ระดับโครงการ

กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

หน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเทคนิคการพ่นสารและประมวลผลภาพถ่ายเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดและตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชด้วยอากาศยานไร้คนขับ

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

หัวหน้าโครงการวิจัย

นายพฤทธิชาติ ปุญวัฒโท

Mr. Pruetthichat Punyawattoe

ปี 2564

บทสรุปผู้บริหาร

อากาศยานไร้คนขับ หรือโดรน เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีประโยชน์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ทั้งการนำมาพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และประเมินสถานการณ์การระบาดของศัตรูพืช สำหรับประเทศไทยเพื่อรองรับยุทธศาสตร์ชาติสู่เกษตร 4.0 งานวิจัยนี้จึงมีความสำคัญในการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานด้านวิชาการ โดยสามารถนำมาต่อยอดในการออกกฎหมายรวมถึงจัดทำข้อกำหนดต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Standard operating procedure) รวมทั้งเพิ่มความแม่นยำในการสำรวจศัตรูพืชเพื่อแจ้งเตือนแก่เกษตรกร ในการลดความเสียหายที่จะเกิดจากศัตรูพืช อันจะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับประเทศ

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

กรมวิชาการเกษตร

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 พบว่าอัตราพ่นที่เหมาะสมของอากาศยานไร้คนขับในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชของพืชทั้ง 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

กรมวิชาการเกษตร

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.

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.

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการวิจัยและพัฒนาเทคนิคการพ่นสารและประมวลผลภาพถ่ายเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดและตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชด้วยอากาศยานไร้คนขับ งบประมาณ 2563-2564 ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือ จากบุคคลหลายท่าน ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่จัดสรรงบประมาณสนับสนุนให้โครงการวิจัยนี้ได้ดำเนินการ ขอขอบคุณนักวิจัยทุกท่านซึ่งไม่อาจกล่าวนามได้หมด ที่ให้ความร่วมมือในการทำงานและส่งผลการทดลอง รายงานนี้ไม่อาจเกิดขึ้นได้ถ้าไม่ได้รับความร่วมมือจากทุกท่าน

ขอขอบคุณ นายพิเชฐ เชาวน์วัฒนวงศ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านศัตรูพืชที่ให้คำปรึกษา ให้ข้อเสนอแนะในการจัดทำรายงานโครงการวิจัยฉบับนี้

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

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	1
สารบัญภาพ	2
สารบัญตาราง	3
บทที่ 1 บทนำ	6
บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน	9
บทที่ 3 ผลการศึกษา	18
บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล	60
เอกสารอ้างอิง	62
ภาคผนวก	66

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 2.1.1 Picture of a cassava plant damaged by mites at different levels at 5 weeks
(1) release 20 mites/leaf (2) release 40 mites/leaf
(3) release 60 mites/leaf (4) release 80 mites/leaf
(5) release 100 mites/leaf (6) Untreated 35

ภาพที่ 2.1.2 Averaged reflectance values of the six damage levels after 2 weeks. 36

ภาพที่ 2.1.3 Averaged reflectance values of the six damage levels after 3 weeks. 36

ภาพที่ 2.1.4 Averaged reflectance values of the six damage levels after 4 weeks. 37

ภาพที่ 2.1.5 Averaged reflectance values of the six damage levels after 5 weeks. 37

ภาพที่ 2.1.6 Pictures of damage of cassava plants at different levels 38

ภาพที่ 2.1.7 Compare percent plant leaf damage from UAV with visual assessments in first week. 39

ภาพที่ 2.1.8 Compare percent plant leaf damage from UAV with visual assessments after 5 weeks. 39

ภาพที่ 2.2.1 ภาพออร์โธ (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) บริเวณพื้นที่แปลงมะพร้าวที่พบหนอนหัวดำมะพร้าวระบาด ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564 45

ภาพที่ 2.2.1 (ต่อ) ภาพออร์โธ (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) บริเวณพื้นที่แปลงมะพร้าวที่พบหนอนหัวดำมะพร้าวระบาด ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564 46

ภาพที่ 2.2.2 เปรียบเทียบสีรายต้น (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) ของแปลงมะพร้าวที่พบหนอนหัวดำมะพร้าวระบาด ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564 47

ภาพที่ 2.2.2 (ต่อ) เปรียบเทียบสีรายต้น (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) ของแปลงมะพร้าวที่พบหนอนหัวดำมะพร้าวระบาด ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564 48

ภาพที่ 2.2.2 (ต่อ) เปรียบเทียบสีรายต้น (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) ของแปลงมะพร้าวที่พบหนอนหัวดำมะพร้าวระบาด ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564 49

สำนักวิทยบริการฯ

ภาพที่ 2.2.3 ภาพออร์โธ (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) บริเวณพื้นที่แปลงมะพร้าวที่พบ แมลงดำหนามมะพร้าวระบาด ตำบลหินเหล็กไฟ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564 50
ภาพที่ 2.2.3 (ต่อ) ภาพออร์โธ (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) บริเวณพื้นที่แปลงมะพร้าวที่พบ แมลงดำหนามมะพร้าวระบาด ตำบลหินเหล็กไฟ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564 51
ภาพที่ 2.2.4 เปรียบเทียบสีรายต้น (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) ของแปลงมะพร้าวที่พบ แมลงดำหนามมะพร้าวระบาด ตำบลหินเหล็กไฟ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564 52
ภาพที่ 2.2.4 (ต่อ) เปรียบเทียบสีรายต้น (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) ของแปลงมะพร้าวที่พบ แมลงดำหนามมะพร้าวระบาด ตำบลหินเหล็กไฟ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564 53
ภาพที่ 2.2.5 Analyzed the damaged leaf area from the coconut black headed caterpillar by Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photographs and visual assessment in June 18th 2020 at Damnoen Saduak district, Ratchaburi province. 54

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 1.1.1 Means of droplet density (droplets cm^{-2}) 20

ตารางที่ 1.1.2 Means of droplet deposition (µg cm^{-2}) 21

ตารางที่ 1.1.3 Efficacy of the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for controlling diamond back moth at Ratchaburi Province. 21

ตารางที่ 1.2.1 Means of droplet density (droplets cm^{-2}) and average spray deposition (µ g/leaf) on onion. 24

ตารางที่ 1.2.2 Average spray drift deposition among spray application techniques at different evaluation zones (Wind less than 1 m/s) 24

ตารางที่ 1.2.3 Average spray drift deposition among spray application techniques at different evaluation zone (Wind 1-2 m/s) 25

ตารางที่ 1.2.4 Mean of dye tracer (ng cm^{-2}) detected from cellulose patches on onion on different spray application techniques 26

ตารางที่ 1.2.5 Efficacy the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for controlling Leaf miner (Liriomyza brassicae Riley in Onion at Tha Muang District, Kanchanaburi Province, April-May 2020 27

ตารางที่ 1.2.6 Efficacy percentage of the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) 27

ตารางที่ 1.3.1 Average of Kingkol tartrazine spray deposition among spray application techniques 28

ตารางที่ 1.3.2 Comparison of red mite among spray application techniques when sprayed with spiromesifen 24% SC at Kanchanaburi province (1^{st} trial) 29

ตารางที่ 1.3.3 Comparison of red mite among spray application techniques when sprayed with spiromesifen 24% SC at Kanchanaburi province (2^{nd} trial) 29

ตารางที่ 2.1.1 Average number of mulberry red mite 32

ตารางที่ 2.1.2 Averaged index values for each of time. 32

ตารางที่ 2.1.3 Averaged index values and standard deviations for each of the damage levels. 34

ตารางที่ 2.2.1 The analyzing damaged leaf area from the coconut black headed caterpillar by Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photographs and visual assessment in June 18^{th} 2020 at Damnoen Saduak district, 41

กรมวิชาการเกษตร

Ratchaburi province.
ตารางที่ 2.2.2 Normalized difference vegetation index of coconut trees in the coconut plantation that infestation by coconut black headed caterpillar in Thap Tai sub-district, and the coconut plantation that infestation by coconut leaf beetle at Hin Lek Fai sub-district, Hua Hin district, Prachuap Khiri Khan province during March to September 2021. 42
ตารางที่ 2.2.3 Analyzing from multispectral imaging photos the number of coconut frond and percent damaged leaf area in the coconut plantation that infestation by coconut black headed caterpillar at Hua Hin district, Prachuap Khiri Khan province during March to September 2021. 43
ตารางที่ 2.2.4 Analyzing from multispectral imaging photos the number of coconut frond and percent damaged leaf area in the coconut plantation that infestation by coconut leaf beetle at Hua Hin district, Prachuap Khiri Khan province during March to September 2021. 44

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 1 บทนำ

1. วิสัยทัศน์ และพันธกิจของหน่วยงาน

วิสัยทัศน์

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืช เครื่องจักรกลการเกษตร และเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืชในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

พันธกิจ

1. สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตรสู่กลุ่มเป้าหมาย
2. กำหนดและกำกับดูแลมาตรฐานระบบการผลิตและผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต พัฒนาระบบตรวจรับรองสินค้าการเกษตรด้านพืชให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
3. อนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช แมลง และจุลินทรีย์
4. กำกับ ดูแล และพัฒนากฎหมายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ

2. ยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงาน

❑ยุทธศาสตร์ที่ 1 ด้านความมั่นคง

เพื่อบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย และมีความสงบเรียบร้อยในทุกระดับและทุกมิติ

☑ยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน

เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก

❑ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์

คนไทยในอนาคต มีความพร้อมทั้งกาย ใจ สติปัญญา มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีทักษะสื่อสารภาษาอังกฤษ

และภาษาที่ 3 และมีคุณธรรม

❑ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม

สร้างความเป็นธรรม และลดความเหลื่อมล้ำในทุกมิติ กระจายศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคม เพิ่มโอกาส

ให้ทุกภาคส่วนเข้ามาเป็นกำลังของการพัฒนาประเทศในทุกระดับ

❑ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำนึงถึงความยั่งยืนของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนให้เป็นมิตร

กรมวิชาการเกษตร

ต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านมาตรการต่าง ๆ ที่มุ่งเน้นให้เกิดผลลัพธ์ต่อความยั่งยืน

❑ยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ

การปรับเปลี่ยนภาครัฐ ยึดหลัก “ภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม”

3. วงเงินงบประมาณกองทุน ววน. ที่ได้รับจัดสรรในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 และโปรดระบุแผนงาน/โครงการให้สอดคล้องกับโปรแกรมของแผน ววน.

โปรแกรมตามแผน ววน.	งบประมาณ (บาท)
โปรแกรม 7. โจทย์ท้าทายด้านทรัพยากร สิ่งแวดล้อม และ การเกษตร	1,023,776

4. รายละเอียดโครงการ

ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

การนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในการป้องกันกำจัดและประเมินสถานการณ์การระบาดของศัตรูพืช เป็นที่นิยมกันมากในประเทศที่พัฒนาแล้วหลายประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ยุโรป และญี่ปุ่น ในปัจจุบันแม้กระทั่งประเทศสมาชิกในประชาคมอาเซียน เช่น มาเลเซีย อินเดีย และจีน ได้มีการทำวิจัยและนำระบบนี้เข้ามาประยุกต์ใช้เช่นกัน (ธีรเกียรติ์, 2558) เช่น การประเมินสถานการณ์การระบาดของโรคในถั่วเหลืองหรือในข้าว เป็นต้น (Bravo *et al.*, 2003; Mairhofer *et al.*, 2009) หรือการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในการลดต้นทุนในการกำจัดวัชพืช ซึ่งสามารถลดการใช้สารไปได้กว่า 30 เปอร์เซ็นต์ (Lee *et al.*, 1999; Gerhards *et al.*, 2003; Christensen *et al.*, 2009) สำหรับในประเทศไทยการสำรวจและการป้องกันกำจัดยังคงใช้แรงงานคนเป็นหลัก บางครั้งเนื่องจากข้อจำกัดด้านทรัพยากรบุคคลทำให้ไม่สามารถสำรวจและแจ้งเตือนได้ทันจนเป็นสาเหตุให้การระบาดเกิดขึ้นอย่างกว้างขวาง 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 ซึ่งเมื่อมีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างเต็มระบบแล้วจะก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมหาศาลกับงานทางด้านการเกษตร (Zijlstra *et al.*, 2011)

อย่างไรก็ตามยังคงขาดงานวิจัยในเรื่องประสิทธิภาพของอากาศยานไร้คนขับในการที่จะนำมาใช้ในการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และประเมินสถานการณ์การระบาดของศัตรูพืชในประเทศไทย งานวิจัยนี้จะ

กรมวิชาการเกษตร

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

ด้วยเหตุนี้ จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าว เพื่อใช้ในการประเมินสถานการณ์และแก้ไขปัญหาศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ ตลอดจนเป็นการวางมาตรฐานการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับ เพื่อเป็นคำแนะนำและเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกร ตลอดจนใช้ในการต่อยอดเพื่อพัฒนาระบบการอารักขาพืชแม่นยำสูงซึ่งสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาประเทศสู่การเกษตร 4.0 ของไทย

วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาเทคนิคการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับในการลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางมาตรฐานอากาศยานไร้คนขับสำหรับพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย ตลอดจนเทคนิคการใช้อากาศยานไร้คนขับในการการประเมินสถานการณ์การระบาดหรือความเสียหายจากศัตรูพืชที่มีความแม่นยำและรวดเร็ว

ขอบเขตการศึกษา

โครงการนี้เป็นการศึกษาเทคโนโลยีการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับ เพื่อหาอัตราพ่นที่เหมาะสมในในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในพืชเศรษฐกิจ 3 ชนิด ได้แก่ คะน้า หอมแบ่ง และมันสำปะหลัง รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในวางมาตรฐานการนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในประเทศไทย ตลอดจนศึกษาเทคโนโลยีการประเมินสถานการณ์การระบาดหรือความเสียหายจากศัตรูพืชที่มีความแม่นยำและรวดเร็วจากหนอนหัวดำและแมลงดำหนามในมะพร้าว และไรแดงในมันสำปะหลัง การศึกษาดังกล่าวเป็นการศึกษาเบื้องต้นภายในสภาพห้องปฏิบัติการ โรงเรือนและแปลงทดสอบ เพื่อเป็นข้อมูลทางวิชาการตลอดจนใช้ในการแจ้งเตือนสถานการณ์การระบาดเกษตรกร นักวิชาการ ตลอดจนผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาของโครงการจะนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลในการนำมาพัฒนาสู่การอารักขาพืชแม่นยำสูงในประเทศไทยในอนาคต การวิจัยในโครงการนี้ประกอบไปด้วย 2 กิจกรรม ดังนี้ กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และกิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการประเมินสถานการณ์การระบาดและประเมินความเสียหายจากศัตรูพืช

นิยามศัพท์

UAV = Unmanned Aerial Vehicle

GPS = Global Positioning System

กรมวิชาการเกษตร

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

บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

1.วิธีการดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคนิคการพ่นสารและประมวลผลภาพถ่ายเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดและตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชด้วยอากาศยานไร้คนขับ

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 โดยแบ่งแปลงทดลองเป็นแปลงย่อย ขนาด 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)

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

กรมวิชาการเกษตร

leaf) และใต้ใบ (lower leaf) หลังจากนั้นพ่นด้วยสารละลายของสี Kingkol tartrazine ตามกรรมวิธี ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้สารละลายของสีแห้งแล้วทำการเก็บตัวอย่าง ใส่ตัวอย่างในถุงพลาสติกที่เขียนระบุกรรมวิธี ตำแหน่งและซ้ำไว้แล้ว ปิดถุงให้สนิทและเก็บไว้ในกล่องกันแสงอัลตร้าไวโอเลตเพื่อป้องกันการสลายตัวของสี เมื่อตัวอย่างถึงห้องทดลอง นำตัวอย่างที่ได้มาวัดความหนาแน่นของละอองสารด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ภาพ แบบฟรีแวร์ 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 จำนวน พื้นที่ละ 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

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

กรมวิชาการเกษตร

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 จากนั้นนำไป

กรมวิชาการเกษตร

วัดค่าความเข้มแสง (Optical density) ด้วยเครื่อง Colorimeter ที่ค่าดูดกลืนแสง 470 นาโนเมตร ซึ่งค่าที่ได้มีหน่วยเป็นไมโครกรัมของสารละลายของสีต่อใบ ส่วนกระดาษ 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)

กรมวิชาการเกษตร

1.5 กรรมวิธีไม่พ่นสาร

2. การทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนชอนใบด้วยสารเคมี

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

โดยให้คะแนนระดับการทำลายของหนอนชอนใบแบ่งเป็น 5 คะแนนดังนี้

คะแนน 0 พื้นที่ใบไม่ถูกทำลาย

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)

กรมวิชาการเกษตร

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 ปิดถุงให้สนิทและเก็บไว้ในกล่องกันแสงอุลตร้าไวโอเลต เพื่อป้องกันการสลายตัวของสี เมื่อตัวอย่างถึงห้องทดลอง นำตัวอย่างที่ได้นำมาล้างสีด้วยน้ำสะอาดปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปล่อยทิ้งไว้ให้ตกตะกอน กรองตะกอนแล้วดูดสารละลายของสีใส่ไว้ในหลอดแก้วขนาด 3 มิลลิลิตร ที่เขียนระบุกรรมวิธี ตำแหน่งและซ้ำไว้แล้ว จากนั้นนำไปวัดค่าความเข้มแสง (Optical density) ด้วยเครื่อง Colorimeter ที่ค่าดูดกลืนแสง 470 นาโนเมตร ซึ่งค่าที่ได้มีหน่วยเป็นไมโครกรัมของสารละลายของสีต่อใบ

การบันทึกข้อมูล

- ข้อมูลการตกค้างของละอองสาร

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

กรมวิชาการเกษตร

- 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

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 **(Fig. 1)**

การบันทึกข้อมูล

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

2. การประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ในสภาพห้องปฏิบัติการ

การประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง โดยใช้พารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

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

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

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

กรมวิชาการเกษตร

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

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

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

$$\text{REIP} = 700 + 40\left\{\frac{\left[\frac{\rho_{670}+\rho_{780}}{2}\right] - \rho_{700}}{\rho_{740} - \rho_{700}}\right\}$$ 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

ดำเนินการในแปลงมันสำปะหลังที่มีการเข้าทำลายของไรแดงมันสำปะหลัง ต.ดอนตาเพชร อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี โดยถ่ายภาพจากทางด้านบน โดยการใช้อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) ระบบ Multi-rotor 4 ใบพัดมีระบบพิกัด GIS และระบบควบคุมการเอียงของกล้องขณะถ่าย (Gyro Sensor) เพื่อใช้ในการปรับแก้การเอียงภาพ ติดกล้องบันทึกภาพ 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) ดำเนินการวางแผนสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ ครอบคลุมแปลงทั้งหมด 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

กรมวิชาการเกษตร

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 บันทึกข้อมูลภาพจากต้นพืชปกติและต้นพืชที่ถูกเข้าทำลาย 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 สำหรับการผลิตภาพถ่ายทาง

กรมวิชาการเกษตร

อากาศ 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

3. การปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

❑ ไม่มี ❑ มี ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่..... (โปรดแสดงหลักฐานในภาคผนวก)

❑ เปลี่ยนแปลงงบประมาณ โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง

.....

❑ เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์/ผลผลิต โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง

.....

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 3 ผลการศึกษา

3.1 ผลการดำเนินงานของโครงการ

สรุปภาพรวมของโครงการวิจัยและพัฒนาเทคนิคการพ่นสารและประมวลผลภาพถ่ายเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดและตรวจสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชด้วยอากาศยานไร้คนขับ

กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช

ศึกษาอัตราพ่นที่เหมาะสมในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สำคัญในพืชเศรษฐกิจ 3 ชนิด ได้แก่ คะน้าหอมแบ่ง และมันสำปะหลัง พบว่าอัตราพ่นที่เหมาะสมของอากาศยายไร้คนขับในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชของพืชทั้ง 3 ชนิด อยู่ที่อัตราพ่นระหว่าง 3-5 ลิตรต่อไร่ โดยมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการพ่นของเกษตรกรที่พ่นด้วยอัตราระหว่าง 60-100 ลิตรต่อไร่ ซึ่งการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับสามารถปฏิบัติงานได้เร็วกว่าและลดอันตรายจากการสัมผัสสารของเกษตรกร

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการประเมินสถานการณ์การระบาดและประเมินความเสียหายจากศัตรูพืช

ศึกษาเทคนิคการใช้อากาศยานไร้คนขับในการประเมินสถานการณ์การระบาดและความเสียหายจากหนอนหัวดำและแมลงดำหนามในมะพร้าว และไรแดงในมันสำปะหลัง ผลการวิเคราะห์ภาพถ่ายพบว่าค่าดัชนีพืชพรรณ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ของต้นมะพร้าว และต้นมันสำปะหลังที่มีการระบาดของศัตรูพืช เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการประเมินรอยทำลายที่ใบมะพร้าวด้วยสายตา (%) ในเชิงเส้นกราฟ พบว่าเส้นกราฟทั้ง 2 เส้นมีแนวโน้มไปในแนวทางเดียวกัน

กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช

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 ละอองต่อตาราง

กรมวิชาการเกษตร

เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับการพ่นด้วยโดรนอัตรา 5 ลิตรต่อไร่ ที่พบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 76.6 ละอองต่อตารางเซนติเมตร แต่มากกว่าแตกต่างทางสถิติกับการพ่นด้วยโดรนอัตรา 3.5 ลิตรต่อไร่ ที่พบความหนาแน่นของละอองสารเฉลี่ย 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 **(Table 1.1.1)**

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 **(Table 1.1.2)**

กรมวิชาการเกษตร

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 แม้จะใช้อัตราพ่นที่น้อยกว่าด้วยโดรนหรือจะใช้ในอัตราที่สูงด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง ก็ไม่ได้ทำให้ผลการตกค้างของละอองสารต่างกัน แต่การพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงที่ผลิตละอองสารที่มีขนาดโตมากกว่า 200 ไมครอน เมื่อละอองสารไปปะทะกับส่วนใดส่วนหนึ่งบนต้นข้าวแล้ว จะเกิดการรวมตัวของละอองสารและไหลลงสู่พื้นดินได้ง่าย ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การพ่นในอัตราที่สูงแล้วพบการตกค้างของละอองสารบนเป้าหมายไม่ต่างจากการพ่นในอัตราพ่นที่ต่ำกว่า

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 **(Table 1.1.3)**

การพ่นสาร *Bacillus thuringiensis* ในการทดลองนี้ถึงแม้จะไม่สามารถควบคุมปริมาณหนอนให้ระดับการระบาดน้อยกว่า 0.2 ตัวต่อต้น ซึ่งเป็นระดับเศรษฐกิจได้ เนื่องจากหลายสาเหตุ ขึ้นอยู่กับจำนวนอายุและขนาดของหนอน 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 อย่างไรก็ตามในกรณีที่เป็นสารเคมีบางชนิดการพ่นในช่วงที่ประชากรของหนอนใยผักสูงประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดก็ไม่แตกต่างจากการใช้สาร *Bacillus thuringiensis* เช่นกัน (รพีพรรณ และคณะ, 2557) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงความปลอดภัยต่อศัตรูธรรมชาติและแมลงที่มีประโยชน์ชนิดอื่น ๆ การพ่นด้วย *Bacillus thuringiensis* มีความเฉพาะเจาะจงต่อหนอนผีเสื้อศัตรูพืชเท่านั้นซึ่งไม่มีผลกระทบต่อแมลงห้ำแมลงเบียน และแมลงที่มีประโยชน์อื่น ๆ (รัตนา และคณะ, 2553)

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.1.1 Means of droplet density (droplets cm^{-2})

Treatment	Spray volume (L/Rai)	Means of droplet density (droplets cm^{-2}) 1/			
		Top position		Bottom position	
		Upper leaf	Lower leaf	Upper leaf	Lower leaf
Drone 3.5	3.5	72.2 b	41.0	41.2	31.4 a
Drone 5	5	76.6 ab	44.6	45.3	35.7 a
MKS 100	100	84.8 a	49.9	39.4	23.7 b
CV (%)		10.5	16.68	10.36	10.71

1/ Means within a column followed by the same letter or no letter are not significantly different at $\alpha < 0.05$, according to Duncan's tests.

Table 1.1.2 Means of droplet deposition (µg cm^{-2})

Treatment	Spray volume (L/Rai)	Means of droplet deposition (µg cm^{-2}) 1/1/			
		Top position		Bottom position	
		Upper leaf	Lower leaf	Upper leaf	Lower leaf
Drone 3.5	3.5	1.21	0.93 b	0.88	0.65
Drone 5	5	1.24	1.02 ab	0.93	0.73
MKS 100	100	1.31	1.07 a	0.91	0.72
CV (%)		13.50	8.27	9.11	11.44

1/ Means within a column followed by the same letter or no letter are not significantly different at $\alpha < 0.05$, according to Duncan's tests.

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.1.3 Efficacy of the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for controlling diamond back moth at Ratchaburi Province.

Treatment	Spray volume (L/Rai)	Application rate (ml/Rai)	Number of diamond back moth				
			Before application	After application 1	After application 2	After application 3	After application 4
Drone 3.5	3.5	300	0.42b	0.37b	0.33b	0.30b	0.25b
Drone 5	5	300	0.37b	0.32b	0.25b	0.23b	0.21b
MKS 100	100	300	0.45b	0.39b	0.33b	0.30b	0.29b
Control	-	-	0.71a	0.93a	1.07a	1.61a	1.68a
CV (%)			16.0	14.2	18.6	14.4	23.0

[1/] Means within a column followed by the same letter or no letter are not significantly different at $\alpha < 0.05$, according to Duncan's tests.

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 °C 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 **(Table 1.2.1)** ซึ่งจะเห็นว่าการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงถึงแม้จะพบการตกค้างของละอองสารสูงกว่ากรรมวิธีพ่นด้วยเครื่อง UAV แต่จำนวนละอองสารและความหนาแน่นก็ไม่ได้มากกว่าการพ่นด้วยเครื่อง UAV เนื่องจากเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูงผลิตละอองขนาดใหญ่กว่า ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของพฤทธิชาติ, (2562) รายงานของ Cunningham and Harden, (1999), Matthews,

กรมวิชาการเกษตร

(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 แต่การพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำ สูงที่ผลิตละอองสารที่มีขนาดโตมากกว่า 200 ไมครอน เมื่อละอองสารไปปะทะกับส่วนใดส่วนหนึ่งบนต้นข้าวแล้วจะเกิดการรวมตัวของละอองสารและไหลลงสู่พื้นดินได้ง่าย ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การพ่นในอัตราที่สูงแล้วพบการตกค้างของละอองสารบนเป้าหมายไม่ต่างจากการพ่นในอัตราพ่นที่ต่ำกว่า

1.2 และการศึกษาการปลิวของละอองสารบนพื้นที่นอกเป้าหมายด้วยวิธี Colorimetric method

การปลิวของละอองสารจากการพ่นด้วยอัตราต่างๆ ด้วยเครื่องพ่น UAV ที่ความสูงจากเหนือหอมแบ่ง 1.5 เมตร โดยพ่นที่ความเร็วลมต่างกันคือ ที่ความเร็วลมไม่เกิน 1 เมตร/วินาที (ลมขณะทดลอง 0.1-0.9 เมตร/วินาที) **(Table 1.2.2)** และความเร็วลมในช่วง 1-2 เมตร/วินาที (ลมขณะทดลอง1.3-1.7 เมตร/วินาที) **(Table 1.2.3)** 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 การทดลองของพฤทธิชาติ (2562ก) ที่พบว่าการพ่นด้วยเครื่อง UAV สูงจากต้นข้าวประมาณ 2 เมตร ที่ความเร็วลมในพื้นที่ต่ำ กว่า 1 เมตร/วินาที พบการปลิวของละอองสารบนพื้นที่นอกเป้าหมายระยะไกลที่สุดไม่เกิน 4 เมตร จากแนวพ่นสุดท้าย ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าความเร็วลมในขณะพ่นมีผลต่อการปลิวของละอองสารบนพื้นที่นอกเป้าหมายเป็นอย่างมาก ดังนั้นการพ่นด้วยเครื่อง UAV จึงไม่ควรพ่นสารในขณะลมแรง

1.3 การวัดปริมาณการตกค้างของละอองสารบนร่างกายผู้ปฏิบัติงาน (Table 1.2.4)

ปริมาณการตกค้างของละอองสารที่ตรวจวัดได้บนร่างกายผู้ปฏิบัติงาน พบว่ามีเพียงกรรมวิธีพ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำสูงที่พบการตกค้างบนร่างกายของตัวผู้พ่น ซึ่งพบเฉลี่ย 158 ±39.0 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบสูงสุดในบริเวณหน้าแข้งซึ่งพบเฉลี่ย 46.7-57.3 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับความสูงของพืชที่พ่นและสอดคล้องกับการทดลองของ นลินา (2558) ในการศึกษาอัตราการพ่นสารที่เหมาะสมด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำในไม้พุ่มขนาดเล็ก

ลิขสิทธิ์การใช้งาน

โดยใช้ผักชีฝรั่งเป็นตัวแทนซึ่งเป็นพืชที่มีความสูงไม่แตกต่างกันจึงพบการตกค้างของละอองสารมากสุดในจุดเดียวกัน ส่วนในส่วนบนของร่างกายพบน้อยกว่า และไม่พบที่หลัง ซึ่งในขณะทดลองไม่ได้มีการรั่วซึมของถังหรือน้ำยาหกจึงไม่พบสารที่หลังของผู้พ่น ส่วนการพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ ไม่พบการตกค้างของละอองสารบนตัวผู้ปฏิบัติงานเลยทั้งนี้เนื่องจากขณะพ่นได้ทำตามคำแนะนำคืออยู่ห่างจากจุดพ่นสารอย่างน้อย 20 เมตร จึงทำให้ไม่พบการตกค้างของละอองสารบนตัวผู้พ่นและในขณะพ่นความเร็วลมไม่เกิน 1 เมตร/วินาที ซึ่งจากตารางที่ 2 จะเห็นว่าการปลิวของละอองสาร ไม่เกิน 4 เมตร ทำให้ละอองไม่สามารถปลิวมาถึงผู้พ่นได้

2. การทดลองด้านประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดหนอนชอนใบในหอมแบ่ง (Table 1.2.5)

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

กรมวิชาการเกษตร

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 เมื่อพ่นสารในอัตราของสารออกฤทธิ์ที่เท่ากันในพื้นที่ จึงทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำาจัดไม่แตกต่างกัน

เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการป้องกันกำจัดในหนอนชอนใบหอมแบ่ง (Table 1.2.6)

พบว่าทุกกรรมวิธีพ่นสารด้วยเครื่องพ่นสาร UAV มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนชอนใบในหอมแบ่งใกล้เคียงกับการพ่นด้วยเครื่องพ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง อัตรา 80 ลิตร/ไร่ จากผลการวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลเพื่อแนะนำและเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรต่อไป

Table 1.2.1 Means of droplet density (droplets cm^{-2}) and average spray deposition (µ g/leaf) on onion.

Treatment	Application rate (l/Rai of water)	droplet density (droplets cm-2)	Average spray deposition (µ g/leaf)
1. Drone	2	76.2	1.47
2. Drone	3.5	80.4	1.59
3. Drone	5	86.6	1.74
4. Motor knapsack sprayer	80	78 .2	1.83

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.2.2 Average spray drift deposition among spray application techniques at different evaluation zones (Wind less than 1 m/s)

Treatment	Application rate (l/Rai of water)	Evaluation zone (m from last swath width)									
		Spray drift deposition (µg/cm2)									
		Upwind (m)					Downwind (m)				
		1	2	3	4	5-9	1	2	3	4	5-9
1. Drone	2	1.02	0.4	0.05	-[1/]	-	1.15	0.65	0.2	0.05	-
2. Drone	3.5	1.47	0.52	0.08	-	-	1.41	0.34	0.12	0.03	-
3. Drone	5	1.54	0.63	0.75	0.01	-	1.86	0.98	0.31	0.2	-
4. Motor knapsack sprayer	80	1.23	0.3	-	-	-	0.54	0.21	0.04	-	-

[1/] Not detected.

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.2.3 Average spray drift deposition among spray application techniques at different evaluation zone (Wind 1-2 m/s)

Treatment	Application rate (l/Rai of water)	Evaluation zone (m from last swath width)																	
		Spray drift deposition (µg/cm2)																	
		Upwind (m)									Downwind (m)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Drone 2	2	1.20	0.10	-[1/]	-	-	-	-	-	-	1.27	1.25	1.2	0.7	0.3	0.04	0.04	0.02	-
2. Drone 3.5	3.5	0.15	-	-	-	-	-	-	-		1.52	1.33	1.02	0.6	0.44	0.08	0.05	0.01	-
3. Drone 5	5	0.24	-	-	-	-	-	-	-		1.73	1.31	1.2	0.83	0.45	0.32	0.06	0.03	-
4. Motor knapsack sprayer 80	80	1.42	0.50	-	-	-	-	-	-	-	0.85	0.50	0.31	0.08	0.01	-	-	-	-

[1/] Not detected.

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.2.4 Mean of dye tracer (ng cm^{-2}) detected from cellulose patches on onion on different spray application techniques

Mean of dye tracer (ng cm-2) detected from cellulose patches on different spray application techniques[1/]	Treatment			
	Drone 2	Drone 3.5	Drone 5	MKS 80
1. Shin Right	-[2/]	-	-	57.3 ± 7.1
2. Shin left	-	-	-	46.7 ± 10.3
3. Thigh Right	-	-	-	9.1 ± 1.0
4. Thigh left	-	-	-	7.5 ± 1.3
5. Belly Right	-	-	-	5.1 ± 2.5
6. Belly left	-	-	-	5.0 ± 4.0
7. Chest Right	-	-	-	0.9 ± 1.2
8. Chest left	-	-	-	1.0 ± 5.1
9. Upper Arm Right	-	-	-	9.1 ± 2.4
10. Upper Arm left	-	-	-	8.0 ± 0.2
11. Hand Right	-	-	-	4.0 ± 0.9
12. Hand left	-	-	-	3.2 ± 2.5
13. Face	-	-	-	1.0 ± 0.2
14. Forehead	-	-	-	0.6 ± 0.3
15. Back	-	-	-	-
Total	-	-	-	158.5 ± 39

[1/]

1 = Shin Right
2 = Shin left
3 = Thigh Right
4 = Thigh left
5 = Belly Right
6 = Belly left
7 = Chest Right
8 = Chest left
9 = Upper Arm Right
10 = Upper Arm left
11 = Hand Right
12 = Hand left
13 = Face
14 = Forehead
15 = Back

กรมวิชาการเกษตร

Table 1.2.5 Efficacy the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for controlling Leaf miner (*Liriomyza brassicae* Riley in Onion at Tha Muang District, Kanchanaburi Province, April-May 2020

Treatment	Application rate (l/Rai of water)	Before app.	After app.		
			1st	2nd	3th
T1 Drone	2	5.38 a	7.25 a	11.38 a	14.25 b
T2 Drone	3.5	6.13 ab	14.63 b	16.25 b	11.38 b
T3 Drone	5	7.13 ab	15.50 b	14.25 ab	6.50 a
T4 MKS	80	7.63 b	16.63 b	17.38 b	8.50 ab
T5 control		6.13 ab	15.50 b	31.25 c	25.38 c
CV (%)		16.80	24.7	16.5	29.0
R.E.(%)					

Table 1.2.6 Efficacy percentage of the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for controlling Leaf miner (*Liriomyza brassicae* Riley in Onion at Tha Muang District, Kanchanaburi Province, April-May 2020

treatment	Application rate	after app. (%)		
		1st	2nd	3th
T1 Drone	2	46.71	22.15	54.18
T2 Drone	3.5	5.61	44.91	13.77
T3 Drone	5	14.03	54.40	43.84
T4 MKS	80	13.80	48.16	39.78

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 **(Table 1.3.1)** ซึ่งการตกค้างของละอองสารที่เกิดจากการพ่นสารทั้ง 4 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้อง

กรมวิชาการเกษตร

กับรายงานของ 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

Table 1.3.1 Average of Kingkol tartrazine spray deposition among spray application techniques in different targets

Treatment	Average spray deposition[1/]
	µg/leaf
1. UAV 3	2.85
2. UAV 4	2.82
3. UAV 5	3.07
4. MKS 60	3.27
CV (%)	17.44

[1/]Mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

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 ทำการทดสอบในแปลงที่พบการระบาดของไรแดงมัน

กรมวิชาการเกษตร

สำปะหลังโดยพ่นสาร spiromesifen 24% SC อัตรา 30 มล./ไร่ ผลการทดลองพบว่าทุกกรรมวิธีที่มีการพ่นสารมีจำนวนไรแดงมันสำปะหลังน้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใช้สาร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่มีการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับในอัตราพ่นต่าง ๆ และกรรมวิธีพ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบใช้แรงดันน้ำพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีทั้ง 2 แปลงทดลอง **(Table 1.3.2 and 1.3.3)**

Table 1.3.2 Comparison of red mite among spray application techniques when sprayed with spiromesifen 24% SC at Kanchanaburi province **(1st trial)**

Treatment	Spray volume (L/Rai)	Number of red mite[1/]					
		Before Application	Day After application				
			3 Days	5 Days	7 Days	10 Days	14 Days
1. UAV 3	3	82.03	0.12 a	0.10 a	0.38 a	0.34 a	0.16 a
2. UAV 4	4	78.61	0.10 a	0.18 a	0.28 a	0.14 a	0.34 a
3. UAV 5	5	82.95	0.10 a	0.25 a	0.55 a	0.73 a	0.20 a
4. MKS 60	60	83.53	0.19 a	0.35 a	0.94 a	0.13 a	0.29 a
5. Control	-	94.93	97.21 b	113.03 b	90.18 b	52.13 b	48.16 b
C.V. (%)		40.8	61.0	61.1	46.0	27.3	12.6

[1/]Mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

Table 1.3.3 Comparison of red mite among spray application techniques when sprayed with spiromesifen 24% SC at Kanchanaburi province **(2nd trial)**

Treatment	Spray volume (L/Rai)	Number of red mite[1/]					
		Before Application	Day After application				
			3 Days	5 Days	7 Days	10 Days	14 Days
1. UAV 3	3	63.16	0.14 a	0.09 a	0.23 a	0.38 a	0.19 a
2. UAV 4	4	60.52	0.11 a	0.15 a	0.17 a	0.16 a	0.42 a
3. UAV 5	5	63.87	0.11 a	0.22 a	0.33 a	0.82 a	0.24 a
4. MKS 60	60	64.31	0.21 a	0.30 a	0.56 a	0.15 a	0.35 a
5. Control	-	73.09	109.85 b	97.21 b	72.14 b	58.39 b	62.6 b
C.V. (%)		31.41	68.93	52.55	27.60	30.58	14.86

[1/]Mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการประเมินสถานการณ์การระบาดและประเมินความเสียหายจากศัตรูพืช

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายเพื่อใช้ในการตรวจสอบการเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลัง

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 ตัวต่อใบตามลำดับ **(Table 2.1.1)** ส่งผลให้ใบต้นมันสำปะหลังถูกดูดกินน้ำเลี้ยงจนตาย **(Fig. 2.1.1)**

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 หลังจากปล่อยไรแดงหม่อนหลังการปล่อย 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ พบว่า

หลังจากปล่อยไรแดงหม่อนลงบนต้นมันสำปะหลังแล้ว 2 สัปดาห์ พบค่าการสะท้อนของคลื่นในช่วง Near Infrared (NIR) (800 - 1,000 นาโนเมตร) มากหลังปล่อยไรแดงหม่อน 40 ตัว/ใบ ถัดมาคือปล่อยไรแดงหม่อนจำนวน 80, 100, 0, 60 และ 20 ตัว/ใบ ตามลำดับ **(Fig. 2.1.2)** 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 **(Table 2.1.2)**

หลังจากปล่อยไรแดงหม่อนลงบนต้นมันสำปะหลังแล้ว 3 สัปดาห์ พบค่าการสะท้อนของคลื่นในช่วง NIR มากหลังปล่อยไรแดงหม่อน 20 ตัว/ใบ ลองลงมาคือปล่อยไรแดงหม่อนจำนวน 0, 80, 100, 40 และ 60 ตัว/ใบ ตามลำดับ **(Fig. 2.1.3)** และเมื่อนำค่าการสะท้อนของคลื่นไปวิเคราะห์ค่า NDVI, GNDVI, REGNDVI, REBNDVI และTGI พบว่าหลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับการปล่อยไรจำนวนอื่น ๆ เมื่อทดสอบด้วยค่า NRENDVI

กรมวิชาการเกษตร

และREIP หลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ ไม่มีความแตกต่างกับการปล่อยไรแดงหม่อน 20 ตัว/ใบ **(Table 2.1.2)**

หลังจากปล่อยไรแดงหม่อนลงบนต้นมันสำปะหลังแล้ว 4 สัปดาห์ พบค่าการสะท้อนของคลื่นในช่วง NIR มากหลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ ลองลงมาคือปล่อยไรแดงหม่อนจำนวน 80 และ100 ตัว/ใบ ตามลำดับ แต่จากการปล่อยไรแดงหม่อนที่ 20, 60 และ 40 ตัว/ใบ เส้นกราฟมีการทับซ้อนกัน **(Fig. 2.1.4)** เมื่อนำค่าการสะท้อนของคลื่นไปวิเคราะห์ค่า GNDVI, REGNDVI, NRENDVI, TGI และ REIP พบว่าหลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับการปล่อยไรจำนวนอื่น ๆ เมื่อทดสอบด้วยค่า NDVI และ REBNDVI หลังปล่อยไรแดงหม่อน 0 ตัว/ใบ ไม่มีความแตกต่างกับการปล่อยไรแดงหม่อน 20 ตัว/ใบ **(Table 2.1.2)**

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 **(Fig. 2.1.5)** 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 **(Table 2.1.2)**

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 **(Fig. 2.1.6)** 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 **(Table 2.1.3)**

GNDVI พบว่าความเสียหายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นความเสียหายระดับที่ 7 และ8 ที่มีค่า GNDVI ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.5447, 0.5176,

กรมวิชาการเกษตร

0.4965, 0.4703, 0.4400, 0.4281, 0.4140, 0.4125, 0.3989 และ0.3553 ตามลำดับ **(Table 2.1.3)**

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 **(Table 2.1.3)**

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 **(Table 2.1.3)**

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 และ0.1318 ตามลำดับ **(Table 2.1.3)**

TGI พบว่าความเสียหายระดับที่ 1 และ4 มีค่าไม่แตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 31.9653 และ 31.3141 ตามลำดับ ความเสียหายระดับที่ 2, 3, 4, 5 ไม่แตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 29.9348, 29.3590, 31.314 1และ29.4892 ตามลำดับ ความเสียหายระดับที่ 6, 7 และ 10 ไม่แตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 26.6238, 26.5927 และ9.5461 ตามลำดับ ความเสียหายระดับที่ 8 และ 9 ไม่แตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 21.6009, 19.7785 ตามลำดับ **(Table 2.1.3)**

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 และ 709.5237 ตามลำดับ และความเสียหายระดับที่ 8 มีค่าเท่ากับ 708.8018 ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับทุกค่า **(Table 2.1.3)**

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 แต่ยังมีบางส่วนเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่ามีแนวโนมไปในทิศทางเดียวกัน **(Fig. 2.1.7-2.1.8)** และหลังจากภายภาพครั้งแรก 5 สัปดาห์ พบว่าเปรียบเทียบความเสียหาย

กรมวิชาการเกษตร

ของมันสำปะหลังด้วยวิธีประเมินด้วยสายตากับการประเมินโดยใช้ UAV มีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าในครั้งที่ 1 การประเมินความเสียหายด้วย UAV มีความแม่นยำมากขึ้นเมื่อเทียบกับการประเมินด้วยสายตา ซึ่งผลการประเมินที่เกิดความคลาดเคลื่อนน่าจะเกิดจากลักษณะการเข้าทำลายของไรแดงหม่อนจะเข้าทำลายในบริเวณใบแก่ ซึ่งถ้าต้นมันสำปะหลังมีใบหนาแน่นมาก จะทำให้เกิดการซ้อนทับกันของใบมันสำปะหลังทำให้การถ่ายภาพจากด้านบนด้วย UAV เห็นใบมันสำปะหลังเพียงบางส่วน จะไม่เห็นส่วนที่ซ้อนทับกัน

Table 2.1.1 Average number of mulberry red mite

Treatment	Avg. number of mulberry red mite (mites/leaf)			
	2 (Weeks)	3 (Weeks)	4 (Weeks)	5 (Weeks)
20 mites/leaf	14.60	30.67	63.63	294.23
40 mites/leaf	15.83	46.33	63.97	328.53
60 mites/leaf	16.30	52.77	71.37	349.38
80 mites/leaf	17.30	74.17	161.03	521.60
100 mites/leaf	24.73	120.03	165.80	528.93
Untreated Check	0.00	0.00	0.00	0.00

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.1.2 Averaged index values for each of time.

Time	Index	Number of mulberry red mite (mite/leaf)					
		20	40	60	80	100	0
2 weeks	NDVI	b[1/]	c	d	a	b	a
	GNDVI	b	d	e	b	c	a
	REGNDVI	c	d	e	b	c	a
	REBNDVI	c	b	c	a	b	a
	NRENDVI	b	e	e	c	d	a
	TGI	f	a	d	b	c	e
	REIP	a	c	c	b	b	a
3 weeks	NDVI	c	d	e	b	c	a
	GNDVI	b	d	e	c	d	a
	REGNDVI	b	d	e	b	c	a
	REBNDVI	d	e	f	b	c	a
	NRENDVI	a	c	d	b	c	a
	TGI	a	e	f	c	d	b
	REIP	a	c	d	b	c	a
4 weeks	NDVI	a	b	c	b	c	a
	GNDVI	b	d	d	c	d	a
	REGNDVI	b	d	e	c	e	a
	REBNDVI	a	b	c	b	c	a
	NRENDVI	b	d	d	c	d	a
	TGI	e	d	f	b	c	a
	REIP	b	e	e	c	d	a
5 weeks	NDVI	b	c	d	b	b	a
	GNDVI	c	c	d	b	b	a
	REGNDVI	c	c	d	b	b	a
	REBNDVI	bc	d	e	cd	b	a
	NRENDVI	d	d	e	b	c	a
	TGI	bc	c	d	bc	b	a
	REIP	c	c	a	b	b	a

[1/] The same letter in row are not significantly different at 95% level by DMRT

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Table 2.1.3 Averaged index values and standard deviations for each of the damage levels.

Damage levels	NDVI		GNDVI		REGNDVI		REBNDVI		NRENDVI		TGI		REIP	
1	.7291	a[1/]	.5447	a	.3909	a	.6735	a	.1971	a	31.9653	a	715.2149	a
2	.6919	b	.5176	b	.3693	b	.6367	b	.1845	b	29.9348	b	714.6531	b
3	.6778	c	.4965	c	.3570	c	.6347	b	.1709	c	29.3590	b	713.6255	c
4	.6504	d	.4703	d	.3355	d	.6191	c	.1610	d	31.3141	ab	712.4919	d
5	.5980	e	.4400	e	.3149	e	.5903	d	.1455	e	29.4892	b	710.6904	e
6	.5753	f	.4281	f	.3080	f	.5827	d	.1390	f	26.6238	c	709.7727	f
7	.5407	g	.4140	g	.2957	g	.5558	e	.1352	fg	26.5927	c	709.3288	f
8	.4664	h	.4125	g	.2929	g	.5305	f	.1370	fg	21.6009	d	708.8018	g
9	.4280	i	.3989	h	.2793	h	.4984	g	.1353	fg	19.7785	d	709.5237	f
10	.2923	j	.3553	i	.2346	i	.3934	h	.1318	g	9.5461	c	713.6928	c

[1/] The same letter in column are not significantly different at 95% level by DMRT

กรมวิชาการเกษตร

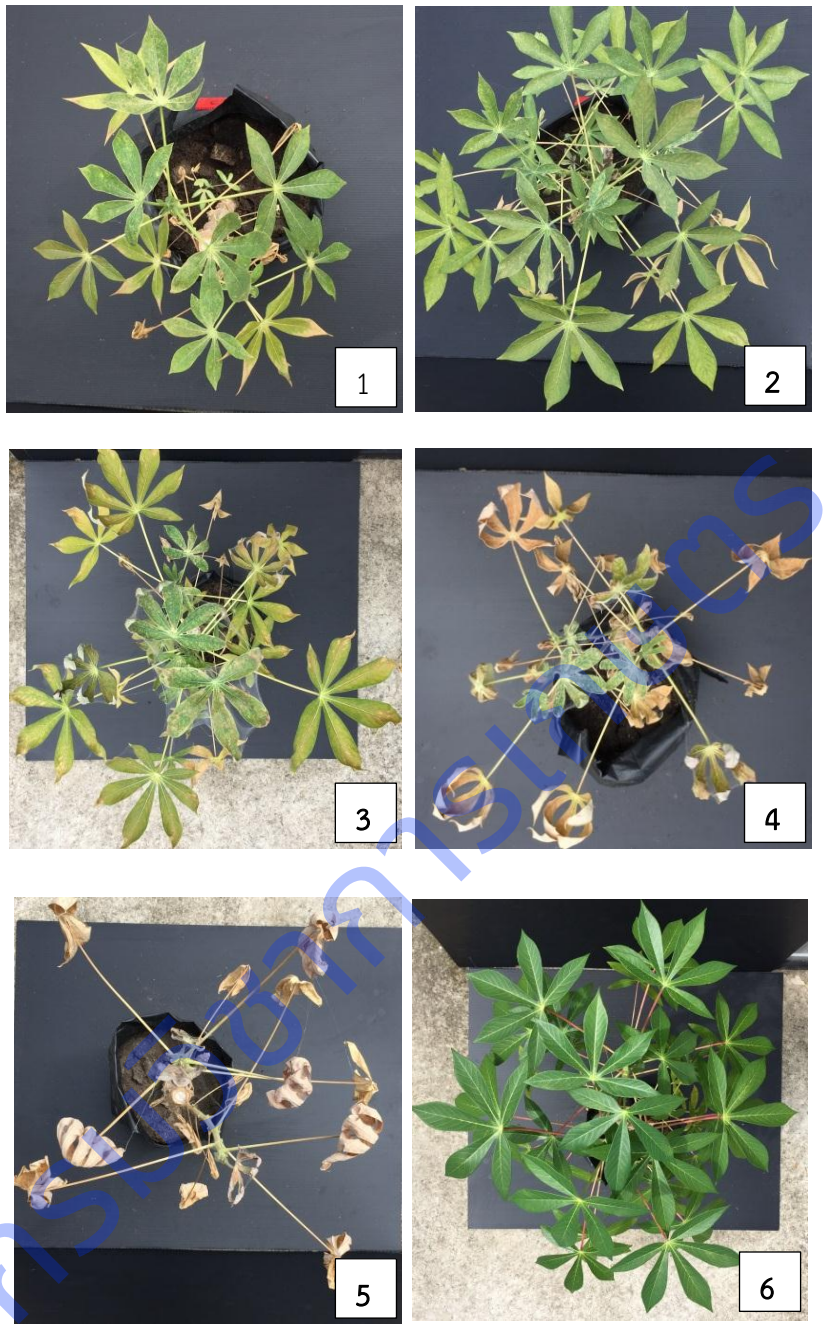


Fig. 2.1.1 Picture of a cassava plant damaged by mites at different levels at 5 weeks

(1) release 20 mites/leaf (2) release 40 mites/leaf

(3) release 60 mites/leaf (4) release 80 mites/leaf

(5) release 100 mites/leaf (6) Untreated

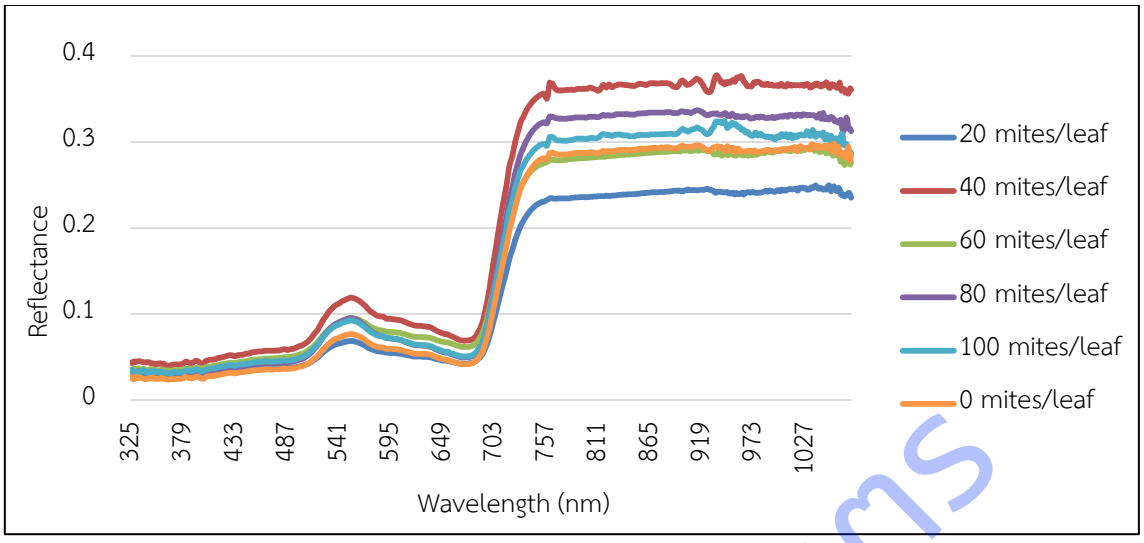


Fig. 2.1.2 Averaged reflectance values of the six damage levels after 2 weeks.

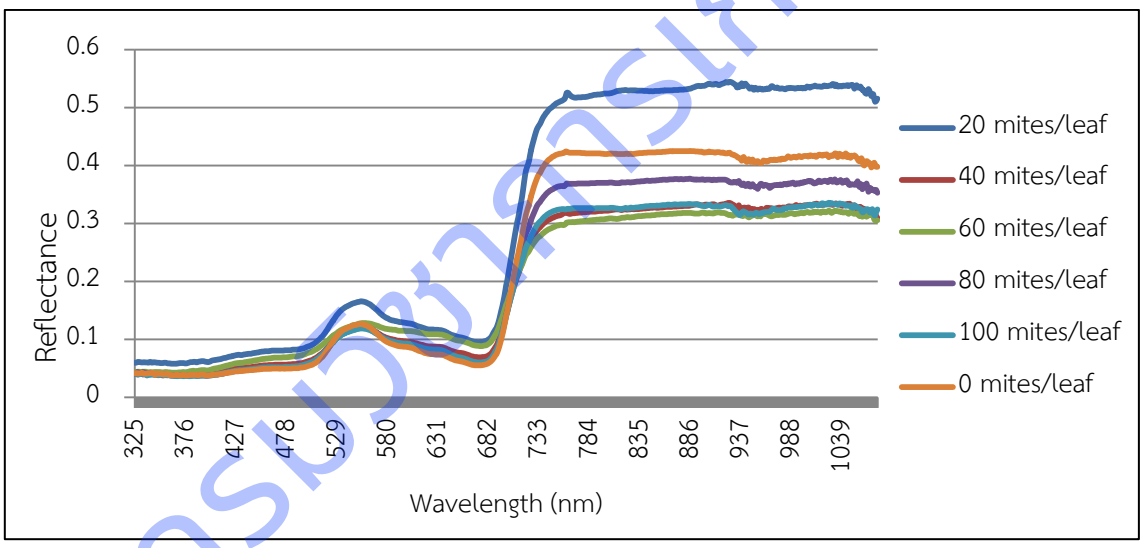


Fig. 2.1.3 Averaged reflectance values of the six damage levels after 3 weeks.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

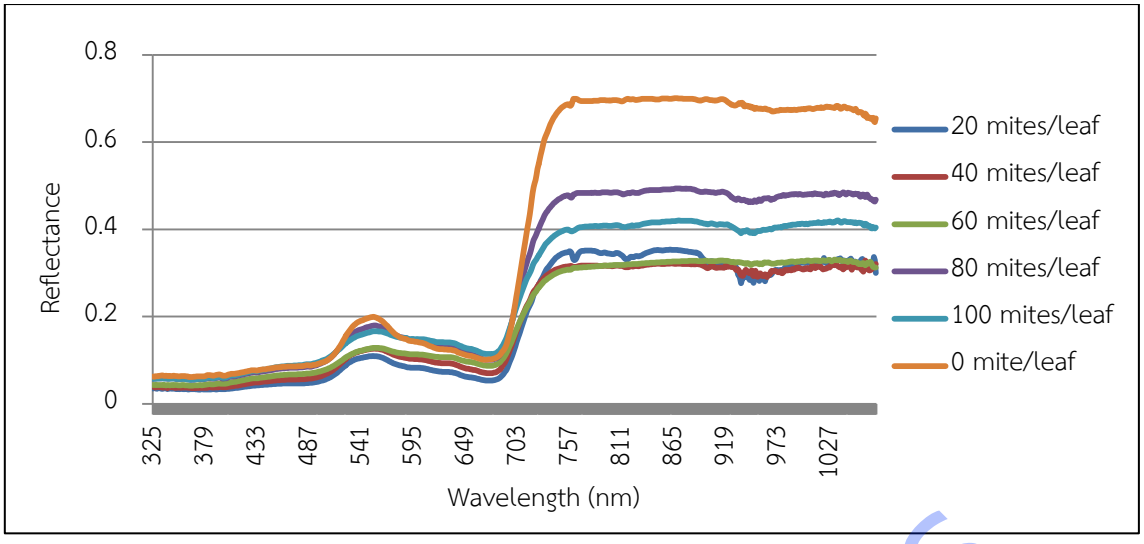


Fig. 2.1.4 Averaged reflectance values of the six damage levels after 4 weeks.

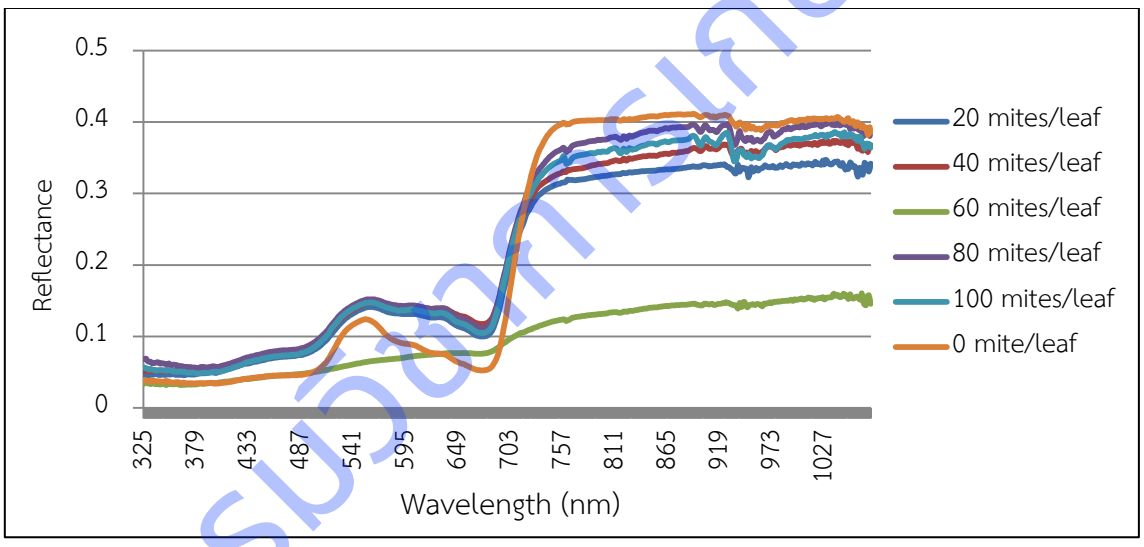


Fig. 2.1.5 Averaged reflectance values of the six damage levels after 5 weeks.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

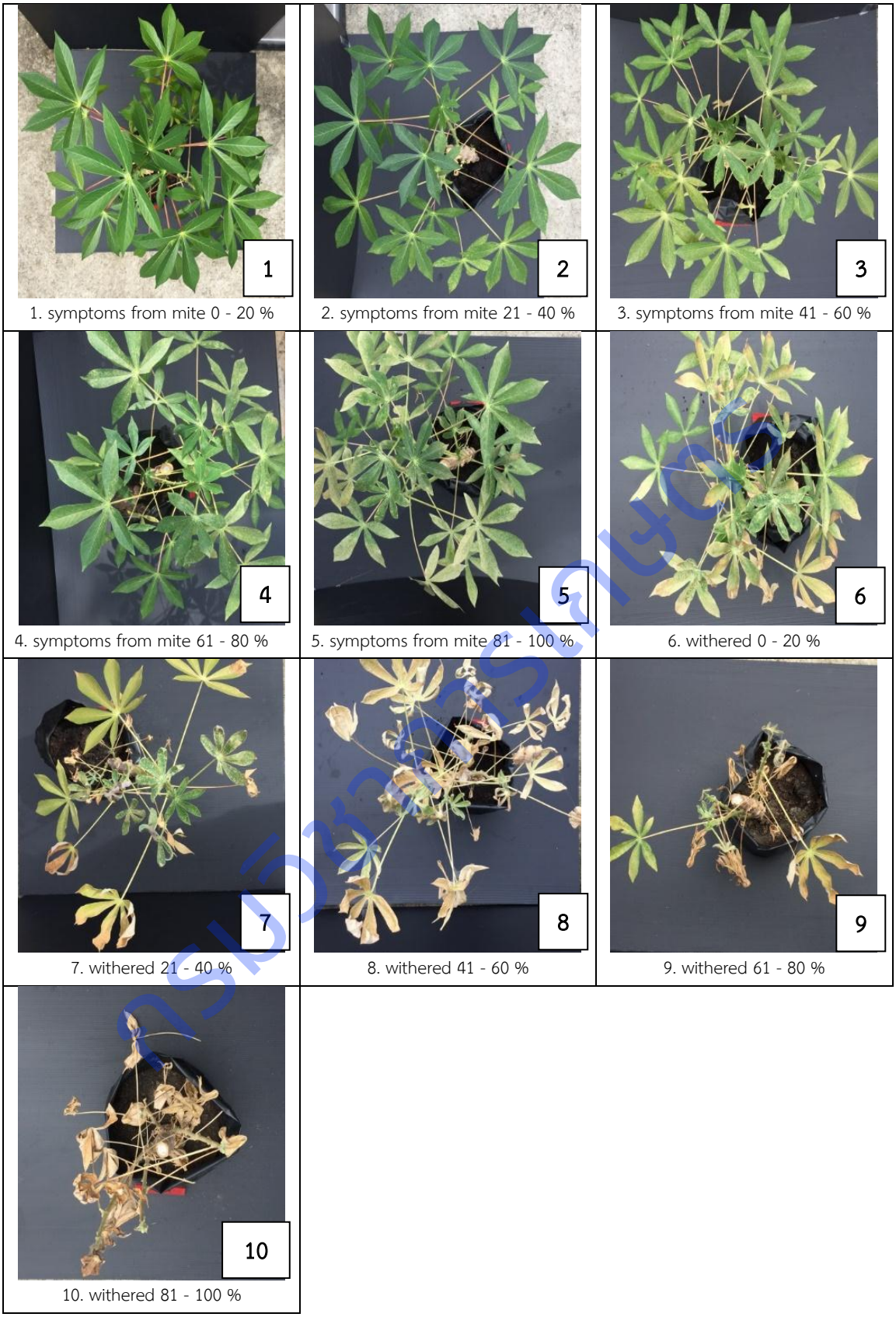


Fig. 2.1.6 Pictures of damage of cassava plants at different levels

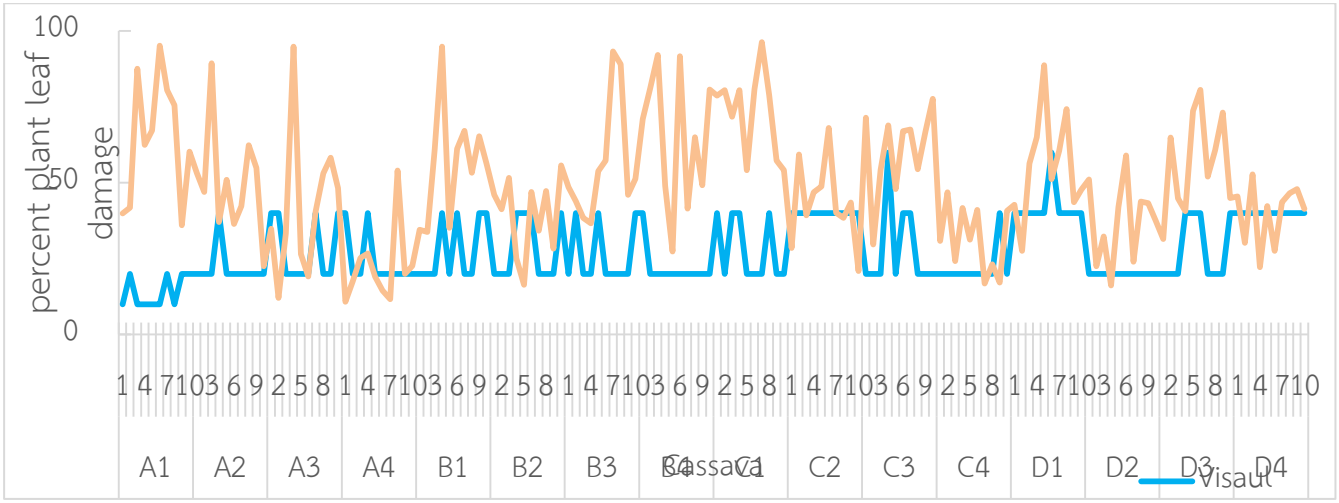


Fig. 2.1.7 Compare percent plant leaf damage from UAV with visual assessments in first week.

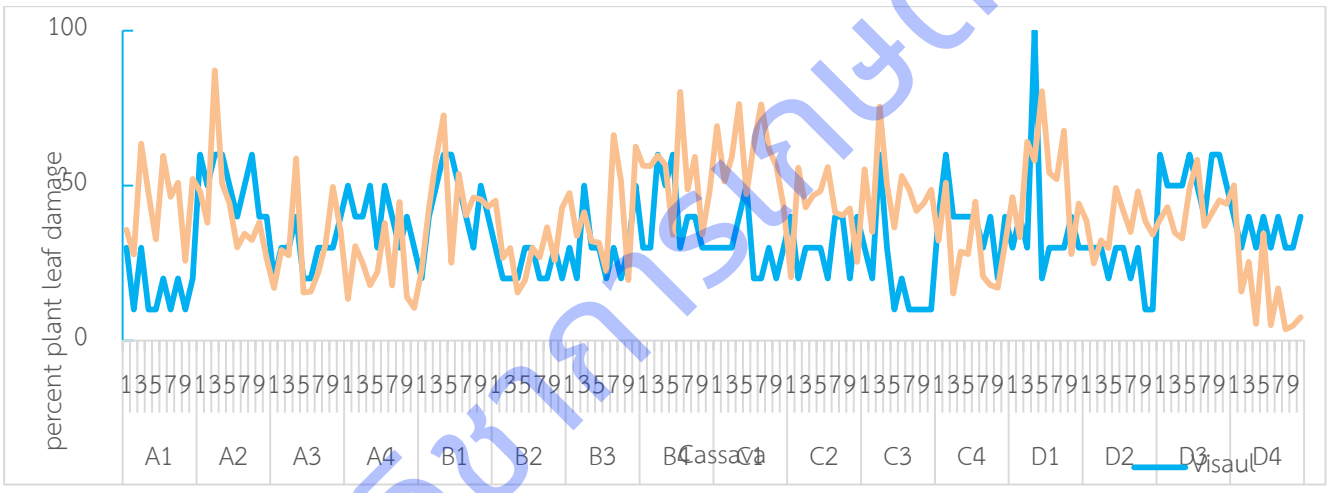


Fig. 2.1.8 Compare percent plant leaf damage from UAV with visual assessments after 5 weeks.

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาลักษณะอาการการเข้าทำลายของหนอนหัวดำมะพร้าวและแมลงดำหนามมะพร้าวจากภาพถ่าย

<u>แปลงหนอนหัวดำมะพร้าวระบาด ที่อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี</u>

จากการลงพื้นที่ดำเนินการถ่ายภาพทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับติดกล้อง multispectral imaging camera และนำภาพถ่ายที่ได้มาทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณของต้นมะพร้าวในพื้นที่พบการระบาดของหนอนหัวดำมะพร้าว **(Figure 2.2.1-2.2.4)** เปรียบเทียบกับค่าการประเมินเปอร์เซ็นต์รอยทำลายที่ใบมะพร้าวด้วยสายตา พบว่าสัดส่วนพื้นที่ใบที่เสียหายต่อพื้นที่ใบรวมทั้งหมดของทั้งต้น (%) ในแปลงมะพร้าวทดสอบนี้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5075 - 19.8805 และเมื่อประเมินรอยทำลายด้วยสายตา (%) พบว่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1 - 55 (%)

กรมวิชาการเกษตร

(Table 2.2.1) ซึ่งเมื่อนำผลการวิเคราะห์ของแต่ละต้นมาเปรียบเทียบและแสดงผลในเชิงเส้นกราฟ พบว่าเส้นกราฟทั้ง 2 เส้นมีแนวโน้มไปในแนวทางเดียวกัน **(Figure 2.2.5)**

<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 **(Table 2.2.2)**

<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 **(Table 2.2.2)** 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 มีทั้งช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน จำนวนแมลงในแปลงมะพร้าวมีจำนวนขึ้นลงมากน้อยเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล จึงส่งผลให้การระบาดหรือรอยทำลายที่ปรากฏบนใบมะพร้าวที่เกิดขึ้นใหม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าว ดังนั้นการประเมินสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของต้นมะพร้าวหรือพืชที่มีอายุยืนในแปลงปลูกควรต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษายาวนานขึ้น 3 - 5 ปี เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่สามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงลึกได้มากขึ้น ซึ่งจะสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของพืชจากค่า NDVI ได้อย่างชัดเจน

นอกจากนี้จากภาพถ่ายทางอากาศสามารถวิเคราะห์และตรวจนับจำนวนทางใบมะพร้าวและสามารถประเมินความเสียหายรอยทำลายของแมลงในแต่ละทางใบมะพร้าวได้ดัง **Table 2.2.3 – 2.2.4** ซึ่งผลที่ได้เมื่อ

กรมวิชาการเกษตร

เทียบกับการตรวจนับด้วยสายตาทางภาคพื้นดินก็ยังคงมีความใกล้เคียงกัน ดังนั้นสามารถใช้ภาพถ่ายทางอากาศแทนการทำงานในภาคพื้นดินซึ่งช่วยให้สะดวกต่อการทำงาน ประหยัดเวลา และมีความปลอดภัย ลดโอกาสเสี่ยงต่อการถูกสัตว์มีพิษทำร้ายในแปลงมะพร้าวได้

Table 2.2.1 The analyzing damaged leaf area from the coconut black headed caterpillar by Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photographs and visual assessment in June 18th 2020 at Damnoen Saduak district, Ratchaburi province.

Marking on coconut tree	Assessment with multispectral camera			Visual assessment	
	Damaged leaf area (%)	Healthy leaf area (%)	Proportion/total (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)
1	3.0337	16.3115	15.6821	15	50
2	0.1227	24.0706	0.5075	22	10
3	1.4065	26.6792	5.0081	26	30
4	0.8835	25.8841	3.3008	25	20
5	1.4067	19.5777	6.7038	21	30
6	5.1028	21.2648	19.3526	24	40
7	2.2588	26.7740	7.7803	26	30
8	1.2365	33.6857	3.5407	18	30
9	5.1862	9.27409	35.8655	14	15
10	2.5233	30.7649	7.5804	23	40
11	0.4480	41.8002	1.0604	28	20
12	0.4327	11.9074	3.5065	17	20
13	2.2431	23.0207	8.8788	22	30
14	3.9118	29.1432	11.8343	20	50
15	3.7007	24.5279	13.1098	24	50
16	2.2913	21.3913	9.6750	21	50
17	3.8946	15.6957	19.8805	18	50
18	3.9450	18.3713	17.6779	18	50
19	5.3257	28.1902	15.8902	24	50
20	2.6168	21.4186	10.8873	19	45
21	0.8178	32.6003	2.4473	26	20
22	1.2987	15.9839	7.5144	17	15
23	4.3042	18.9843	18.4820	28	45
24	0.7306	27.6217	2.5770	23	25
25	1.0853	19.7625	5.2060	24	40

กรมวิทยาศาสตร์

Table 2.2.1 (Cont.) The analyzing damaged leaf area from the coconut black headed caterpillar by Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photographs and visual assessment in June 18th 2020 at Damnoen Saduak district, Ratchaburi province.

Marking on coconut tree	Assessment with multispectral camera			Visual assessment	
	Damaged leaf area (%)	Healthy leaf area (%)	Proportion/total (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)
26	-	-	-	-	-
27	1.7718	21.6173	7.5755	20	35
28	3.5850	34.2831	9.4672	23	50
29	2.8833	31.5255	8.3796	24	40
30	4.6243	31.0790	12.9522	30	45
31	4.2983	31.5443	11.9922	31	30
32	0.4067	17.100	2.3233	20	15
33	0.8064	19.5012	3.9712	21	1
34	0.4086	26.4474	1.5216	24	15
35	2.68211	37.9910	6.5943	26	40
36	4.0277	32.2877	11.0910	21	35
37	0.4334	21.5625	1.9706	25	30
38	1.7442	25.8327	6.3249	21	30
39	0.2296	21.9699	1.0344	21	5
40	1.1547	17.3134	6.2525	21	28
41	4.1410	21.8341	15.9423	22	55
42	2.2749	19.6461	10.3780	22	40
43	1.7197	24.2959	6.6105	22	20
44	3.7242	19.2705	16.1960	22	55
45	1.7126	25.1835	6.3677	21	25
46	0.3346	27.7749	1.1905	25	5

กรมวิทยาศาสตร์

Table 2.2.2 Normalized difference vegetation index of coconut trees in the coconut plantation that infestation by coconut black headed caterpillar in Thap Tai sub-district, and the coconut plantation that infestation by coconut leaf beetle at Hin Lek Fai sub-district, Hua Hin district, Prachuap Khiri Khan province during March to September 2021.

Month	Normalized difference vegetation index of coconut trees infestation by 2 insect			
	coconut black headed caterpillar		infestation by coconut leaf beetle	
	Min. - Max.	Mean	Min. - Max.	Mean
March	0.1031 - 0.3683	0.2401	0.4000 - 0.8140	0.6753
April	-0.0178 - 1	0.6648	0.6854 - 1	0.1865
May	0.1159 - 0.5441	0.3598	0.2961 - 0.4257	0.2127
June	-0.5696 - 1	0.4076	-0.4886 - 1	0.4110
July	0.1196 - 1	0.7502	0.0657 - 0.9840	0.7349
August	-0.5227 - 0.9637	0.3808	-0.5055 - 1	0.3957
September	-1 - 1	0.3660	-0.6387 - 1	0.3740

กรมวิชาการเกษตร

Table 2.2.3 Analyzing from multispectral imaging photos the number of coconut frond and percent damaged leaf area in the coconut plantation that infestation by coconut black headed caterpillar at Hua Hin district, Prachuap Khiri Khan province during March to September 2021.

Marking on coconut tree	Number of coconut frond and percent damaged leaf area in the coconut plantation that infestation by coconut black headed caterpillar													
	March		April		May		June		July		August		September	
	No. frond	Damaged leaf area (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)
3	19	17.89	18	23.65	16	21.25	19	23.44	19	21.84	19	16.41	19	20.53
4	12	15.83	16	22.85	19	18.42	21	12.91	16	19.69	21	15.69	20	21.46
5	9	23.33	11	28.45	12	27.50	11	38.37	11	27.73	12	24.57	15	29.11
6	17	15.88	16	17.54	16	12.50	19	17.65	17	12.94	17	17.91	15	13.98
7	18	7.22	20	10.04	19	7.89	22	9.50	19	6.32	19	17.14	19	6.25
12	14	3.57	16	7.23	12	6.25	12	7.50	13	5.77	14	9.88	14	6.06
13	20	10.00	21	11.59	21	10.48	17	14.68	19	10.26	18	12.80	21	12.32
14	17	10.59	19	13.86	20	9.50	18	9.02	19	10.79	18	13.92	23	12.52
15	20	13.50	20	16.04	21	10.95	23	18.13	20	16.50	22	13.64	21	15.35
19	17	4.71	17	8.42	15	7.33	18	11.25	19	6.84	19	6.86	18	7.46
20	15	5.67	16	9.73	13	5.38	10	8.91	13	8.46	17	7.45	15	7.62
22	17	6.18	20	9.04	20	7.75	19	8.70	19	6.94	17	8.27	20	6.25
23	15	8.00	15	9.87	17	9.71	13	11.37	18	9.44	20	9.58	18	9.44
28	15	11.33	17	10.19	12	8.33	15	9.91	13	8.08	16	9.75	17	7.27
29	21	10.00	18	12.54	19	10.53	16	12.91	17	11.47	22	9.52	22	11.01
30	21	16.19	21	17.30	16	14.38	22	17.00	18	15.56	19	14.20	21	14.62
31	19	8.95	18	6.99	15	7.00	12	9.16	16	7.81	21	8.38	21	7.66
32	17	8.82	19	16.75	17	10.59	21	13.15	18	8.89	23	14.49	21	9.78
33	11	5.91	10	6.54	10	4.50	12	7.08	9	5.00	12	7.72	13	5.15
37	15	6.67	16	8.48	14	6.79	17	9.68	15	7.00	21	10.71	18	8.12
38	9	13.89	11	16.63	13	14.62	12	21.25	15	17.67	18	17.41	16	19.43
39	15	18.67	19	17.54	16	20.94	18	23.47	15	22.33	20	14.11	18	24.12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

41	16	13.13	20	14.79	17	14.12	17	17.62	15	15.33	21	8.05	20	16.87
44	16	15.00	17	14.31	10	16.20	9	19.58	11	18.64	13	12.37	13	21.25
57	16	5.00	19	8.33	18	6.67	22	7.91	18	7.78	22	8.25	22	8.24

Table 2.2.4 Analyzing from multispectral imaging photos the number of coconut frond and percent damaged leaf area in the coconut plantation that infestation by coconut leaf beetle at Hua Hin district, Prachuap Khiri Khan province during March to September 2021.

Marking on coconut tree	Number of coconut frond and percent damaged leaf area in the coconut plantation that infestation by coconut leaf beetle													
	March		April		May		June		July		August		September	
	No. frond	Damaged leaf area (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)	No. frond	Damaged leaf area (%)
4	25	41.23	25	46.28	23	40.39	23	38.28	29	42.07	26	36.33	28	46.30
29	26	46.40	20	52.20	26	49.56	21	46.93	22	52.73	24	35.42	23	70.20
42	25	35.48	22	32.25	24	32.97	22	39.78	24	35.83	23	35.65	21	42.70
54	19	34.92	19	36.22	20	30.67	17	35.57	19	32.63	16	36.72	18	44.40
69	34	18.36	31	15.71	25	14.72	25	15.38	26	16.54	29	33.98	27	16.30
86	20	42.99	25	39.38	23	45.00	28	37.77	28	40.18	24	31.42	27	43.80
87	21	46.26	28	43.90	15	50.03	19	49.56	25	47.20	21	35.15	24	46.30
98	31	23.39	24	21.24	23	26.25	20	24.82	22	23.86	23	26.63	22	33.20
99	22	39.86	21	43.60	19	40.28	20	43.18	23	41.52	22	35.76	21	35.80
100	19	30.34	23	32.92	23	28.72	22	32.60	22	32.27	21	37.80	18	35.50
101	28	44.52	28	46.62	22	40.32	26	44.52	25	42.00	21	33.23	23	45.00
114	23	36.62	24	34.94	19	31.92	21	32.93	25	33.60	20	31.37	18	33.00
115	27	20.65	27	20.65	22	19.90	23	16.74	25	18.60	25	28.64	27	16.60
123	28	34.71	24	41.05	22	35.45	25	39.56	25	37.32	24	43.04	26	29.90
124	25	42.97	23	37.06	23	34.69	22	42.97	26	39.42	24	36.07	25	44.60
127	22	37.23	27	34.73	20	37.23	24	36.16	25	35.80	23	37.41	23	33.00
128	28	23.24	26	24.00	17	25.28	22	24.51	28	25.54	26	29.29	22	33.50
129	27	45.23	29	35.54	23	36.35	24	43.21	26	40.38	23	34.98	25	35.60
131	37	51.71	34	54.43	31	53.34	27	56.06	35	54.43	23	51.42	28	61.60

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

132	18	40.38	20	41.52	17	38.86	19	40.38	21	38.10	21	39.87	23	48.00
133	22	48.65	24	47.17	25	45.21	20	50.12	29	49.14	27	46.43	26	55.10
140	22	33.46	29	34.89	24	34.18	24	33.11	25	35.60	25	44.14	21	37.80
141	24	38.62	22	30.96	26	32.70	24	38.97	24	34.79	18	35.98	21	29.60
142	27	23.02	28	26.17	23	21.32	24	23.75	26	24.23	23	35.92	27	31.30
143	23	38.21	30	43.23	22	35.12	22	40.52	32	38.59	22	39.71	20	46.00

กรมวิชาการเกษตร

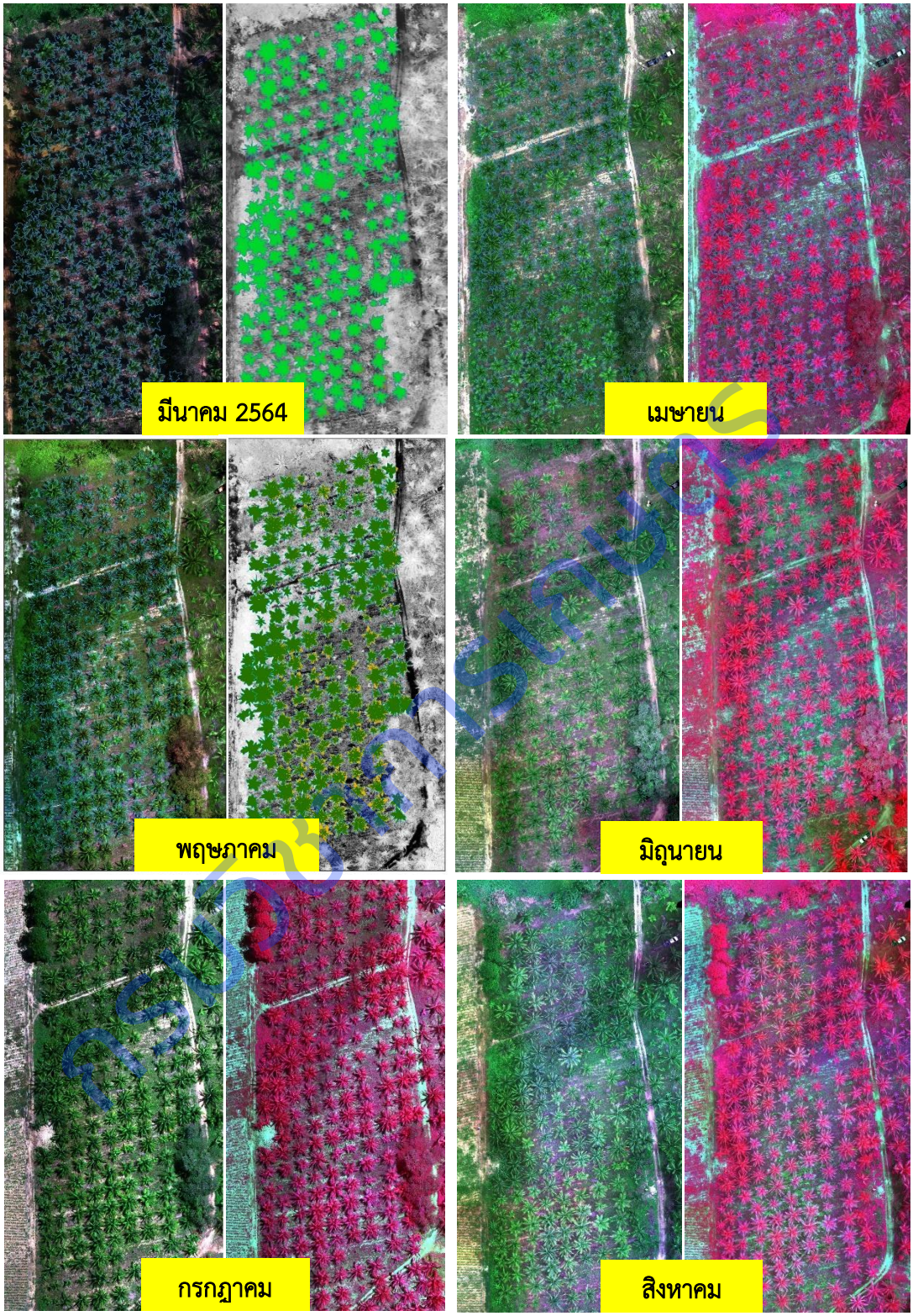

มีนาคม 2564
เมษายน
พฤษภาคม
มิถุนายน
กรกฎาคม
สิงหาคม

Fig. 2.2.1 ภาพออร์โธ (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) บริเวณพื้นที่แปลงมะพร้าวที่พบหนอนหัวดำมะพร้าวระบาด ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564

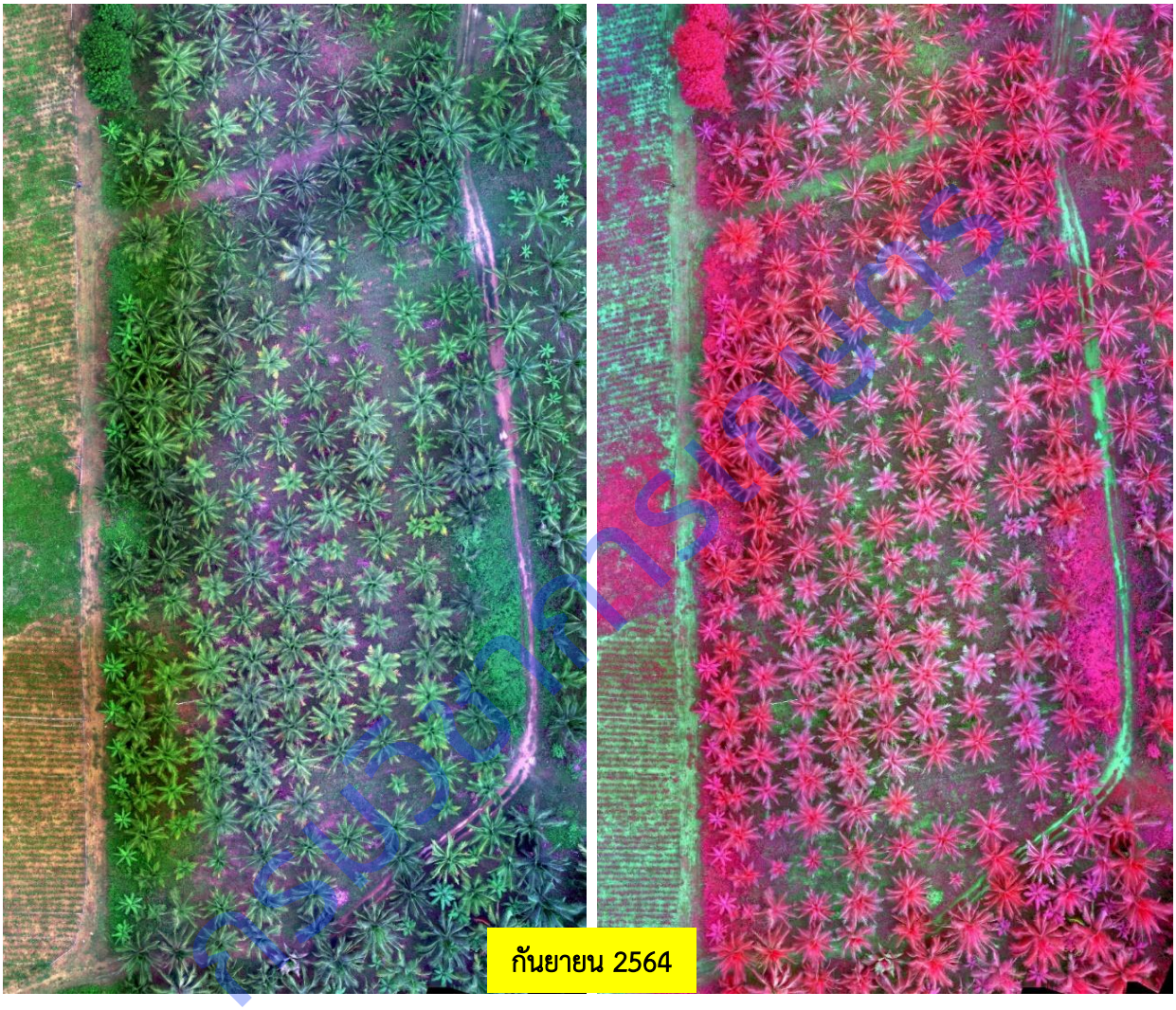


Fig. 2.2.1 (ต่อ) ภาพออร์โธ (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) บริเวณพื้นที่แปลงมะพร้าวที่พบหนอนหัวดำมะพร้าวระบาด ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564

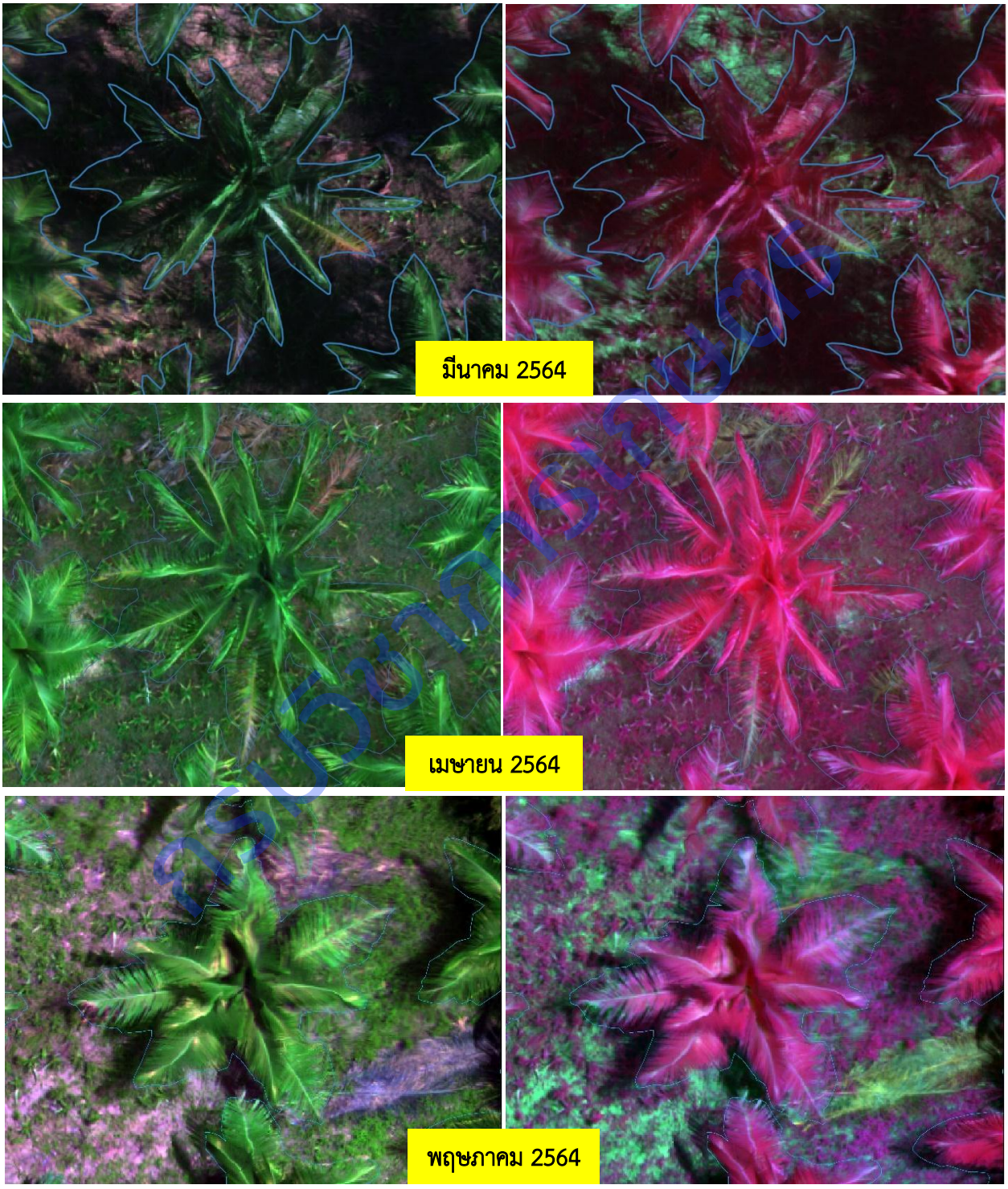


Fig. 2.2.2 เปรียบเทียบสีรายต้น (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) ของแปลงมะพร้าวที่พบหนอนหัวดำมะพร้าวระบาด ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564

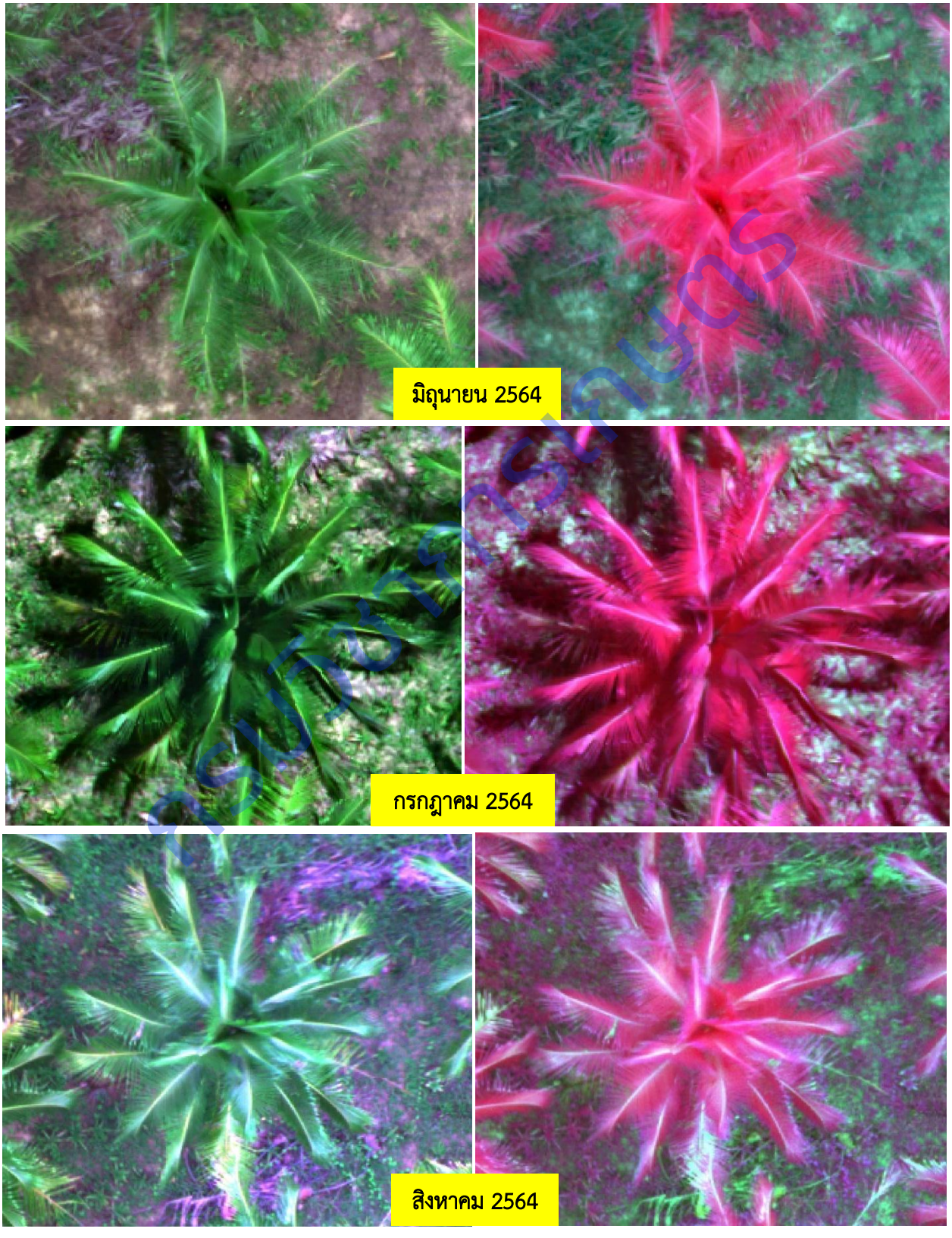
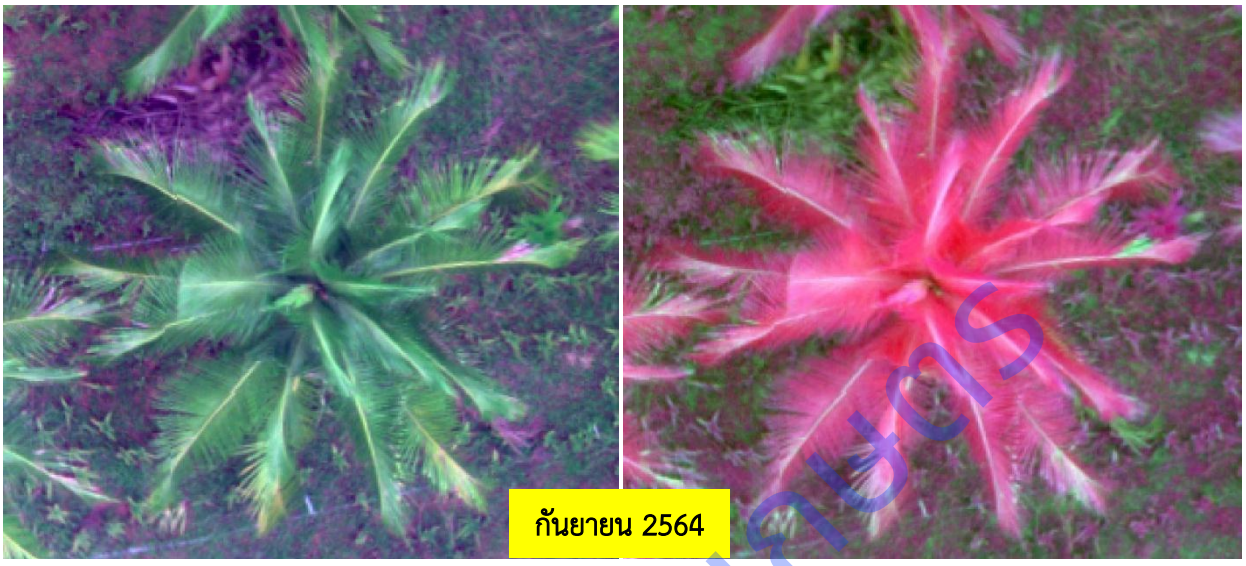


Fig. 2.2.2 (ต่อ) เปรียบเทียบสีรายต้น (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) ของแปลงมะพร้าวที่พบหนอนหัวดำมะพร้าว ระบาด ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564



กรมวิชาการเกษตร

Fig. 2.2.2 (ต่อ) เปรียบเทียบสีรายต้น (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) ของแปลงมะพร้าวที่พบหนอนหัวดำมะพร้าวระบาด ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564

Fig. 2.2.3 ภาพออร์โธ (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) บริเวณพื้นที่แปลงมะพร้าวที่พบแมลงดำหนามมะพร้าวระบาด ตำบลหินเหล็กไฟ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564

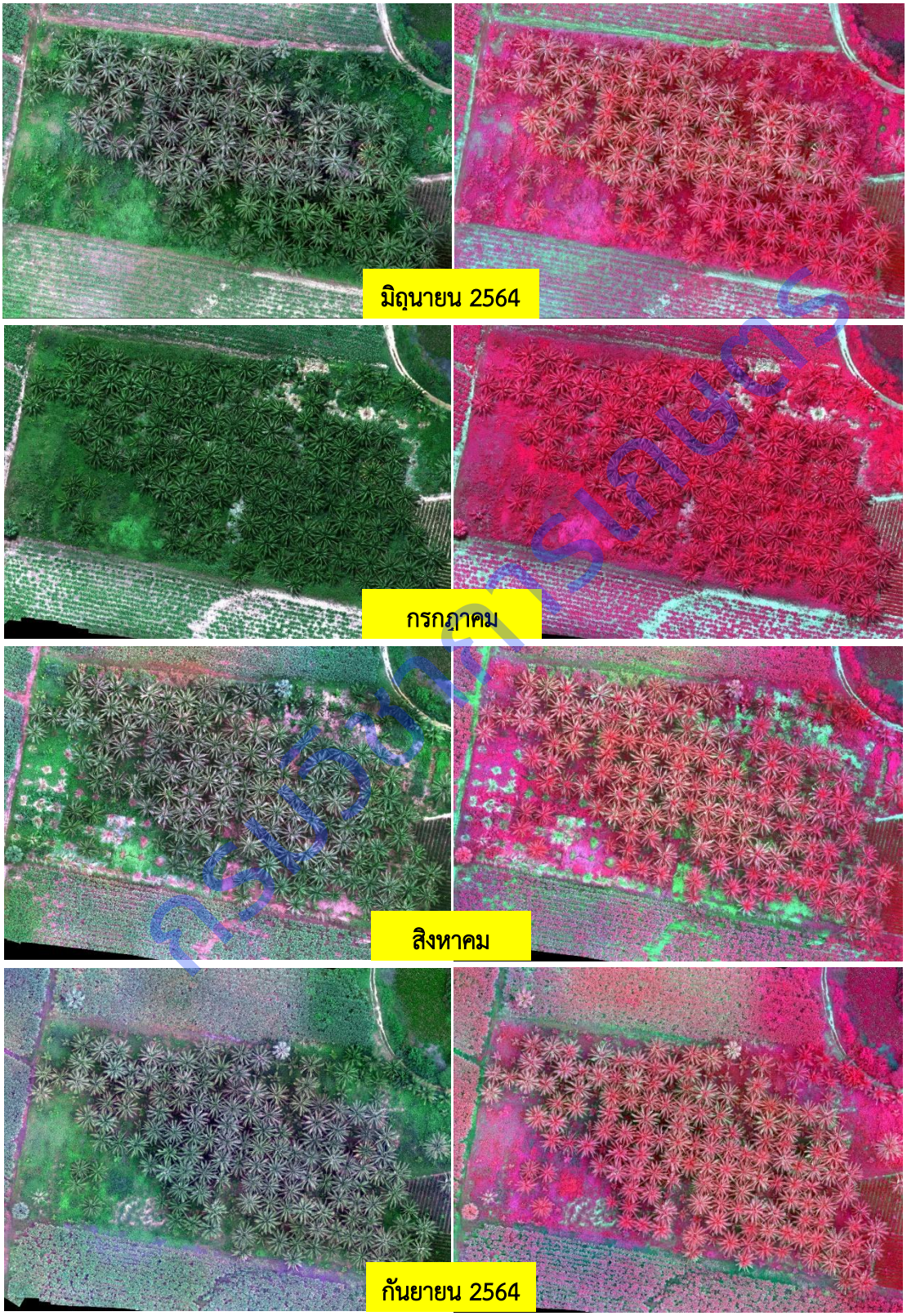


Fig. 2.2.3 (ต่อ) ภาพออร์โธ (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) บริเวณพื้นที่แปลงมะพร้าวที่พบแมลงดำหนามมะพร้าวระบาด ตำบลหินเหล็กไฟ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564

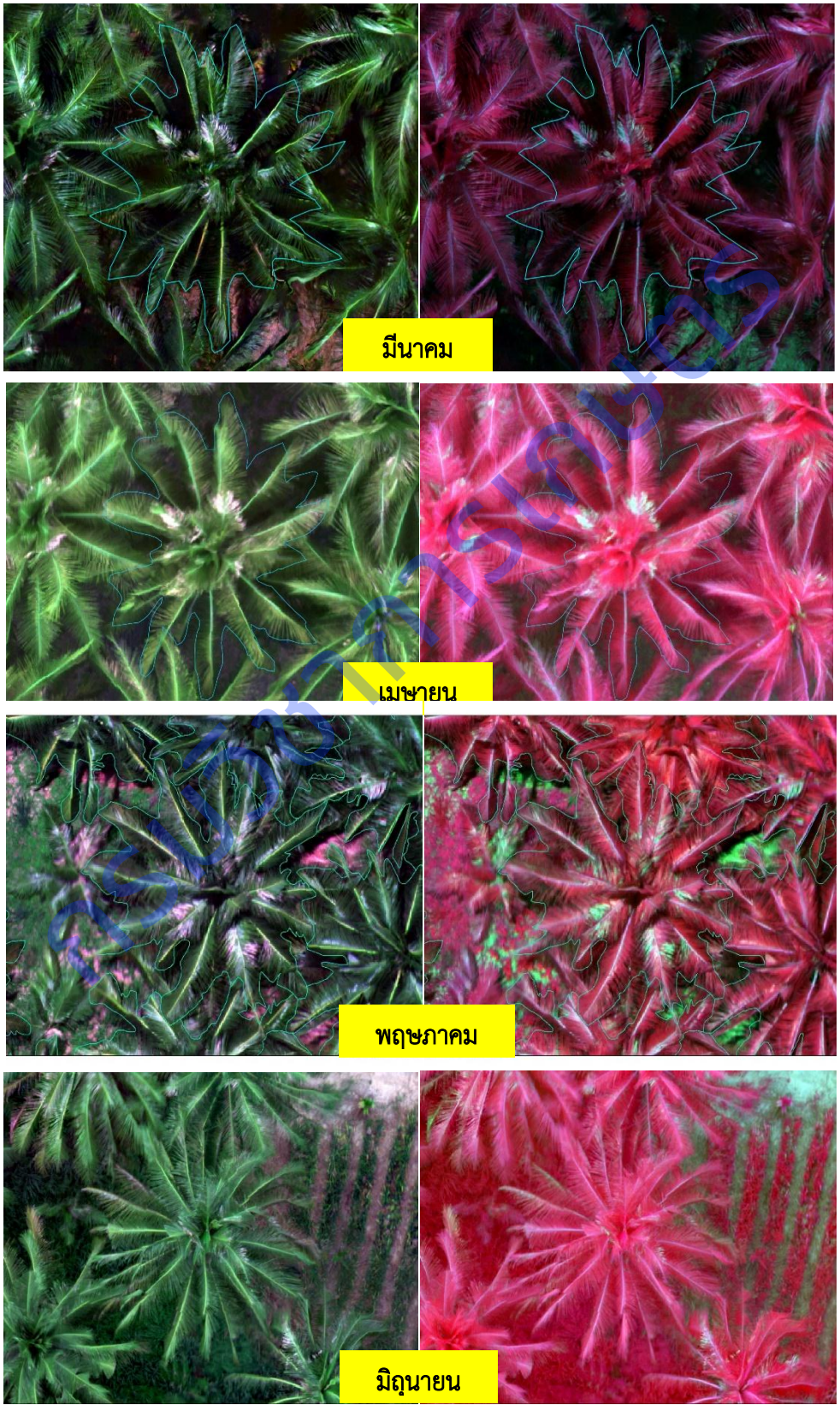


Fig. 2.2.4 เปรียบเทียบสีรายต้น (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) ของแปลงมะพร้าวที่พบแมลงดำหนามมะพร้าวระบาด ตำบลหินเหล็กไฟ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564

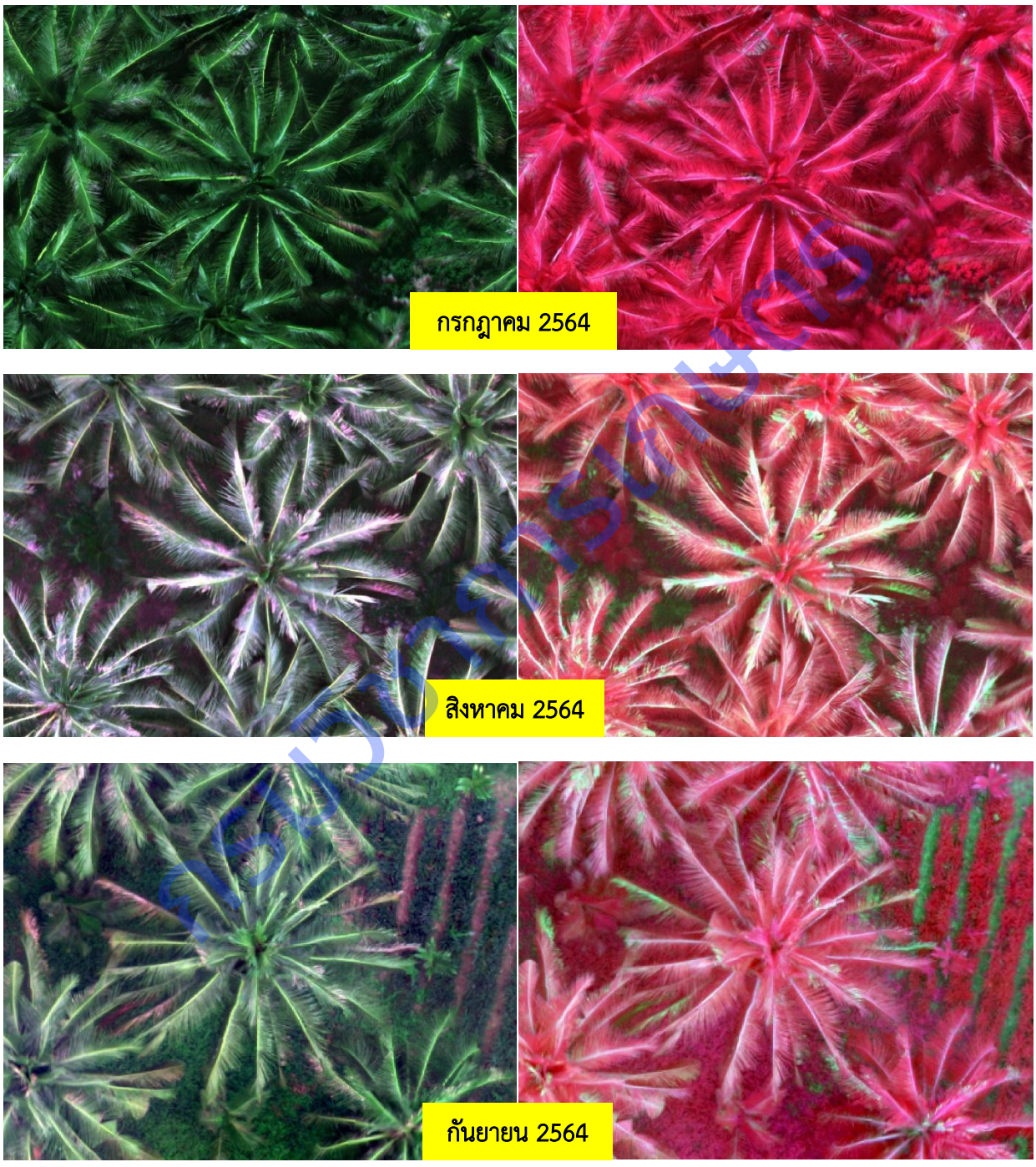
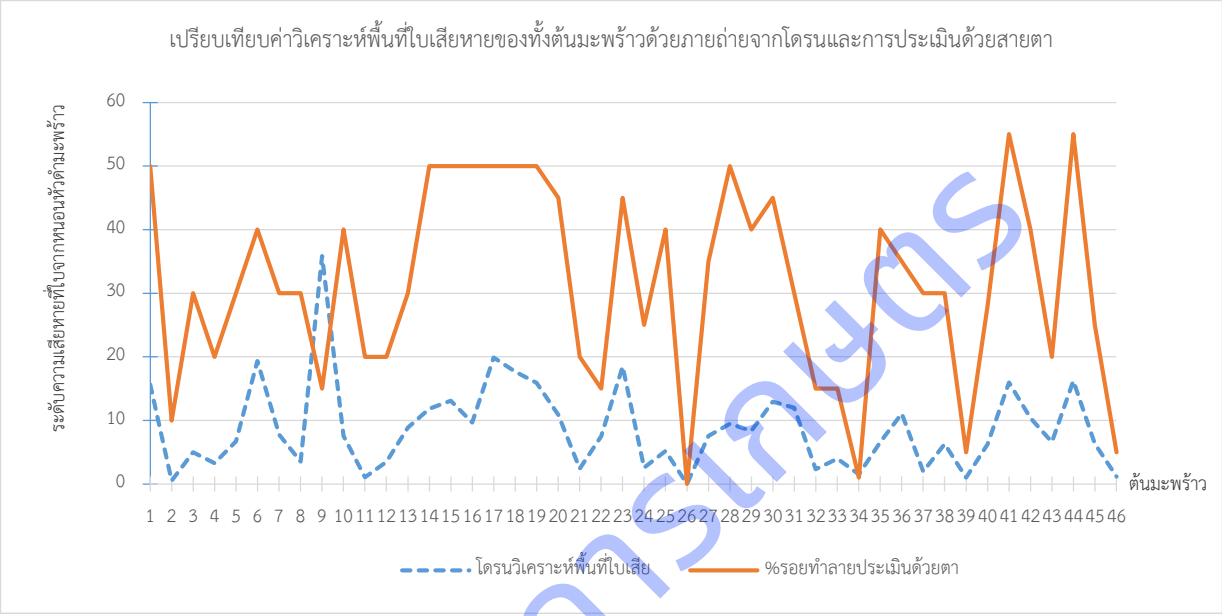


Fig. 2.2.4 (ต่อ) เปรียบเทียบสีรายต้น (สีธรรมชาติ / สี RGB: NIR, R,G) ของแปลงมะพร้าวที่พบแมลงดำหนามมะพร้าวระบาด ตำบลหินเหล็กไฟ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน 2564



กรมวิชาการเกษตร

Fig. 2.2.5 Analyzed the damaged leaf area from the coconut black headed caterpillar by Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photographs and visual assessment in June 18th 2020 at Damnoen
Saduak district, Ratchaburi province.

3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิงคุณภาพ
1. องค์ความรู้	1	เรื่อง	**1. องค์ความรู้**	1	เรื่อง	เรื่อง.....	
2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์			**2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์**				
2.1 ระดับภาคสนาม	2	ต้นแบบ	2.1 ระดับภาคสนาม	2	ต้นแบบ	ต้นแบบ.....	
2.2 ระดับห้องปฏิบัติการ	1	ต้นแบบ	2.2 ระดับห้องปฏิบัติการ	1	ต้นแบบ		

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิงคุณภาพ
1. องค์ความรู้	5	เรื่อง	**1. องค์ความรู้**	5	เรื่อง	-ได้เทคนิคและอัตราการพ่นสารที่เหมาะสมด้วยอากาศยานไร้คนขับในการป้องกันกำจัดศัตรูคะน้า (จะจัดทำเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในเอกสารคำแนะนำของหน่วยงาน)	ข้อมูลเพื่อให้คำแนะนำการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
					เรื่อง	-ได้เทคนิคและอัตราการพ่นสารที่เหมาะสมด้วยอากาศยานไร้คนขับในการป้องกันกำจัดศัตรูหอมแบ่ง (จะจัดทำเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในเอกสารคำแนะนำของหน่วยงาน)	ข้อมูลเพื่อให้คำแนะนำการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
					เรื่อง	-ได้เทคนิคและอัตราการพ่นสารที่เหมาะสมด้วยอากาศยานไร้คนขับในการป้องกันกำจัดศัตรูมันสำปะหลัง (จะจัดทำเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในเอกสารคำแนะนำของหน่วยงาน)	ข้อมูลเพื่อให้คำแนะนำการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

กรมวิชาการเกษตร

					เรื่อง	-ได้ภาพถ่ายที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลัง (จะจัดทำเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในเอกสารคำแนะนำของหน่วยงาน)	ข้อมูลเพื่อให้คำแนะนำการเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลังโดยสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
					เรื่อง	-ได้ภาพถ่ายที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การเข้าทำลายของแมลงดำหนามมะพร้าว และหนอนหัวดำมะพร้าว (จะจัดทำเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในเอกสารคำแนะนำของหน่วยงาน)	ข้อมูลเพื่อให้คำแนะนำการเข้าทำลายของแมลงดำหนามมะพร้าว และหนอนหัวดำมะพร้าวโดยสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
2. ต้นแบบเทคโนโลยี			**2. ต้นแบบเทคโนโลยี**				
2.1 ระดับภาคสนาม	2	ต้นแบบ	2.1 ระดับภาคสนาม	2	ต้นแบบ	-ได้ต้นแบบที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลัง (จะจัดทำเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในเอกสารคำแนะนำของหน่วยงาน)	ค่าดัชนีพืชพรรณลักษณะการเข้าทำลายของไรแดงศัตรูมันสำปะหลังโดยสำนักนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
						-ได้ต้นแบบที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การเข้าทำลายของแมลงดำหนามมะพร้าว และหนอนหัวดำมะพร้าว (จะจัดทำเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในเอกสารคำแนะนำของหน่วยงาน)	ค่าดัชนีพืชพรรณลักษณะการทำลายของแมลงดำหนามมะพร้าว และหนอนหัวดำมะพร้าวโดยสำนักนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

กรมวิชาการเกษตร

3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome) (ถ้ามี)

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลลัพธ์
1. เอกสารคำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลง-สัตว์ศัตรูพืชอย่างปลอดภัยจากงานวิจัย ปี 2563 (1 เล่ม) https://www.doa.go.th/psco/wp-content/uploads/2020/06/pdf	2563
2. เอกสารคำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลง-สัตว์ศัตรูพืชอย่างปลอดภัยจากงานวิจัย ปี 2564 (1 เล่ม) https://drive.google.com/file/d/1uH4_Lj8mt65PFnysrcnIz-G7pMSRR4pK/view?fbclid=IwAR1RIgudMcjcJr3K5a8Y-SCfO05UaH6xAZG7hcleKqjlBjmqb8gYXg73VSc	2564
3.การฝึกอบรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Image Processing และ UAV ทางการเกษตร ปี 2564 https://anyflip.com/bookcase/ydmpm?fbclid=IwAR2_ZFi9cNvKr4IaJyqcs7TnorRbXiNJ17mWYmYTYoLVrYgvsCpkjywCAyk https://www.youtube.com/watch?v=IUQBUVVtiPU	2564
4. การอบรมเชิงปฏิบัติการ นักเกษตรยุคใหม่ ฝึกบินโดรนสู่การเป็นอัจฉริยะ ปี 2564 https://www.facebook.com/1777496355810833/posts/3508937019333416/?sfnsn=mo	2564
5. การอบรมโดรนทางการเกษตร ปี 2564 https://fb.watch/c6vG9SS3nO/ https://www.facebook.com/209771979200772/videos/371521631408388	2564

*ผลลัพธ์ : ผลสำเร็จที่เกิดจากการนำผลผลิต (Output)ไปต่อยอด การเปลี่ยนรูปของผลผลิตไปสู่รูปแบบที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง หรือการเคลื่อนผลผลิตไปสู่กิจกรรมที่ต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (Change) ที่ปรากฏชัด และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact) (ถ้ามี)

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลกระทบ
ด้านเศรษฐกิจ :	-
ด้านสังคม :	-
ด้านสิ่งแวดล้อม :	-

* ผลกระทบ : ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตามผลลัพธ์ (Results of the change) ซึ่งวัดได้อย่างชัดเจนและมีหลักฐานปรากฏชัด (Evidence-based) ทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ทั้งที่วัดในเชิงปริมาณได้และไม่ได้ ผลกระทบอาจเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ

กรมวิชาการเกษตร

3.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

วิธีการ/กระบวนการผลักดันงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ (โปรดแนบหลักฐานเชิงประจักษ์การนำผลงานไปใช้ประโยชน์)

.....

.....

ด้านนโยบาย โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

อย่างไร (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

ด้านสังคม โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

อย่างไร (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

ด้านเศรษฐกิจ โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

อย่างไร..... (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

ด้านวิชาการ โดยสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ซึ่งก่อให้เกิดผลคือ

1) สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืชมีข้อมูลในการให้คำแนะนำเทคนิคและอัตราพ่นที่เหมาะสม ตลอดจนการประเมินสถานการณ์การระบาดหรือความเสียหายจากศัตรูพืชที่มีความแม่นยำและรวดเร็วด้วยอากาศยานไร้คนขับ

2) สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืชได้จัดทำเอกสารองค์ความรู้เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช รวมถึงได้ต้นแบบ และวิธีการที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชด้วยอากาศยานไร้คนขับ

3) สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืชได้ตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารวิชาการต่าง ๆ ดังที่กล่าวในหัวข้อ 3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome)

4) สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืชสามารถขยายผลโดยแนะนำส่งเสริมและให้ความรู้แก่เกษตรกรหลาย ๆ ช่องทาง เช่น ทาง website ของกรมวิชาการเกษตร (smart box)

*** คำจำกัดความการนำใช้ประโยชน์ในแต่ละด้าน**

1. **ด้านนโยบายและสาธารณะ** การนำความรู้จากงานวิจัยไปใช้ในกระบวนการกำหนดนโยบาย อาจเป็นนโยบายระดับประเทศ ระดับภูมิภาค ระดับจังหวัด ระดับท้องถิ่นการใช้ประโยชน์ด้านนโยบายจะรวมทั้งการนำองค์ความรู้ไปสังเคราะห์เป็นนโยบายหรือทางเลือกเชิงนโยบาย (Policy options) แล้วนำนโยบายนั้นไปสู่ผู้ใช้ประโยชน์ในวงกว้างเพื่อประโยชน์ของสังคม และประชาชนทั่วไป เพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชาชน สร้างสังคมคุณภาพ และส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

2. **ด้านพาณิชย์/เศรษฐกิจ** เป็นผลงานวิจัยที่เน้นสร้างนวัตกรรม เทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือการพัฒนาจากสิ่งที่มีอยู่เดิม โดยเป็นการนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเชิงพาณิชย์หรือลดการนำเข้าเทคโนโลยีจาก

กรมวิชาการเกษตร

ต่างประเทศ หรือนำไปสู่การพัฒนารูปแบบธุรกิจใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและบริการ

3. **ด้านสังคมและชุมชน** การนำกระบวนการ วิธีการ องค์ความรู้ การเปลี่ยนแปลงการเสริมพลัง อันเป็นผลกระทบ ที่เกิดจากการวิจัยและพัฒนาชุมชน ท้องถิ่นพื้นที่ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์การขยายผลต่อชุมชนท้องถิ่น หรือรวมถึงสังคมอื่น

4. **ด้านวิชาการ** เป็นผลงานตีพิมพ์ทางวิชาการ การนำองค์ความรู้จากผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ระดับชาติหนังสือ ตำรา บทเรียน ไปเป็นประโยชน์ด้านวิชาการ การเรียนรู้ การเรียนการสอนในวงนักวิชาการและผู้สนใจด้านวิชาการ รวมถึงการนำผลงานวิจัยไปวิจัยต่อยอดสื่อสาธารณะ การเผยแพร่ความรู้จากผลงานวิจัยที่ได้ต่อสาธารณะ ผ่านทางหนังสือพิมพ์ / วารสาร / โทรทัศน์ / วิทยุ / คู่มือ / แผ่นพับ การฝึกอบรม และสื่อสังคมออนไลน์ต่าง ๆ เป็นต้น

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล

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 ยังมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูงแต่อย่างไรก็ตามมีบางส่วนที่มีแนวโนมไปในทิศทางเดียวกัน อาจเกิดจากการซ้อนทับของใบมันสำปะหลังทำให้ภาพถ่ายจาก UAV เกิดการคลาดเคลื่อน

สำหรับการศึกษาในมะพร้าว พบว่าสัดส่วนพื้นที่ใบที่เสียหายต่อพื้นที่ใบรวมทั้งหมดของทั้งต้น (%) สามารถใช้เปรียบเทียบกับค่าการประเมินเปอร์เซ็นต์รอยทำลายที่ใบมะพร้าวด้วยสายตาได้มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้น

กรมวิชาการเกษตร

การใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อถ่ายภาพในมุมกว้างของพื้นที่สวนมะพร้าวขนาดใหญ่ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประเมินความเสียหายของต้นมะพร้าวที่เกิดจากการทำลายของหนอนหัวดำมะพร้าวได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และเนื่องด้วยพื้นที่ปลูกมะพร้าวในประเทศไทยมีความหลากหลาย เช่น ปลูกเป็นร่องสวน ปลูกในพื้นที่ราบ หรือในพื้นที่เชิงเขาภูเขา การใช้อากาศยานไร้คนขับสามารถบินเข้าทำการประเมินได้ทุกพื้นที่ บางกรณีพื้นที่เป็นร่องสวนพบปัญหาน้ำท่วมแปลงไม่สามารถเดินเข้าสำรวจภายในแปลงได้ การใช้อากาศยานไร้คนขับจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินงาน

ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป

นักวิชาการผู้ปฏิบัติงานวิจัยในระยะต่อไปควรต้องดำเนินการขยายผลในพืชและศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ รวมทั้งมีการบูรณาการกับหน่วยงานอื่นที่มีความรู้ในด้านต่าง ๆ ในการพัฒนางานให้มีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้นักวิจัยจำเป็นต้องศึกษาศาสตร์แขนงอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนางานให้มีความสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นในอนาคต

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

1. เกิดการระบาดของโรค covid 19 ทำให้ต้องหยุดการทำงานวิจัย และถูกให้งดการเดินทางไปราชการเพื่อปฏิบัติงานทดลอง

2. ถูกตัดงบประมาณในการวิจัยมากเกินไป ทำให้ต้องงดการยืนยันผลการทดลอง และงดรายละเอียดในการทดลอง

3. ไม่สามารถเบิกงบประมาณในการซ่อมแซมยานพาหนะของหน่วยงาน ทำให้การปฏิบัติงานขาดตอนและล่าช้าเนื่องจากยานพาหนะเสียและไม่มียานพาหนะเพียงพอในการเดินทางไปปฏิบัติงาน

กรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

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.

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.

กรมวิชาการเกษตร

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

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.

กรมวิชาการเกษตร

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.

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.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

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.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

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

เอกสารเผยแพร่ใน website: https://www.doa.go.th/psco/wp-content/uploads/2020/06/pdf

กรมวิชาการเกษตร

เอกสารเผยแพร่ใน website: https://drive.google.com/file/d/1uH4_Lj8mt65PFnysrcnlz-G7pMSRR4pK/view?fbclid=IwAR1RIgudMcjcJr3K5a8Y-SCfO05UaH6xAZG7hcleKqjlBjmqb8gYXg73VSc

กรมวิชาการเกษตร

การฝึกอบรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Image Processing และ UAV ทางการเกษตร

https://anyflip.com/bookcase/ydmpm?fbclid=IwAR2_ZFi9cNvKr4IaJyqcs7TnorRbXiNJ17mWYmYTYoLVrYgvsCpkjywCAyk

https://www.youtube.com/watch?v=IUQBUVVtiPU

การอบรมเชิงปฏิบัติการ นักเกษตรยุคใหม่ ฝึกบินโดรนสู่การเป็นอัจฉริยะ

https://www.facebook.com/1777496355810833/posts/3508937019333416/?sfnsn=mo

กรมวิชาการเกษตร

การอบรมโดรนทางการเกษตร

https://fb.watch/c6vG9SS3nO/

https://www.facebook.com/209771979200772/videos/371521631408388