่นในครั้งเดียวกัน โดยให้เหุตผล

กรมวิชาการเกษตร

ว่า การใช้สารกำจัดวัชพืชผสมกับสารกำจัดเพลี้ยไฟในนาข้าวเป็นการลดต้นทุนในการผลิต และประหยัดเวลาในการปฏิบัติงาน หากไม่ผสมสารกำจัดเพลี้ยไฟจะทำให้เพลี้ยไฟระบาดรุนแรงและจัดการไม่ทัน เกษตรกรกลุ่มนี้ยังคงปฏิบัติเช่นเดิมต่อไป เนื่องจากไม่พบว่าการใช้สารแบบผสมมีผลกระทบต่อต้นข้าว และทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชและเพลี้ยไฟด้อยลง

การใช้สารกำจัดวัชพืชผสมกับสารกำจัดเพลี้ยไฟยังคงมีประสิทธิภาพในการกำจัดหญ้าข้าวนกได้ในระดับดี ไม่มีความเป็นพิษต่อต้นข้าว ยกเว้นกรรมวิธีการพ่นสาร propanil ซึ่งข้าวจะมีอาการใบไหม้เล็กน้อย ซึ่งเป็นอาการเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืช propanil อีกทั้งการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมกับสารกำจัดเพลี้ยไฟในนาข้าวมีผลทำให้จำนวนตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟน้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสาร ซึ่งหากเกษตรกรยังคงต้องการปฏิบัติเช่นเดิม จำเป็นต้องมีการจัดอบรม และให้ความรู้กับเกษตรกรในเรื่องของการใช้สารอย่างถูกต้องปลอดภัย และต้องให้เกษตรกรเรียนรู้หลักของการผสมสารให้ถูกต้อง เนื่องจากสารแต่ละชนิดหากนำมาผสมกันอาจไม่สามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันได้ เช่น penoxulam + carbaryl และ penoxulam + thiacloprid เมื่อนำมาผสมกันแล้วจะเกิดเป็นตะกอนแขวนลอย และมีผลึกลอยอยู่บนผิวหน้าของสารละลาย มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพสาร

การทดลองที่ 2.4 ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก (pre - emergence herbicide) ผสมร่วมกับประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก (post - emergence herbicide) ในมันสำปะหลัง

สารกำจัดวัชพืชคู่ผสมที่ไม่เป็นพิษหรือเป็นพิษเล็กน้อย และมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชประเภทใบแคบ ได้แก่ หญ้าปากควาย หญ้าตีนนก วัชพืชประเภทใบกว้าง ได้แก่ สาบม่วง และครามขน วัชพืชประเภทกก ได้แก่ หนวดปลาดุก และกกหนวดแมว ได้ดีที่สุด คือ s-metolachlor + glyphosate และ clomazone+ glyphosate รองลงมา ได้แก่ flumioxazin+glufosinate แต่คู่ผสมนี้ควบคุมแห้วหมูได้ไม่ดีเท่าที่ควร และ คู่ผสมต่อมา flumioxazin+glyphosate คู่ผสมนี้ควบคุมวัชพืชใบกว้าง และกก ได้ดี แต่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าตีนนกได้ไม่ดี ฉะนั้นในการเลือกใช้เลือกใช้ควรพิจารณาชนิดวัชพืชในแปลง เพื่อการเลือกใช้สารที่เหมาะสม การพ่นสารกำจัดวัชพืชแบบผสม ต้องระวังไม่ให้ละอองโดนยอดมันสำปะหลัง เพราะจะทำให้มันสำปะหลังมีอาการเป็นพิษรุนแรงและตายได้ เนื่องจากเป็นการผสมสารกำจัดวัชพืชที่ไม่เลือกทำลาย การพ่นควรกดหัวพ่นให้ต่ำ หรือใช่หัวครอบกันละอองฟุ้ง แต่อย่างไรก็ตาม หากเกษตรกรสามารถพ่นสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอกได้จะสามารถช่วยปัญหาวัชพืชระหว่างต้นได้ดียิ่งขึ้น

การทดลองที่ 2.5 ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก (pre - emergence herbicide) ผสมร่วมกับประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก (post - emergence herbicide) ในอ้อย

วิธีการที่ 1 การจัดการวัชพืชของกรมวิชาการเกษตรสามารถควบคุมวัชพืชได้ดีมาก เนื่องจากสาร indaziflam +sulfentrazone อัตรา 12+148 g ai/ไร่ ที่ใช้พ่นก่อนวัชพืชงอกนั้น สามารถกำจัดวัชพืชได้ทั้งใบแคบและใบกว้าง และมีระยะในการควบคุมวัชพืชได้นาน 3-4 เดือน หลังจากนั้นมีวัชพืชเริ่มงอกใหม่จากเมล็ด จึงพ่นกำจัดด้วย paraquat 1 ครั้ง ที่ระยะ 3 เดือน และใส่ปุ๋ยพูนโคนพร้อมกำจัดวัชพืชระหว่างแถวอ้อยที่ระยะ 4 เดือนหลังปลูกซึ่งเป็นระยะที่อ้อยมีการแตกกอทรงพุ่มเริ่มจะคลุมพื้นที่แล้ว ทำให้วัชพืชที่งอกใหม่ไม่สามารถแข่งขันได้ จึงทำให้วิธีการนี้มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี และมีต้นทุนในการกำจัดวัชพืชที่ถูกกว่าวิธีของเกษตรกร

วิธีการที่ 2_ซึ่งมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีในระยะ 2 เดือนหลังปลูก เพราะสารกำจัดวัชพืช pendimethlin+acetochlor อัตรา 231+250 g ai/ไร่ สามารถกำจัดวัชพืชใบแคบได้เป็นส่วนใหญ่และมีวัชพืชใบกว้างบ้างชนิดที่ไม่สามารถควบคุมได้ หลังจากนั้นมีวัชพืชเริ่มงอกใหม่จากเมล็ดจึงพ่นกำจัดด้วย paraquat 2 ครั้ง

กรมวิชาการเกษตร

ที่ระยะ 3 และ 4 เดือน ซึ่งเป็นระยะที่อ้อยมีการแตกกอทรงพุ่มเริ่มจะคลุมพื้นที่แล้ว เช่นเดียวกับวิธีของกรมวิชาการเกษตร แต่ใช้ต้นทุนในการกำจัดวัชพืชที่สูงกว่า

การทดลองที่ 2.6 ผลของสารเสริมประสิทธิภาพที่มีต่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดและความคงทนของสารฆ่าแมลงที่ใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.)

ศึกษาผลของสารเสริมประสิทธิภาพที่มีต่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดและความคงทนของสารฆ่าแมลงที่ใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก โดยการทดสอบการเข้ากันได้ทางกายภาพระหว่างสารฆ่าแมลงแนะนำและสารเสริมประสิทธิภาพ พบว่าสารฆ่าแมลง spinetoram 12% SC, indoxacarb 15% EC, emamectin benzoate 1.92% EC, chlorfenapyr 10% SC, *Bt. aizawai*, เข้ากันได้กับสารเสริมประสิทธิภาพทุกชนิดโดยไม่เกิดการตกตะกอน เมื่อทดสอบความคงทนต่อฝนโดยใช้สาร spinetoram 12% SC เป็นตัวแทนของสารดูดซึมและ *Bt. aizawai* เป็นตัวแทนของสารที่ไม่ใช่สารดูดซึม ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิด เป็นสารที่แนะนำการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า และใช้สารเสริมประสิทธิภาพ Tension T-7 (Surfactants) เป็นตัวแทนซึ่งเกษตรกรนิยมใช้และราคาไม่แพง หลังการทำฝนเทียมแล้ว 2, 4, 8 และ 24 ชั่วโมง และไม่โดนฝน ที่ปริมาณน้ำฝน 13 (ฝนเล็กน้อย) และ 23 (ฝนปานกลาง) รวมถึงหลังการให้น้ำแล้ว 2, 4, 8 และ 24 ชั่วโมง และไม่ให้น้ำ พบว่าให้ผลสอดคล้องกันคือฝนและการให้น้ำมีผลต่อการชะล้างของสารฆ่าแมลง โดยยิ่งมีระยะปลอดฝนหรือการทิ้งระยะหลังให้น้ำนานยิ่งทำให้สารฆ่าแมลงมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การทดลองที่ 2.7 ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก (pre-emergenceherbicide) ผสมร่วมกับประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก (post-emergence herbicide) ในข้าวโพดอาหารสัตว์

กรรมวิธีการพ่นสารกำจัดวัชพืช s-metrolachlor 96% EC+glufosinate 15% SLทั้ง 2 แปลงให้ผลไปในทางเดียวกันโดยไม่พบอาการเป็นพิษต่อข้าวโพด และมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่น ดีกว่าการใช้สารกำจัดวัชพืช glufosinate15% SL และ atrazine 90% WG ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชเปรียบเทียบ ส่วนสารกำจัดวัชพืช flumioxazine 50% WP+triclopyr 66.8% EC และ flumioxazine 50% WP+glufosinate 15% SLเป็นพิษเล็กน้อยโดยมีอาการใบไหม้ ในการทดลองที่แปลงอำเภอตากฟ้า จ นครสวรรค์ แต่ไม่พบอาการความเป็นพิษต่อข้าวโพดที่แปลง อำเภอปากช่อง จ.นครราชสีมา และมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี จนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นเช่นกัน ส่วนกรรมวิธีอื่นๆเป็นพิษต่อต้นข้าวโพดและมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้เล็กถึงปานกลางเท่านั้น

การทดลองที่ 2.8 ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก (pre - emergence herbicide) ผสมร่วมกับประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก (post - emergence herbicide) ในสับปะรด

การศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชคู่ผสมระหว่างสารกำจัดวัชพืชประเภทใช้ก่อนและหลังวัชพืชงอกในสับปะรด พ่นหลังปลูกสับปะรด วัชพืชมีจำนวนใบ 3-5 ใบ ซึ่งการพ่นสาร acetochlor 50% EC + ametryn 80 % WP, flumioxazin 50% WP + ametryn 80 % WP, diuron 80% WG + ametryn 80 % WP มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชประเภทใบแคบ ได้แก่ หญ้าตีนติด หญ้าดอกขาว หญ้าชันกาด และวัชพืชประเภทใบกว้าง ได้แก่ จิงจ้อ สาบม่วง และหญ้ายาง ไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรดและไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสับปะรด

การทดลองที่ 2.9 ศึกษาช่วงระยะเวลาการใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก (paraquat, glyphosate และ glufosinate-ammonium) ในมันสำปะหลัง

การศึกษาช่วงเวลาในการใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก โดยการพ่นสาร diquat dibromide 37.3% W/V SL, glyphosate-isoproplyammonium 48% W/V SL และ glufosinat-ammonium

กรมวิชาการเกษตร

15% W/V SL ระหว่างแถวมันสำปะหลังแบบไม่ใส่หัวครอบป้องกันละอองสาร ในระยะเวลาต่างหลังปลูกมันสำปะหลัง ดำเนินการ 2 แปลงทดลอง ***ที่***อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างเดือน พฤษภาคม 2563 - กุมภาพันธ์ 2564 และอำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างเดือน สิงหาคม 2563-มีนาคม 2564 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ 14 กรรมวิธี ผลการทดลอง พบว่าวิธีการพ่นแบบไม่ใส่หัวครอบป้องกันละอองสารในวิธี พ่นสารกำจัดวัชพืช glufosinate ammonium 15% W/V SL ที่ระยะ 15 และ 45 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช ประเภทใบแคบ เช่น หญ้าตีนติด หญ้าตีนกา หญ้าขนเล็ก หญ้าปากควาย วัชพืชประเภทใบกว้าง เช่น หญ้ายาง ปอวัชพืช ครามขน ลูกใต้ใบ อุตพิษ และสาบม่วง ได้ดีถึงระยะ 90 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง หลังจากนั้นพบวัชพืชขึ้นแข่งขันเล็กน้อย แต่ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังเพราะทรงพุ่มมันสำปะหลังปกคลุมพื้นที่ระยะ 90 วันหลังปลูก การพ่นสาร glufosinate-ammonium 15% W/V SL ที่ระยะ 15 และ 45 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง เป็นพิษเล็กน้อยที่ต่อมันสำปะหลังที่ระยะ 30 วันหลังปลูก (15 วันหลังพ่นสาร) โดยใบมันสำปะหลังที่สัมผัสสาร มีอาการบิดเบี้ยวเล็กน้อย เมื่อเทียบกับกรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงานคน และกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช ที่ระยะ 45 วันหลังปลูก (30 วันหลังพ่นสาร) ไม่พบอาการเป็นพิษ สำหรับวิธีอื่นที่พ่นสาร เช่น diquat dibromide 37.3% W/V SL, glyphosate-isoproplyammonium 48% W/V SL พ่นที่ระยะ 15 และ 45 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง, ที่ระยะ 15 และ 75 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง, ที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง, ที่ระยะ 30 และ 90 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง และการพ่นสาร glufosinate-ammonium 15% W/V SL ที่ระยะ 15 และ 75 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง, ที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง, ที่ระยะ 30 และ 90 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง เป็นพิษปานกลางจนถึงรุนแรง ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และทำให้พืชปลูกตาย ดังนั้น หากจำเป็นต้องการพ่น diquat dibromide 37.3% W/V SL, glyphosate-isoproplyammonium 48% W/V SL และ glufosinate-ammonium 15% W/V SL ในระยะเวลาดังกล่าวจำเป็นต้องใส่หัวครอบและพ่นระหว่างแถวมันสำปะหลังเพื่อไม่ให้ละอองสารไปโดนต้นพืชปลูกจนก่อให้เกิดอันตรายทำให้ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและอาจทำให้พืชปลูกตายได้

การทดลองที่ 2.10 ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชคู่ผสมระหว่างสารกำจัดวัชพืชประเภทใช้ก่อนวัชพืชงอกในอ้อยตอ

สารกำจัดวัชพืชคู่ผสมระหว่างสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนวัชพืชงอกและหลังวัชพืชงอกที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในอ้อยตอได้ดี และไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของต่ออ้อยตอ ได้แก่การพ่นสารคู่ผสมระหว่าง atrazine + topramezone , ametryn + topramezone, diuron + ametryn อัตรา 414 + 8.4 ,480 + 8.4 และ 480+480 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ พ่นหลังอ้อยตองอก และวัชพืชมีจำนวนใบ 3-5 ใบ หรือมีความสูงไม่เกิน 15 เซนติเมตร ส่วนการพ่นสารคู่ผสมระหว่าง indaziflam + glufosinate ammonium และ ametryn + glufosinate ammonium อัตรา 14+105, และ 480+105 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ พ่นระหว่างแถวอ้อยตอ และวัชพืชมีความสูงไม่เกิน 20 เซนติเมตร ขณะพ่นสารควรใช้หัวครอบเพื่อป้องกันละอองสารปลิวไปสัมผัสกับใบอ้อย สามารถควบคุมวัชพืชได้แก่ หญ้าตีนติด หญ้านกสีชมพู ผักปลาบ ลูกใต้ใบ และหญ้ายาง ได้ดีถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และมีต้นทุนการจัดการวัชพืชต่ำกว่าการกำจัดวัชพืชด้วยมือ

การทดลองที่ 2.11 การสังเคราะห์และทดสอบประสิทธิภาพอนุภาคนาโนคอปเปอร์ในการควบคุม โรคใบจุดพริกที่เกิดจากแบคทีเรีย *Xanthomonas axonopodis* pv. *Vesicatoria*

ผลการทดสอบพบว่า หลังจากฉีดพ่นครั้งที่1 อนุภาคนาโนคอปเปอร์มอลโทส และ กาแลคโตส ควบคุมโรคได้ดีเท่ากันโดยมีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค 22.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่พ่นด้วยสารคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ 77% WP ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงจองโรค 44.5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการ

กรมวิชาการเกษตร

ฉีดพ่นครั้งที่2 พบว่า อนุภาคนาโนคอปเปอร์มอลโทส ควบคุมโรคได้ดีกว่าอนุภาคนาโนคอปเปอร์กาแลคโตสโดยมีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค 46 และ 53 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่พ่นด้วยสารคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ 77% WP ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงจองโรค 63.5 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังจากการฉีดพ่นครั้งที่ 3 พบว่า อนุภาคนาโนคอปเปอร์มอลโทส กาแลคโตส และ กรรมวิธีที่พ่นด้วยสารคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ 77% WP มีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค 57, 63 และ 63.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และหลังจากการฉีดพ่นครั้งที่ 4 พบว่าอนุภาคนาโนคอปเปอร์มอลโทส กาแลคโตส และ กรรมวิธีที่พ่นด้วยสารคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ 77% WP มีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค 66, 66.5 และ 72.5 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าหลังจากการฉีดพ่นครั้งที่3 อนุภาคนาโนคอบเปอร์ทั้ง 2 ขนิด มีการควบคุมโรคไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่พ่นด้วยสารคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ 77% WP ดังนั้นแสดงว่าอนุภาคนาโนคอปเปอร์สามารถควบคุมโรคใบจุดพริกได้ดีในระยะเริ่มแรกที่แสดงอาการของโรค

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 2

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคนิคการพ่นสารและประมวลผลภาพถ่ายเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดและตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชด้วยอากาศยานไร้คนขับ

Research and Development of Pesticide Application Technology and Image Processing for controlling and monitoring of Insect Pests by Using Unmanned Aerial Vehicle

ผู้วิจัย

นายพฤทธิชาติ ปุญวัฒโท Pruetthichat Punyawattoe
นายอนุสรณ์ พงษ์มี Anusorn Pongmee
นายอิสเรศ เทียนทัด Itsares Tiantad
นางบุษราคัม อุดมศักดิ์ Boossaracum Udomsak
นางสาวทิพวรรณ กัณหาญาติ Tippawan Kanhayart
นางสาวสุชาดา สุพรศิลป์ Suchada Supornsin
นางนลินา ไชยสิงห์ Nalina Chaiyasing
นางสาวสุณีรัตน์ สีมะเดื่อ Suneerat Seemadua
นางอุราพร หนูนารถ Uraporn Nounart
นายวิชัย โอภานุกูล Wichai Opanukul
นายอานนท์ สายคำฟู Arnon Saicomfu
นางสาวสุภางคณา ถิรวุธ Supangkana Thirawut
นายวรวิช สุดจริตธรรมจริยางกูร Woravit Sutjaritthammajariyangkun
นางสาวอัฉราภรณ์ ประเสริฐผล Atcharaporn Prasertpol
นายณพชรกร ธไภษัชย์ Naphacharakorn Ta-Phaisach
นายจิรวัสส์ เจียตระกูล Jirawat Chiatrakul
นางสาววลัยพร ศศิประภา Walaiporn Sasiprapa
นางสาวพัชรีวรรณ จงจิตต์เมต Patchareewan Chongchitmate
นายวีรชัย สมศรี Weerachai Somsri

กรมวิชาการเกษตร

คำสำคัญ: การอารักขาพืชแม่นยำสูง, เทคโนโลยีในการระบุพิกัด, เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ, เทคโนโลยีการรับรู้ระยะใกล้และไกล, เทคโนโลยีหรือเทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช, เทคโนโลยีสารสนเทศ, เทคโนโลยีระบบ, ฐานข้อมูล, เทคโนโลยีในการตัดสินใจ, เทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายลักษณะที่แสดงออกของพืช

Keywords: Precision Crop Protection, Global Positioning System GPS), Geographic Information System (GIS), Ambient Sensing, Remote Sensing, Pesticide Application Technology, Information Technology, Database Technology, Decision Support System (DSS), Plant phenotyping

บทคัดย่อ

การนำอากาศยานไร้คนขับ หรือโดรนมาประยุกต์ใช้ในงานอารักขาพืชทั้งการนำมาพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และประเมินสถานการณ์การระบาดของศัตรูพืช เป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติสู่เกษตร 4.0 กรมวิชาการเกษตรจึงได้จัดทำโครงการวิจัยและพัฒนาเทคนิคการพ่นสารและประมวลผลภาพถ่ายเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดและตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชด้วยอากาศยานไร้คนขับ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาอัตราพ่นที่เหมาะสมจากการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในพืชเศรษฐกิจ 3 ชนิด ได้แก่ คะน้า หอมแบ่ง และมันสำปะหลัง นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาเทคนิคการใช้อากาศยานไร้คนขับในการประเมินสถานการณ์การระบาดและความเสียหายจากหนอนหัวดำและแมลงดำหนามในมะพร้าว และไรแดงในมันสำปะหลัง ทำการศึกษาทั้งในห้องปฏิบัติการ โรงเรือนทดลอง และแปลงทดลอง สำหรับการศึกษาอัตราพ่นที่เหมาะสมในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สำคัญในพืชเศรษฐกิจ 3 ชนิด ได้แก่ คะน้า หอมแบ่ง และมันสำปะหลัง พบว่าอัตราพ่นที่เหมาะสมของอากาศยายไร้คนขับในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชของพืชทั้ง 3 ชนิด อยู่ที่อัตราพ่นระหว่าง 3-5 ลิตรต่อไร่ โดยมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการพ่นของเกษตรกรที่พ่นด้วยอัตราระหว่าง 60-100 ลิตรต่อไร่ ซึ่งการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับสามารถปฏิบัติงานได้เร็วกว่าและลดอันตรายจากการสัมผัสสารของเกษตรกร สำหรับการศึกษาเทคนิคการใช้อากาศยานไร้คนขับในการประเมินสถานการณ์การระบาดและความเสียหายจากหนอนหัวดำและแมลงดำหนามในมะพร้าว และไรแดงในมันสำปะหลัง ผลการวิเคราะห์ภาพถ่ายพบว่าค่าดัชนีพืชพรรณ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ของต้นมะพร้าว และต้นมันสำปะหลังที่มีการระบาดของศัตรูพืช เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการประเมินรอยทำลายที่ใบมะพร้าวด้วยสายตา (%) ในเชิงเส้นกราฟ พบว่าเส้นกราฟทั้ง 2 เส้นมีแนวโน้มไปในแนวทางเดียวกัน

Abstract

Piloting unmanned aerial vehicles or drones for crop protection involves spraying pesticides and assessing pest outbreak situations to drive the national strategy toward Agriculture 4.0. The Department of Agriculture has established a research and development project on spraying techniques and image processing for use in preventing, eliminating, and monitoring the infestation of insect pests using an unmanned aerial vehicle.

The main objective of this study is to analyse the optimum spray rate provided by an unmanned aerial vehicle for the prevention of pesticides in three economic crops: kale, onion, and cassava. In addition, this study examines an unmanned aerial vehicle technique to assess pest outbreaks and damage from coconut black-headed caterpillar, coconut hispine beetle and mulberry red mite in cassava. Both studies are conducted in the laboratory, experimental greenhouses, and field trials.

The findings of this reveal that the optimum spraying rate of an unmanned aerial vehicle for the prevention of pesticides in kale, onion, and cassava plants is between 3–5 litres per rai, equivalent to the spraying rate of farmers of between 60–100 litres per rai., an unmanned aerial vehicle can also reduce the farmers' exposure to hazards as well as being faster than farmer.

กรมวิชาการเกษตร

This study also analyses the performance of unmanned aerial vehicles in the assessment of pest outbreaks and damage from coconut black-headed caterpillar, coconut hispine beetle and mulberry red mite in cassava. The results of the photographic analysis reveal that the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for coconut trees and cassava plants with pest infestations tended to be in the same direction when compared to the visual evaluation of coconut leaf damage (%) on the linear curve.

บทนำ

การนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในการป้องกันกำจัดและประเมินสถานการณ์การระบาดของศัตรูพืช เป็นที่นิยมกันมากในประเทศที่พัฒนาแล้วหลายประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ยุโรป และญี่ปุ่น ในปัจจุบันแม้กระทั่งประเทศสมาชิกในประชาคมอาเซียน เช่น มาเลเซีย อินเดีย และจีน ได้มีการทำวิจัยและนำระบบนี้เข้ามาประยุกต์ใช้เช่นกัน (ธีรเกียรติ์, 2558) เช่น การประเมินสถานการณ์การระบาดของโรคในถั่วเหลือง หรือในข้าว เป็นต้น (Bravo *et al*., 2003; Mairhofer *et al*., 2009) หรือการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในการลดต้นทุนในการกำจัดวัชพืช ซึ่งสามารถลดการใช้สารไปได้กว่า 30 เปอร์เซนต์ (Lee *et al*., 1999; Gerhards *et al*., 2003; Christensen *et al*., 2009) สำหรับในประเทศไทยการสำรวจและการป้องกันกำจัดยังคงใช้แรงงานคนเป็นหลัก บางครั้งเนื่องจากข้อจำกัดด้านทรัพยากรบุคคลทำให้ไม่สามารถสำรวจและแจ้งเตือนได้ทันจนเป็นสาเหตุให้การระบาดเกิดขึ้นอย่างว้างขวาง นอกจากนี้การใช้แรงงานคนในการพ่นสารยังเป็นเรื่องยากที่จะควบคุมประสิทธิภาพในการทำงานตลอดจนอัตราการใช้สารเหมาะสม อีกทั้งยังพบความเสี่ยงในเรื่องของการสัมผัสสารของผู้ปฏิบัติอีกด้วย

นอกเหนือจากการที่จะนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชแล้ว พบว่าอากาศยานไร้คนขับสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานอื่น ๆ ได้แก่ การพ่นฮอร์โมน การพ่นปุ๋ยทางใบ การพ่นสารเพื่อเพิ่มความหวานในอ้อย ตลอดจนนำมาใช้ในการประเมินการขาดธาตุอาหารของพืชได้อีกด้วย การใช้เทคโนโลยีดังกล่าวเป็นการผสมผสานเทคโนโลยีต่าง ๆ ได้แก่ เทคโนโลยีในการระบุพิกัด (Global Positioning System (GPS)) เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System (GIS)) เทคโนโลยีการรับรู้ระยะใกล้และไกล (Ambient Sensing และ Remote Sensing) เข้าด้วยกัน ซึ่งเมื่อมีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างเต็มระบบแล้ว จะก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมหาศาลกับงานทางด้านการเกษตร (Zijlstra *et al*., 2011)

อย่างไรก็ตามยังคงขาดงานวิจัยในเรื่องประสิทธิภาพของอากาศยานไร้คนขับในการที่จะนำมาใช้ในการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และประเมินสถานการณ์การระบาดของศัตรูพืชในประเทศไทย งานวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการประเมินสถานการณ์การระบาดและประเมินความเสียหายแนวใหม่ที่มีความแม่นยำและรวดเร็ว รวมทั้งใช้ในการวางมาตรฐานการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับในประเทศที่จำเป็นต้องมีข้อมูลพื้นฐานด้านวิชาการ สำหรับการออกกฎหมายควบคุมการปฏิบัติงาน รวมถึงข้อกำหนดต่าง ๆ เช่น การฝึกอบรมและออกใบอนุญาตจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ เพื่อป้องกันปัญหาที่จะตามมาทั้งในเรื่องของประสิทธิภาพ ความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (FAO, 2018) นอกจากนี้เมื่อประเทศเพื่อนบ้านหรือประเทศคู่แข่งทางการค้านำงานด้านนี้มาใช้ในเชิงพาณิชย์ในเมื่อใด อาจทำให้ประเทศไทยจะสูญเสียโอกาสในการแข่งขัน เนื่องจากต้นทุนการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สูงกว่านั่นเอง

ด้วยเหตุนี้ จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าว เพื่อใช้ในการประเมินสถานการณ์และแก้ไขปัญหาศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ ตลอดจนเป็นการวางมาตรฐานการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับ เพื่อเป็น

กรมวิชาการเกษตร

คำแนะนำและเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกร ตลอดจนใช้ในการต่อยอดเพื่อพัฒนาระบบการอารักขาพืชแม่นยำสูง ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาประเทศสู่การเกษตร 4.0 ของไทย

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาเทคนิคการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับในการลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางมาตรฐานอากาศยานไร้คนขับสำหรับพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย ตลอดจนเทคนิคการใช้อากาศยานไร้คนขับในการการประเมินสถานการณ์การระบาดหรือความเสียหายจากศัตรูพืชที่มีความแม่นยำและรวดเร็ว

การทบทวนวรรณกรรม

ศัตรูพืชจัดว่าเป็นปัญหาสำคัญของการเกษตร ถ้าปราศจากการป้องกันกำจัดจะทำให้สูญเสียผลผลิตกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุจากการทำลายและการรบกวนของศัตรูพืช ทำให้เกษตรกรต้องหาหนทางและวิธีการต่าง ๆ นำมาใช้เพื่อการควบคุมศัตรูพืช ซึ่งพบว่าในแต่ละปีเกษตรกรได้ใช้จ่ายทั้งเงิน เวลา และความรู้ต่าง ๆ รวมกันเป็นมูลค่าถึง 10 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าผลผลิตที่ได้รับ ดังนั้นจึงกล่าวโดยสรุปรวมกันว่าในแต่ละปีเกษตรกรได้สูญเสียแก่ศัตรูพืช และการควบคุมศัตรูพืชถึงกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าผลผลิตรวม (Oerke and Dehne. 2004) สำหรับในประเทศไทยก็ได้มีรายงานว่าในแต่ละปีประมาณการสูญเสียผลผลิตพืชถึง 10-30 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากศัตรูพืชชนิดต่างๆ (Chuachin *et al*., 2012) ศัตรูพืชที่สำคัญและปัญหาในประเทศไทยสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ แมลงศัตรูพืช (insect pest) โรคพืช (plant disease) วัชพืช (weed) และ ศัตรูอื่น ๆ (other) เช่น นก หนู กระรอก ปู ไรแดง หอยทาก เป็นต้น

อากาศยานไร้คนขับกับงานด้านการอารักขาพืช

1. โดรน

โดรน เริ่มต้นมีรูปร่างคล้ายกับเครื่องบิน แต่ไม่มีคนขับ จากนั้นได้มีการพัฒนาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีขนาดเล็กลง สามารถขึ้น-ลงในแนวตั้งได้ ในยุคแรกโดรนถูกใช้ในทางทหาร และเป็นเครื่องมือสอดแนมข้าศึกโดยการติดกล้อง หรืออาจใช้เป็นอุปกรณ์ลอบสังหาร ในต่างประเทศมีการใช้โดรนเริ่มทำการเกษตรบ้างแล้ว ไม่ว่าจะเป็นการพ่นยา หว่านเมล็ดพันธุ์ หว่านปุ๋ย การตรวจสอบพื้นที่เพาะปลูกเพื่อวิเคราะห์หาการเจริญเติบโตของพืชในแต่ละจุด การถ่ายภาพทางอากาศโดยใช้ระบบ GPS ในการหาพิกัดต่าง ๆ ออกมา แล้วนำค่าต่าง ๆ มาวิเคราะห์เพื่อรายงานหรือรอรับคำสั่งจากเราต่อไป โดยทั่วไปโดรนจะมี 1 ใบพัด 4 ใบพัด หรือ 8 ใบพัด ขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิต อย่างไรก็ตาม โดรนทุกชนิดที่จะนำมาใช้พ่นสารจะออกแบบให้มีถังบรรจุน้ำ และสายยางต่อลงไปเพื่อพ่นเป็นละอองน้ำลงบนต้นพืช มีกล้องติดเพื่อถ่ายภาพทางอากาศ และเซนเซอร์เพื่อวัดความชื้นของอากาศ โดรนบางรุ่นจะมีระบบล็อกความสูง ระบบกันหลงทางที่สามารถโปรแกรมให้บินกลับมาตำแหน่งเดิม การควบคุมมีทั้งควบคุมด้วยมือ หรือโปรแกรมให้โดรนทำงานอัตโนมัติ สำหรับในประเทศไทยมีการนำมาใช้ในการสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ปุ๋ย และฮอร์โมน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย

วิชัย และคณะ (2560) รายงานว่า โดรน หรือ UAV ย่อมาจาก Unmanned Aerial Vehicle ภาษาไทยเรียกว่า อากาศยานไร้คนขับ มีหลักการทำงานโดยควบคุม ด้วยวิทยุบังคับหรือรีโมทจากผู้ควบคุม ที่อยู่บนสถานีภาคพื้นให้ ทำงานตามภารกิจที่ต้องการ

วิชัย และคณะ (2560) รายงานว่า โดรนสามารถนำไปพ่นสารชีวภัณฑ์ในแปลงคะน้า อายุ 1 เดือน ที่ปลูกใน เชิงการค้า อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี มีความสามารถในการ ทำงาน 3-4 นาทีต่อไร่ ซึ่งเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 6-9 เท่า รวมทั้ง ละอองสารติดที่ใต้ใบพืชมากกว่าเนื่องจากมีแรงลมจากใบพัดของโดรน

กรมวิชาการเกษตร

DJI Cooperation. (2016) บริษัท DJI ประเทศจีนได้ เปิดตัวโดรนแบบ 8 พัด บรรทุกน้ำหนักได้ 10 kg บินได้นาน 20 นาที/ครั้ง ใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ 8 ตัว ร่วมกับ แบตเตอร์รี่ไฟฟ้า ราคาจำหน่ายในประเทศจีน และเกาหลีใต้ 15,000 US หรือประมาณ 500,000 บาท

Qin *et al*. (2016) รายงานว่าในประเทศจีนได้มีการทดสอบการใช้โดรนในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในอัตรา 3 ลิตรต่อไร่ โดยมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดดีกว่าการใช้เครื่องแรงดันน้ำสูงชนิดลากสายแบบเกษตรกรที่อัตราพ่น 50-60 ลิตรต่อไร่ และสามารถทำงานได้เร็วกว่าเกษตรกรถึง 9 เท่า

2. เฮลิคอปเตอร์แบบไร้คนขับ

นอกจากโดรนแล้ว ยังมีเทคโนโลยีเฮลิคอปเตอร์แบบไร้คนขับที่ใช้สำหรับการพ่นสาร การให้ปุ๋ย และการหว่านเม็ดพันธุ์

ในปัจจุบันเฮลิคอปเตอร์แบบไร้คนขับที่มีการนำเข้ามาใช้ในประเทศไทย ได้แก่ เฮลิคอปเตอร์แบบไร้คนขับของบริษัทไทยยามาฮ่ามอเตอร์ รุ่น Yamaha R-Max เครื่องรุ่นนี้ตัวเครื่องมีน้ำหนักรวมประมาณ 70 กิโลกรัม มีถังบรรจุสาร 2 ข้าง ข้างละ 8 ลิตร สามารถบินสูงได้ถึง 400 เมตร และบินได้นานถึง 2 ชั่วโมง โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 8 ลิตรต่อการบิน 1 ครั้ง จุดเด่นของ Yamaha R-Max คือความสามารถในการควบคุมตำแหน่งความสูงที่ถูกต้องแม่นยำและความมีเสถียรภาพของอากาศยาน อีกทั้งยังมีความแม่นยำสูงในการหว่านเมล็ดพืช การให้ปุ๋ยและการพ่นสารฆ่าแมลง ช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย ลดต้นทุนการผลิต ลดความเสี่ยงในการใช้ยาฆ่าแมลง นอกจากเฮลิคอปเตอร์แบบไร้คนขับของบริษัทไทยยามาฮ่ามอเตอร์ ได้มีบริษัทผู้ผลิตในประเทศ ผลิตเฮลิคอปเตอร์แบบไร้คนขับมาใช้ในงานทางการเกษตร เช่น การพ่นปุ๋ย และการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย

Yamaha Cooperation. (2011) รายงานว่า ประเทศญี่ปุ่น บริษัทยามาฮ่าได้ผลิตและจำหน่ายโดรนแบบเฮลิคอปเตอร์ ตั้งแต่ปี 1997 หรือ พ.ศ.2540 และปัจจุบันมีการใช้ งานโดรนรุ่น R-max ประมาณ 2,400 เครื่อง โดยนำไปใช้งาน สำรวจ ภูมิประเทศ การพ่นสารเคมี พ่นปุ๋ย เพื่อควบคุมโรคแมลงศัตรูพืช บรรทุกน้ำหนักได้ 28 kg บินได้นาน 2 ชั่วโมง/ครั้ง ราคาจำหน่ายใน ไทยประมาณ 3 ล้านบาท และต้องฝึกบินที่ประเทศญี่ปุ่นประมาณ 6 เดือน จึงขอสอบมีใบอนุญาติก่อนจึงจะสามารถใช้งานได้ ส่วนการ นำมาใช้กับฉีดพ่นสารเคมีเกษตรต้องเป็นสูตรที่ผลิตเฉพาะในประเทศญี่ปุ่นเท่านั้น

ระเบียบวิธีการวิจัย

กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช

การทดลองที่ 1.1 ประสิทธิภาพการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle (UAV)) ในการป้องกันกำจัดศัตรูคะน้า

1. การศึกษาความหนาแน่นของละอองสาร และการตกค้างของละอองสารบนเป้าหมายด้วยวิธี Colorimetric method

เตรียมแปลงทดลองและแผนการทดลอง

ทำการทดลองในแปลงคะน้าอายุ 14 วัน ที่ อ. โพธาราม จ. ราชบุรี โดยแบ่งแปลงทดลองเป็นแปลงย่อยขนาด 8 x 15 เมตร เว้นระยะห่างระหว่างแปลง 10 เมตร วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 กรรมวิธี จำนวน 7 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 พ่นสารละลายของสี Kingkol tartrazine ด้วยโดรนที่พัฒนาโดยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม (ภาพที่ 3) อัตราพ่น 3.5 ลิตรต่อไร่ (Drone 3.5)

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 2 พ่นสารละลายของสี Kingkol tartrazine ด้วยโดรนที่พัฒนาโดยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม อัตราพ่น 5 ลิตรต่อไร่ (Drone 5)

กรรมวิธีที่ 3 พ่นสารละลายของสี Kingkol tartrazine ด้วยเครื่องพ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำสูง (แบบที่เกษตรกรนิยมใช้) ขนาดความจุถัง 20 ลิตร ประกอบก้านฉีดแบบปรับมุมพ่นด้านท้ายความยาว 70 เซนติเมตร อัตราพ่น 100 ลิตรต่อไร่ (MKS 100)

ในการทดลองใช้การพ่นสารละลายของสี Kingkol tartrazine ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวแทนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช สำหรับการพ่นด้วยโดรนทั้ง 2 กรรมวิธีจะบินพ่นสูงจากต้นคะน้า 2.5 เมตร ส่วนการพ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำสูงจะพ่นสูงจากต้นคะน้าประมาณ 0.5 เมตร ซึ่งเป็นการปฏิบัติของเกษตรกร ในกรณีอัตราการพ่นด้วยโดรนที่ 3.5 และ 5 ลิตรต่อไร่ อ้างอิงจากการทดสอบของ วิชัย และคณะ (2560) ส่วนอัตราพ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำสูงอ้างอิงจาก จีรนุช และคณะ (2553) ที่แนะนำอัตราพ่นที่เหมาะสมในคะน้าอายุ 20-45 วัน อยู่ที่อัตราประมาณ 100 ลิตรต่อไร่

1.1 การศึกษาความหนาแน่นของละอองสารบนเป้าหมาย

ติดกระดาษ Chomulux ขนาด 2 x 10 เซนติเมตร บนใบคะน้าจำนวน 40 ต้นต่อแปลงย่อย โดยแต่ละต้นจะติดตัวอย่างต้นละ 2 ตำแหน่ง ได้แก่ ระดับใบบนสุด และใบล่างสุด ติดตัวอย่างทั้งด้านบนใบ (upper leaf) และใต้ใบ (lower leaf) หลังจากนั้นพ่นด้วยสารละลายของสี Kingkol tartrazine ตามกรรมวิธี ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้สารละลายของสีแห้งแล้วทำการเก็บตัวอย่าง ใส่ตัวอย่างในถุงพลาสติกที่เขียนระบุกรรมวิธี ตำแหน่งและซ้ำไว้แล้ว ปิดถุงให้สนิทและเก็บไว้ในกล่องกันแสงอัลตร้าไวโอเลตเพื่อป้องกันการสลายตัวของสี เมื่อตัวอย่างถึงห้องทดลอง นำตัวอย่างที่ได้มาวัดความหนาแน่นของละอองสารด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ภาพแบบฟรีแวร์ Image J เพื่อหาความหนาแน่นของละอองสารบนใบ (ดำรง และคณะ, 2551; พฤทธิชาติ และคณะ, 2562) มีหน่วยเป็นจำนวนละออง/ตารางเซนติเมตร นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

1.2 การศึกษาการตกค้างของละอองสารบนเป้าหมาย

ติดกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร บนใบคะน้า จำนวน 40 ต้นต่อแปลงย่อย โดยติดตัวอย่างต้นละ 2 ตำแหน่ง คือ ระดับใบบนสุด และใบล่างสุด ติดตัวอย่างทั้งด้านบนใบและใต้ใบ แล้วสารพ่นตามกรรมวิธีทิ้งไว้ 30 นาที เพื่อให้สารละลายของสีแห้งแล้วเก็บตัวอย่าง ใส่ตัวอย่างในถุงพลาสติกที่เขียนระบุกรรมวิธี ตำแหน่งและซ้ำไว้แล้ว ปิดถุงให้สนิทและเก็บไว้ในกล่องกันแสงอัลตร้าไวโอเลตเพื่อป้องกันการสลายตัวของสี เมื่อตัวอย่างถึงห้องทดลอง นำมาล้างสีด้วยน้ำสะอาดปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปล่อยให้ตกตะกอน กรองตะกอนแล้วดูดสารละลายใส่ลงในไมโครเพลท นำไปวัดค่าความเข้มแสง ด้วยเครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Jenway รุ่น 6051) ที่ค่าดูดกลืนแสง 470 นาโนเมตร (ดำรง และคณะ, 2551; พฤทธิชาติและคณะ, 2562; Punyawattoe, 2013) แล้วนำค่าที่ได้คำนวณปริมาณการตกค้างซึ่งมีหน่วยเป็นไมโครกรัมของสารละลายของสีต่อตารางเซนติเมตรของกระดาษกรอง ค่าที่ได้นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

2. การศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักด้วยเชื้อ *Bacillus thuringiensis*

ทำการทดลองในแปลงคะน้าอายุ 24 วัน ที่ อ. โพธาราม จ. ราชบุรี และ อ. ท่าม่วง จ. กาญจนบุรี จำนวนพื้นที่ละ 1 แปลง ระหว่างเดือน มกราคม - มีนาคม 2562 ในแต่ละแปลงแบ่งแปลงทดลองเป็นแปลงย่อยขนาด 8 x 15 เมตร เว้นระยะห่างระหว่างแปลง 10 เมตร เมื่อคะน้า อายุ 20 วัน ถอนแยกให้มีระยะระหว่างต้น 15-20 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 พ่นด้วย drone อัตราพ่น 3.5 ลิตรต่อไร่ ด้วยเชื้อ *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (แบคโทสปิน-เอฟ-ซี) อัตรา 300 มิลลิลิตรต่อไร่

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วย drone อัตราพ่น 5 ลิตรต่อไร่ ด้วยเชื้อ *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (แบคโทสปิน-เอฟ-ซี) อัตรา 300 มิลลิลิตรต่อไร่

กรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำสูงอัตราพ่น 100 ลิตรต่อไร่ ด้วยเชื้อ *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (แบคโทสปิน-เอฟ-ซี) อัตรา 300 มิลลิลิตรต่อไร่ (อัตราแนะนำที่ 60 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร)

กรรมวิธีที่ 4 ไม่พ่นสาร

วิธีปฏิบัติ

พ่นสารเมื่อพบการระบาดของหนอนใยผักมากกว่า 0.2 ตัวต่อต้น ซึ่งเป็นระดับเศรษฐกิจที่ต้องเริ่มทำการป้องกันกำจัด (สำนักควบคุมพืชและวัสดุทางการเกษตร, 2558) โดยพ่นสารทุก 4 วันจำนวน 6 ครั้ง ตรวจนับแมลงจากคะน้า 30 ต้นต่อแปลงย่อย ก่อนพ่นสารทุกครั้งและหลังพ่นสารครั้งสุดท้าย 4 วัน บันทึกจำนวนแมลงซึ่งมีหน่วยเป็นจำนวนหนอนใยผักต่อต้น นำค่าดังกล่าวมาวิเคราะห์ผลทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

เวลาและสถานที่

: เริ่มต้น ตุลาคม 2562 สิ้นสุด กันยายน 2564

- สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ
- สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ
- แปลงคะน้าของเกษตรกร อ. โพธาราม จ. ราชบุรี

การทดลองที่ 1.2 ประสิทธิภาพการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle (UAV)) ในการป้องกันกำจัดศัตรูหอมแบ่ง

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองทางด้านกายภาพ ด้วยวิธี Colorimetric method

1. แผนการทดลอง ทำการทดลองในแปลงหอมแบ่งของเกษตรกร ซึ่งปลูกเป็นร่องกว้าง 1.2 เมตร ยาว 10 เมตร จำนวน 3 ร่อง เว้นระยะห่างระหว่างแปลง 10 เมตร ระยะปลูก 20x20 เซนติเมตร โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 2 ลิตรต่อไร่ (UAV 2)

กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 3.5 ลิตรต่อไร่ (UAV 3.5)

กรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 5 ลิตรต่อไร่ (UAV 5)

กรรมวิธีที่ 4 พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลัง แบบแรงดันน้ำสูงของเกษตรกร อัตราพ่น 80 ลิตรต่อไร่ (HP 80)

สำหรับการพ่นด้วยเครื่อง UAV ทั้ง 3 กรรมวิธี จะพ่นสูงจากต้นหอมแบ่งประมาณ 1.5 เมตร

2. การวัดปริมาณความหนาแน่นและการตกค้างของละอองสารบนต้นหอมแบ่ง

ติดกระดาษ Chromolux ขนาด 1.5x10 เซนติเมตรพับครึ่งปักด้วยไม้เสียบลูกชิ้นลักษณะตั้งตรงเหมือนใบหอม พ่นสารละลายของสี Kingkol tartrazine ความเข้มข้น 300 กรัมต่อไร่ ตามกรรมวิธี ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้สารละลายของสีแห้งแล้วจึงเก็บตัวอย่าง (พฤทธิชาติ, 2562) สำหรับการเก็บตัวอย่างต้นหอมแบ่งจะทำการเก็บทุกระยะ 0.5 เมตร นับจากขอบแปลง ดังนั้นใน 1 แปลงย่อยจะเก็บทั้งหมด 8 ตำแหน่งๆ ละ 5 ต้น รวมตัวอย่างที่เก็บ 40 ต้นต่อแปลงย่อย และปักกระดาษ Chromolux จำนวนตัวอย่างเท่ากัน ต่อแปลงย่อย หลังตัดนำตัวอย่างใส่ในถุงพลาสติกที่เขียนระบุกรรมวิธี ตำแหน่งและซ้ำไว้แล้ว ปิดถุงให้สนิทและเก็บไว้ในกล่องกันแสงอุลตร้าไวโอเลตเพื่อป้องกันการสลายตัวของสี เมื่อตัวอย่างถึงห้องทดลอง นำตัวอย่างที่ได้นำมาล้างสีด้วยน้ำสะอาดปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปล่อยทิ้งไว้ให้ตกตะกอน กรองตะกอนแล้วดูดสารละลายของสีใส่ไว้ในหลอดแก้วขนาด 3 มิลลิลิตร ที่เขียนระบุกรรมวิธี ตำแหน่งและซ้ำไว้แล้ว จากนั้นนำไปวัดค่าความเข้มแสง (Optical density) ด้วย

กรมวิชาการเกษตร

เครื่อง Colorimeter ที่ค่าดูดกลืนแสง 470 นาโนเมตร ซึ่งค่าที่ได้มีหน่วยเป็นไมโครกรัมของสารละลายของสีต่อใบส่วนกระดาษ Chromolux นำไปติดบนกระดาษ และนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป imaeJ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้วัดความหนาแน่นของละอองสสารบนกระดาษ ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นละอองต่อตารางเซนติเมตร (droplets cm^{-2}) ของละอองสาร (พฤทธิชาติ, 2562)

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

- บันทึกสภาพอากาศขณะทำการทดลอง นำข้อมูลความหนาแน่นและการตกค้างของละอองสาร มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

3. การวัดปริมาณการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้ปฏิบัติงาน

การวัดปริมาณตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้พ่นใช้วิธีการติดแผ่นกระดาษเซลลูโลส (Patch method) (OECD, 1997) จากนั้นทำการพ่นสีทดลอง สำหรับการเก็บรักษาตัวอย่างและวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 2 ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นนาโนกรัม ของสารละลายสีที่ตกค้างที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนแผ่นกระดาษเซลลูโลส

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

- ข้อมูลปริมาณการตกค้างของละอองบนแผ่นกระดาษเซลลูโลส นำข้อมูลปริมาณการตกค้างของละอองที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนร่างกายผู้พ่น โดยวิธีการทางสถิติที่เหมาะสม

4. การวัดปริมาณการตกค้างของละอองสารบนพื้นที่นอกเป้าหมาย

พ่นสารละลายของสีตามกรรมวิธี การเก็บตัวอย่างจะทำการวาง petri-dish ในระดับเดียวกับความสูงของต้นหอมแบ่งทุกระยะ 1 เมตร นับจากแนวพ่นสุดท้ายทั้งด้านเหนือลมและใต้ลม ด้านละ 9 เมตร ดังนั้นใน 1 แปลงย่อยตัวอย่างทั้งหมด 9 ตำแหน่งๆ ละ 5 อัน รวมตัวอย่างที่เก็บ 45 อันต่อแปลงย่อย สำหรับการเก็บรักษาตัวอย่างและวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 2 ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นไมโครกรัมของสารละลายต่อพื้นที่ petri-dish

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลปริมาณการตกค้างของละอองบน petri-dish ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ทั้งด้านเหนือลมและใต้ลมและนำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีการทางสถิติที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดศัตรูหอมแบ่ง

1. แผนการทดลอง ทำการทดลองในแปลงหอมแบ่งของเกษตรกร ขนาดแปลงย่อย ขนาดเท่ากับการทดลองทางกายภาพ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 5 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ ได้แก่

1.1 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 2 ลิตรต่อไร่ (UAV 2)

1.2 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 3.5 ลิตรต่อไร่ (UAV 3.5)

1.3 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 5 ลิตรต่อไร่ (UAV 5)

1.4 พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลัง แบบแรงดันน้ำสูงของเกษตรกร อัตราพ่น 80 ลิตรต่อไร่ (MKS 80) สำหรับการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับทั้ง 3 กรรมวิธี จะพ่นสูงจากต้นหอมแบ่งประมาณ 1.5 เมตร ใช้หัวฉีดแบบพัด (สีส้ม)

1.5 กรรมวิธีไม่พ่นสาร

2. การทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนชอนใบด้วยสารเคมี

พ่นสารตามกรรมวิธีด้วยสารเคมีตามคำแนะนำของสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ในการทดลองนี้เลือกใช้สาร ฟิโปรนิล (fipronil) 5%SC ทุก 5 วัน จำนวน 3 ครั้ง ตรวจนับแมลงจากหอมแบ่ง 20 ต้น/แปลงย่อยก่อนพ่นสารและ 5 วันหลังพ่นสารทุกครั้ง

โดยให้คะแนนระดับการทำลายของหนอนชอนใบแบ่งเป็น 5 คะแนนดังนี้

คะแนน 0 พื้นที่ใบไม่ถูกทำลาย

กรมวิชาการเกษตร

คะแนน 1 พื้นที่ใบถูกทำลายไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์

คะแนน 2 พื้นที่ใบถูกทำลาย 16-25 เปอร์เซ็นต์

คะแนน 3 พื้นที่ใบถูกทำลาย 26-50 เปอร์เซ็นต์

คะแนน 4 พื้นที่ใบถูกทำลายมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

เมื่อได้คะแนนในแต่ละกรรมวิธีแล้ว นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การทำลาย (% infestation) (% infestation) โดยใช้สูตรของ สูตรของ Townsend-Heuberger (1943)

$$\text{การทำลาย (\%)} = \frac{\sum (nv)}{NV} \times 100$$

n = จำนวนต้นในแต่ละระดับการทำลาย v = คะแนนระดับการทำลาย

N = จำนวนต้นทั้งหมดที่สุ่มนับ V = คะแนนระดับการทำลายสูงสุด

เวลาและสถานที่

- การทดลองทางกายภาพ เดือนมิถุนายน 2563
- การทดลองประสิทธิภาพ เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2564

ดำเนินการที่แปลงเกษตรกร อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ทั้ง 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1.3 ประสิทธิภาพการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle (UAV)) ในการป้องกันกำจัดไรศัตรูมันสำปะหลัง

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองทางด้านกายภาพ ด้วยวิธี Colorimetric method

1. แผนการทดลอง ทำการทดลองในแปลงมันสำปะหลังของเกษตรกร ขนาดแปลงย่อย 8 x 15 เมตร เว้นระยะห่างระหว่างแปลง 10 เมตร โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ ได้แก่

1.1 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 3 ลิตรต่อไร่ (UAV 3)

1.2 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 4 ลิตรต่อไร่ (UAV 4)

1.3 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 5 ลิตรต่อไร่ (UAV 5)

1.4 พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลัง แบบแรงดันน้ำสูงของเกษตรกร อัตราพ่น 60 ลิตรต่อไร่ (HP 60)

สำหรับการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับทั้ง 2 กรรมวิธี จะพ่นสูงจากต้นมันสำปะหลังประมาณ 2 เมตร

2. การวัดปริมาณการตกค้างของละอองสารบนต้นมันสำปะหลัง

พ่นสารละลายของสี Kingkol tartrazine ความเข้มข้น 300 กรัมต่อไร่ ตามกรรมวิธี ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้สารละลายของสีแห้งแล้วจึงเก็บตัวอย่าง สำหรับการเก็บตัวอย่างใบมันสำปะหลังจะสุ่มเก็บ 10 ต้น/แปลงย่อย โดยใน 1 ต้น จะสุ่มเก็บ 4 ใบ ด้านบน และ 4 ใบ ด้านล่างของทรงพุ่ม หลังตัดนำตัวอย่างใส่ในถุงพลาสติกที่เขียนระบุกรรมวิธี ตำแหน่งและซ้ำไว้แล้ว ปิดถุงให้สนิทและเก็บไว้ในกล่องกันแสงอุลตร้าไวโอเลตเพื่อป้องกันการสลายตัวของสี เมื่อตัวอย่างถึงห้องทดลอง นำตัวอย่างที่ได้นำมาล้างสีด้วยน้ำสะอาดปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปล่อยทิ้งไว้ให้ตกตะกอน กรองตะกอนแล้วดูดสารละลายของสีใส่ไว้ในหลอดแก้วขนาด 3 มิลลิลิตร ที่เขียนระบุกรรมวิธี ตำแหน่งและซ้ำไว้แล้ว จากนั้นนำไปวัดค่าความเข้มแสง (Optical density) ด้วยเครื่อง Colorimeter ที่ค่าดูดกลืนแสง 470 นาโนเมตร ซึ่งค่าที่ได้มีหน่วยเป็นไมโครกรัมของสารละลายของสีต่อใบ

การบันทึกข้อมูล

- ข้อมูลการตกค้างของละอองสาร

กรมวิชาการเกษตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

- นำข้อมูลการตกค้างของละอองสารมาวิเคราะห์ผลทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีการทางสถิติที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพจากการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับในการป้องกันกำจัดไรแดงมันสำปะหลัง

แผนการทดลอง ทำการทดลองในแปลงของเกษตรกร ขนาดแปลงย่อย 8 x 15 เมตร เว้นระยะห่างระหว่างแปลง 10 เมตร โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 5 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ ได้แก่

2.1 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 3 ลิตรต่อไร่ (UAV 3)

2.2 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 4 ลิตรต่อไร่ (UAV 4)

2.3 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 5 ลิตรต่อไร่ (UAV 5)

2.4 พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลัง แบบแรงดันน้ำสูงของเกษตรกร อัตราพ่น 60 ลิตรต่อไร่ (HP 60)

2.5 กรรมวิธีไม่พ่นสาร

สำหรับการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับทั้ง 2 กรรมวิธี จะพ่นสูงจากต้นมันสำปะหลังประมาณ 2 เมตร

วิธีปฏิบัติ

สำรวจแปลงมันสำปะหลังที่พบการระบาดของไรแดงมันสำปะหลัง ก่อนทำการพ่นสาร ทำการสุ่มเก็บใบมันสำปะหลังจำนวน 10 ใบย่อย ต่อแปลงย่อย เพื่อนำมานับจำนวนไรแดงมันสำปะหลัง เมื่อพบการระบาดของไรแดงมันสำปะหลังพ่นสาร spiromesifen 24% SC อัตรา 30 มล./ไร่ จำนวน 1 ครั้ง ทำการตรวจนับจำนวนไรแดงมันสำปะหลังหลังพ่นสาร 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน

การบันทึกข้อมูล

- บันทึกจำนวนไรแดงมันสำปะหลัง ก่อนและหลังการพ่นสาร
- บันทึกผลกระทบของสารทดลองที่มีต่อต้นมันสำปะหลัง (phytotoxicity)
- บันทึกต้นทุนการใช้สาร
- บันทึกเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน
- บันทึกผลผลิต

การวิเคราะห์ข้อมูล

- นำข้อมูลที่ได้มาและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีการทางสถิติที่เหมาะสม

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติงานกลุ่มงานวิจัยการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และแปลงเกษตรกรใน จ. กาญจนบุรี

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการประเมินสถานการณ์การระบาดและประเมินความเสียหายจากศัตรูพืช

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายเพื่อใช้ในการตรวจสอบการเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลัง

วิธีดำเนินการ

1. การศึกษาลักษณะอาการการเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ จากภาพถ่ายในห้องปฏิบัติการ

กรมวิชาการเกษตร

ดำเนินการปลูกต้นมันสำปะหลังในโรงเรือน จำนวน 60 ต้น เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุครบ 1 เดือน ปล่อยไรแดงหม่อนจำนวน 5 ระดับ ดังนี้ 20, 40, 60, 80, และ 100 ตัวต่อใบ โดยปล่อยไรแดงหม่อน ระดับละ 10 ต้น ๆ ละ 3 ใบ จากนั้นถ่ายภาพหลังจากปล่อยทุก 7 วัน จนต้นมันสำปะหลังตายภายใต้เซนเซอร์สเปกโทรมิเตอร์ ASD FieldSpec HandHeld 2

การบันทึกข้อมูล

- บันทึกจำนวนไรแดงเฉพาะระยะที่เคลื่อนไหว (Active Stage) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์หรือแว่นขยาย
- บันทึกอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ สภาพกายภาพ
- บันทึกภาพถ่ายช่วงคลื่นละเอียดสูง (Hyperspectral imaging)

2. การประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ในสภาพห้องปฏิบัติการ

การประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง โดยใช้พารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

$$NDVI = \frac{\rho NIR - \rho R}{\rho NIR + \rho R}$$ Rouse et *al*. (1973)

$$GNDVI = \frac{\rho NIR - \rho G}{\rho NIR + \rho G}$$ Gitelson *et al*. (1996)

$$REGNDVI = \frac{\rho RE - \rho G}{\rho RE + \rho G}$$ Herrmann *et al*. (2012)

$$REBNDVI = \frac{\rho RE - \rho B}{\rho RE + \rho B}$$ Herrmann *et al*. (2012)

$$NRENDVI = \frac{\rho NIR - \rho RE}{\rho NIR + \rho RE}$$ Herrmann *et al*. (2012)

$$TGI = -0.5[(R - B)(\rho R - \rho G) - (R - G)(\rho R - \rho B)]$$ Hunt *et al*. (2011)

$$REIP = 700 + 40\left\{\frac{\left[\frac{\rho 670 + \rho 780}{2}\right] - \rho 700}{\rho 740 - \rho 700}\right\}$$ Guyot and Baret (1988)

โดยที่ ρB หมายถึง ค่าการสะท้อนแสง ในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน 490 nm
ρG หมายถึง ค่าการสะท้อนแสง ในช่วงคลื่นสีเขียว 560 nm
ρR หมายถึง ค่าการสะท้อนแสง ในช่วงคลื่นสีแดง 666 nm
ρRE หมายถึง ค่าการสะท้อนแสง ในช่วงคลื่น Red-edge 715 nm
ρNIR หมายถึง ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นใกล้ อินฟราเรด 790 nm

การบันทึกข้อมูล

- บันทึกค่า NDVI, GNDVI, REGNDVI, REBNDVI, NRENDVI, TGI และREIP จากต้นพืชปกติ และต้นพืชที่ถูกเข้าทำลาย

3. การศึกษาลักษณะอาการการเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ จากภาพถ่ายในสภาพแปลง

กรมวิชาการเกษตร

ดำเนินการในแปลงมันสำปะหลังที่มีการเข้าทำลายของไรแดงมันสำปะหลัง ต.ดอนตาเพชร อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี โดยถ่ายภาพจากทางด้านบน โดยการใช้อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) ระบบ Multi-rotor 4 ใบพัดมีระบบพิกัด GIS และระบบควบคุมการเอียงของกล้องขณะถ่าย (Gyro Sensor) เพื่อใช้ในการปรับแก้การเอียงภาพติดกล้องบันทึกภาพ รุ่น MicaSence RedEdge MX มี 5 ระบบบันทึกภาพ Multispectral ประกอบด้วยกล้องบันทึกภาพย่านความถี่ 475 nm. (Blue), 560 nm. (Green), 668 nm. (Red), 717 nm. (Red edge) และ 842 nm. (Near Infrared) ดำเนินการวางแผนสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับครอบคลุมแปลงทั้งหมด 16 แปลงย่อย โดยแต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 6.5 เมตร กว้าง 9 เมตร แบ่งเป็นแปลง A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3 และ D4 โดยดำเนินการบินถ่ายภาพ 1 รอบการบิน แปลงพื้นที่การบิน โดยความละเอียดของภาพที่ความสูง 40 เมตร บันทึกภาพซ้อนทับภายแนวบิน (Overlap) ร้อยละ 80 และบันทึกภาพซ้อนทับระหว่างแนวบิน (Sidelap) ร้อยละ 80 นำภาพถ่ายที่ได้มาประมวลผลเทียบกับการประเมินด้วยสายตาจากคนเพื่อประเมินความแม่นยำ จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย ทำทั้งหมด เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงระดับความเสียหายต่อไป

การบันทึกข้อมูล

- บันทึกจำนวนไรแดงหม่อนเฉพาะระยะที่เคลื่อนไหว (Active Stage)
- บันทึกอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ สภาพดินฟ้าอากาศ
- NDVI จากต้นพืชปกติและต้นพืชที่ถูกเข้าทำลาย

เวลาและสถานที่

เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2562 สิ้นสุดเดือนกันยายน 2564

1. ห้องปฏิบัติการและโรงเรือนทดลองของกลุ่มงานวิจัยไรและแมงมุม
กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร
2. แปลงมันสำปะหลังของเกษตรกรในจังหวัดกาญจนบุรี

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาลักษณะอาการการเข้าทำลายของหนอนหัวดำมะพร้าวและแมลงดำหนามมะพร้าวจากภาพถ่าย

วิธีการ

ทำการประเมินความเสียหายจากการทำลายของแมลงด้วยค่าดัชนีพืชพรรณ ซึ่งดัชนีพืชพรรณมีผู้พัฒนาไว้หลากหลาย สำหรับการศึกษานี้เลือกใช้ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอมัลไลซ์ (Normalized difference vegetation index, NDVI) คือค่าดัชนีการสะท้อนแสง นิยมนำมาใช้ในงานวิจัยทางการเกษตรทั่วไป (Samseemoung *et al*., 2011) สามารถหาค่าได้จากสมการดังนี้

$$NDVI = (pNIR - pR)/(pNIR + pR)$$

โดยที่ pNIR หมายถึง ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นใกล้ อินฟราเรด 800 nm และ pR หมายถึง ค่าการสะท้อนแสง ในช่วงคลื่นสีแดง 650 nm

ทำการศึกษาลักษณะอาการการทำลายของหนอนหัวดำมะพร้าวและแมลงดำหนามมะพร้าว จากภาพถ่ายในแปลงที่พบการระบาด โดยดำเนินการบินถ่ายภาพโดยใช้อากาศยานไร้คนขับติดกล้อง Multispectral imaging camera ที่แปลงมะพร้าวที่พบหนอนหัวดำมะพร้าวระบาดเดือนมิถุนายน 2563 ที่อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี และถ่ายภาพทุก 1 เดือน ระหว่างเดือนมีนาคมถึงกันยายน 2564 ในแปลงมะพร้าวที่มีการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว ได้แก่ หนอนหัวดำมะพร้าว ที่ตำบลทับใต้ และแมลงดำหนามมะพร้าว ที่ตำบลหินเหล็กไฟ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยทำการบินถ่ายภาพ 3 รอบการบิน ครอบคลุมพื้นที่ทั้งสิ้นประมาณ 5 ไร่ กำหนดความละเอียดของภาพให้เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของพื้นดิน บันทึกข้อมูลภาพจากต้นพืชปกติ

กรมวิชาการเกษตร

และต้นพืชที่ถูกเข้าทำลาย และบันทึกภาพถ่ายช่วงคลื่นความละเอียดสูง (multispectral imaging) ทำการประมวลผลและวิเคราะห์ภาพถ่าย ผลิตเป็นแผนที่ภาพถ่ายออร์โธ และแผนที่ดัชนีพืชพรรณ โดยมีรายละเอียดดังนี้

<u>การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ</u>

ดำเนินการวางแผนสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ ครอบคลุมแปลงพื้นที่ A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3 และ D4 โดยใช้อากาศยานและ Sensor สำหรับการผลิตภาพถ่ายทางอากาศ โดยดำเนินการบินถ่ายภาพ 1 รอบการบิน แปลงพื้นที่การบินถ่ายด้วยความละเอียดของภาพที่ความสูง 50 เมตร บันทึกภาพซ้อนทับภายแนวบิน (Overlap) ร้อยละ 80 และบันทึกภาพซ้อนทับระหว่างแนวบิน (Sidelap) ร้อยละ 80

<u>การประมวลผล</u>

จากภาพออร์โธที่ได้จึงนำเข้าภาพเพื่อสร้างการจัดเรียงตำแหน่งภาพตามตำแหน่งการถ่ายภาพ (Align Photos) แล้วจำลองข้อมูลภาพให้เป็น 3 มิติ โดยใช้จุดหรือกลุ่มก้อนของวัตถุที่ได้จากภาพตามการสะท้อนที่ Sensor ได้รับ โดยข้อมูลแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข ในแปลงมะพร้าวแปลงที่พบการระบาดของหนอนหัวดำมะพร้าวมีความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level) ต่ำสุด 44.2 เมตร และ สูงสุด 66.0 เมตร (สีแดง) และแปลงมะพร้าวที่พบการระบาดของแมลงดำหนามมะพร้าวมีความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level) ต่ำสุด 41 เมตร (สีน้ำเงิน) และ สูงสุด 63.6 เมตร (สีแดง) แล้วดำเนินการผลิตภาพออร์โธ ความละเอียดจุดภาพ 3.40 เซนติเมตร

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการ: ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2562 ถึง กันยายน 2564

- ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กลุ่มกีฏและสัตววิทยา
- สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ
- แปลงมะพร้าวของเกษตรกร อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี
- แปลงมะพร้าวของเกษตรกร ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
- แปลงมะพร้าวของเกษตรกร ตำบลหินเหล็กไฟ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1.1 ประสิทธิภาพการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle (UAV)) ในการป้องกันกำจัดศัตรูคะน้า

1) การศึกษาความหนาแน่นของละอองสาร และการตกค้างของละอองสารบนเป้าหมายด้วยวิธี Colorimetric method

1.1) การศึกษาความหนาแน่นของละอองสารบนเป้าหมาย

ระหว่างทำการทดลองความเร็วลมมีค่าค่อนข้างคงที่คือมีความเร็วลมอยู่ระหว่าง 0.2-0.5 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิเฉลี่ย 26 ± 1 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ (RH %) มีค่าเฉลี่ย 72 ± 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการพ่นสาร (Miller *et al*., 2018)

ผลการทดลองพบความหนาแน่นของละอองสารบนเป้าหมายในระดับบนของต้นคะน้าด้านบนใบจากการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงอัตรา 100 ลิตรต่อไร่ มากที่สุดเฉลี่ย 84.8 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับการพ่นด้วยโดรนอัตรา 5 ลิตรต่อไร่ ที่พบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 76.6 ละอองต่อตารางเซนติเมตร แต่มากกว่าแตกต่างทางสถิติกับการพ่นด้วยโดรนอัตรา 3.5 ลิตรต่อไร่ ที่พบความหนาแน่นของละอองสาร

กรมวิชาการเกษตร

เฉลี่ย 72.2 ละอองต่อตารางเซนติเมตร อย่างไรก็ตามด้านใต้ใบกลับพบความหนาแน่นของละอองสารจากการพ่นทั้ง 3 กรรมวิธีไม่แตกต่างทางสถิติ โดยพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 41.0-49.9 ละอองต่อตารางเซนติเมตร

สำหรับระดับล่างของต้นคะน้าด้านบนใบ พบความหนาแน่นของละอองสารจากการพ่นทั้ง 3 กรรมวิธีไม่แตกต่างทางสถิติ โดยพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 39.4-45.3 ละอองต่อตารางเซนติเมตร ส่วนระดับล่างด้านใต้ใบพบความหนาแน่นของละอองสารจากการพ่นด้วยโดรนทั้ง 2 กรรมวิธีเฉลี่ย 31.4 และ 35.7 ละอองต่อตารางเซนติเมตร มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงอัตรา 100 ลิตรต่อไร่ ที่พบความหนาแน่นของละอองสารด้านใต้ใบเพียง 23.7 ละอองต่อตารางเซนติเมตร เมื่อนำข้อมูลทางวิชาการมาพิจารณาถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้ป้องกันกำจัดแมลง การพ่นด้วย โดรนเป็นวิธีการที่เหมาะสมมากกว่า เนื่องจากสามารถพบละอองสารในทุกส่วนเพียงพอต่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชคือมากกว่า 30 ละอองต่อตารางเซนติเมตร (King *et al*., 1996 และ Matthews, 2014) ในระดับบนและล่างของต้นคะน้าทั้งบริเวณด้านบนและด้านใต้ใบ

การพ่นด้วยโดรนใช้หัวฉีดที่สามารถผลิตละอองสารที่มีขนาดเล็ก (166 ไมครอน) และมีลมที่ผลิตจากใบพัดช่วยพัดละอองสารแทรกซอนเข้าสู่เป้าหมายได้ดีเมื่อเทียบกับการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงที่ละอองสารมีขนาดละอองที่ใหญ่กว่า (มากกว่า 200 ไมครอน) และละอองสารที่ผลิตจากเครื่องชนิดนี้ใช้แรงดันจากน้ำเพียงอย่างเดียว ดังนั้นการแทรกซอนสู่เป้าหมายจึงไม่ดีเท่าการมีแรงลมช่วย จึงทำให้พบความหนาแน่นของละอองสารโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณใต้ใบน้อยกว่า แม้จะใช้อัตราพ่นที่มากกว่าก็ตาม (Qin *et al*., 2016; Qin *et al*., 2016; พฤทธิชาติและคณะ, 2562)

1.2) การศึกษาการตกค้างของละอองสารบนเป้าหมาย

ผลการทดลองพบการตกค้างของละอองสารในระดับบนของต้นคะน้าทั้งด้านบนใบจากการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารทั้ง 3 กรรมวิธี ซึ่งพบการตกค้างของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.21-1.31 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับด้านใต้ใบ พบการตกค้างของละอองสารในระดับบนของต้นคะน้าจากการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงอัตรา 100 ลิตรต่อไร่ มากที่สุดเฉลี่ย 1.07 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นด้วยโดรนอัตรา 5 ลิตรต่อไร่ ที่พบการตกค้างของละอองสารเฉลี่ย 1.02 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร แต่มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับการพ่นด้วยโดรนอัตรา 3.5 ลิตรต่อไร่ ที่พบการตกค้างของละอองสารเฉลี่ย 0.93 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร

สำหรับระดับล่างของต้นคะน้าทั้งด้านบนใบและด้านใต้ใบ พบความหนาแน่นของละอองสารจากการพ่นทั้ง 3 กรรมวิธีไม่แตกต่างทางสถิติ โดยพบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.88-0.91 และ 0.65-0.73 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

การศึกษาการตกค้างสอดคล้องกับรายงานของ Cunningham and Harden, (1999), Matthews, (2014) และ Qin *et al*., (2016) ที่พบว่าการพ่นสารในระบบน้ำน้อยมากที่ใช้อัตราพ่นระหว่าง 0.8-8 ลิตร/ไร่ ดังเช่นการพ่นด้วยโดรน ถึงแม้สารที่ผสมในการพ่นมีความเข้มข้นสูง แต่มีลมที่ผลิตจากใบพัดของเครื่องช่วยในการนำพาละอองสารเข้าสู่เป้าหมายได้ดี เมื่อเทียบกับการพ่นแบบน้ำปานกลางที่ใช้อัตราพ่นระหว่าง 32-96 ลิตรต่อไร่ ด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง สำหรับการทดลองนี้การใช้ปริมาณสารออกฤทธิ์ (active ingredient) ในอัตราที่เท่ากันทุกกรรมวิธี แม้จะใช้อัตราพ่นที่น้อยกว่าด้วยโดรนหรือจะใช้ในอัตราที่สูงด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงก็ไม่ได้ทำให้ผลการตกค้างของละอองสารต่างกัน แต่การพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงที่ผลิตละอองสารที่มีขนาดโตมากกว่า 200 ไมครอน เมื่อละอองสารไปปะทะกับส่วนใดส่วนหนึ่งบนต้นข้าวแล้ว จะเกิดการรวมตัวของ

กรมวิชาการเกษตร

ละอองสารและไหลลงสู่พื้นดินได้ง่าย ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การพ่นในอัตราที่สูงแล้วพบ การตกค้างของละอองสารบนเป้าหมายไม่ต่างจากการพ่นในอัตราพ่นที่ต่ำกว่า

2) การศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักด้วยเชื้อ *Bacillus thuringiensis*

ผลการทดลองพบว่า การพ่นเชื้อ *Bacillus thuringiensis* subsp. kurstaki (แบคโทสปิน-เอฟ-ซี) อัตรา 300 มิลลิลิตรต่อไร่ ด้วย drone อัตราพ่น 3.5 และ 5 ลิตรต่อไร่ และการพ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำสูง อัตราพ่น 100 ลิตรต่อไร่ พบจำนวนหนอนใยผักไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.32-0.39, 0.25-0.33, 0.23-0.30 และ 0.21-0.29 ตัวต่อต้น หลังการพ่นสารครั้งที่ 1 - 4 ตามลำดับ แต่น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่พ่นสาร ที่พบหนอนใยผักเฉลี่ย 0.93, 1.07, 1.61 และ 1.68 ตัวต่อต้น

การพ่นสาร *Bacillus thuringiensis* ในการทดลองนี้ถึงแม้จะไม่สามารถควบคุมปริมาณหนอนให้ระดับการระบาดน้อยกว่า 0.2 ตัวต่อต้น ซึ่งเป็นระดับเศรษฐกิจได้ เนื่องจากหลายสาเหตุ ขึ้นอยู่กับจำนวน อายุและขนาดของหนอน ตลอดจนปริมาณเชื้อที่กินเข้าไป อีกทั้งเชื้อแบคทีเรียไม่คงทนสลายตัวได้เร็วเมื่อถูกแสงอาทิตย์ (อัจฉรา, 2544) สำหรับการทดลองนี้การทดสอบเริ่มเมื่อมีประชากรของหนอนใยผักอยู่ในระดับสูงคือ 0.5-0.7 ตัวต่อต้น ซึ่งมากกว่าระดับที่จำเป็นต้องป้องกันกำจัด 2-3 เท่า ดังนั้นการพ่นสารชีวภัณฑ์แม้จะสามารถป้องกันกำจัดได้แต่ก็ไม่สามารถลดจำนวนหนอนใยผักให้อยู่ภายใต้ระดับเศรษฐกิจ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการป้องกันกำจัด ซึ่งตรงกับรายงานของ (จีรนุช และคณะ, 2553) ที่ทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีและ *Bacillus thuringiensis* ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้าพบว่ากรณีที่พ่นสาร *Bacillus thuringiensis* ในแปลงที่มีจำนวนหนอนใยผักในระดับต่ำการใช้สาร *Bacillus thuringiensis* มีประสิทธิภาพและผลผลิตไม่แตกต่างจากการใช้สารเคมี และไม่มีพิษตกค้างในผลผลิต อย่างไรก็ตามในกรณีที่เป็นสารเคมีบางชนิดการพ่นในช่วงที่ประชากรของหนอนใยผักสูง ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดก็ไม่แตกต่างจากการใช้สาร *Bacillus thuringiensis* เช่นกัน (รพีพรรณ และคณะ, 2557) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงความปลอดภัยต่อศัตรูธรรมชาติและแมลงที่มีประโยชน์ชนิดอื่น ๆ การพ่นด้วย *Bacillus thuringiensis* มีความเฉพาะเจาะจงต่อหนอนผีเสื้อศัตรูพืชเท่านั้นซึ่งไม่มีผลกระทบต่อแมลงห้ำแมลงเบียน และแมลงที่มีประโยชน์อื่น ๆ (รัตนา และคณะ, 2553)

การทดลองที่ 1.2 ประสิทธิภาพการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle (UAV)) ในการป้องกันกำจัดศัตรูหอมแบ่ง

1. การทดลองด้านกายภาพ

ได้ทำการทดสอบในแปลงหอมแบ่งของเกษตรกร อ. ท่าม่วง จ. กาญจนบุรี ขนาดแปลงย่อย ปลูกเป็นร่องกว้าง 1.2 เมตร ยาว 10 เมตร จำนวน 3 ร่อง เว้นระยะห่างระหว่างแปลง 10 เมตร ระยะปลูก 20x20 เซนติเมตรต่อ 1 แปลงย่อย เว้นระยะห่างระหว่างแปลง 10 เมตร อุณหภูมิ 25 ± 2 ℃ ความชื้นสัมพัทธ์ (RH%) เฉลี่ย 70 ± 3% และมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.1-0.9 เมตร/วินาทีค่อนข้างคงที่ซึ่งเป็นสภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการพ่นสาร (Miller *et al*., 2018)

1.1 ความหนาแน่นและปริมาณการตกค้างของละอองสารบนหอมแบ่ง ได้ทำการทดลอง ที่

ผลการทดลองพบว่า ในใบหอมแบ่งความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 76.2-86.6 ละออง/ตารางเซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติกรรมวิธีพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง โดยการพ่นด้วยด้วยเครื่อง UAV อัตรา 5 ลิตร/ไร่ พบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ยสูงสุด 86.6 ละออง/ตารางเซนติเมตร และพบการตกค้างบนต้นอยู่ระหว่าง 1.47-1.74 ไมโครกรัมต่อใบ โดยการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงอัตรา 80 ลิตร/ไร่ พบการตกค้างสูงสุด 1.83 ไมโครกรัมต่อต้นแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ซึ่งจะเห็นว่าการพ่นด้วยเครื่องพ่น

กรมวิชาการเกษตร

สารแบบแรงดันน้ำสูงถึงแม้จะพบการตกค้างของละอองสารสูงกว่ากรรมวิธีพ่นด้วยเครื่อง UAV แต่จำนวนละอองสารและความหนาแน่นก็ไม่ได้มากกว่าการพ่นด้วยเครื่อง UAV เนื่องจากเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงผลิตละอองขนาดใหญ่กว่า ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของพฤทธิชาติ, (2562) รายงานของ Cunningham and Harden, (1999), Matthews, (2014) และ Qin et al., (2016) ที่พบว่า การพ่นสารในระบบน้ำน้อยมากที่ใช้อัตราพ่นระหว่าง 0.8-8 ลิตร/ไร่ ดังเช่น การพ่นด้วยเครื่อง UAV ถึงแม้สารที่ผสมในการพ่นมีความเข้มข้นสูง แต่มีลมที่ผลิตจากใบพัดของเครื่องช่วยในการนำาพาละอองสารเข้าสู่เป้าหมายได้ดี เมื่อเทียบกับการพ่นแบบน้ำปานกลางที่ใช้อัตราพ่นระหว่าง 32-96 ลิตร/ไร่ ด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง สำหรับการทดลองนี้การใช้ปริมาณสารออกฤทธิ์ (active ingredient) ในอัตราที่เท่ากันทุกกรรมวิธี แม้จะใช้อัตราพ่นที่น้อยกว่าด้วยเครื่อง UAV หรือจะใช้ในอัตราที่สูงด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง ก็ไม่ได้ทำให้ผลการตกค้างของละอองสารต่างกัน แต่การพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำ สูงที่ผลิตละอองสารที่มีขนาดโตมากกว่า 200 ไมครอน เมื่อละอองสารไปปะทะกับส่วนใดส่วนหนึ่งบนต้นข้าวแล้วจะเกิดการรวมตัวของละอองสารและไหลลงสู่พื้นดินได้ง่าย ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การพ่นในอัตราที่สูงแล้วพบการตกค้างของละอองสารบนเป้าหมายไม่ต่างจากการพ่นในอัตราพ่นที่ต่ำกว่า

1.2 และการศึกษาการปลิวของละอองสารบนพื้นที่นอกเป้าหมายด้วยวิธี Colorimetric method

การปลิวของละอองสารจากการพ่นด้วยอัตราต่าง ๆ ด้วยเครื่องพ่น UAV ที่ความสูงจากเหนือหอมแบ่ง 1.5 เมตร โดยพ่นที่ความเร็วลมต่างกันคือ ที่ความเร็วลมไม่เกิน 1 เมตร/วินาที (ลมขณะทดลอง 0.1-0.9 เมตร/วินาที) **(Table 5)** และความเร็วลมในช่วง 1-2 เมตร/วินาที (ลมขณะทดลอง1.3-1.7 เมตร/วินาที) เปรียบเทียบกับกรรมวิธีการพ่นของเกษตรกรที่พ่นในลักษณะการเดินส่ายก้านฉีดไปด้านหน้า ผลการทดลองพบว่า การพ่นด้วยเครื่อง UAV ที่ความสูงเหนือหอมแบ่ง 1.5 เมตร ความเร็วลมไม่เกิน 1 เมตร/วินาที การปลิวของละอองสารนอกเป้าหมายสามารถวัดได้ไกลที่สุดที่ระยะ 4 เมตร ในขณะที่การพ่นด้วยกรรมวิธีของเกษตรกรปลิวไกลที่สุดที่ระยะ 3 เมตร ส่วนการพ่นที่ความเร็วลม 1-2 เมตร/วินาที พบว่าการปลิวของละอองสารนอกเป้าหมายสามารถวัดได้ไกลที่สุดเหนือลมที่ระยะ 2 เมตร และใต้ลมที่ระยะ 8 เมตร ในขณะที่การพ่นด้วยกรรมวิธีของเกษตรกรปลิวไกลที่สุดเหนือลมที่ระยะ 2 เมตร และใต้ลมที่ระยะ 5 เมตร สอดคล้องกับผลการทดลองของ (Xue *et al*., 2014) ที่พบว่าการพ่นด้วยเครื่อง UAV สูงจากต้นข้าวประมาณ 3 เมตร ที่ความเร็วลมในพื้นที่ต่ำ กว่า 1 เมตร/วินาที พบการปลิวของละอองสารบนพื้นที่นอกเป้าหมายระยะไกลที่สุดไม่เกิน 4 เมตร จากแนวพ่นสุดท้าย และการทดลองของ การทดลองของ พฤทธิชาติ (2562ก) ที่พบว่าการพ่นด้วยเครื่อง UAV สูงจากต้นข้าวประมาณ 2 เมตร ที่ความเร็วลมในพื้นที่ต่ำ กว่า 1 เมตร/วินาที พบการปลิวของละอองสารบนพื้นที่นอกเป้าหมายระยะไกลที่สุดไม่เกิน 4 เมตร จากแนวพ่นสุดท้าย ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าความเร็วลมในขณะพ่นมีผลต่อการปลิวของละอองสารบนพื้นที่นอกเป้าหมายเป็นอย่างมาก ดังนั้นการพ่นด้วยเครื่อง UAV จึงไม่ควรพ่นสารในขณะลมแรง

1.3 การวัดปริมาณการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้ปฏิบัติงาน

ปริมาณการตกค้างของละอองสารที่ตรวจวัดได้บนร่างกายผู้ปฏิบัติงาน พบว่ามีเพียงกรรมวิธีพ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำสูงที่พบการตกค้างบนร่างกายของตัวผู้พ่น ซึ่งพบเฉลี่ย 158 ±39.0 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบสูงสุดในบริเวณหน้าแข้งซึ่งพบเฉลี่ย 46.7-57.3 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับความสูงของพืชที่พ่นและสอดคล้องกับการทดลองของ นลินา (2558) ในการศึกษาอัตราการพ่นสารที่เหมาะสมด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำในไม้พุ่มขนาดเล็กโดยใช้ผักชีฝรั่งเป็นตัวแทนซึ่งเป็นพืชที่มีความสูงไม่แตกต่างกันจึงพบการตกค้างของละอองสารมากสุดในจุดเดียวกัน ส่วนในส่วนบนของร่างกายพบน้อยกว่า และไม่พบที่หลัง ซึ่งในขณะทดลองไม่ได้มีการรั่วซึมของถังหรือน้ำยาหกจึงไม่พบสารที่หลังของผู้พ่น ส่วนการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ ไม่พบการตกค้างของละอองสารบนตัวผู้ปฏิบัติงานเลยทั้งนี้เนื่องจากขณะพ่นได้ทำตามคำแนะนำคืออยู่ห่างจากจุดพ่นสารอย่างน้อย 20 เมตร จึงทำให้ไม่พบการตกค้างของละอองสารบนตัวผู้

กรมวิชาการเกษตร

พ่นและในขณะพ่นความเร็วลมไม่เกิน 1 เมตร/วินาที ซึ่งจากตารางที่ 2 จะเห็นว่าการปลิวของละอองสาร ไม่เกิน 4 เมตร ทำให้ละอองไม่สามารถปลิวมาถึงผู้พ่นได้

2. การทดลองด้านประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดหนอนชอนใบในหอมแบ่ง

ทดสอบประสิทธิภาพของสาร fipronil 5% SC อัตรา 30 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ในแปลงหอมแบ่งของเกษตรกร อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ในเดือนเมษายน-พฤษภาคม 2564 โดยมีพื้นที่เท่ากับการทดลองทางกายภาพ ได้ผลการทดลองดังนี้

ก่อนพ่นสาร พบว่าทุกกรรมวิธีมีการทำลายของหนอนชอนใบเฉลี่ย 5.38-7.63% แตกต่างกันทางสถิติจึงทำการวิเคราะห์ด้วย Analysis of Covariance

หลังพ่นสารครั้งที่ 1 พบว่ากรรมวิธีพ่นสารด้วยเครื่อง UAV อัตรา 2 ลิตร/ไร่ มีการทำลายของหนอนชอนใบเฉลี่ย 7.25% น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีพ่นสารอัตราอื่นและกรรมวิธีไม่พ่นสารที่มีการทำลายของหนอนชอนใบเฉลี่ย 14.63-16.63% กรรมวิธีพ่นสารด้วยเครื่อง UAV อัตรา 3.5, 5 ลิตร/ไร่ กรรมวิธีพ่นสารด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง อัตรา 80 ลิตร/ไร่ และกรรมวิธีไม่พ่นสารมีการทำลายของหนอนชอนใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ

หลังพ่นสารครั้งที่ 2 พบว่าทุกกรรมวิธีพ่นสารมีการทำลายของหนอนชอนใบเฉลี่ย 11.38-17.38% น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารที่มีการทำลายของหนอนชอนใบเฉลี่ย 31.25% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีพ่นสารพบว่ากรรมวิธีพ่นสารด้วยเครื่อง UAV อัตรา 2 ลิตร/ไร่ มีการทำลายของหนอนชอนใบเฉลี่ย 11.38% น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพ่นสารด้วยเครื่อง UAV อัตรา 3.5 ลิตร/ไร่ และกรรมวิธีพ่นสารด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง อัตรา 80 ลิตร/ไร่ ที่มีการทำลายของหนอนชอนใบเฉลี่ย 16.25 และ 17.38% ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีพ่นสารด้วยเครื่อง UAV อัตรา 5 ลิตร/ไร่ ที่มีการทำลายของหนอนชอนใบเฉลี่ย 14.25%

หลังพ่นสารครั้งที่ 3 พบว่าทุกกรรมวิธีพ่นสารมีการทำลายของหนอนชอนใบเฉลี่ย 6.50-14.25% น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารที่มีการทำลายของหนอนชอนใบเฉลี่ย 25.38% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีพ่นสารพบว่ากรรมวิธีพ่นสารด้วยเครื่อง UAV อัตรา 2, 3.5 และ 5 ลิตร/ไร่ มีการทำลายของหนอนชอนใบเฉลี่ย 14.25, 11.38 และ 6.50% ไม่แตกต่างทางสถิติกับพ่นสารด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง อัตรา 80 ลิตร/ไร่ ที่มีการทำลายของหนอนชอนใบเฉลี่ย 8.50% และกรรมวิธีพ่นสารด้วยเครื่อง UAV อัตรา 2 ลิตร/ไร่ มีการทำลายของหนอนชอนใบน้อยกว่าและแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีพ่นสารด้วยเครื่อง UAV อัตรา 3.5 และ 5 ลิตร/ไร่

จากผลการทดลองพบว่า การทดลองด้านประสิทธิภาพสอดคล้องกับทดลองด้านกายภาพทั้งในด้านของความหนาแน่นของละอองสาร การตกค้างของละอองสารว่าการพ่นสารด้วยเครื่อง UAV ทุกอัตรา ให้ประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงอัตรา 80 ลิตร/ไร่ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ พฤทธิชาติ (2562ข) ในการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่อง cold fogger ในการป้องกันกำจัดบั่วกล้วยไม้ พบว่าการพ่นสารในปริมาณสารออกฤทธิ์ (active ingredient) ที่เท่ากันในทุกกรรมวิธี แม้จะใช้อัตราพ่นที่น้อยกว่ากรรมวิธีของเกษตรกร ไม่ได้ทำให้ผลของประสิทธิภาพต่างกัน และการทดลองของ พฤทธิชาติ (2562ก) ในการทดสอบประสิทธิภาพของอากาศยานไร้คนขับ (UAV) สำหรับการพ่นสารป้องกันกำจัดโรคเมล็ดด่างในข้าวสารในระบบน้ำน้อยมาก สารป้องกันกำาจัดโรคพืชที่ผสมในการพ่นด้วยเครื่องชนิดนี้จึงมีความเข้มข้นสูงเมื่อเทียบกับการผสมสารพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงของเกษตรกร ดังนั้น เมื่อพ่นสารในอัตราของสารออกฤทธิ์ที่เท่ากันในพื้นที่จึงทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำาจัดไม่แตกต่างกัน

กรมวิชาการเกษตร

เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการป้องกันกำจัดในหนอนชอนใบหอมแบ่ง

พบว่าทุกกรรมวิธีพ่นสารด้วยเครื่องพ่นสาร UAV มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนชอนใบในหอมแบ่งใกล้เคียงกับการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง อัตรา 80 ลิตร/ไร่ จากผลการวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลเพื่อแนะนำและเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรต่อไป

การทดลองที่ 1.3 ประสิทธิภาพการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle (UAV)) ในการป้องกันกำจัดไรศัตรูมันสำปะหลัง

1. ปริมาณการตกค้างของละอองสาร Kingkol tartrazine **บนต้นข้าว**

ผลการทดลองพ่นสารละลายของสี Kingkol tartrazine พบการตกค้างของละอองสารบนใบมันสำปะหลังเฉลี่ย 2.85, 2.82, 3.07 และ 3.27 ไมโครกรัม/ใบ ตามลำดับ ซึ่งการตกค้างของละอองสารที่เกิดจากการพ่นสารทั้ง 4 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Cunningham and Harden, (1999), Matthews, (2014) และ Qin *et al*., (2016) ที่พบว่า การพ่นสารในระบบน้ำน้อยมากที่ใช้อัตราพ่นระหว่าง 0.8-8 ลิตร/ไร่ ดังเช่น การพ่นด้วยเครื่อง UAV ถึงแม้สารที่ผสมในการพ่นมีความเข้มข้นสูง แต่มีลมที่ผลิตจากใบพัดของเครื่องช่วยในการนำพาละอองสารเข้าสู่เป้าหมายได้ดี เมื่อเทียบกับการพ่นแบบน้ำปานกลางที่ใช้อัตราพ่นระหว่าง 32-96 ลิตร/ไร่ ด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง สำหรับการทดลองนี้การใช้ปริมาณสารออกฤทธิ์ (active ingredient) ในอัตราที่เท่ากันทุกกรรมวิธี แม้จะใช้อัตราพ่นที่น้อยกว่าด้วยเครื่อง UAV หรือจะใช้ในอัตราที่สูงด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง ก็ไม่ได้ทำให้ผลการตกค้างของละอองสารต่างกัน แต่การพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงที่ผลิตละอองสารที่มีขนาดโตมากกว่า 200 ไมครอน เมื่อละอองสารไปปะทะกับส่วนใดส่วนหนึ่งบนต้นมันสำปะหลังแล้ว จะเกิดการรวมตัวของละอองสารและไหลลงสู่พื้นดินได้ง่าย ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การพ่นในอัตราที่สูงแล้วพบการตกค้างของละอองสารบนเป้าหมายไม่ต่างจากการพ่นในอัตราพ่นที่ต่ำกว่า

2. การทดสอบประสิทธิภาพจากการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับในการป้องกันกำจัดไรแดงมันสำปะหลัง

การทดสอบประสิทธิภาพการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูที่สำคัญในมันสำปะหลัง ได้ดำเนินการทดลอง ณ แปลงเกษตรกร อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม 2564 วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 3 ลิตรต่อไร่, กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 4 ลิตรต่อไร่, กรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ อัตราพ่น 5 ลิตรต่อไร่, กรรมวิธีที่ 4 พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบใช้แรงดันน้ำ อัตรา 60 ลิตรต่อไร่ (กรรมวิธีเปรียบเทียบ) และกรรมวิธีที่ 5 ไม่ใช้สาร ทำการทดสอบในแปลงที่พบการระบาดของไรแดงมันสำปะหลังโดยพ่นสาร spiromesifen 24% SC อัตรา 30 มล./ไร่ ผลการทดลองพบว่าทุกกรรมวิธีที่มีการพ่นสารมีจำนวนไรแดงมันสำปะหลังน้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใช้สาร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่มีการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับในอัตราพ่นต่าง ๆ และกรรมวิธีพ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบใช้แรงดันน้ำพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีทั้ง 2 แปลงทดลอง

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการประเมินสถานการณ์การระบาดและประเมินความเสียหายจากศัตรูพืช

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายเพื่อใช้ในการตรวจสอบการเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

1. การศึกษาลักษณะอาการการเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ จากภาพถ่ายในห้องปฏิบัติการ

จากการทดลองปล่อยไรแดงหม่อน 20, 40, 60, 80 และ 100 ตัวต่อใบ จำนวน 10 ซ้ำ (1 ต้นต่อซ้ำ) ตรวจนับจำนวนไรหลังการปล่อย 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ พบว่าหลังจากปล่อยไรแดงหม่อนในมันสำปะหลัง 5 สัปดาห์ กรรมวิธีที่ปล่อยไรแดงหม่อน 80 และ 100 ตัวต่อใบ พบไรแดงหม่อนเฉลี่ย 521.60 และ 528.90 ตัวต่อใบ ตามลำดับ ส่งผลให้ใบต้นมันสำปะหลังถูกดูดกินน้ำเลี้ยงจนตาย

2. การประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยค่าดังต่อไปนี้

ดัชนีพืชพรรณ (Normalized difference vegetation index, NDVI),Green normalized difference vegetation index (GNDVI), Red-EdgeGNDVI (REGNDVI), Red-Edge Blue NDVI (REBNDVI), Near-infrared Red-Edge NDVI (NRENDVI) และ TGI จากการวิเคราะห์ถ่ายภาพความละเอียดสูงด้วยเครื่องสเปกโทรมิเตอร์ ASD FieldSpec HandHeld 2 หลังจากปล่อยไรแดงหม่อน หลังการปล่อย 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ พบว่า

หลังจากปล่อยไรแดงหม่อนลงบนต้นมันสำปะหลังแล้ว 2 สัปดาห์ พบค่าการสะท้อนของคลื่นในช่วง Near Infrared (NIR) (800 - 1,000 นาโนเมตร) มากหลังปล่อยไรแดงหม่อน 40 ตัว/ใบ ถัดมาคือปล่อยไรแดงหม่อน จำนวน 80, 100, 0, 60 และ 20 ตัว/ใบ ตามลำดับ ซึ่งค่าการสะท้อนของคลื่นช่วง NIR มีความใกล้เคียงกันมากหลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 และ 60 ตัว/ใบ และเมื่อนำค่าการสะท้อนของคลื่นไปวิเคราะห์ค่า GNDVI, REGNDVI และNRENDVI พบว่าหลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับการปล่อยไรจำนวนอื่น ๆ เมื่อทดสอบด้วยค่า NDVI และREBNDVI หลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ ไม่มีความแตกต่างกับการปล่อยไรแดงหม่อน 80 ตัว/ใบ เมื่อทดสอบด้วยค่า TGI หลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ ไม่มีความแตกต่างกับการปล่อยไรแดงหม่อน 40 ตัว/ใบ และเมื่อทดสอบด้วยค่า REIP หลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ ไม่มีความแตกต่างกับการปล่อยไรแดงหม่อน 20 ตัว/ใบ หลังจากปล่อยไรแดงหม่อนลงบนต้นมันสำปะหลังแล้ว 3 สัปดาห์ พบค่าการสะท้อนของคลื่นในช่วง NIR มากหลังปล่อยไรแดงหม่อน 20 ตัว/ใบ ลองลงมาคือปล่อยไรแดงหม่อนจำนวน 0, 80, 100, 40 และ 60 ตัว/ใบ ตามลำดับ และเมื่อนำค่าการสะท้อนของคลื่นไปวิเคราะห์ค่า NDVI, GNDVI, REGNDVI, REBNDVI และTGI พบว่าหลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับการปล่อยไรจำนวนอื่น ๆ เมื่อทดสอบด้วยค่า NRENDVIและREIP หลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ ไม่มีความแตกต่างกับการปล่อยไรแดงหม่อน 20 ตัว/ใบ

หลังจากปล่อยไรแดงหม่อนลงบนต้นมันสำปะหลังแล้ว 4 สัปดาห์ พบค่าการสะท้อนของคลื่นในช่วง NIR มากหลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ ลองลงมาคือปล่อยไรแดงหม่อนจำนวน 80 และ100 ตัว/ใบ ตามลำดับ แต่จากการปล่อยไรแดงหม่อนที่ 20, 60 และ 40 ตัว/ใบ เส้นกราฟมีการทับซ้อนกัน เมื่อนำค่าการสะท้อนของคลื่นไปวิเคราะห์ค่า GNDVI, REGNDVI, NRENDVI, TGI และREIP พบว่าหลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับการปล่อยไรจำนวนอื่น ๆ เมื่อทดสอบด้วยค่า NDVI และ REBNDVI หลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ ไม่มีความแตกต่างกับการปล่อยไรแดงหม่อน 20 ตัว/ใบ

หลังจากปล่อยไรแดงหม่อนลงบนต้นมันสำปะหลังแล้ว 5 สัปดาห์ พบค่าการสะท้อนของคลื่นในช่วง NIR มากหลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ ลองลงมาคือปล่อยไรแดงหม่อนจำนวน 80, 100, 40, 20 และ60 ตัว/ใบ ตามลำดับ แต่จากการปล่อยไรแดงหม่อนที่ 40 และ 100 ตัว/ใบ ยังมีเส้นกราฟที่มีการทับซ้อนกันอยู่บ้าง และเมื่อนำค่าการสะท้อนของคลื่นไปวิเคราะห์ค่า NDVI, GNDVI, REGNDVI, REBNDVI, NRENDVI และTGI พบว่าหลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับการปล่อยไรจำนวนอื่น ๆ เมื่อทดสอบด้วยค่า REIP หลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ ไม่มีความแตกต่างกับการปล่อยไรแดงหม่อน 60 ตัว/ใบ

กรมวิชาการเกษตร

จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายความละเอียดสูงด้วยเครื่อง สเปกโทรมิเตอร์ ASD FieldSpec HandHeld 2 ด้วยค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) และค่า Green normalized difference vegetation index (GNDVI) หลังจากปล่อยไรแดงหม่อนปริมาณ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ตัว/ใบ ไปแล้วเป็นเวลา 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ พบว่าในทุกสัปดาห์หลังจากการปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ มีค่า NDVI, GNDVI, REGNDVI, REBNDVI, NRENDVI, TGI และREIP ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับการปล่อยไรแดงหม่อนจำนวนอื่น ๆ ทั้งนี้ จากการทดลองดังกล่าวสามารถนำข้อมูลถ่ายภาพความละเอียดสูงด้วยเครื่อง สเปกโทรมิเตอร์ ASD FieldSpec HandHeld 2 มาใช้ในการแยกต้นมันสำปะหลังที่เกิดความเสียหายจากการเข้าทำลายของไรแดงหม่อน กับต้นมันสำปะหลังปกติได้

เมื่อประเมินความเสียหายต้นมันสำปะหลังด้วยสายตาโดยแบ่งความเสียหายเป็น 10 ระดับ พบว่าเมื่อวิเคราะห์ NDVI ทุกระดับความเสียหายมีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.7291, 0.6919, 0.6778, 0.6504, 0.5980, 0.5753, 0.5407, 0.4664, 0.4280 และ0.2923 ตามลำดับ GNDVI พบว่าความเสียหายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นความเสียหายระดับที่ 7 และ8 ที่มีค่า GNDVI ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.5447, 0.5176, 0.4965, 0.4703, 0.4400, 0.4281, 0.4140, 0.4125, 0.3989 และ0.3553 ตามลำดับ

REGNDVI พบว่าความเสียหายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นความเสียหายระดับที่ 7 และ8 ที่มีค่า REGNDVI ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.3909, 0.3693, 0.3570, 0.3355, 0.3149, 0.3080, 0.2957, 0.2929, 0.2793 และ0.2346 ตามลำดับ

REBNDVI พบว่าความเสียหายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นความเสียหายระดับที่ 2 กับ3 และ5 กับ6 ที่มีค่า REBNDVI ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.6735, 0.6367, 0.6347, 0.6191, 0.5903, 0.5827, 0.5558, 0.5305, 0.4984 และ0.3934 ตามลำดับ

NRENDVI พบว่าความเสียหายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นความเสียหายระดับที่ 6, 7, 8, 9 และ 7, 8, 9, 10 ที่มีค่า NRENDVI ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1971, 0.1845, 0.1709, 0.1610, 0.1455, 0.1390, 0.1352, 0.1370, 0.1353 และ0.1318ตามลำดับ

TGI พบว่าความเสียหายระดับที่ 1 และ4 มีค่าไม่แตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 31.9653 และ31.3141 ตามลำดับ ความเสียหายระดับที่ 2, 3, 4, 5 ไม่แตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 29.9348, 29.3590, 31.314 1และ 29.4892 ตามลำดับ ความเสียหายระดับที่ 6, 7 และ 10 ไม่แตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 26.6238, 26.5927 และ 9.5461 ตามลำดับ ความเสียหายระดับที่ 8 และ 9 ไม่แตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 21.6009, 19.7785 ตามลำดับ

REIP พบว่าความเสียหายระดับที่ 1, 2, 3, 4 และ5 มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 715.2149, 714.6531, 713.6255, 712.4919 และ710.6904 ตามลำดับ ความเสียหายระดับที่ 6, 7 และ9 ไม่แตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 709.7727, 709.3288 และ709 .5237 ตามลำดับ และความเสียหายระดับที่ 8 มีค่าเท่ากับ 708.8018 ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับทุกค่า

3. การศึกษาลักษณะอาการการเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ จากภาพถ่ายในสภาพแปลง

นำค่า NDVI ทุกระดับความเสียหายโดยมีค่าเฉลี่ยจากความเสียหายของต้นมันสำปะหลังจากมากไปน้อยเท่ากับ 0.7291, 0.6919, 0.6778, 0.6504, 0.5980, 0.5753, 0.5407, 0.4664, 0.4280 และ0.2923 ตามลำดับ โดยนำค่าที่ต่ำกว่า 0.5753 วิเคราะห์เป็นใบพืชที่เสียหาย จากภาพถ่ายที่ได้จาก UAV และเปรียบเทียบกับการประเมินด้วยสายตาพบว่าในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบความเสียหายของมันสำปะหลังด้วยวิธีประเมินด้วยสายตากับการประเมินโดยใช้ UAV ยังมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูงแต่ยัง แต่ยังมีบางส่วนเมื่อเปรียบเทียบกัน

กรมวิชาการเกษตร

แล้วพบว่ามีแนวโนมไปในทิศทางเดียวกัน และหลังจากภายภาพครั้งแรก 5 สัปดาห์ พบว่าเปรียบเทียบความเสียหายของมันสำปะหลังด้วยวิธีประเมินด้วยสายตากับการประเมินโดยใช้ UAV มีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าในครั้งที่ 1 การประเมินความเสียหายด้วย UAV มีความแม่นยำมากขึ้นเมื่อเทียบกับการประเมินด้วยสายตา ซึ่งผลการประเมินที่เกิดความคลาดเคลื่อนน่าจะเกิดจากลักษณะการเข้าทำลายของไรแดงหม่อนจะเข้าทำลายในบริเวณใบแก่ ซึ่งถ้าต้นมันสำปะหลังมีใบหนาแน่นมาก จะทำให้เกิดการซ้อนทับกันของใบมันสำปะหลังทำให้การถ่ายภาพจากด้านบนด้วย UAV เห็นใบมันสำปะหลังเพียงบางส่วน จะไม่เห็นส่วนที่ซ้อนทับกัน

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาลักษณะอาการการเข้าทำลายของหนอนหัวดำมะพร้าวและแมลงดำหนามมะพร้าวจากภาพถ่าย

<u>แปลงหนอนหัวดำมะพร้าวระบาด ที่อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี</u>

จากการลงพื้นที่ดำเนินการถ่ายภาพทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับติดกล้อง multispectral imaging camera และนำภาพถ่ายที่ได้มาทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณของต้นมะพร้าวในพื้นที่พบการระบาดของหนอนหัวดำมะพร้าว เปรียบเทียบกับค่าการประเมินเปอร์เซ็นต์รอยทำลายที่ใบมะพร้าวด้วยสายตา พบว่าสัดส่วนพื้นที่ใบที่เสียหายต่อพื้นที่ใบรวมทั้งหมดของทั้งต้น (%) ในแปลงมะพร้าวทดสอบนี้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5075 - 19.8805 และเมื่อประเมินรอยทำลายด้วยสายตา (%) พบว่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1 - 55 ซึ่งเมื่อนำผลการวิเคราะห์ของแต่ละต้นมาเปรียบเทียบและแสดงผลในเชิงเส้นกราฟ พบว่าเส้นกราฟทั้ง 2 เส้นมีแนวโน้มไปในแนวทางเดียวกัน

<u>แปลงหนอนหัวดำมะพร้าวระบาด ที่ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์</u>

ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน สามารถวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ของต้นมะพร้าวที่สุ่มเลือกต้นที่ถูกหนอนหัวดำมะพร้าวทำลายมากในแปลงที่พบการระบาด ดังนี้ เดือนมีนาคม ค่า NDVI อยู่ในช่วง 0.1031 ถึง 0.3683 มีค่าเฉลี่ย 0.2401 เดือนเมษายน ค่า NDVI อยู่ในช่วง -0.0178 ถึง 1 มีค่าเฉลี่ย 0.6648 เดือนพฤษภาคม ค่า NDVI อยู่ในช่วง 0.1159 ถึง 0.5441 มีค่าเฉลี่ย 0.3598 เดือนมิถุนายน ค่า NDVI อยู่ในช่วง -0.5696 ถึง 1 มีค่าเฉลี่ย 0.4076 เดือนกรกฎาคม ค่า NDVI อยู่ในช่วง 0.1196 ถึง 1 มีค่าเฉลี่ย 0.7502 เดือนสิงหาคม ค่า NDVI อยู่ในช่วง -0.5227 ถึง 0.9637 มีค่าเฉลี่ย 0.3808 เดือนกันยายน ค่า NDVI อยู่ในช่วง -1 ถึง 1 มีค่าเฉลี่ย 0.3660

<u>แปลงแมลงดำหนามมะพร้าวระบาด ที่ตำบลหินเหล็กไฟ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์</u>

ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน สามารถวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ของต้นมะพร้าวที่สุ่มเลือกต้นที่ถูกแมลงดำหนามมะพร้าวทำลายมากในแปลงที่พบการระบาด ดังนี้ เดือนมีนาคม ค่า NDVI อยู่ในช่วง 0.40 ถึง 0.8140 มีค่าเฉลี่ย 0.6753 เดือนเมษายน ค่า NDVI อยู่ในช่วง -0.6854 ถึง 1 มีค่าเฉลี่ย 0.1865 เดือนพฤษภาคม ค่า NDVI อยู่ในช่วง -0.2961 ถึง 0.4257 มีค่าเฉลี่ย 0.2127 เดือนมิถุนายน ค่า NDVI อยู่ในช่วง -0.4886 ถึง 1 มีค่าเฉลี่ย 0.4110 เดือนกรกฎาคม ค่า NDVI อยู่ในช่วง 0.0657 ถึง 0.9840 มีค่าเฉลี่ย 0.7349 เดือนสิงหาคม ค่า NDVI อยู่ในช่วง -0.5055 ถึง 1 มีค่าเฉลี่ย 0.3957 เดือนกันยายน ค่า NDVI อยู่ในช่วง -0.6387 ถึง 1 มีค่าเฉลี่ย 0.3740 ทั้งนี้ค่า NDVI ของต้นมะพร้าวของทั้ง 2 แปลงที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละเดือนมีความผกผัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่า NDVI ของต้นมะพร้าวที่สมบูรณ์ของแปลงที่พบหนอนหัวดำมะพร้าวระบาดพบว่ามีค่า NDVI อยู่ในช่วง 0.3302 - 0.8079 มีค่าเฉลี่ย 0.6431 และแปลงที่พบแมลงดำหนามมะพร้าวระบาดมีค่า NDVI อยู่ในช่วง 0.1901 - 0.7631 มีค่าเฉลี่ย 0.5245 และเมื่อนำค่า NDVI มาวิเคราะห์หาร้อยละของพื้นที่ใบดี และใบเสีย เปรียบเทียบกับการประเมินรอยทำลายของแมลงที่ทางใบมะพร้าวด้วยสายตาในเบื้องต้น พบว่าผลการประเมินเป็นไปในแนวทางเดียวกัน ข้อมูลมีความผกผันเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาในการดำเนินการเพียง 7 เดือน คือตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายนนั้น มีทั้งช่วงฤดู

กรมวิชาการเกษตร

ร้อนและฤดูฝน จำนวนแมลงในแปลงมะพร้าวมีจำนวนขึ้นลงมากน้อยเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล จึงส่งผลให้การระบาดหรือรอยทำลายที่ปรากฏบนใบมะพร้าวที่เกิดขึ้นใหม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าว ดังนั้น การประเมินสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของต้นมะพร้าวหรือพืชที่มีอายุยืนในแปลงปลูกควรต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษายาวนานขึ้น 3 - 5 ปี เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่สามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงลึกได้มากขึ้น ซึ่งจะสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของพืชจากค่า NDVI ได้อย่างชัดเจน

นอกจากนี้จากภาพถ่ายทางอากาศสามารถวิเคราะห์และตรวจนับจำนวนทางใบมะพร้าวและสามารถประเมินความเสียหายรอยทำลายของแมลงในแต่ละทางใบมะพร้าวได้ดัง ซึ่งผลที่ได้เมื่อเทียบกับการตรวจนับด้วยสายตาทางภาคพื้นดินก็ยังคงมีความใกล้เคียงกัน ดังนั้นสามารถใช้ภาพถ่ายทางอากาศแทนการทำงานในภาคพื้นดินซึ่งช่วยให้สะดวกต่อการทำงาน ประหยัดเวลา และมีความปลอดภัย ลดโอกาสเสี่ยงต่อการถูกสัตว์มีพิษทำร้ายในแปลงมะพร้าวได้

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้อากาศยานไร้คนขับติดกล้อง multispectral imaging camera เพื่อวิเคราะห์ภาพถ่ายค่าดัชนีพรรณพืชของพืช พบว่าสัดส่วนพื้นที่ใบที่เสียหายต่อพื้นที่ใบรวมทั้งหมดของทั้งต้น (%) สามารถใช้เปรียบเทียบกับค่าการประเมินเปอร์เซ็นต์รอยทำลายที่ใบด้วยสายตาได้มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นการใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อถ่ายภาพในมุมกว้างของพื้นที่ขนาดใหญ่ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประเมินความเสียหายของพืชได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และเนื่องด้วยพื้นที่ปลูกพืชในประเทศไทยมีความหลากหลาย เช่น ปลูกในพื้นที่ราบ หรือในพื้นที่เชิงเขาภูเขา การใช้อากาศยานไร้คนขับสามารถบินเข้าทำการประเมินได้ทุกพื้นที่ บางกรณีพื้นที่เป็นร่องสวนพบปัญหาน้ำท่วมแปลงไม่สามารถเดินเข้าสำรวจภายในแปลงได้ การใช้อากาศยานไร้คนขับจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินงาน

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

โครงการที่ 1 วิจัยเทคนิคเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

การทดลองที่ 1.1 พัฒนาเทคนิคการพ่นสารชีวภัณฑ์ในการป้องกันกำจัดด้วงเจาะเห็ด (*Cyllodes biplagiatus*) ในเห็ดนางฟ้าช่วงเก็บเกี่ยว

จากการทดลองพบว่าอัตราพ่นที่เหมาะสมสำหรับไส้เดือนฝอยอยู่ที่ 80-100 ลิตรต่อไร่ และต้องพ่นไส้เดือนฝอยไม่ต่ำกว่า 3 ครั้ง จึงเริ่มเห็นผลในการป้องกันกำจัดด้วงเจาะเห็ด

การทดลองที่ 1.2 พัฒนาเทคนิคการพ่นสารในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้ายศัตรูกระเจี๊ยบเขียว

การใช้เครื่องพ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำสูง ประกอบก้านฉีดและหัวฉีดแบบต่าง ๆ ร่วมกับการใช้สารฆ่าแมลง flonicamid 50% WG อัตรา 3 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ให้ผลดีในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในกระเจี๊ยบเขียวและสามารถยืดระยะเวลาในการฉีดพ่นสารในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้ายได้นานถึง 14 วัน

การทดลองที่ 1.3 พัฒนาเทคนิคการพ่นสารด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงลมขนาดใหญ่เพื่อป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในแปลงองุ่นแบบสภาพไร่

วิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงลมขนาดใหญ่ (Airblast) เป็นวิธีการพ่นสารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในแปลงองุ่นแบบสภาพไร่ โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดเพลี้ยไฟและไรแดงไม่แตกต่างกับกรรมวิธีเกษตรกร แต่สามารถลดเวลาการทำงานได้ระหว่าง 83-91 เปอร์เซ็นต์อีกด้วย

การทดลองที่ 1.4 พัฒนาเทคนิคการพ่นสารด้วยคานหัวฉีดเพื่อป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในแปลงองุ่นแบบสภาพร่องสวน

กรมวิชาการเกษตร

วิธีการพ่นด้วยคานหัวฉีดประกอบหัวฉีดกรวยกลวง จำนวน 4 หัว (Boom sprayer) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในแปลงองุ่นแบบสภาพร่องสวน ในส่วนการทดลองด้านมีการตกค้างของละอองสารบนใบองุ่นไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีเกษตรกรที่ใช้เครื่องยนต์พ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง แต่ลดการสูญเสียของละอองสารที่ตกลงบนพื้นดิน และลดอันตรายจากผู้พ่นสารได้มากกว่า

การทดลองที่ 1.5 พัฒนาเทคนิคการพ่นสารด้วยคานหัวฉีดแบบต่าง ๆ ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูที่สำคัญในกล้วยไม้

การพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบแนวตั้ง (vertical boom sprayer) และคานหัวฉีดแบบลาก (manual pulled trolley boom sprayer) ที่อัตราพ่น 120 ลิตรต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟเมล่อนในกล้วยไม้ และสามารถลดเวลาการทำงานได้ระหว่าง 36-62 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแนะนำและกรรมวิธีของเกษตรกรและลดปริมาณสารฆ่าแมลงได้ถึง 25% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีของเกษตรกร

การทดลองที่ 1.6 เทคนิคการใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* Weiser ควบคุมด้วงหมัดผักในคะน้าด้วยระบบการให้น้ำแบบสปริงเกอร์

การพ่นสารกำจัดด้วงหมัดผักตามกรรมวิธีของเกษตรกร และกรรมวิธีพ่นสาร fipronil 5% W/V SC อัตรา 50 มล./น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักในคะน้าได้ดีกว่ากรรมวิธีปล่อยไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* อัตรา 320 ล้านตัว/น้ำ 160 ลิตร/ไร่ ไปตามระบบการให้น้ำแบบสปริงเกอร์ และกรรมวิธีพ่นไส้เดือนฝอยด้วยเครื่องพ่นสารแบบสูบโยกสะพายหลัง อัตรา 320 ล้านตัว/น้ำ 160 ลิตร/ไร่

การทดลองที่ 1.7 เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อควบคุมหนอนกออ้อยด้วยระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด

วิธีการใช้สาร chlorantraniliprole 5.17% SC, สาร emamectin benzoate 1.92% EC และสาร cyantraniliprole 20% SC ร่วมกับระบบน้ำหยด มีแนวโน้มว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกออ้อย แต่เนื่องจากพบเปอร์เซ็นต์การทำลายของหนอนกออ้อยในแปลงค่อนข้างน้อย และมีการระบาดไม่สม่ำเสมอจึงควรดำเนินการทดลองซ้ำอีกครั้งเพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลอง

การทดลองที่ 1.8 การฉีดสารเข้าต้นเพื่อป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ เพลี้ยไก่แจ้ และหนอนชอนใบส้มเขียวหวาน

การศึกษาประสิทธิภาพการฉีดสารกำจัดแมลงชนิดต่าง ๆ เข้าสู่ลำต้นส้มเขียวหวานเพื่อป้องกันกำจัดเพลี้ยไก่แจ้ส้ม (*D. citri* Kuawayama) ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีใช้สาร thiamethoxam 25% WG อัตรา 4 กรัม/ต้น, clothianidin 16% SG อัตรา 4 กรัม/ต้น, imidacloprid 35% SC อัตรา 4 มิลลิลิตร/ต้น, dinotefuran 10% SL อัตรา 4 มิลลิลิตร/ต้น, emamectin benzoate 1.92% EC อัตรา 4 มิลลิลิตร/ต้น มีประสิทธิภาพในการป้องกำจัดเพลี้ยไก่แจ้ส้ม สำหรับกรรมวิธีใช้สาร abamectin 1.8% EC อัตรา 4 มิลลิลิตร/ต้น มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไก่แจ้ส้มต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารกำจัดแมลงชนิดอื่น ๆ

กิจกรรมที่ 2 การศึกษาผลของการใช้สารแบบผสม สารเสริมประสิทธิภาพและคุณภาพน้ำที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช

การทดลองที่ 2.1 ประสิทธิภาพของการใช้สารฆ่าแมลงแบบผสม (tank mixtures) ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.)

สารฆ่าแมลง spinetoram 12% SC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, indoxacarb 15% SC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, emamectin benzoate 1.92% EC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, chlorfenapyr 10% SC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, fipronil 5% SC อัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, tolfenpyrad 16% EC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, Bt. Aizawai อัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, Bt. kurstaki อัตรา

กรมวิชาการเกษตร

100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ผสมสารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb 80% WP อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และสาร dimethomorph 50% WP อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร สามารถละลายได้ดี โดยไม่เกิดการแยกชั้นที่เห็นด้วยสายตา และไม่พบความเป็นพิษต่อพืช โดยการผสมของสารฆ่าแมลงและสารป้องกันกำจัดโรคพืชแนะนำไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงแนะนำ

การทดลองที่ 2.2 ผลของสภาพน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงและอายุการใช้งานของหัวฉีดที่ใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) ในคะน้า

การทดสอบผลของสภาพน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงที่ใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก *(Plutella xylostella* L.) ในคะน้า โดยใช้สารฆ่าแมลงที่แนะนำได้แก่สาร spinetoram 12% SC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, indoxacarb 15% SC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, emamectin benzoate 1.92% EC อัตรา 40 มิลลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, chlorfenapyr 10% SC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, fipronil 5% SC อัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, tolfenpyrad 16% EC อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, *Bt. Aizawai* อัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, *Bt. kurstaki* อัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และน้ำสภาพต่าง ๆ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างที่ระดับ pH 4 - 9 ความเค็มที่ระดับ น้อยกว่า 0.2, 0.2-0.5, 0.5-1.5 และ มากกว่า1.5 g l^{-1} ความกระด้างที่ระดับ 50, 100, 200 และ 400 และความขุ่นของน้ำที่ระดับ ขุ่นมากและขุ่นน้อย ผลการทดลองพบว่าสารฆ่าแมลงในทุกกรรมวิธีสามารถละลายได้ดีในน้ำทุกคุณลักษณะ โดยไม่เกิดการแยกชั้นที่เห็นด้วยสายตาตลอดจนไม่พบความเป็นพิษต่อพืช จากการผสมสารฆ่าแมลงแนะนำในอัตราสูงสุดกับน้ำที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงในสภาพน้ำที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ ด้วยวิธีการ bioassays และสภาพแปลงทดลองนั้น พบว่าสภาพน้ำไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงแนะนำ

การทดลองที่ 2.3 ผลของการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมกับสารกำจัดเพลี้ยไฟในข้าวนาหว่านน้ำตมที่มีผลต่อหญ้าข้าวนก

เกษตรกรถึง 77.3 เปอร์เซ็นต์ ที่มีพฤติกรรมการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมกับสารกำจัดเพลี้ยไฟฉีดพ่นในครั้งเดียวกัน โดยให้เหุตผลว่า การใช้สารกำจัดวัชพืชผสมกับสารกำจัดเพลี้ยไฟในนาข้าวเป็นการลดต้นทุนในการผลิตและประหยัดเวลาในการปฏิบัติงาน หากไม่ผสมสารกำจัดเพลี้ยไฟจะทำให้เพลี้ยไฟระบาดรุนแรงและจัดการไม่ทัน เกษตรกรกลุ่มนี้ยังคงปฏิบัติเช่นเดิมต่อไป เนื่องจากไม่พบว่าการใช้สารแบบผสมมีผลกระทบต่อต้นข้าว และทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชและเพลี้ยไฟด้อยลง

การใช้สารกำจัดวัชพืชผสมกับสารกำจัดเพลี้ยไฟยังคงมีประสิทธิภาพในการกำจัดหญ้าข้าวนกได้ในระดับดี ไม่มีความเป็นพิษต่อต้นข้าว ยกเว้นกรรมวิธีการพ่นสาร propanil ซึ่งข้าวจะมีอาการใบไหม้เล็กน้อย ซึ่งเป็นอาการเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืช propanil อีกทั้งการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมกับสารกำจัดเพลี้ยไฟในนาข้าวมีผลทำให้จำนวนตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟน้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสาร ซึ่งหากเกษตรกรยังคงต้องการปฏิบัติเช่นเดิม จำเป็นต้องมีการจัดอบรม และให้ความรู้กับเกษตรกรในเรื่องของการใช้สารอย่างถูกต้องปลอดภัย และต้องให้เกษตรกรเรียนรู้หลักของการผสมสารให้ถูกต้อง

การทดลองที่ 2.4 ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก (pre - emergence herbicide) ผสมร่วมกับประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก (post - emergence herbicide) ในมันสำปะหลัง

สารกำจัดวัชพืชคู่ผสมที่ไม่เป็นพิษหรือเป็นพิษเล็กน้อย และมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชประเภทใบแคบ ได้แก่ หญ้าปากควาย หญ้าตีนนก วัชพืชประเภทใบกว้าง ได้แก่ สาบม่วง และครามขน วัชพืชประเภทกก ได้แก่ หนวดปลาดุก และกกหนวดแมว ได้ดีที่สุด คือ s-metolachlor + glyphosate และ clomazone+ glyphosate รองลงมา ได้แก่ flumioxazin+glufosinate แต่คู่ผสมนี้ควบคุมแห้วหมูได้ไม่ดีเท่าที่ควร และ คู่ผสม

กรมวิชาการเกษตร

ต่อมา flumioxazin+glyphosate คู่ผสมนี้ควบคุมวัชพืชใบกว้าง และกก ได้ดี แต่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าตีนนกได้ไม่ดี

การทดลองที่ 2.5 ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก (pre - emergence herbicide) ผสมร่วมกับประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก (post - emergence herbicide) ในอ้อย

วิธีการที่ 1 การจัดการวัชพืชของกรมวิชาการเกษตรสามารถควบคุมวัชพืชได้ดีมาก เนื่องจากสาร indaziflam +sulfentrazone อัตรา 12+148 g ai/ไร่ ที่ใช้พ่นก่อนวัชพืชงอกนั้น สามารถกำจัดวัชพืชได้ทั้งใบแคบและใบกว้าง และมีระยะในการควบคุมวัชพืชได้นาน 3-4 เดือน หลังจากนั้นมีวัชพืชเริ่มงอกใหม่จากเมล็ด จึงพ่นกำจัดด้วย paraquat 1 ครั้ง ที่ระยะ 3 เดือน และใส่ปุ๋ยพูนโคนพร้อมกำจัดวัชพืชระหว่างแถวอ้อยที่ระยะ 4 เดือนหลังปลูกซึ่งเป็นระยะที่อ้อยมีการแตกกอทรงพุ่มเริ่มจะคลุมพื้นที่แล้ว ทำให้วัชพืชที่งอกใหม่ไม่สามารถแข่งขันได้ จึงทำให้วิธีการนี้มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี และมีต้นทุนในการกำจัดวัชพืชที่ถูกกว่าวิธีของเกษตรกร

วิธีการที่ 2_ซึ่งมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีในระยะ 2 เดือนหลังปลูก เพราะสารกำจัดวัชพืช pendimethlin+acetochlor อัตรา 231+250 g ai/ไร่ สามารถกำจัดวัชพืชใบแคบได้เป็นส่วนใหญ่และมีวัชพืชใบกว้างบ้างชนิดที่ไม่สามารถควบคุมได้ หลังจากนั้นมีวัชพืชเริ่มงอกใหม่จากเมล็ดจึงพ่นกำจัดด้วย paraquat 2 ครั้ง ที่ระยะ 3 และ 4 เดือน ซึ่งเป็นระยะที่อ้อยมีการแตกกอทรงพุ่มเริ่มจะคลุมพื้นที่แล้ว เช่นเดียวกับวิธีของกรมวิชาการเกษตร แต่ใช้ต้นทุนในการกำจัดวัชพืชที่สูงกว่า

การทดลองที่ 2.6 ผลของสารเสริมประสิทธิภาพที่มีต่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดและความคงทนของสารฆ่าแมลงที่ใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.)

สารฆ่าแมลง spinetoram 12% SC, indoxacarb 15% EC, emamectin benzoate 1.92% EC, chlorfenapyr 10% SC, *Bt. aizawai*, เข้ากันได้กับสารเสริมประสิทธิภาพทุกชนิดโดยไม่เกิดการตกตะกอน เมื่อทดสอบความคงทนต่อฝนโดยใช้สาร spinetoram 12% SC เป็นตัวแทนของสารดูดซึมและ *Bt. aizawai* เป็นตัวแทนของสารที่ไม่ใช่สารดูดซึม ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิด เป็นสารที่แนะนำการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า และใช้สารเสริมประสิทธิภาพ Tension T-7 (Surfactants) เป็นตัวแทนซึ่งเกษตรกรนิยมใช้และราคาไม่แพง หลังการทำฝนเทียมแล้ว 2, 4, 8 และ 24 ชั่วโมง และไม่โดนฝน ที่ปริมาณน้ำฝน 13 (ฝนเล็กน้อย) และ 23 (ฝนปานกลาง) รวมถึงหลังการให้น้ำแล้ว 2, 4, 8 และ 24 ชั่วโมง และไม่ให้น้ำ พบว่าให้ผลสอดคล้องกันคือฝนและการให้น้ำมีผลต่อการชะล้างของสารฆ่าแมลง โดยยิ่งมีระยะปลอดฝนหรือการทิ้งระยะหลังให้น้ำนานยิ่งทำให้สารฆ่าแมลงมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การทดลองที่ 2.7 ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก (pre-emergenceherbicide) ผสมร่วมกับประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก (post-emergence herbicide) ในข้าวโพดอาหารสัตว์

การพ่นสารกำจัดวัชพืช s-metrolachlor 96% EC+glufosinate 15% SLไม่พบอาการเป็นพิษต่อข้าวโพด และมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่น ดีกว่าการใช้สารกำจัดวัชพืช glufosinate15% SL และ atrazine 90% WG ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชเปรียบเทียบ ส่วนสารกำจัดวัชพืช flumioxazine 50% WP+triclopyr 66.8% EC และ flumioxazine 50% WP+glufosinate 15% SLเป็นพิษเล็กน้อยโดยมีอาการใบไหม้ และมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี จนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นเช่นกัน ส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ เป็นพิษต่อต้นข้าวโพดและมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้เล็กถึงปานกลางเท่านั้น

การทดลองที่ 2.8 ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก (pre - emergence herbicide) ผสมร่วมกับประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก (post - emergence herbicide) ในสับปะรด

กรมวิชาการเกษตร

การพ่นสาร acetochlor 50% EC + ametryn 80 % WP, flumioxazin 50% WP + ametryn 80 % WP, diuron 80% WG + ametryn 80 % WP มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชประเภทใบแคบ ได้แก่ หญ้าตีนติด หญ้าดอกขาว หญ้าชันกาด และวัชพืชประเภทใบกว้าง ได้แก่ จิงจ้อ สาบม่วง และหญ้ายาง ไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรดและไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสับปะรด

การทดลองที่ 2.9 ศึกษาช่วงระยะเวลาการใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก (paraquat, glyphosate และ glufosinate-ammonium) ในมันสำปะหลัง

การศึกษาช่วงเวลาในการใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก โดยการพ่นสาร diquat dibromide 37.3% W/V SL, glyphosate-isoproplyammonium 48% W/V SL และ glufosinat-ammonium 15% W/V SL ระหว่างแถวมันสำปะหลังแบบไม่ใส่หัวครอบป้องกันละอองสาร พบว่าวิธีการพ่นแบบไม่ใส่หัวครอบป้องกันละอองสารในวิธี พ่นสารกำจัดวัชพืช glufosinate ammonium 15% W/V SL ที่ระยะ 15 และ 45 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช ประเภทใบแคบ เช่น หญ้าตีนติด หญ้าตีนกา หญ้าขนเล็ก หญ้าปากควาย วัชพืชประเภทใบกว้าง เช่น หญ้ายาง ปอวัชพืช ครามขน ลูกใต้ใบ อุตพิษ และสาบม่วง ได้ดีถึงระยะ 90 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง หลังจากนั้นพบวัชพืชขึ้นแข่งขันเล็กน้อย แต่ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังเพราะทรงพุ่มมันสำปะหลังปกคลุมพื้นที่ระยะ 90 วันหลังปลูก การพ่นสาร glufosinate-ammonium 15% W/V SL ที่ระยะ 15 และ 45 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง เป็นพิษเล็กน้อยที่ต่อมันสำปะหลังที่ระยะ 30 วันหลังปลูก (15 วันหลังพ่นสาร) โดยใบมันสำปะหลังที่สัมผัสสาร มีอาการบิดเบี้ยวเล็กน้อย เมื่อเทียบกับกรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงานคน และกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช ที่ระยะ 45 วันหลังปลูก (30 วันหลังพ่นสาร) ไม่พบอาการเป็นพิษ สำหรับวิธีอื่นที่พ่นสาร เช่น diquat dibromide 37.3% W/V SL, glyphosate-isoproplyammonium 48% W/V SL พ่นที่ระยะ 15 และ 45 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง, ที่ระยะ 15 และ 75 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง, ที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง, ที่ระยะ 30 และ 90 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง และการพ่นสาร glufosinate-ammonium 15% W/V SL ที่ระยะ 15 และ 75 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง, ที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง, ที่ระยะ 30 และ 90 วันหลังปลูกมันสำปะหลัง เป็นพิษปานกลางจนถึงรุนแรง ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และทำให้พืชปลูกตาย

การทดลองที่ 2.10 ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชคู่ผสมระหว่างสารกำจัดวัชพืชประเภทใช้ก่อนวัชพืชงอกในอ้อยตอ

การพ่นสารคู่ผสมระหว่าง atrazine + topramezone , ametryn + topramezone, diuron + ametryn อัตรา 414 + 8.4 ,480 + 8.4 และ 480+480 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ พ่นหลังอ้อยตองอก และวัชพืชมีจำนวนใบ 3-5 ใบ หรือมีความสูงไม่เกิน 15 เซนติเมตร ส่วนการพ่นสารคู่ผสมระหว่าง indaziflam + glufosinate ammonium และ ametryn + glufosinate ammonium อัตรา 14+105, และ 480+105 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ พ่นระหว่างแถวอ้อยตอ และวัชพืชมีความสูงไม่เกิน 20 เซนติเมตร โดยใช้หัวครอบเพื่อป้องกันละอองสารปลิวไปสัมผัสกับใบอ้อย สามารถควบคุมวัชพืชได้แก่ หญ้าตีนติด หญ้านกสีชมพู ผักปลาบ ลูกใต้ใบ และหญ้ายาง ได้ดีถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และมีต้นทุนการจัดการวัชพืชต่ำกว่าการกำจัดวัชพืชด้วยมือ

การทดลองที่ 2.11 การสังเคราะห์และทดสอบประสิทธิภาพอนุภาคนาโนคอปเปอร์ในการควบคุม โรคใบจุดพริกที่เกิดจากแบคทีเรีย *Xanthomonas axonopodis* pv. *Vesicatoria*

การฉีดพ่นครั้งที่ 1 อนุภาคนาโนคอปเปอร์มอลโทส และ กาแลคโตส ควบคุมโรคได้ดีเท่ากันโดยมีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค 22.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่พ่นด้วยสารคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ 77% WP ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงจองโรค 44.5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการฉีดพ่นครั้งที่ 2 พบว่า อนุภาคนาโนคอปเปอร์มอลโทส ควบคุมโรคได้ดีกว่าอนุภาคนาโนคอปเปอร์กาแลคโตสโดยมีเปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

ความรุนแรงของโรค 46 และ 53 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่พ่นด้วยสารคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ 77% WP ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงจองโรค 63.5 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังจากการฉีดพ่นครั้งที่ 3 พบว่า อนุภาคนาโนคอปเปอร์มอลโทส กาแลคโตส และ กรรมวิธีที่พ่นด้วยสารคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ 77% WP มีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค 57, 63 และ 63.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และหลังจากการฉีดพ่นครั้งที่ 4 พบว่าอนุภาคนาโนคอปเปอร์มอลโทส กาแลคโตส และ กรรมวิธีที่พ่นด้วยสารคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ 77% WP มีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค 66, 66.5 และ 72.5 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าหลังจากการฉีดพ่นครั้งที่3 อนุภาคนาโนคอบเปอร์ทั้ง 2 ขนิด มีการควบคุมโรคไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่พ่นด้วยสารคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ 77% WP ดังนั้นแสดงว่าอนุภาคนาโนคอปเปอร์สามารถควบคุมโรคใบจุดพริกได้ดีในระยะเริ่มแรกที่แสดงอาการของโรค

โครงการที่ 2 วิจัยและพัฒนาเทคนิคการพ่นสารและประมวลผลภาพถ่ายเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดและตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชด้วยอากาศยานไร้คนขับ

กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช

ผลการทดสอบพบว่าอากาศยานไร้คนขับที่อัตราการพ่น 3-5 ลิตรต่อไร่ในการพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูคะน้า หอมแบ่ง และมันสำปะหลัง มีศักยภาพในการนำมาใช้พ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช จากการทดลองพบความหนาแน่นและการตกค้าง รวมถึงประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดไม่แตกต่างจากกรรมวิธีของเกษตรกร และเมื่อพิจารณาถึงความรวดเร็ว การประหยัดทรัพยากรน้ำในการพ่นสาร การลดต้นทุนค่าแรงงาน และการลดการปนเปื้อนของเกษตรกรจากการที่ไม่ต้องสัมผัสในขณะปฏิบัติงาน อากาศยานไร้คนขับเป็นตัวเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นคำแนะนำ เพื่อเป็นแนวทางในการวางมาตรฐานการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับในประเทศไทย รวมทั้งเป็นข้อมูลใช้พัฒนาสู่การอารักขาพืชแม่นยำสูง (Precision Crop Protection) ที่สอดคล้องกับนโยบายเกษตร 4.0 ของประเทศ

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการประเมินสถานการณ์การระบาดและประเมินความเสียหายจากศัตรูพืช

การศึกษาลักษณะอาการการเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ จากภาพถ่ายในห้องปฏิบัติการ จากการทดลองปล่อยไรแดงหม่อน 20, 40, 60, 80 และ 100 ตัวต่อใบ พบว่าหลังจากปล่อยไรแดงหม่อนในมันสำปะหลัง 5 สัปดาห์ กรรมวิธีที่ปล่อยไรแดงหม่อน 80 และ 100 ตัวต่อใบ ส่งผลให้ใบต้นมันสำปะหลังถูกดูดกินน้ำเลี้ยงจนตาย การประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ด้วยค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized difference vegetation index, NDVI),Green normalized difference vegetation index (GNDVI), Red-EdgeGNDVI (REGNDVI), Red-Edge Blue NDVI (REBNDVI), Near-infrared Red-Edge NDVI (NRENDVI) และ TGI จากการวิเคราะห์ถ่ายภาพความละเอียดสูงด้วยเครื่องสเปกโทรมิเตอร์ ASD FieldSpec HandHeld 2 หลังจากปล่อยไรแดงหม่อน หลังการปล่อย 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ พบว่ายังไม่สามารถแยกการทำลายของไรแดงหม่อนโดยใช้จำนวนของไรแดงหม่อนออกจากกันได้ แยกได้เพียงต้นที่ถูกทำลายกับต้นที่ไม่ถูกทำลาย เนื่องจากความรุนแรงที่ต้นมันสำปะหลังแสดงออกมานั้นไม่ขึ้นกับปัจจัยปริมาณไรแดงหม่อน แต่เมื่อประเมินความเสียหายต้นมันสำปะหลังด้วยสายตาโดยแบ่งความเสียหายเป็น 10 ระดับ พบว่ามีเพียงค่า NDVI เท่านั้นที่สามารถแยกความเสียหายแต่ละระยะออกจากกันได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงนำค่า NDVI ที่ได้ใช้ในการประเมินในสภาพแปลงด้วย UAV เปรียบเทียบกับการประเมินด้วยสายตาพบว่า วิธีประเมินด้วยสายตากับการประเมินโดยใช้ UAV ยังมี

กรมวิชาการเกษตร

ความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูงแต่อย่างไรก็ตามมีบางส่วนที่มีแนวโนมไปในทิศทางเดียวกัน อาจเกิดจากการซ้อนทับของใบมันสำปะหลังทำให้ภาพถ่ายจาก UAV เกิดการคลาดเคลื่อน

สำหรับการศึกษาในมะพร้าว พบว่าสัดส่วนพื้นที่ใบที่เสียหายต่อพื้นที่ใบรวมทั้งหมดของทั้งต้น (%) สามารถใช้เปรียบเทียบกับค่าการประเมินเปอร์เซ็นต์รอยทำลายที่ใบมะพร้าวด้วยสายตาได้มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้น การใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อถ่ายภาพในมุมกว้างของพื้นที่สวนมะพร้าวขนาดใหญ่ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประเมินความเสียหายของต้นมะพร้าวที่เกิดจากการทำลายของหนอนหัวดำมะพร้าวได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และเนื่องด้วยพื้นที่ปลูกมะพร้าวในประเทศไทยมีความหลากหลาย เช่น ปลูกเป็นร่องสวน ปลูกในพื้นที่ราบ หรือในพื้นที่เชิงเขาภูเขา การใช้อากาศยานไร้คนขับสามารถบินเข้าทำการประเมินได้ทุกพื้นที่ บางกรณีพื้นที่เป็นร่องสวนพบปัญหาน้ำท่วมแปลงไม่สามารถเดินเข้าสำรวจภายในแปลงได้ การใช้อากาศยานไร้คนขับจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินงาน

ข้อเสนอแนะ

นักวิชาการผู้ปฏิบัติงานวิจัยในระยะต่อไปควรต้องดำเนินการขยายผลในพืชและศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ รวมทั้งมีการบูรณาการกับหน่วยงานอื่นที่มีความรู้ในด้านต่าง ๆ ในการพัฒนางานให้มีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้นักวิจัยจำเป็นต้องศึกษาศาสตร์แขนงอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนางานให้มีความสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นในอนาคต

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

โครงการที่ 1 โครงการวิจัยเทคนิคเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558.[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.moac.go.th/download/roadmap58/15-PlanMOAC2015.pdf (สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2558).

กรวิทย์ ตันศร. 2558.แรงงานกับการเปลี่ยนแปลงของภาคการเกษตรไทย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/NorthEastern/DocLib_Research/04-Labor%20with%20Agri%20Changing.pdf(สืบค้นเมื่อ 12 มิถุนายน2558).

กอบเกียรติ์ บันสิทธิ์ พรทิพย์ วิสารทานนท์ ฉัตรไชย ศฤงฆไพบูรณ์ และสัจจะ ประสงค์ทรัพย์. 2554. แมลงไรศัตรูเห็ดในประเทศไทย. เอกสารวิชาการกองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตรกรุงเทพฯ. 80 หน้า.

กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. 2553. เอกสารวิชาการเกษตร คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช.สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. หน้า 14-18.

กลุ่มกีฏและสัตววิทยาและกลุ่มบริหารศัตรูพืช. 2553. คำแนะนำแผนการทดลองการทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. หน้า 17-18.

กลุ่มงานวิจัยไรและแมงมุม. 2544. ไรศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพ.

กลุ่มวิจัยโรคพืช. 2554. คำแนะนำแผนการทดลองการทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดโรคพืช. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. หน้า 36 - 37.

กลุ่มวิจัยวัชพืช. 2554. คำแนะนำการควบคุมวัชพืชและการใช้สารกำจัดวัชพืช. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ.

เกลียวพันธ์ สุวรรณรักษ์และเสริมศิริ คงแสงดาว.2539. บทบาทของสารกำจัดวัชพืชใช้ก่อนปลูกที่มีต่อการควบคุมวัชพืชและการเจริญเติบโตของสับปะรดซึ่งปลูกโดยไม่มีการเตรียมดิน.วารสารวิชาการเกษตร กรมวิชาการเกษตรกรุงเทพฯ: 14(1)

เกลียวพันธ์ สุวรรณรักษ์. 2546. วัชพืชในไร่อ้อยและการป้องกันกำจัด. กรมวิชาการเกษตร วารสารกรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ; ปีที่ 14 ฉบับที่ 1.

จรรยา มณีโชติ ปรัชญา เอกฐิน ยุรวรรณ อนันตนมณี จรัญญา ปิ่นสุภา สิริชัย สาธุวิจารณ์ สุพัตรา ชาวกงจักร์ ศันสนีย์ จำจด ชัชวิทย์ ถนอมถิ่น สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์ สันติไมตรี ก้อนคำดี สุรกิตติ ศรีกุล และ ชนินทร์ ขันตยกุล. 2558. บทบาทของสารกำจัดวัชพืชประเภทไม่เลือกทำลายต่อการจัดการวัชพืชในระบบการผลิตพืชเศรษฐกิจ 6 ชนิดของประเทศไทย. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 12 จังหวัดเชียงราย

จริยา จันทรไพแสง และวินัย รัชตปกรณชัย. 2541. ใชบีที (BT) กำจัดแมลงศัตรูพืช. เอกสารประกอบนิทรรศการ งานเกษตรแฟร ระหวางวันที่ 31 มกราคม - 7 กุมภาพันธ 2541 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร, กรุงเทพฯ. 9 หน้า.

จีรนุช เอกอำนวย ดำรง เวชกิจ อำพล แก้วทอง สรรชัย เพชรธรรมรส และไพศาล รัตนเสถียร. 2546. ศึกษาประสิทธิภาพวิธีการพ่นสารแบบ HV และ LV ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูคะน้า. นิทรรศการแผ่นภาพ ***ใน:*** หนึ่งทศวรรษแห่งการอารักขาพืชในประเทศไทย. การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 5 หน้า 97.

กรมวิชาการเกษตร

จีรนุช เอกอำนวย. 2549. หัวฉีดที่ใช้ในการเกษตร. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จอมสุรางค์ ดวงสนธิ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว บูรณพานิชพันธุ์ และจิราพร ตยุติวุฒิกุล. 2550. ชีววิทยาและนิเวศวิทยาของด้วงหมัดผักแถบลายในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย. วิทยาสารกำแพงแสน. 5(1): 20 - 29.

ชำนาญ พิทักษ์โอชา ประจวบเหมาะ และอนุวัฒน์ จันทรสุวรรณ. 2539. การสำรวจการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูอ้อย. หน้า 277 - 279. ***ใน:*** ประชุมสัมมนาเรื่อง การป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสาน ครั้งที่ 2. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ดำรง เวชกิจ ชาเยศ สุวรรณพงศ์ อำพล แก้วทอง และสมบูรณ์ ทองสกุล. 2532. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2532. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 154 หน้า.

ดำรง เวชกิจ จีรนุช เอกอำนวย พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท สรรชัย เพชรธรรมรส สิริวิภา พลตรี. 2551. ศึกษาประสิทธิภาพของ ULEM เพื่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูกล้วยไม้บางชนิด. รายงานผลวิจัยเรื่องเต็ม. กรมวิชาการเกษตร. 57 หน้า.

ดำรง เวชกิจ จีรนุช เอกอำนวย และพฤทธิชาติ ปุญวัฒโท. 2554. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (Pesticide Application Technique). เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรแมลง-สัตว์ศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด ครั้งที่ 15. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืชกรมวิชาการเกษตร. 181 หน้า.

ทวีศักดิ์ ชโยภาส ปิยรัตน์ เขียนมีสุข และสมรวย รวมชัยอภิกุล. 2551. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2551. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 182 -200.

ทศพล พรพรหม. 2545. สารกำจัดวัชพืช: หลักการและกลไกการทำลาย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 27 หน้า.

ธนัชสัณห์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์ และ มณฑิตา วะชู. 2563. ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชบางชนิดต่อการควบคุมแห้วหมู และความเป็นพิษต่อข้าวโพด. เกษตรนเรศวร. 17(1): 48-57.

ธรรมศักดิ์ สมมาตย์. 2550. การควบคุมโรคโคนเน่า รากเน่าของทุเรียน ด้วยเทคนิคโรคพืช มก.และสาร m-Dkp. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://it.doa.go.th/durian/detail.php?id=186 (สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2554).

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. 2558.PRECISION FARMING/SMART FARM. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/i-sense/precision_farming.html (สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2558).

นิพนธ์ วิสารธานนท์. 2542. โรคไม้ผลเขตร้อนและการป้องกันกำจัด. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์หลักสูตร “หมอพืช-ไม้ผล” ฉบับที่ 1. บริษัท เจ ฟิล์ม โปรเซส จำกัด. กรุงเทพฯ. 172 หน้า.

นิรนาม. 2554ก. คู่มือตรวจแมลงและไรศัตรูผัก. กองกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 90 หน้า.

นิรนาม. 2554ข. คำแนะนำการควบคุมวัชพืชและการใช้สารกำจัดวัชพืช. กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 149หน้า.

นิรนาม. 2557ก. ฝน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki/ฝน (สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2557).

นิรนาม. 2557ข. การให้น้ำกล้วยไม้. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.orchidsiam.com/ (สืบค้น

กรมวิชาการเกษตร

เมื่อ 18 มีนาคม 2557).

ณัฐกฤต พิทักษ์. 2544. เทคโนโลยีทางเลือกสำหรับ ไอ พี เอ็ม. หน้า 241 - 255. ***ใน:*** การประชุมสัมมนาทางวิชาการการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูอ้อยโดยวิธีผสมผสานครั้งที่ 4. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ณัฐกฤต พิทักษ์ และอนุวัฒน์ จันทรสุวรรณ. 2544. แมลงศัตรูอ้อยโรงงาน อ้อยเคี้ยว อ้อยคั้นน้ำ และการป้องกันกำจัด. เอกสารวิชาการกองกีฏและสัตววิทยากรมวิชาการเกษตรกรุงเทพฯ. 97 หน้า.

ณัฐพันธุ์ ศุภกา. 2553. Nanobiotechnology ในอุตสาหกรรมอาหารและการเกษตร. แหล่งที่มา: http://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/TN212B_p32-34.pdf

ปิยรัตน์ เขียนมีสุข กอบเกียรติ์ บันสิทธิ์ นงพร กิจบำรุง จักรพงศ์ พิริยพล ศรีสุดา โท้ทอง สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น ลัดดาวัลย์ อินทร์สังข์ อุราพร ใจเพ็ชร ศรีจำนรรจ์ พิชิตสุวรรณชัย สมรวย รุ่งรัตนวารี และสัจจะ ประสงค์ทรัพย์. 2542. เอกสารวิชาการแมลงศัตรูผัก. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผัก ไม้ดอกไม้ประดับ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ. 97 หน้า.

ปิยรัตน์ เขียนมีสุข อุทัย เกตุนุติ อัจฉรา ตันติโชดก ลัดดาวัลย์ งามวงศ์ธรรม อุราพร ใจเพ็ชร ไพศาล รัตนเสถียร ศิริณี พูนไชยศรี และเครือพันธุ์ กิติปกรณ์. 2540. ทดสอบการป้องกันกำจัดศัตรูกระเจี๊ยบเขียวแบบผสมผสาน. รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2540. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผัก ไม้ดอกไม้ประดับ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ. หน้า 177 - 196.

วัชรี สมสุข. 2544. ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง. หน้า 209 - 244. ***ใน:*** การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีเพื่อการเกษตรยั่งยืน. เอกสารวิชาการ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

พวงผกาคมสัน. 2541. มาตรการของสหภาพยุโรปในการนำเข้าดอกกล้วยไม้จากไทย. หน้า 1 - 3. ***ใน:*** เอกสารการประชุมสัมมนาเรื่อง “กล้วยไม้ส่งออก...ปัญหาและแนวทางแก้ไข” 14 พฤษภาคม 2541 ณคอนเวนชั่นฮอลล์โรงแรมรามาการ์เด้นกรุงเทพฯ.

ไพศาล รัตนเสถียร ปิยรัตน์ เขียนมีสุข สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น ศรีสุดา โท้ทอง ศิริณี พูนไชยศรี ศรีจำนรรจ์ พิชิตสุวรรณชัย บุษรา จันทร์แก้วมณี และสมรวย รุ่งรัตนาวารี. 2543. เพลี้ยไฟฝ้ายศัตรูกล้วยไม้. หน้า 525 - 540. ***ใน:*** เอกสารวิชาการ การประชุมสัมมนาทางวิชาการแมลงและสัตว์ศัตรูพืช กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตรครั้งที่ 12 ประจำปี 2543. 28 - 31 มีนาคม 2543 พัทยา ชลบุรี.

ไพศาล รัตนเสถียร ดำรง เวชกิจ จีรนุช เอกอำนวย สมบูรณ์ ทองสกุล ทรงวุฒิ พจนานุวงศ์ และสมชาย อามีน. 2543. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช. เอกสารวิชาการกองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 177 หน้า.

พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท ดำรง เวชกิจ จีรนุช เอกอำนวย สรรชัย เพชรธรรมรส และสิริวิภา พลตรี. 2553. ศึกษาเทคนิคการพ่นสารเพื่อป้องกันกำจัดแมลงและไรศัตรูเห็ด. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม. กรมวิชาการเกษตร. 15 หน้า.

พรรณเพ็ญ ชโยภาส ปิยรัตน์ เขียนมีสุข ทวีศักดิ์ ชโยภาส และจิราภรณ์ ทองพันธ์. 2544. ตรวจความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงประเภทเชื้อแบคทีเรียของหนอนใยผักในกะหล่ำปลี. หน้า. 1 - 12. ***ใน:*** เอกสารวิชาการรายงานผลการค้นคว้าและวิจัย ประจำปี 2544. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชสวนอุตสาหกรรม กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

พรรณเพ็ญ ชโยภาส ดำรง เวชกิจ จีรนุช เอกอำนวย สุภราดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง อุราพรหนูนารถ ปิยรัตน์ เขียนมีสุข อัจฉรา ตันติโชดก พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท สุเทพ สหายา และอิสเรศ เทียนทัด. 2552. เทคโนโลยีการจัดการควบคุมหนอนใยผักและหนอนกระทู้หอมในพืชตระกูลกะหล่ำ. หน้า 21 - 39. ***ใน:***

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยระดับดีที่ได้รับการสนับสนุนเงินรายได้จากการดำเนินงานวิจัยด้านการเกษตรปี 2552. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

มารศรี วงศ์อนันทรัพย์. 2556. กล้วยไม้ตัดดอก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.agriman.doae.go.th/home/news/Year%202013/022_Orchid.pdf. (สืบค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2557).

รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2547. สารป้องกันกำจัดวัชพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 347 หน้า.

รังสรรค์ อาภาคัพภะกุล. 2547. อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น**.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.266 หน้า.

วัชรี สมสุข วินัย รัชตปกรณ์ชัย และพิมลพร นันทะ. 2534. การใช้ไส้เดือนฝอย Steinernema carpocapsae (Weiser) ควบคุมด้วงหมัดผักในผักกาดหัว. วารสารกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 13: 183 - 188.

วิทย์ นามเรืองศรี สมชาย อามีน กฤษณา รุ่งโรจน์วณิชย์ ทองปูน ประทุมรุ่ง กิติศักดิ์ ลัมพชวา วิรัตน์ แจ่มกระจ่าง และสมบูรณ์ ทองสกุล. 2529. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพ่นสารป้องกันกำจัดหนอนกออ้อยด้วยเครื่องพ่นสารแบบ HV, LV และ ULV. รายงานผลงานวิจัย กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2529. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 127 - 152.

วิทย์ นามเรืองศรี และบุษบง มนัสมั่นคง. 2540. เอกสารวิชาการการป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสาน. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 122 - 136.

วินัย รัชตปกรณ์ชัย. 2533. การป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักในผักกาดหัว. วารสารกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร 12: 4 - 10.

วิไลวรรณ เวชยันต์ และสาทิพย์ มาลี. 2553. ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการมีชีวิตรอดและประสิทธิภาพการเข้าทำลายแมลงของไส้เดือนฝอย Steinernema และ Heterorhabditid. หน้า 928 - 936. ***ใน*:** รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2553. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

ศรีจำนรรจ์ ศรีจันทรา วิมลวรรณ โชติวงศ์ วนาพร วงษ์นิคง และวรวิช สุดจริตธรรมจริยางกูร. 2556. ประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟฝ้าย, *Thrips palmi* (Karny) และผลกระทบต่อแมงมุมศัตรูธรรมชาติในกล้วยไม้สกุลหวาย. ***ใน***: เรื่องเต็มการประชุมอารักขาพืชแห่งชาติครั้งที่ 11. วันที่ 26 - 28 พฤศจิกายน 2556. ณ. โรงแรมเซนทารา จ. ขอนแก่น. หน้า 75 - 90.

ศรุต สุทธิอารมณ์. 2554. เอกสารวิชาการแมลงศัตรูไม้ผล. กลุ่มบริหารศัตรูพืชสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. หน้า 103 - 113.

ศูนย์ทดสอบวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม. 2557. การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://civil.eng.nu.ac.th/ceCentre/envService01_02.php(สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2557).

สรัญญา อมโร. 2542. การทดสอบพันธุ์พริกต้านทานดรคใบจุดที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidage) Dye. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 23 หน้า.

สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์, ประกายรัตน์ โภคาเดช, อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช, สดใส ช่างสลัก และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2564. ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชก่อนงอกร่วมกับหลังงอกที่มีต่อการควบคุมวัชพืชในข้าวโพด. แก่นเกษตร. 49(4): 903-914.

สิริชัย สาธุวิจารณ์, ศิวิไล ลาภบรรจบ, สุพัตรา ชาวกงจักร์, นิมิต วงศ์สุวรรณ และจรรยา มณีโชติ. 2556. ทดสอบประสิทธิภาพในการ
ควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชประเภทหลังงอก (post-emergence) ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. น. 167-181. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2556 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร

สดใส ช่างสลัก รังสิต สุวรรณเขตนิคม และสมชัย ลิ่มอรุณ. 2550. การควบคุมวัชพืชหลังงอกด้วยสารกำจัดวัชพืชในข้าวโพดหวาน ปี 2552. หน้า 342 - 356. ***ใน***: การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 4. วันที่ 17 - 19 มิถุนายน 2553 ณ โรงแรมลพบุรีอินน์ รีสอร์ท จังหวัดลพบุรี.

สดใส ช่างสลัก, ทศพล พรพรหม, นรุณ วรามิตร, รังสิต สุวรรณมรรคา และสมชัย ลิ่มอรุณ. 2552. การควบคุมวัชพืชในข้าวโพดหวานและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี 2550. น. 351-360. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาพืช 17-20 มีนาคม 2552. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สดใส ช่างสลัก รังสิต สุวรรณมรรคา สมชาย โพธิสาร และสมชัย ลิ่มอรุณ. 2553. การควบคุมวัชพืชด้วยสารกำจัดวัชพืชในไร่ข้าวโพดเกษตรกร ปี 2552. หน้า 368 - 376. ***ใน***: การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 4. วันที่ 17 - 19 มิถุนายน 2553 ณ โรงแรมลพบุรีอินน์ รีสอร์ท จังหวัดลพบุรี.

สดใส ช่างสลัก สมชัย ลิ่มอรุณ และรังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2546. ประสิทธิภาพของ Dimethenamid ควบคุมวัชพืชในไร่เกษตรกร. หน้า 1013 - 1018. ***ใน***: เรื่องเต็มการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 6 “หนึ่งทศวรรษแห่งการอารักขาพืชในประเทศไทย”. วันที่ 24 - 27 พฤศจิกายน 2546 ณ โรงแรมโซฟิเทล ราชาออคิด จังหวัดขอนแก่น.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. 2558. บันทึกเหตุการณ์ภัยแล้งปี 2556/2557. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.thaiwater.net/current/drought57/drought57.html (สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2558).

สมชาย อามีน ทรงวุฒิ พจนานุวงศ์ สมภพ สถิโรภาส จันนี นิลเพ็ชร์ และสมบูรณ์ ทองสกุล. 2531. เปรียบเทียบประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงบางชนิดในการป้องกันกำจัดหนอนกออ้อยด้วยวิธีการพ่นสารแบบน้ำน้อย. รายงานผลงานวิจัย กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2531. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 28 - 33.

สมรวย รวมชัยอภิกุล ปิยรัตน์ เขียนมีสุข ศรีสุดา โท้ทอง ศรีจำนรรจ์ พิชิตสุวรรณชัย ประภัสสร สกูลหรั่ง. 2544. การศึกษาชีวประวัติและรูปแบบการแพร่กระจายของบั่วกล้วยไม้. รายงานวิจัยฉบับเต็มปี 2544. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมรวย รวมชัยอภิกุล อุราพร หนูนารถ สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น ปิยรัตน์ เขียนมีสุข. 2550. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2550. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 220 - 232.

สมรวย รวมชัยอภิกุล อุราพร หนูนารถ ทวีศักดิ์ ชโยภาส. ทดสอบประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดแมลงบั่วกล้วยไม้. 2553. เอกสารวิชาการรายงานผลงานวิจัยฉบับเต็มประจำปี 2553. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. หน้า 154 - 159.

สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น อุราพร หนูนารถ สมรวย รวมชัยอภิกุล และศรีจำนรรจ์ ศรีจันทรา. 2554. แมลงศัตรูผัก เห็ด และไม้ดอก. กลุ่มบริหารศัตรูพืช กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 74 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร

สิริชัย สาธุวิจารณ์, ศิวิไล ลาภบรรจบ, จรรยา มณีโชติ และ วนิดา ธารวิล. 2554ก. ทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอก(pre-emergence) ในข้าวโพดอาหารสัตว์. ผลงานวิจัยประจำปี 2554 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 149 - 156.

สิริชัย สาธุวิจารณ์, ศิวิไล ลาภบรรจบ, จรรยา มณีโชติ และ วนิดา ธารวิล. 2554ข. ทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชประเภทหลังงอก(post-emergence) ในข้าวโพดอาหารสัตว์. ผลงานวิจัยประจำปี 2554 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 139 - 148.

สิริชัย สาธุวิจารณ์, มัลลิกา นวลแก้ว, จรรยา มณีโชติ และ วนิดา ธารวิล. 2554ค. ทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอก (pre-emergence) และหลังงอก (post-emergence) ในสับปะรด. ผลงานวิจัยประจำปี 2554 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 149 - 156.

สิริชัย สาธุวิจารณ์, สุพัตรา ชาวกงจักร์, นิมิต วงศ์สุวรรณ, จรรยา มณีโชติ และตรียนัย ตุงคะเสน. 2558. ทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชประเภทหลังงอก (post-emergence) ในอ้อยปลูกใหม่ และอ้อยตอ.ผลงานวิจัยประจำปี 2558 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 21-53.

สุชาติ วิจิตรานนท์ แสงมณี ชิงดวง และเตือนใจ บุญหลง. 2545. โรคไม้ผล. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. กรุงเทพฯ. 120 หน้า.

สุรัตน์ อัตตะ. 2558. ชาวสวนกล้วยไม้กับปัญหาน้ำเค็ม. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.komchadluek.net/detail/20150106/198859.html (สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2558).

สุเทพ สหายา ประภัสสรา พิมพ์พันธุ์ ลมัย ชูเกียรติวัฒนา วะนิดา สุขประเสริฐ วีระสิงห์ แสงวรรณ ยงยุทธ ไผ่แก้ว พวงผกา อ่างมณี วรวิช สุดจริตธรรมจริยางกูร สุภางคนา ถิรวุธ สุชาดา สุพรศิลป์ นลินา พรมเกษา สรรชัย เพชรธรรมรส และสิริวิภา พลตรี. การแก้ไขปัญหาหนอนหัวดำมะพร้าวโดยวิธีฉีดสารเข้าต้น หน้า 67-84. ***ใน:***ผลงานวิจัยดีเด่นกรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2556 กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

สุภราดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น พวงผกา อ่างมณี และวนาพร วงษ์นิคง. 2554. ความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงในเพลี้ยไฟฝ้าย (Cotton thrips, *Thrips palmi* Karny). หน้า 904 - 910. ***ใน:*** ผลงานวิจัยประจำปี 2554 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุภราดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น พวงพกา อ่างมณี และวนาพร วงษ์นิคง. 2554. กลไกความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงในหนอนใยผัก (Diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.)). หน้า 896 - 903. ***ใน:*** รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มปี 2554 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุภราดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น พวงผกา อ่างมณี และวนาพร วงษ์นิคง. 2554. ความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงในเพลี้ยไฟฝ้าย (Cotton thrips, *Thrips palmi* Karny). หน้า 904 - 910. ***ใน:*** ผลงานวิจัยประจำปี 2554 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุภราดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง. 2555. ความรู้พื้นฐานความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงและการบริหารจัดการ. เอกสารวิชาการประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรการตรวจสอบและการจัดการความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง ครั้งที่ 1. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 90 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร

สุภราดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุงสมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น พวงพกา อ่างมณี และวนาพร วงษ์นิคง. 2555. กลไกความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงในหนอนใยผัก (Diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.)) หน้า 1223 - 1231.***ใน:*** รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มปี 2555 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สุภราดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง และสมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น. 2556. ระดับความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงในหนอนใยผักจากอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี. หน้า 36 - 37. ***ใน:*** การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติครั้งที่ 11. ณ โรงแรมเซ็นทาราแอนด์คอนเวนชั่นเซนเตอร์ จังหวัดขอนแก่น 26 - 29 พฤศจิกายน 2556.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุเกษตร. 2557. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายปี 2557. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืช ปี 2553 - 2556. [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา:http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=146 (สืบค้นเมื่อ 13 มิถุนายน 2558).

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 2553. เอกสารวิชาการเกษตรคำแนะนาการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2547 กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 303 หน้า.

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 2554. เอกสารวิชาการการจัดการศัตรูกล้วยไม้เพื่อการส่งออก. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 59 หน้า.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2555. วช. กับการพัฒนาอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://pr.nrct.go.th/home/news-nrct/447-prnews-23-03-2555-1.html. (สืบค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2557).

อุราพร หนูนารถ ผองเพ็ญ จิตอารียรัตน ศิริชัย กัลปยาณรัตน สมชาย ธนสินธยกุล และเกรียงไกร จำเริญมา. 2554. ชีววิทยาของดวงเจาะเห็ด (*Cyllodes biplagiatus*) แมลงศัตรูเห็ดนางฟาภูฏานในช่วงเก็บเกี่ยว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3 พิเศษ): 185 - 187.

อุราพร หนูนารถ ปิยรัตน์ เขียนมีสุข สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น และสัจจะ ประสงทรัพย์. 2547. รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2547. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ. หน้า 1 - 9.

อรพรรณ วิเศษสังข์. 2552. คู่มือการเลือกใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช. กลุ่มวิจัยโรคพืช. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพ.

อวบ สารถ้อย. 2540. เทคโนโลยีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 247 หน้า.

โอชา ประจวบเหมาะ ชำนาญ พิทักษ์ และรจนา สุรการ. 2535. แมลงศัตรูอ้อยและการบริหาร. ***ใน:*** แมลงศัตรูอ้อยที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. กรมวิชาการเกษตร. หน้า 97 - 100.

Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 256 - 267.

Abouziena, H. F., R. A. Elmergawi, S. Sharma, A. A. Omar and M. Singh. 2009. Zinc antagonizes glyphosate efficacy on yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*). Weed Sci. 57: 16 - 20.

Anonymous. 1998. Pesticide Application Manual 2nd edition. Department of Primary Industries. 154 pp.

กรมวิชาการเกษตร

Anonymous. 2005. Glyphosate technical fact sheet. [Online]. Available from:http://npic.orst.edu/factsheets/ glyphotech.html (April 7, 2012).

Anonymous. 2007. Water quality affects herbicide efficacy. [Online]. Available from: http://oregonstate.edu. (April 7, 2012).

Arthropod Pesticide Resistance Database. [APRD] 2009. Arthropod pesticide resistance Database. [Online]. Available from: http://www.pesticideresistance.org. (May 7, 2013).

Baird, D. D., R. P. Upchurch, W. B. Homesley and J. E. Ranz. 1971. Introduction of a new broad spectrum post emergence herbicide class with utility for herbaceous perennial weed control. Pages 64 - 68. ***In*:** Proceedings of the 26th North Central Weed Control Conference. Champaign.

Barnhart, S. 2014. Agricultural spray adjuvant technology. [Online]. Available from:http://www.agronomy.org/ 07-adjuvant-puzzle-barnnhar (June 17, 2014).

Barrios, J.R. 1973. Weed control in cassava. *In* Proceedings of the 3rd International Symposium International Society for Tropical Root Crops. Ibadan, Nigeria 2-9 December 1973. pp. 406-411.

Bravo, C., D. Moshou, J. West, A. McCartney and H. Ramon. 2003. Early disease detection inwheat fields using spectral reflectance. Biosyst. Engng. 84: 137-145.

Buitendag, C. H. and G. J. Bronkhorst. 1980. Injection of insecticides into tree trunks - a possible new method for the control of citrus pests?. Citrus Subtrop. Fruit J. 556: 5 - 7.

Chowdappa, P. and Gowda S. 2013. Nanotechnology in crop protection: Status and scope. Pest Management in Horticultural Ecosystems. 19 (2). 131-151.

Christensen, S., H. T. Søgaard, P. Kudsk, M. Nørremark, I. Lund and E. S. Nadimi *et al*. 2009. Site-specific weed control technologies. Weed Res. 49: 233 - 241.

Chuachin, S., T. Wangkahart, S. P. Wani, T. J. Rego and P. Pathak. 2012. Simple and Effective Integrated Pest Management Technique for Vegetables in Northeast Thailand. ***In*:** Community Watershed Management for Sustainable Intensification in Northeast Thailand. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, Andhra Pradesh, India, pp. 132 - 142.

Cunningham, G. P. and J. Harden. 1999. Sprayers to reduce spray volumes in mature citrus trees. Crop Prot. 18: 275 - 281.

Darroudi, M., Ahmad. M. B., Abdullah, A. H. and Ibrahim, N. A. 2011. Green synthesis and characterization of gelatin-based and sugar-reduced silver nanoparticles. International Journal of Nanomedicine. 6:569–574.

David, R. S. and J. C. Arnold. 2002. Weed control from herbicide combinations with glyphosate. Weed Technol. 16: 1 - 6.

Doll, J.D. and W.C. Piedrahita. 1973. Effect of time of weeding and plant population on growth and yield of cassava. *In* Proceedings of the 3rd International Symposium for Tropical Root Crops. Ibadan, Nigeria 2-9 December 1973. pp. 399-405.

กรมวิทยาศาสตร์

Faircloth, W. H., C. D. Monks, M. G. Patterson, G. R. Wehtje, D. R. Delaney and J. C. Sanders. 2004. Cotton and weed response to glyphosate applied with sulfur-containing additives. Weed Technol. 18: 404 - 411.

Felsot, A., J. Ruppert and R. Evans, 2002. Application of new generation systemic insecticides through drip irrigation systems: case study with imidacloprid. Research & Extension Regional Water Quality Conference. pp. 1 - 3.

Finney, D. J. 1971. Probit analysis. 3rd edition. Cambridge University Press, London.

Flint, J. L. and M. Barrett. 1989. Interactions of glyphosate with 2,4-D and dicamba. On field bindweed (*Convolvulus arvensis*). Weed Sci. 37: 12 - 18.

Galletti, A. M. R., Antonettia, C., Marraccib, M., Piccinelli, F. and Tellini, B. Novel. 2013. Microwave-synthesis of Cu nanoparticles in the absence of any stabilizing agent and their antibacterial and antistatic applications. Applied Surface Science. 280: 610– 618.

Gerhards, R. and H. Oebel. 2006. Practical experiences with a system for site specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying. Weed Res. 46: 55 - 70.

Ghidiu, G. M. 2009. Control of insect pests of eggplant with insecticides applied through a drip irrigation system under black plastic. Vegetable Entomology Research Results, Rutgers University Cooperative Extension Bulletin. 104R: 8 - 11.

Ghidiu, G. M. 2012. Insectigation in vegetable crops: the application of insecticides through a drip, or trickle, irrigation system, pp. 173 - 190. **In:** M. L. Larramendy and S. Soloneski (eds.), Integrated pest management and pest control: current and future tactics. In Tech Press, Rijeka, Croatia.

Giraldeli A. L., S. S. Gustavo, F. M. S. Andre, A. G. Giovani, R. M. Lucas, and V. F. Ricardo. 2019 Efficacy and selectivity of alternative herbicides to glyphosate on maize. Rev. Ceres, Viçosa. 66(4): 279-286.

Glazer, I. and E. E. Lewis. 2000. Bioassays for entomopathogenic nematode, pp. 229 - 247. ***In*:** A. Navon and K. R. S. Ascher (eds.). Bioassays of Entomopathogenic Microbes and Nematodes. CAB International. London.

Gobbin, D., Jermini, M., Loskill, B., Pertot, I., Raynal, M., and Gessler, C. 2005. The importance of *Plasmopara viticola* secondary inoculums to epidemics of grapevine downy mildew. *Plant Pathol.* 54:522-534.

Gogos A, Knauer K, Bucheli TD. 2012. Nanomaterials in plant protection and fertilization: current state, foreseen applications, and research priorities. J Agric Food Chem. 60 : (39). 9781–92. http://dx.doi.org/10.1021/jf302154y.

Grosman, D. M., S. R. Clarke and W. W. Upton. 2009. Efficacy of two systemic insecticidesinjection into loblolly pine for protection against southern pine bark beetle (Coleoptera: Curculionidae). J. Econ. Entomol. 120(3): 1062 - 1069.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Gurung P., S. Dhakal, S. Marahatta, and J.B. Adhikari. 2019. Effect of spacing and weed management practices in winter maize in rampur, chitwan. Journal of Agriculture and Forestry University. (3): 77-84.

Hara, A. H. 2014. Crop knowledge master: *Contarinia maculipennis*. [Online]. Available from:http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/type/bloss_midgei.html. (May 3, 2014).

Hayes, R. M., K. V. Yeargan, W. W. Witt and H. G. Raney. 1979. Interaction of selected Insecticide-Herbicide Combination on soybean (*Glycine max*). Weed Sci. 27: 51 - 54.

He, L. S., K. H. Ong, C. P. Yik, Y. K. Fong and H. .J. A. Chan. 2005. Chemical control of hispid beetles (*Brontispa longissima*) on palms. Singapore J. Pri. Ind. 32(80): 80 - 92.

Henderson, C. F. and E. W. Tilton. 1955. Tests with acaricides against the brow wheat mite. J. Econ. Entomol. 48: 157 - 161.

Hermosilla, J. S., V. J. Rincón, F. Páez, F. Agüera, and M. Fernández. 2012. Comparative spraydeposits by manually pulled trolley sprayer and a spray gun in greenhouse tomato crops. Crop Prot. 31: 119 - 124.

Horstmeyer, S. L.2008. Typical Raindrop Sizes**.** [Online]. Available from: http://www.shorstmeyer.com/wxfaqs/float/ rdtable.html (May 5, 2014).

Huang, H. and Yang, X. 2004. Synthesis of polysaccharide-stabilized gold and silver nanoparticles: a green method. Carbohydrate Research. 339 : 2627–2631.

Ignatius P. Andika, Christine Vandervoort and John C. Wise. 2019. Rainfastness of Insecticides Used to Control Spotted-Wing Drosophila in Tart Cherry Production. Insects. 2019 Jul; 10(7): 203.

IRAC. 2012. IRAC Mode of action classification V 7.2.[Online]. Available from: http://www.irac. online.org. (March 1, 2013).

IRAC. 2018. IRAC Mode of action classification V 8.2 (Online). Available. http://www.irac.online.org. (February 22, 2019).

J Richard M Thacker, Roderick D F Young.1999. The effects of six adjuvants on the rainfastness of chlorpyrifos formulated as an emulsifiable concentrate. Pest Management Science.Volume55, Issue2 .February 1999.Pages 198-200

Jenkins, S.F., Jr. and T.C. Wehner. 1983. A system for the measurement of foliar diseases in cucumbers. Cucurbit Genet. Coop. Rpt. 6:10-12. Cited by Call, A.D. 2011. Studies on Resistance to Downy Mildew in Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Caused by *Pseudoperonospora cubensis*. Master Degree Thesis. North Carolina State University. 191p.

Kanagaratnam, P. and J. L. J. G. Pinto. 1985. Effect of monocrotophos on the leaf eating caterpillar *Opisina arenosella* Walker, when injected into the Trunk of the coconut palm. [Online]. Available from: http://www.sljol.info/sljol/index.php/COCOS/article/viewFile/816/784. (April19,2014).

Kerns, D. L. and J. C. Palumbo. 1995. Using Admire on desert vegetable crops. IPM Series No. 5, University of Arizona Cooperative Extension Publication No. 195017. [Online]. Available from: http://cals.arizona.edu/crops/ vegetables/insects/wf/admire.html (June 10, 2554)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Khosro, K., R. J. Smith and N. Philip Tugwell 1986. Interaction of propanil and selected insecticide on rice (*Oryza sativa*). Weed Sci. 34: 800 - 803.

King, W. J., D. Wechakit and D. N. Smith. 1996. Reduced volume spray application on durian, mango and tangerine in Thailand. NRI Technical report, UK.

Klein, M. G., 1990. Efficacy against soil-inhabiting insect pest, pp. 195 - 210. ***In*:** Gaugler, R. A., and Kaya, H .K. (eds.) Entomopathogenic Nematodes in Biological control. Boca Raton, Florida CRC Press.

Kung, S. P., R. Gaugler and H. K. Kaya. 1990. Influence of soil pH and oxygen on persistence of *Steinernema* spp. J. Nematol. 22(4): 440 - 445.

Kurnik, V., Gabersek V., Lesnik M. and Kurnik M. 2011. Comparison of efficacy of contact and systemic acting copper formulations for control of apple scab (Venturia inaequalis Cooke). Agriculture. 8(2): 23-30.

Lahm, G. P., T. M. Stevenson, T. P. Selby, J. H. Freudenberger, D. Cordova, L. Flexner, C. A. Bellin, C. M. Dubas, B. K. Smith and K. A. Hughes *et al*. 2007. Rynaxypyr: a new insecticidal anthranilic diamide that acts as a potent and selective ryanodine receptor activator. Bioorg. Med. Chem. Lett. 17: 6274 - 6279.

Lalancette, N., Ellis, M. A., and Madden, L.V. 1988. Development of an infection efficiency model for *Plasmopara viticola* on American Grape based on temperature and duration of leaf wetness. *Phytopathology* 78:794-800.

Lara, J. C., C. Dolinski, E. F. de Sousa and R. F. Daher. 2008. Effect of mini-sprinkler irrigation system on *Heterorhabditis baujardi* LPP7 (Nematoda: Heterorhabditidae) Infective Juvinile. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.) : 433 - 437.

Lee, A. W., P. C. H. Millar and J. D. Power. 2000. The application of pesticide sprays to tomato crops. Ann. Appl. Biol. 57: 383 - 390.

Lee, W. S., D. C. Slaughter and D. K. Giles. 1999. Robotic weed control system for tomatoes. Precis. Agr. 1: 95 - 113.

LeOra Software. 1997. POLO-PC: Probit and Logit Analysis. LeOra Software, Berkeley, CA.Liu, J. C., Qin, G. W., Raveendran, P. and Kushima, Y. 2006. Facile “Green” Synthesis Characterization and Catalytic Function of β-D-Glucose-Stabilized Au Nanocrystals. Chem.- Eur. J. 12 : 2132–2138.

Mairhofer, J., K. Roppert and P. Ertl. 2009. Microfluidic systems for pathogen sensing: a review. Sensors 9: 4804 - 4823.

Malcolm D., S. O. Duke and C. Fedtke. 1993. Physiology of herbicide action. United States of America. 441 pp.

Matthews, G. A. 2000. Pesticide Application methods 3rd edition. Blackwell Science 432 pp.

Matthews, G. A. 1979. Pesticide Application Methods. 2nd edition. Longman, London. 334 pp.

Mehmeti A., A. Demaj, I. Demelezi, and H. Rudari. 2012. Effect of post-emergence herbicides on weeds and yield of maize. Pakistan Journal of Weed Science Research. 18: 27-37.

กรมวิชาการเกษตร

Meyers, A. 2006. Introduction to late-season fruit rot. **In:** Viticulture Notes. Wolf, T. K. (ed.) Vineyard and Winery Information Series: 21(2): March - April 2006.

Ministry of Public Health. 2011. Pesticide poisoning. Annual epidemiological surveillance report, Bangkok, Thailand.

Moinuddin G., R. Kundu, S. Jash, A. Sarkar, and C. Soren 2018. Efficacy of atrazine herbicide for maize weed control in new alluvial zone of west bengal. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. 6(4): 707-716.

Mondal, K.K. 2009. Suppression of common bacterial blight in mungbean by phylloplane resident *Pseudomonas fluorescens strain* MBPF-01 alone and in combination with nanocopper. Indian Phytopathol. 62 : 445–448.

Mondal, K.K., Bhar, L.M. and Mani,C. 2010. Combined efficacy *of Pseudomonas fluorescens* strain MBPF-01 and nanocopper against bacterial leaf blight in rice. Indian Phytopath.63: 266-268.

Mondal. K.and K. Mani. C. 2012. Investigation of the antibacterial properties of nanocopper against *Xanthomonas axonopodis* pv. *punicae*, the incitan of pomegranate bacterial blight. Ann. Microbiol. 62:889–893.

Monteiro, L., Mariano, R. d. L. R. and Souto-Maior, A. M. 2005. Antagonism of *Bacillus* spp. against *Xanthomonas campestris* pv. *campestris.* Brazilian Archives of Biology and Technology. 48 (1) : 23-29.

Mueller, T. C., C. L. Main, M. A. Thompson and L. E. Steckel. 2006. Comparison of glyphosate salts (isopropylamine, diammonium, and potassium) and calcium and magnesium concentrations on the control of various weeds. Weed Technol. 20: 164 - 171.

Murphy, G. 2004. Water pH and its Effect on Pesticides. Ministry of Agriculture and Food Ontario, Canada. [Online]. Available from: http://www.gov.on.cn/OMFRA/english/crops/hort/news/grower/2004/ 08gn04a1.html (December 26, 2013).

Nalewaja, J. D. and R. Matysiak. 1993. Influence of diammonium sulfate and other salts on glyphosate phytotoxicity. Pestic. Sci. 38: 77 - 84.

Nnemeka, I., Sule, M., Friday, A. Philbus, D., Godwin, E-U., Shola, O., Moses, O., and Rufus, S. A. 2014. Rapid Synthesis of Silver Nano Particles Capped In Starch and its Anti - Mold Activity. International Journal of Innovation and Scientific Research. 9 (1) : 16-25.

Noyes, R. T., H. W. Downs, J. B. Solie and R. W. Whitney. 2010. Selecting nozzles for low pressure ground sprayers. [Online]. Available from: http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2164/BAE-121web.pdf. (January 8, 2014).

NSW DPI. 2005. Farm Water Quality and Treatment. Agfact AC.2, 9th edition. [Online]. Available from: http://dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0013/164101/farm-water-quality.pdf. (February 10, 2014).

กรมวิชาการเกษตร

Nuyttens, D., P. Braekman, S. Windey and B. Sonck. 2009. Potential dermal exposure affected by greenhouse spray application technique. Pest Manag. Sci. 65: 781 - 790.

Nuyttens, D., S. Windey, and B. Sonck. 2004. Optimization of a vertical spray boom for greenhouse spray applications. Biosyst. Eng. 89: 417 - 423.

OECD. (The Organization for Economic Co-operation and Development). 1997. Guidance document for the conduct of studies of occupational exposure to pesticides during agricultural application. Environmental Health and Safety Publications Series on Testing and Assessment No 9 OCDE/GD(97)148y,OECD, Paris, France.

Oerke, E. C. and H. W. Dehne. 2004. Safeguarding production - losses in major crops and the role of crop protection. Crop Prot. 23: 275 - 285.

Oluwafemi, O. S., Lucwaba,Y., Gura, A., Masabeya, M., Ncapayi, V., Olujimi, O.O., Songca, S.P. 2013. A facile completely 'green' size tunable synthesis of maltose-reduced silver nanoparticles without the use of any accelerator. Colloids and Surfaces B:Biointerfaces. 102 : 718–723.

Osborne L. S., E. R. Duke, T. J. Weissling, J. E. Pena and D. W. Armstrong. 2014. A serious new pest is causing significant problems for Dendrobium and Hibiscus growers. [Online]. Available from:http://mrec.ifas. ufl.edu/lso/pestalrt/midgefin1.html (March 10, 2014).

Pasian, C. 2004. Spray Solution pH. The Ohio State University Extension, Ohio Floriculture.[Online].Available from:http://floriculture.osu.edu/archive/apr04/SpraySolutionPH.Html (March 5, 2013).

Poiner, G. O. and G. M. Thomas. 1965. A new bacterium, *Achromobacter nematophilus*sp. NOV (Achromobacteriaceae : Eubacteriales) associated with a nematode. Int. B. Bact. Nomencl. T. 15(4): 249 - 252.

Posta, R. Balestrini, A. Przetakiewicz, E. Czembor and J.van de Zande. 2011. Combining novel monitoring tools and precision application technologies for integrated high-tech crop protection in the future (a discussion document). Pest Manag Sci. 67: 616-625.

Pratt, D., J. J. Kells and D. Penner. 2003. Substitutes for ammonium sulfate as additives for glyphosate and glufosinate. Weed Technol. 17: 576 - 581.

Puntener, W. 1992. Manual for trials in plant protection. 3rd edition. Plant Protection Divission, Ciba-Geigy Ltd., Switzerland. 269 pp.

Raveendran, P., Fu, J. and Wallen, S. L. 2003. Completely "green" synthesis and stabilization of metal nanoparticles. Journal of the American Chemical Society. 125 (46) : 13940–13941.

Robert, S., R. S. David and B. William. 1998. Glyphosate tank mixtures with SAN 582 for burndown or postemergence application in glyphosate-tolerant soybean (*Glycinemax*.) Weed Technol. 12: 23 - 26.

Sánchez-Hermosilla, J. Víctor J. Rincón , Francisco Páez a, Milagros Fernández 2012. Comparative spray deposits by manually pulled trolley sprayer and a spray gun in greenhouse tomato crops. Crop Prot. 31, 119-124.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Sarah, H. L., D. L. Jordan, A. C. York, J. W. Wilcut, D. W. Monks and R. L. Brandenburg. 2004. Interactions of clethodim and sethoxydim with selected agrichemicals applied to peanut. Weed Sci. 19: 456 - 461.

Schuster, D. J., A. Shurtleff and S. Kalb. 2009. Management of armyworms and leafminers on fresh market tomatoes, fall 2007. Arthropod Manag. Tests. 34: E79.

Scot, A. S. 2007. Herbicide handbook. Weed Science Society of America. 458 p.

Scroggs, D. M., D. K. Miller, A. M. Stewart, B. R. Leonard, J. L. Griffin and D. C. Blovin. 2009. Weed response to foliar co-applications of glyphosate and zinc sulfate. Weed Technol. 23: 171 - 174.

Sharon, M., Choudhary, A. K. and Kumar, R. 2010. Nanotechnology in agriculture diseases and food safety. Journal of Phytology. 2(4): 83–92.

Shaw, D. R. and J. C. Arnold. 2002. Weed control from herbicide combinations withglyphosate. Weed Technol. 16: 1 - 6.

Shey, P. J. and D. R. Tupy. 1984. Reversal of cation-induced reduction in glyphosate activity with EDTA. Weed Sci. 32: 802 - 806.

Shivashankar, T., R. S. Annadurai, M. Srinivas, G. Preethi, T. B. Sharada, R. Paramashivappa, R. A. Srinivasa, K. S. Prabhu, C. S. Ramadoss, G. K. Veeresh and P. V. Subba Rao. 2000. Control of coconut black-headed caterpillar (*Opisina arenosella* Walker) by systemic application of 'Soluneem'– A new water-soluble neem insecticide formulation. [Online]. Available from: http://www.ias.ac.in/currsci/jan252000/ articles7.html.(May 16, 2012).

Smitey, D. R., J. J. Doccola and D. L. Cox. 2010. Multiple year protection of ash trees fromemerald ash borer with a single trunk injection of emamectin benzoate and single year protection with an imidacloprid basal drench. Arboric. Urban For. 36(5): 206 -211.

Smitey, D.R. 2011. Emamectin benzoate trunk injection as diagnostic tool. [Online]. Available from: http://msue.anr.msu. edu/news/emamectin_benzoate_trunk_injections_as_a_diagnostic_tool. (September 14, 2012).

Søgaard, H. T. and I. Lund. 2007. Application accuracy of a machine vision controlled robotic micro-dosing system. Biosyst. Engng. 96: 315 - 322.

Starke, R. J. and L. R. Oliver. 1998. Interaction of glyphosate with chlorimuron, fomesafen, imazethapyr, and sulfentrazone. [Online]. Available from: http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US20130 2904193. (April 7, 2012).

Subramaniam, V. and P. E. Hoggard. 1988. Metal complexes of glyphosate. J. Agric. FoodChem. 336: 1326 -1332.

Umer, A., Naveed, S., and Ramzan, N. Selection of a suitable method for the synthesis of copper nanoparticles. 2012. NANO: Brief Reports and Reviews. 7 (5) : 1230005 (18 pages).

Varca, L. M. and L. E. Fabro. 2008. Residual effect of pesticide applied against *Brontispa longissima* in coconut. PCARRD Highlights: 86 - 87.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

Willmott, A., R. A. Cloyd and K. Y. Zhu. 2013. Efficacy of pesticide mixtures against the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) under laboratory and greenhouse conditions. J. Econ. Entomol. 106(1): 247 - 256.

Wise, J. 2010. Rainfast characteristics of insecticides. Crop Advisory Team Alert: 2 - 4. Michigan State University. [Online]. Available from: http://msue.anr.msu.edu/news/rainfast_characteristics_of_ insecticides. (April 17, 2013).

Wise, J.C., Jenkins, P.E., Schilder, A.M.C., Isaacs, R., Sundin, G., 2009. Sprayer type and water volume influence pesticide deposition and control of insect pests and diseases in juice grapes. Crop Protect 29, 378–385.

Xiong, J., Wang, Y., Xue, Q and Wu, X. 2011. Synthesis of highly stable dispersions of nanosized copper particles using L-ascorbic acid. Green Chem. 13, 900–904.

Yates, R. 2003. Water quality effects pesticide effectiveness. The Griffin Gazette Spring Issue.[Online]. Available from: http://www.griffins.com/gazette/2003_spring/spring_2003_tech_tips.html. (October 17, 2012).

Zaina, N. M., Stapleya, A.G.F. and Shamaaa, G. 2014. Green synthesis of silver and copper nanoparticles using ascorbic acidand chitosan for antimicrobial applications. Carbohydrate Polymers. 112 : 195–202.

Zijlstra, C., I. Lund, A. F. .Justesen, M. Nicolaisen, P. K. .Jensen, V. Bianciotto, K.

โครงการที่ 2 โครงการวิจัยและพัฒนาเทคนิคการพ่นสารและประมวลผลภาพถ่ายเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดและตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชด้วยอากาศยานไร้คนขับ

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.moac.go.th/download/roadmap58/15-PlanMOAC2015.pdf (สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2558).

กรมอนามัย.2561. รายงานสารเคมีตกค้างอยู่ในพืชผักที่จำหน่ายในท้องตลาด. กระทรวงสาธารณสุข. แหล่งที่มา: www.anamai.moph.go.th (สืบค้นเมื่อ: 2 สิงหาคม 2561)

กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. 2553. เอกสารวิชาการเกษตร คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. หน้า 14 - 18.

เกรียงไกร แซมสีม่วง, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษ์ และอภิรัฐ ปิ่นทอง. 2559. การพัฒนาระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้ควบคุมระยะไกลร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อควบคุมการให้สารเคมีแบบแม่นยำสำหรับโรงเรือนมาตรฐาน. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 22: 7-20.

จีรนุช เอกอำนวย ดำรง เวชกิจ พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท สิริกัญญา ขุนวิเศษ สรรชัย เพชรธรรมรส และสิริวิภา พลตรี. 2553. ทดสอบประสิทธิภาพและพัฒนาเทคนิคการพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูสำคัญในคะน้า. รายงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2553 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.หน้า 124-141.

กรมวิชาการเกษตร

ดำรง เวชกิจ จีรนุช เอกอำนวย พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท สรรชัย เพชรธรรมรส สิริวิภา พลตรี. 2551. ศึกษาประสิทธิภาพของ ULEM เพื่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูกล้วยไม้บางชนิด. รายงานผลวิจัยเรื่องเต็ม กรมวิชาการเกษตร. 57 หน้า.

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. 2558. PRECISION FARMING/SMART FARM. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/i-sense/precision_farming.html (สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2558).

พากเพียร อรัญนารถ นงรัตน์ นิลพานิชย์ และรัศมี ฐิติเกียรติพงศ์. 2551. การใช้ผงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* ร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชในการควบคุมโรคเมล็ดด่างของข่าว.การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2551. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. หน้า 324-335.

พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท, วรวิช สุดจริตธรรมจริยางกูร, นลินา ไชยสิงห์, สุชาดา สุพรศิลป์. 2562. ประสิทธิภาพของอากาศยานไร้คนขับ (UAV) สำหรับการพ่นสารป้องกันกำจัดโรคเมล็ดด่างในข้าว. วารสารวิชาการเกษตร. 37(1): 27-36.

รพีพรรณ โตหนองหว้า สรศักดิ์ หวังสินสุจริต และประกายจันทร์ นิ่มกิ่งรัตน์. 2557. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้าจังหวัดกาญจนบุรี. แก่นเกษตร. 42 (ฉบับพิเศษ 3): 600-605.

รัตนา นชะพงษ์ ภัทราพร สรรพนุเคราะห์. 2555. พัฒนาการผลิตมวนพิฆาต. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

วิชัย โอภานุกุล อานนท์ สายคำฟู พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท อิศเรส เทียนทัด บาลทิตย์ ทองแดง และ วีระ สุขประเสริฐ. 2560. การวิจัยอากาศยานไร้คนขับ (Drone) สำหรับเกษตรอินทรีย์ Drone Research for Organic Agriculture. การประชุมวิชาการวิศวกรรมการเกษตรระดับชาติครั้งที่ 18 และระดับนานาชาติครั้งที่ 10. หน้า 219-223.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุทางการเกษตร.2558. คำแนะนำการใช้สารชีวภัณฑ์สำหรับควบคุมแมลงศัตรูพืช. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ

อัจฉรา ตันติโชดก. 2544. บีที การควบคุมแมลงศัตรูพืช. เอกสารวิชาการการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 183-203.

อินทวัฒน์ บุรีคำ. 2548. นิเวศวิทยาวิเคราะห์ทางกีฏวิทยา. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม. 180 หน้า.

อินทวัฒน์ บุรีคำ และ บรรพต ณ ป้อมเพชร. 2521. คุณลักษณะทางชีววิทยาของมวนตัวห้ำ *Cantheconidea furcellata* (Wolff) (Hemiptera: Pentatomidae). เอกสารวิชาการฉบับที่ 4. ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 13 หน้า.

อิศเรส เทียนทัด. 2558. เอกสารคำแนะนำการใช้ชีวภัณฑ์บีที ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

Anonymous. 1998. Pesticide Application Manual 2nd edition. Department of Primary Industries. 154 pp. Bravo, C., D. Moshou, J. West, A. McCartney and H. Ramon. 2003. Early disease detection in wheat fields using spectral reflectance. Biosyst. Engng. 84: 137-145.

Anonymous. 2018. Biological control: Beneficial insects and mites: Swirskii-System Available at URL https://www.allaboutswirskii.com/home/. Accessed on 08/09/2018

กรมวิชาการเกษตร

Chuachin, S., T. Wangkahart, S. P. Wani, T. J. Rego and P. Pathak. 2012 Simple and Effective Integrated Pest Management Technique for Vegetables in Northeast Thailand. ***In:*** Community Watershed Management for Sustainable Intensification in Northeast Thailand. 70-12. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, Andhra Pradesh, India, pp. 132-142.

Christensen, S., H. T. Søgaard, P. Kudsk, M. Nørremark, I. Lund and E. S. Nadimi et al. 2009. Site-Specific weed control technologies. Weed Res. 49: 233-241.

Croft, B.A., J.S. Blackwood, and J.A. McMurtry. 2004. Classifying life-style types of phytoseiid mites: Diagnostic traits. Experimental and Applied Acarology 33: 247-260.

Doğramaci, M., G. Kakkar, V. Kumar, J. Chen, and S. Arthurs. 2016. Swirski mite (suggested common name) *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Arachnida: Mesostigmata: Phytoseiidae). Featured creatures UF/IFAS. University of Florida. 9 pp.

DJI Cooperation. 2016. Drone Sprayer type mg-1. China. [Online]. Available from: www.dji.com/product/mg-1 (April 20, 2016).

Eilenberg, J., A. Hajek, and C. Lomer. 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. BioControl 46: 387-400.

Gerhards, R. and H. Oebel. 2006. Practical experiences with a system for site specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying. Weed Res. 46: 55-70.

Goleva, I., and C.P. Zebitz. 2013. Suitability of different pollen as alternative food for the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari, Phytoseiidae). Experimental and Applied Acarology 61: 259-283.

Hajek, A. 2004. Natural enemies. An Introduction to biological control. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 378 pp.

Hirose, Y. 1990. Prospective use of natural enemies to control *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae). In: The use of natural enemies to control agricultural pests. FFTC Book, Series No. 40. p. 135-141.

Hirose, Y., H. Kajita, M. Takagi, S. Okajima, B. Napompeth and S. Buranapanichpan. 1989. Exploration for natural enemies of *Thrips palmi*, an important pest of vegetable crop in the Orient and Pacific Islands: Discovery of its effective parasitoid in Thailand. Abstracts. International Vedalia Symposium on Biological Control: A Century of Success. March 27-30, 1989. Riverside, California.

Hirose, Y., H. Kajita, M. Takagi, S. Okajima, B. Napompeth, and S. Buranapanichpan. 1993. Natural enemies of *Thrips palmi* and their effectiveness in the native habitat, Thailand. Biological Control 3(1): 1-15.

Hunt, E. R., Jr., Hively, W. D., Fujikawa, S. J., Linden, D. S.,Daughtry, C. S. T., & McCarty, G. W. 2010. Acquisition of NIRgreen-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring. Remote Sensing, 2(1): 290-305.

กรมวิชาการเกษตร

Lee, W. S., D. C. Slaughter and D. K. Giles. 1999. Robotic weed control system for tomatoes. Precis. Agr. 1: 95-113.

Lee, A. W., P. C. H. Millar and J. D. Power. 2000. The application of pesticide sprays to tomato crops. Ann. Appl. Biol. 57: 383-390.

Mairhofer, J., K. Roppert and P. Ertl. 2009. Microfluidic systems for pathogen sensing: a review. Sensors 9:4804-4823.

Matthews, G. A. 2000. Pesticide Application Methods. 3rd edition. Blackwell Science. 432 pp.

McMurtry, J.A., and B.A. Croft. 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. Annual Review of Entomology 42: 291-321.

Molto, M., B. Martin and A. Gutierrez. 2001. Pesticide loss reduction by automatic adaptation of spraying on globular trees. J. Agric. Engng. Res. 78: 35-41.

Napompeth, B. 1973. Ecology and population dynamics of the corn planthopper, *Peregrinus maidis* (Ashmead) (Homoptera: Delphacidae), in Hawaii. Ph.D. Dissertation. University of Hawaii. Honolulu, Hawaii. 257 pp.

OECD. 1997. Guidance document for the conduct of studies of occupational exposure to pesticides during agricultural application. Environmental Health and Safety Publications Series on Testing and Assessment No 9. OCDE/GD (97) 148, OECD, Paris, France. 57 pp.

Okajima, S., Y. Hirose, H. Kajita, M. Takagi, B. Napompeth, and S. Buranapanichpan. 1992 Thrips on fruit vegetables in Southeast Asia. Applied Entomology & Zoology 27: 300-303.

Park, N.H., L. Shipp, and R. Buitenhuis. 2010. Predation, development and oviposition by the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on tomato russet mite (Acari: Eriophyidae). Journal of Economic Entomology 103: 563-569.

Park, N.H., L. Shipp, R. Buitenhuis, and J.J. Ahn. 2011. Life history parameters of commercially available *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) fed on cattail (*Typha latifolia*) pollen and tomato russet mite (*Aculops lycopersici*). Journal of Asia-Pacific Entomology 14: 497-501.

Qin, W.C., Qiu, B.J., Xue, X.Y., Chen, C., Xu, Z.F. and Zhou, Q.Q. 2016. Droplet deposition and control effect of insecticides sprayed with an unmanned aerial vehicle against plant hoppers. Crop Prot **85**: 79-88.

Slaughter, D. C., D. K. Giles, S. A. Fennimore and R. F. Smith. 2008. Multispectral machine vision Identification of lettuce and weed seedlings for automated weed control. Weed Tech. 22: 378-384.

Sabelis, M.W., and P.C.J. van Rijn. 1997. Predation by insects and mites, pp. 259-354. In: Thrips as crop pests. T. Lewis (ed.). CAB International, Wallingford, UK.

Saengyot, S. 2016. Predatory thrips species composition, their prey and host plant association in Northern Thailand. Agriculture and Natural Resources 50: 380-387.

Søgaard, H. T. and I. Lund. 2007. Application accuracy of a machine vision controlled robotic

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

micro-dosing system. Biosyst. Engng. 96: 315-322.

Solanelles, F., S. Planas, A. Escola and J. R. Rosell. 2002. Spray application efficiency of an electronic control system for proportional application to the canopy. Aspect Appl Biol. 66: 139-146.

Wongcharoen, A. 2013. Effect of fungicides on the growth of rice pathogenic fungi. Khon Kaen Agr. J. 41 Suppl. **1**: 527-531.

Xu, X., and E. Annie. 2010. Prey preference of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* between first instar western flower thrips *Frankliniella occidentalis* and nymphs of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. Journal of Insect Science 1: 1-11.

Xue, X.Y., Liang, J. and Fu, X.M. 2008. Prospect of aviation plant protection in China. Chin. Agric. Mech. 5: 72-74.

Yamaha Cooperation. 2011. RMAX Crop Sprayer Unmanned Helicopter. Japan. [Online]. Available from: http:rmax.yamahamotor.com.au (April 18, 2016).

Zijlstra, C., I. Lund, A. F. .Justesen, M. Nicolaisen, P. K. .Jensen, V. Bianciotto, K. Posta, R. Balestrini, A. Przetakiewicz, E. Czembor and J. van de Zande. 2011. Combining novel monitoring tools and precision application technologies for integrated high-tech crop protection in the future (a discussion document). Pest Manag Sci. 67: 616-625.

Zedde, H.J. van de. 2009. 2D and 3D shape inspection. [Online]. Available from: https://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Research-Institutes/food-biobased-research/Expertise-areas/Sustainable-Food-Chains/Quality-inspection/2D-and-3D-shape-inspection.htm. (September 14, 2012).

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก 1

กรมวิชาการเกษตร