รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

Research and Development of Automatic Conveyor Belts Insect Pests Screening Machines for Orchids Cut Flower

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์

Anuchit Chamsing

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

Research and Development of Automatic Conveyor Belts Insect Pests Screening Machines for Orchids Cut Flower

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์

Anuchit Chamsing

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

สารบัญ

คณะผู้วิจัย	1
บทคัดย่อ (Abstracts)	2
บทนำ	3
การทบทวนวรรณกรรม	4
ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)	8
ผลการวิจัย (Results)	9
อภิปรายผล (Discussion)	14
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)	15
บรรณานุกรม	15
ภาคผนวก	27

กรมวิชาการเกษตร

คณะผู้วิจัย

นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายจิรวัสส์ เจียตระกูล	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายพุทธธินันทร์ จารุวัฒน์	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
นายอานนท์ สายคำฟู	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายปริญญวัฒน์ อยู่ทองอินทร์	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายปรีชา อานันทรัตนกุล	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายพฤทธิชาติ ปุญวัฒโท	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
นางศรีจำนรรจ์ ศรีจันทรา	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

กรมวิชาการเกษตร

วิจัยและพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอก แบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

Research and Development of Automatic Conveyor Belts Insect Pests Screening Machines for Orchids Cut Flower

บทคัดย่อ

ช่อกล้วยไม้ตัดดอกที่จะทำการส่งออกไปยังต่างประเทศจำเป็นต้องมีการตรวจสอบป้องกันการมีแมลงศัตรูพืชของกล้วยไม้ปะปนไปกับช่อกล้วยไม้ตัดดอก โดยเฉพาะหนอนกระทู้ผัก บั่วกล้วยไม้ เพลี้ยไฟ วิธีการตรวจสอบเป็นงานที่ต้องใช้คนที่มีความชำนาญ แต่การทำงานติดต่อกันเป็นเวลานานส่งผลให้ประสิทธิภาพในการตรวจสอบลดลง จึงได้ทำการพัฒนาเครื่องตรวจสอบโดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพเพื่อใช้ในกระบวนการตรวจสอบ โดยชนิดของกล้องและภาพถ่ายแบบมัลติสเปกตรัม กล้องตรวจจับความร้อน และกล้องถ่ายภาพแบบทั่วไป พบว่ามีเพียงกล้องถ่ายภาพแบบบทั่วไปเท่านั้นที่มีความเป็นไปได้ และต้องมีการใช้กล้องดังกล่าวหลายตัวเพื่อทำการถ่ายในหลายมุมมองที่แตกต่างกัน และวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม เครื่องต้นแบบทำงานโดยลำเลียงกล้วยไม้ด้วยสายพานลำเลียงเข้าไปยังห้องถ่ายภาพและทำการถ่ายภาพในหลายมุมมองที่แตกต่างกัน แล้วทำการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมชนิดคอนโวลูชั่น (Convolutional Neural Network, CNN) เพื่อแยกแยะหมวดหมู่ของภาพ ซึ่งประกอบไปด้วยหนอนกระทู้ผัก บั่วกล้วยไม้ เพลี้ยไฟ และไม่พบแมลง จากการทดสอบการจำแนกหมวดหมู่ของแมลงพบว่ามีประสิทธิภาพในการแยกตามชนิดของแมลงคือ หนอนกระทู้ผัก 78.6% บั่วกล้วยไม้ 68.0% เพลี้ยไฟเท่ากับ 39.8% ไม่พบแมลง 39.1% โดยความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการตรวจสอบ เกิดจากการที่แมลงบางชนิดเช่นบั่วกล้วยไม้หรือเพลี้ยไฟเป็นแมลงที่มีขนาดที่เล็ก ทำให้ภาพของกล้วยไม่ที่มีแมลงปะปนและภาพของกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปนอยู่มีความคล้ายคลึงกัน ระบบตรวจจับจึงทำการแยกแยะระหว่างช่อกล้วยไม้ที่มีแมลงปะปนและช่อกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนอยู่ได้ยากมากขึ้น

คำสำคัญ: กล้วยไม้ตัดดอก, แมลงศัตรูพืชกล้วยไม้, ระบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

Abstract

Exported orchids cut flower need to be inspected in order to prevent insect pests that might be mixed with orchids cut flower, especially common cutworm, orchid midge and cotton thrips. Specialist is required for inspection procedure but continuous working for a long time will decrease inspection efficiency. Hence, we develop an inspection machine that using image processing technology to be used in an inspection process. Comparing between multispectral camera, thermal camera and general cameras. We found that only a general camera is possible to use in this

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

process by using multiple cameras to take a photo from difference views and analyze using neural network. The principle of machine is using conveyor to transport orchids into photography chamber and take a photo from difference views, then analyze with a convolutional neural network (CNN) to classify categories of images which consists of common cutworm, orchid midge, cotton thrips and non-pest image. For the testing result, the accuracy of image classification from each category is 78.6% for common cutworm, 68.0% for orchid midge, 39.8% for cotton thrips and 39.1% for non-pest image. Error from the inspection result was affected by the size of insects are too small such as orchid midge and cotton thrips that make similarity between pest image and non-pest image, so the inspection system has more difficult to classify between these images.

Key words: Orchid cut flower, Orchids Insect pests, Automatic conveyor belts

บทนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกล้วยไม้ตัดดอกเขตร้อน (Tropical orchid) เป็นอันดับ 1 ของโลก โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญในจังหวัด นครปฐม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร ราชบุรี และนนทบุรี มีคู่ค้าที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอมริกา อิตาลี จีน และอินเดีย โดยในปี 2559 มีการส่งออกทั้งสิ้น 46,375 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 72.66 ล้านเหรียญสหรัฐ (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม, 2560) ปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งของส่งออกกล้วยไม้ของประเทศไทย คือ การตรวจพบศัตรูพืชกักกันในสินค้า สำหรับศัตรูกล้วยไม้ที่สำคัญ ได้แก่ เพลี้ยไฟ บั่วกล้วยไม้ หนอนกระทู้ผัก และหอยทาก เป็นต้น ในการส่งออกกล้วยไม้ไปต่างประเทศ กรมวิชาการเกษตรได้กำหนดให้กล้วยไม้ต้องผ่านการรมสารเมทิลโบรไมด์และขอใบรับรองปลอดศัตรูพืช (Phytosanitary Certificate หรือ PC) กำกับไปกับสินค้ากล้วยไม้ตัดดอก (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552) ขั้นตอนก่อนที่จะได้รับการรับรองปลอดศัตรูพืชนั้น จะมีการตรวจสอบว่ามีแมลงศัตรูกล้วยไม้ติดไปกับสินค้าหรือไม่ โดยการตรวจจะอาศัยการตรวจพินิจด้วยสายตาของนักวิชาการ ความแม่นยำในการตรวจจำเป็นต้องอาศัยทักษะ และความชำนาญของนักวิชาการเป็นหลัก ถึงแม้นักวิชาการเหล่านี้จะมีความรู้และประสบการณ์ในการตรวจก็ตาม แต่เนื่องจากมีจำนวนกล้วยไม้ส่งออกเป็นจำนวนมาก ทำให้ผู้ตรวจต้องปฏิบัติงานติดต่อกันเป็นเวลานาน จึงทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเมื่อยอ่อนล้า ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจได้ และยังพบปัญหาเรื่องของการตรวจสอบแมลงศัตรูกล้วยไม้ในส่วนของโรงคัดบรรจุกล้วยไม้

จากปัญหาดังกล่าว วิจัยและพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกฯ จึงเป็นการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำของการตรวจสอบ และคัดแยกแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการถ่ายภาพร่วมกับระบบสายพานลำเลียงแบบอัตโนมัติ

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

เพื่อแก้ปัญหาการใช้แรงงานคนในการตรวจสอบ ในกระบวนของการตรวจสอบก่อนการบรรจุหีบห่อในโรงคัดบรรจุ และการช่วยในการตรวจสอบ สำหรับสินค้านำเข้า -ส่งออก ซึ่งจะสอดคล้องกับนโยบายรัฐในเรื่องการผลิตพืชอย่างแม่นยำ (Precision Agriculture) ที่จะมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศต่อไปในอนาคต

- วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกส่งออกต้นแบบสำหรับใช้ในการตรวจสอบกล้วยไม้ตัดดอกก่อนการบรรจุเพื่อการส่งออก และการตรวจสอบสินค้ากล้วยไม้นำเข้า-ส่งออก ที่สถานีตรวจสอบคุณภาพสินค้า ด้วยการประยุกต์ใช้การถ่ายภาพร่วมกับระบบสายพานลำเลียงแบบอัตโนมัติ

- ขอบเขตการวิจัย

1) ทำการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชในกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวายในโรงคัดบรรจุ
2) แมลงศัตรูพืชกล้วยไม้สำหรับการตรวจสอบได้แก่ เพลี้ยไฟ บั่วกล้วยไม้ และหนอนกระทู้ผัก
3) ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพแบบหลายมุมมองที่แตกต่างกัน (Multi-camera) ในการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้
4)

- สมมุติฐาน

การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ ระบบคัดแยกเกรดหรือคุณภาพของพืชผลทางการเกษตร ระบบเหล่านี้จำเป็นต้องมีการประมวลผลภาพจำนวนมาก และเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำ ๆ กันในรูปแบบเดิมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งงานในลักษณะเหล่านี้ หากให้มนุษย์วิเคราะห์เอง มักต้องใช้เวลามากและใช้แรงงานสูง ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เหล่านี้แทน

การทบทวนวรรณกรรม

กล้วยไม้เป็นพืชส่งออกที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จัดให้กล้วยไม้เป็นหนึ่งในสี่ของพืช Product Champion เนื่องจากเป็นพืชที่ทำรายได้สูงสุดและมีปริมาณ

กรมวิชาการเกษตร

เพิ่มขึ้นทุกปี จากข้อมูลการส่งออกกล้วยไม้ตัดดอกที่มีใบรับรองปลอดศัตรูพืชของงานมาตรฐานและบริการตรวจพืชกองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรในปี ปี 2559 คิดเป็น 46,375 ตัน มูลค่า 72.66 ล้านเหรียญสหรัฐ (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม, 2560) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาการส่งออกกล้วยไม้ แม้ว่าจะมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี แต่ก็ยังมีปัญหาการส่งออกที่ต้องแก้ไข คือมีแมลงศัตรูพืชติดไปโดยเฉพาะเพลี้ยไฟ ซึ่งปัญหาแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในสวนกล้วยไม้ที่พบระบาดและก่อให้เกิดความเสียหายมีหลายชนิดด้วยกัน แบ่งเป็น 3ประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้ (ศูนย์บริการจัดการเครือข่ายข้อมูลกล้วยไม้, (ม.ป.ป)

- ประเภทที่ 1 เป็นพวกแมลงปากดูด เช่น **เพลี้ยไฟ** เพลี้ยหอย ทำลายโดยดูดกินน้ำเลี้ยงจากพืชและชนิดที่มีปัญหาสำคัญที่สุด คือ เพลี้ยไฟฝ้ายซึ่งเกษตรกรมักเรียกว่า “ตัวกินสี” ซึ่งเป็นศัตรูพืชสำคัญด้านกักกันพืช ในการส่งออกหากพบมีเพลี้ยไฟติดไปกับกล้วยไม้ตัดดอกจะมีปัญหาด้านการส่งออกทันที โดยประเทศปลายทาง เช่น กลุ่มประเทศในสหภาพยุโรปจะทำการเผาดอกกล้วยไม้หากพบมีเพลี้ยไฟติด
- ประเภทที่ 2 คือ หนอนผีเสื้อ นับเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญอีกกลุ่มหนึ่ง ได้แก่ หนอนกระทู้หอม และ**หนอนกระทู้ผัก** หากระบาดแล้วจะก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรง ถ้าป้องกันกำจัดไม่ถูกวิธี
- ประเภทที่ 3 เป็นหนอนแมลงวัน ได้แก่ **บั่วกล้วยไม้** ที่เกษตรกรรู้จักกันดีในชื่อ “ไอ้ฮวบ”ซึ่งเป็นแมลงศัตรูที่มีความสำคัญอีกชนิดหนึ่งและเริ่มได้รับรายงานว่าติดไปกับดอกกล้วยไม้ส่งออกในดอกตูมและมักพบระบาดรุนแรงในช่วงฤดูฝน

แมลงศัตรูกล้วยไม้ทั้ง 3 ประเภท ดังกล่าวข้างต้น หากป้องกันกำจัดไม่ถูกวิธีจะก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรง ทำให้ผลผลิตไม่ได้คุณภาพตรงตามมาตรฐานความต้องการของตลาดต่างประเทศ

ในการส่งออกกล้วยไม้ไปต่างประเทศ กรมวิชาการเกษตรได้กำหนดให้กล้วยไม้ต้องผ่านการรมสารเมทิลโบรไมด์และขอใบรับรองปลอดศัตรูพืช (Phytosanitary Certificate หรือ PC) กำกับไปกับสินค้ากล้วยไม้ตัดดอก (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552) ขั้นตอนก่อนที่จะได้รับการรับรองปลอดศัตรูพืชนั้น จะมีการตรวจสอบว่ามีแมลงศัตรูกล้วยไม้ติดไปกับสินค้าหรือไม่ โดยการตรวจจะอาศัยการตรวจพินิจด้วยสายตาของนักวิชาการ (ภาพที่ 1) ซึ่งการปฏิบัติหน้าที่เป็นเวลานานจะส่งผลต่อความสามารถในการตรวจพินิจของเจ้าหน้าที่จากอาการเหนื่อยล้าได้ กระบวนการคัดแยกวัสดุทางการเกษตรโดยพื้นฐานใช้คนในการคัดแยก คนใช้ประสาทสัมผัสในการคัดแยก เช่น ตาในรับข้อมูลสิ่งที่เห็นเข้ามา สมองประมวลผลว่าสิ่งที่เห็นนั้นเป็นอะไร และใช้มือในการหยิบแยกสิ่งที่ไม่ต้องการออก ปัญหาที่พบในใช้แรงงานคน คือ ความอ่อนล้าในการทำงาน การขาดแคลนแรงงานที่มีฝีมือ และค่าจ้างแรงงาน จึงมีความพยายามนำหลักการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มาใช้แทน เช่น เทคนิค Electro-optical technique เพื่อตรวจสอบรายละเอียดของสี รูปร่าง ขนาด ตำหนิ และโรค

กรมวิชาการเกษตร

Chen (1996) จึงมีแนวคิดการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการใช้สายพานลำเลียงแบบอัตโนมัติร่วมกับการวิเคราะห์ภาพถ่ายความผิดปกติ แมลงศัตรูกล้วยไม้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และความสามารถในการคัดแยก ตรวจสอบ ก่อนการส่งออก

เพลี้ยไฟฝ้าย (Cotton Thrips) หรือชื่อทางวิทยาศาสตร์ Thrips palmi Karny ตัวอ่อนและตัวเต็มวัย ทำลายกล้วยไม้บริเวณช่อดอก โดยใช้ปากเขี่ยเนื้อเยื่อพืชเพื่อดูดน้ำเลี้ยง ทำให้บริเวณที่ถูกทำลายมีรอยแผลสีน้ำตาลที่ดอก ทำให้ดอกมีตำหนิ หากติดไปกับช่อดอกอาจเกิดปัญหาการส่งออก พบระบาดในแปลงกล้วยไม้ตลอดทั้งปี โดยเฉพาะช่วงที่มีอากาศแห้งแล้ง ฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน (กลุ่มบริหารศัตรูพืช, 2558)

วงจรชีวิต

- ระยะไข่ 4-5 วัน เพลี้ยไฟฝ้ายวางไข่เป็นฟองเดี่ยว ๆ สอดไว้ใต้เนื้อเยื่อพืช
- ระยะตัวอ่อน 6-10 วัน มี 3 ระยะ คือ ระยะแรกขาวใส ผอมเรียวเล็ก เริ่มทำลายพืชทันที ระยะที่สองและระยะที่สามลำตัวมีสีเหลืองเข้มขึ้น เคลื่อนไหวรวดเร็ว ยังคงทำลายพืชโดยดูดกินน้ำเลี้ยง
- ระยะดักแด้ 3-4 วัน มีสีเหลืองเข้ม ไม่เคลื่อนไหว ไม่กินอาหาร เข้าดักแด้ในดิน
- ระยะตัวเต็มวัย 16-24 วัน มีสีเหลืองเข้ม เคลื่อนไหวรวดเร็วและว่องไว

ระยะการเจริญเติบโตของเพลี้ยไฟ แสดงในภาพที่ 2 การแพร่กระจายของเพลี้ยไฟในช่อดอกเพลี้ยไฟ (ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย) พบที่ดอกบาน 1-4 88.57% แสดงในภาพที่ 3 และจะพบมากที่บริเวณอับเกสร (Anther) ของดอกกล้วยไม้ดังแสดงในภาพที่ 4

บั่วกล้วยไม้ (Orchid midge, Blossom midge) หรือชื่อทางวิทยาศาสตร์ Contarinia maculipennis Felt. เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของกล้วยไม้ ตัวหนอนจะกัดกินกลีบดอกด้านในใกล้บริเวณเกสร ทำให้กลีบดอกด้านในผิดปกติ มีผลให้ดอกตูมชะงักการเจริญเติบโต บิดเบี้ยว และหยิกงอ ต่อมาจะมีอาการเน่าเหลืองฉ่ำน้ำ และหลุดร่วงจากช่อดก หากพบระบาดรุนแรง ดอกตุมจะหลุดร่วงอย่างรวดเร็วฮวบฮาบจนเหลือแต่ก้านดอก ผู้ปลูกเลี้ยงจึงเรียกแมลงชนิดนี้ว่า “ไอ้ฮวบ” พบระบาดตลอดปี มักพบกับกล้วยไม้สกุลหวาย และพบรุนแรงในฤดูฝน (กลุ่มบริหารศัตรูพืช, 2554)

วงจรชีวิต

- ระยะไข่ 2-4 วัน ตัวเต็มวัยวางไข่ในเนื้อเยื่อของก้านช่อดอกกล้วยไม้
- ระยะหนอน 15-23 วัน ตัวหนอนที่ฝักออกมามีสีขาวใส ไม่มีขา รูปร่างค่อนข้างแบน หนอนเมื่อโตเต็มที่มีสีเหลืองเข้มขนาดประมาณ 2-3 มิมลิเมตร เคลื่อนที่โดยอาศัยการขยับตัวของกล้ามเนื้อส่วนอกและท้อง
- ระยะดักแด้ 4-7 วัน มีสีน้ำตาลในบริเวณวัสดุปลูก

กรมวิทยาศาสตร์

- ระยะตัวเต็มวัย 2-5 วัน ตัวเต็มวัยเป็นแมลงวันขนาดเล็กคล้ายยุงยาวประมาณ 1-2 มิลลิเมตร มีลำตัวสีดำ ขายาว มีปีกบาง 1 คู่ ปลายสุดของส่วนท้องมีอวัยวะวางไข่เป็นท่อเรียวยาว

ระยะการเจริญเติบโต และการเข้าทำลายของบั่วกล้วยไม้ ดังแสดงในภาพที่ 5

หนอนกระทู้ผัก (Common cutworm) หรือชื่อทางวิทยาศาสตร์ Spodoptera litura (Fabricius) เป็นแมลงที่เข้าทำลายเป็นกลุ่ม ระยะต่อมาจะทำลายรุนแรงมากขึ้น เนื่องจากเป็นหนอนที่มีขนาดใหญ่ สามารถกัดกินใบหรือก้าน การเข้าทำลายมักจะเกิดเป็นหย่อมๆ ตามจุดที่ตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่ และมักแพร่ระบาดได้รวดเร็วตลอดทั้งปีโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน (กลุ่มบริหารศัตรูพืช, 2560)

วงจรชีวิต

- ระยะไข่ 3-4 วัน ตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่เป็นกลุ่มใหญ่จำนวนนับร้อยฟอง กลุ่มไข่ปกคลุมด้วยขนสีน้ำตาลอ่อนหรือสีฟางข้าวใต้ใบพืช
- ระยะหนอน 10-15 วัน มี 5 ระยะ หนอนตัวเต็มที่มีขนาด 1.5 เซนติเมตร
- ระยะดักแด้ 7-10 วัน เข้าดักแด้ในดิน
- ระยะตัวเต็มวัย 5-10 วัน เป็นผีเสื้อกลางคืนขนาดกลางสีน้ำตาล เมื่อกางปีกกว้าง 3-3.5 เซนติเมตร ปีกคู่หน้ามีเส้นสีเหลืองพาดหลายเส้น

ระยะการเจริญเติบโตของหนอนกระทู้ผัก ดังแสดงในภาพที่ 6

การตรวจหาหอยศัตรูกล้วยไม้ด้วยการประมวลผลภาพเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมและมีความเป็นไปได้ที่สุดในการใช้แทนการตรวจหาด้วยตามนุษย์ โดยเฉพาะในการปฏิบัติการอย่างต่อเนื่องและยาวนาน จากการศึกษาและพัฒนาการตรวจหาศัตรูกล้วยไม้ด้วยการประมวลผลภาพ พบว่า การประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยสี (Color) ขนาด (Size) รูปทรงสัณฐาน (Shape) และความเลื่อมมัน มันวาว (Glossy) ของหอยดักดาน โดยการใช้กล้องเว็บแคมจับภาพและวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Matlab ศึกษาความสามารถในการสแกนหาปัจจัยต่างๆ ตามที่กำหนดจากภาพแบบดิจิตอล ตัวอย่างเช่น พบว่า หอยดักดานมีสีน้ำตาล รูปทรงกลม ขนาด 3 ถึง 6 มิลลิเมตร สะท้อนแสงแตกต่างจากส่วนต่างๆ ของช่อกล้วยไม้ ดังแสดงในภาพที่ 7 (ชูศักดิ์, 2555) หากจะนำมาประยุกต์กับการตรวจสอบเพลี้ยไฟจะต้องใช้กล้องที่มีความละเอียดมากกว่า หรือกล้องที่สามารถถ่ายภาพเป็นช่วงคลื่น เพราะเพลี้ยไฟเป็นแมลงที่มีขนาดเล็กยากต่อการตรวจหาด้วยตาเปล่า แตกต่างจากหอยศัตรูกล้วยไม้ที่มีขนาดใหญ่ สี และรูปร่างชัดเจน

กันตภณ (2557) ทำการศึกษาพัฒนาออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกวัตถุอัตโนมัติตามสายพานลำเลียง เพื่อแยกชนิดวัตถุที่เป็นโลหะและอโลหะ เคลื่อนย้ายวัตถุไปยังตะกราที่กำหนดไวโดยอาศัยการควบคุมของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอรแบบอัตโนมัติใชตัวตรวจจับแบบพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอรชนิดเก็บประจุอานคาระยะของวัตถุแปลผลเป็นสัญญาณที่แตกต่างกันตามแต่ชนิดของวัตถุ

กรมวิชาการเกษตร

พบวาสามารถคัดแยกวัตถุที่เป็นพลาสติกไม้และเหล็กโดยเวลาเฉลี่ยของวัตถุที่ทดสอบปรากฏวาพลาสติก 9.86 วินาที ไม้ 14.02 วินาที เหล็ก 18.63 วินาทีและสามารถผลักวัตถุในตำแหนงที่ตองการได้ถูกตอง

เกรียงไกร และคณะ (2559) ได้พัฒนาระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้ควบคุมระยะไกลร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายเพื่อควบคุมการให้สารเคมีแบบแม่นยำสำหรับโรงเรือนมาตรฐาน ที่สามารถตรวจวัดและประเมินผลการระบาดของโรคพืชเพื่อป้องกันผลผลิตตกต่ำลงได้เป็นอย่างดี โปรแกรมที่ออกแบบไว้ในโปรแกรม MATLAB ควบคุมระบบการฉีดพ่นสารเคมีให้สัมพันธ์กับความหนาแน่นของโรคพืชที่ตรวจวัดได้ โดยกล้องสามารถบันทึกตำแหน่ง และค่าการสะท้อนแสงแบบใกล้ช่วงคลื่นอินฟราเรดที่ 800 nm และช่วงคลื่นสีแดงที่ 650 nm ส่งผลให้การจำแนกกล้วยไม้ที่สมบูรณ์กับที่เป็นโรค มีคุณภาพที่สามารถยอมรับได้เมื่อทำการสอบเทียบกับการตรวจวัดด้วยคน

กันตภณ (2559) ได้ทำการพัฒนาออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกสีวัตถุอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงที่ถูกควบคุมด้วยอาดูโน ให้แยกชนิดวัตถุที่เป็นสีแดง สีเขียว สีน้ำเงินและสีอื่นๆ และเคลื่อนย้ายวัตถุไปยังถาดที่กำหนดไว้อัตโนมัติโดยอาศัยการควบคุมของอาดูโน ใช้ตัวตรวจจับแบบไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์อ่านค่าปริมาณของความเข้มของแสงที่กระทบกับวัตถุและสะท้อนกลับมายังเซนเซอร์แปลผลเป็นสัญญาณที่แตกต่างกันตามแต่ละสีของวัตถุ พบว่าสามารถคัดแยกวัตถุสีแดง สีเขียว สีน้ำเงินและสีอื่นๆ โดยเวลาเฉลี่ยของวัตถุที่ทดสอบปรากฏว่าวัตถุสีแดง 9.96 วินาทีวัตถุสีเขียว 13.47 วินาทีวัตถุสีน้ำเงิน 16.58 วินาทีและวัตถุอื่นๆ 9.04 วินาที และสามารถหมุนถาดเพื่อรับวัตถุในตำแหน่งที่ต้องการได้ถูกต้อง

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

- วิธีการ

เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ตัดดอก โดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพประมวลผลภาพ เพื่อควบคุมการทำงานของระบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ ในการคัดแยกดอกกล้วยไม้ที่แมลงศัตรูพืช และไม่พบออกจากกัน ซึ่งจะต้องมีการออกแบบระบบการควบคุมการทำงานการเปิด-ปิด การเปลี่ยนทิศทางของสายพานลำเลียงที่แม่นยำ และไม่สร้างความเสียหายให้กับดอกกล้วยไม้

1. ศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ลำเลียงแบบสายพานลำเลียงที่เกี่ยวข้อง และเทคนิคการประมวลผลภาพ และมีใช้งานในปัจจุบัน เช่นระบบสมองกลควบคุม ชนิดของกล้องถ่ายภาพที่ใช้ เป็นต้น เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบระบบสำหรับงานวิจัยนี้
2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของกล้วยไม้ตัดดอก สมบัติทางกายภาพของแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ (เพลี้ยไฟ บั่วกล้วยไม้ หนอนกระทู้ผัก) เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบ ระบบการถ่ายภาพเพื่อแยกแยะดอกกล้วยไม้และแมลงศัตรูกล้วยไม้ และเพื่อเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมสำหรับระบบลำเลียง ที่จะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับดอกกล้วยไม้

กรมวิชาการเกษตร

3. ออกแบบและสร้างระบบการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชฯ ต้นแบบ ที่ประกอบไปด้วย ระบบการถ่ายภาพและประมวลผล และระบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพที่ 8 โดยทำการออกแบบชุดโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะรับผลการวิเคราะห์มาจากชุดระบบถ่ายภาพ และทำการประมวลผลต่อเพื่อควบคุมกลไกการทำงานของระบบสายพานลำเลียงต่อไป

4. หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติคือการจำลองการตรวจสอบช่อกล้วยไม้ตัดดอกด้วยสายตา เป็นการถ่ายภาพช่อกล้วยไม้ด้วยกล้องถ่ายภาพในหลายมุมมองที่แตกต่างกัน (Multi-camera) แล้วจึงนำมาประมวลผลเพื่อตรวจสอบหาแมลงศัตรูพืชในช่อดอก

5. ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบฯ โดยทำการทดสอบการทำงานของระบบด้วยการถ่ายภาพเปรียบเทียบกันระหว่างกล้องถ่ายภาพทั่วไป (RGB) และ กล้องแบบอินฟราเรด (IR, NIR) โดยดำเนินการทดลองถ่ายภาพในห้องปฏิบัติการ ซึ่งทั้ง 2 กรณี ไม่ว่าจะเจอ หรือไม่เจอแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ ในกระบวนการของการทดสอบนี้จะต้องมีการนำช่อกล้วยไม้มาผ่านการตรวจสอบด้วยสายตาของผู้เชี่ยวชาญในการสุ่มตรวจช่อกล้วยไม้อีกครั้ง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบฯ เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขการทำงานของเครื่องต้นแบบฯ และช่อกล้วยไม้ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วหากพบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ จะถูกแยกออกไปจัดการตามมาตรฐานต่อไป

6. บันทึกผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบระบบตรวจสอบและคัดแยกฯ
   6.1 ความสามารถในตรวจสอบช่อกล้วยไม้ (ช่อ/ชั่วโมง)
   6.2 ประสิทธิภาพในการคัดแยกระหว่างช่อกล้วยไม้ที่พบ และไม่พบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ (%)
   6.3 การใช้พลังงานไฟฟ้า
7. สรุป และวิเคราะห์ผลการทดสอบ

- เวลา เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2562 - สิ้นสุดเดือนธันวาคม 2564

- สถานที่

1) กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
2) สวนกล้วยไม้ของเอกชน จังหวัดนครปฐม

ผลการวิจัย (Results)

1. ผลการศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ลำเลียงแบบสายพานลำเลียง และเทคนิคการประมวลผลภาพและมีใช้งานในปัจจุบันที่เกี่ยวข้อง

1.1 การทดสอบกล้องสำหรับการถ่ายภาพแมลงศัตรูกล้วยไม้

กรมวิชาการเกษตร

ดำเนินการทดสอบเก็บข้อมูลถ่ายภาพเปรียบเทียบกันระหว่างกล้องถ่ายภาพแบบทั่วไป (Canon EOS 60D) กล้องตรวจจับความร้อน (Thermal Imaging Camera, HT-18, Hti, Dongguan Xintai Instrument Co., Ltd., Guangdong, China) และกล้องแบบมัลติสเปกตรัม (Multispectral Imaging Camera, VLNIR-CL-1 0 0 -N1 7 E, SPECIM SisuCHEMA, Spectral Imaging Ltd., Oulu, Finland)

การถ่ายภาพตัวอย่างหนอนกระทู้ระยะที่ 1 และ 2 ด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน Thermal imaging camera Hti รุ่น HT-18 พบว่าเมื่อทดสอบถ่ายภาพตัวอย่างแมลงและดอกกล้วยไม้ไม่สามารถแยกความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างหนอนและดอกกล้วยไม้ได้ (ภาพที่ 11) เนื่องจากความละเอียดของถาพถ่ายที่ได้จากกล้องมีขนาดเพียง 220x160 พิกเซลเท่านั้น

การถ่ายภาพตัวอย่างหนอนกระทู้ระยะที่ 1 และ 2 ด้วยกล้อง Hyper spectral camera ที่ช่วงความยาวคลื่น 900-1700 นาโนเมตร วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) โดยรูปแบบการวัดแบบสะท้อน (Reflectance) พบว่าภาพถ่ายที่ได้จากกล้อง hyper spectral ที่แสดงผลแบบ RGG สามารถมองเห็น และตรวจจับภาพหนอนกระทู้ได้ แต่เมื่อประมวลผลเป็นภาพด้วยข้อมูลสเปกตรัมแล้วไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ของค่าการดูดกลืนแสงระหว่างดอกกล้วยไม้และหนอนกระทู้ได้ (ภาพที่ 12) และเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลการดูดกลืนแสงที่ช่วงความยาวคลื่น 900-1700 นาโนเมตร ด้วยโปรแกรม Evince (ภาพที่ 13) พบว่าข้อมูลการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหนอนกระทู้ และดอกกล้วยไม่มีค่าไม่แตกต่างกัน ข้อมูลของตำแหน่งที่มีหนอนกระทู้ (เส้นสีแดง) ข้อมูลตำแหน่งของดอกกล้วยไม้ (เส้นสีเขียว,น้ำเงิน) กราฟค่าการดูดกลืนแสงมีลักษณะที่เหมือนกัน ดังแสดงในภาพที่ 14 ซึ่งเป็นผลมาจากขนาดของตัวอย่างหนอนกระทู้ที่ใช้ในการทดสอบ (ระยะ 1,2) มีขนาดที่เล็กกว่าความละเอียด (pixel) ที่กล้องสามารถถ่ายภาพได้จึงทำให้ไม่สามารถแสดงความแตกต่างของค่าการดูดกลืนแสงได้

ผลการทดสอบเปรียบเทียบการมองเห็นแมลงของกล้องทั้งสามชนิด พบว่าการถ่ายภาพด้วยกล้องตรวจจับความร้อนและกล้องแบบมัลติสเปกตรัมนั้นไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างช่อกล้วยไม้และหนอนกระทู้ผักได้ และสันนิษฐานว่าเพลี้ยไฟและบั่วกล้วยไม้ซึ่งมีขนาดตัวที่เล็กกว่าความละเอียดของกล้องจะไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของค่าการดูดกลืนคลื่นแสงได้เช่นกัน ดังนั้นในทดสอบจึงเลือกใช้กล้องถ่ายภาพแบบทั่วไปมาใช้สำหรับกระบวนการถ่ายภาพแทน

2. การออกแบบและพัฒนาต้นแบบเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอก

ต้นแบบเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติประกอบไปด้วย 2 ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ส่วนของห้องถ่ายภาพและส่วนของสายพานลำเลียง หลักการ

กรมวิชาการเกษตร

ทำงานเบื้องต้นของเครื่องจะเป็นการจำลองการตรวจสอบช่อกล้วยไม้ตัดดอกด้วยสายตา ด้วยการถ่ายภาพช่อกล้วยไม้ด้วยกล้องถ่ายภาพในหลายมุมมองที่แตกต่างกัน (Multi-camera) โดยในการทดสอบจะใช้กล้องถ่ายภาพแบบทั่วไป (RGB) แล้วนำมาประมวลผลเพื่อตรวจสอบหาแมลงศัตรูพืชในช่อดอก

2.1 การออกแบบห้องสำหรับการถ่ายภาพแมลง

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบในส่วนของห้องสำหรับการถ่ายภาพแมลง โดยจะมีลักษณะเป็นห้องทรงสี่เหลี่ยมที่ประกอบไปด้วยผนัง 3 ด้าน ลักษณะของตัวอักษร ‘U’ กลับหัว โดยมีความยาว 500 มม. สูง 400 มม. และมีความกว้างจากขอบด้านใน 370 มม. เพื่อให้สามารถประกอบร่วมกับสายพานความกว้างขนาด 350 มม. ตัวโครงห้องถ่ายภาพของเครื่องต้นแบบฯ ประกอบขึ้นมาจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ (Aluminum Profile) และทำการกั้นผนังทั้ง 3 ด้านเพื่อลดผลกระทบจากแสงภาพนอกที่เข้ามา ติดตั้งหลอดไฟภายในห้องถ่ายภาพเพื่อให้ภายในห้องถ่ายภาพนั้นมีความสว่างที่อยู่ตลอดเวลา และทำการติดตั้งกล้องจำนวน 2 ตัวไว้ที่บริเวณมุมด้านบนของห้องถ่ายภาพในตำแหน่งที่มุมตรงข้ามกัน สำหรับนำภาพจากกล้องทั้งสองไปใช้กับโปรแกรมตรวจจับต่อไป

ในส่วนของการออกแบบและสร้างต้นแบบในส่วนของห้องถ่ายภาพนั้น มีจุดประสงค์เพื่อที่จะทำการควบคุมสภาวะแวดล้อมหรือปริมาณแสงให้คงที่ ลดการรบกวนของแสงจากปัจจัยภายนอก โดยในต้นแบบห้องถ่ายภาพนี้จะเป็นการกำหนดตำแหน่ง มุมของการถ่ายภาพ และระดับของแสงในห้องถ่ายภาพให้คงที่ ภาพที่ถ่ายออกมานั้นอยู่ในมุมมองแบบเดียวกัน มีขนาดของวัตถุที่ไกล้เคียงกันจากการยึดตำแหน่งของกล้องไว้ให้คงที่ และมีระดับของแสงที่เท่า ๆ ในทุกครั้งของการถ่ายภาพ

2.2 การออกแบบชุดอุปกรณ์สายพานลำเลียงอัตโนมัติ

ในส่วนของสายพานลำเลียงจะใช้สำหรับการลำเลียงช่อกล้วยไม้เข้าไปยังห้องถ่ายภาพ โดยเป็นสายพานหน้ากว้าง 350 มม. ยาว 1500 มม. สูง 750 มม. ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์แบบที่สามารถหยุดการเคลื่อนที่ได้เพื่อให้ชุดสายพานสามารถหยุดเคลื่อนเพื่อทำการถ่ายภาพกล้วยไม้ที่เลื่อนเข้ามาในห้องถ่ายภาพได้

ชุดสายพานลำเลียงจะถูกนำไปประกอบรวมกับห้องถ่ายภาพสำหรับกระบวนการถ่ายภาพแมลงศัตรูกล้วยไม้ ผนังด้านข้างตำแหน่งเหนือสายพานจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุไว้ เมื่อช่อกล้วยไม้ถูกลำเลียงมาถึงตำแหน่งของเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ สายพานก็จะหยุดเคลื่อนที่เพื่อทำการบันทึกภาพกล้วยไม้ด้วยกล้องภายในห้องถ่ายภาพ และนำภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมตรวจจับต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

3. การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการตรวจจับแมลงศัตรูพืช

3.1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการสร้างโปรแกรมตรวจจับแมลง

ข้อมูลภาพที่มาจากห้องถ่ายภาพจะได้มาจากกล้องถ่ายภาพชนิดเป็นภาพสี (RGB) ขนาด 5 ล้านพิกเซล (5MP, 2590 px * 1942 px) ถ่ายด้วยเลนส์ขนาด 25 มม. ที่รูรับแสง 1.4 (F1.4) ภาพของช่อกล้วยไม้ที่นำมาใช้ในกระบวนการสอนระบบแบ่งออกเป็น 4 หมวด ได้แก่ช่อกล้วยไม้ที่มีหนอนกระทู้ผัก บั่วกล้วยไม้ หรือเพลี้ยไฟปะปนอยู่ และภาพของกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนอยู่ โดยเมื่อช่อกล้วยไม้เลื่อนมาตามสายพานจนกระทั่งเซ็นเซอร์ตรวจเจอช่อกล้วยไม้ก็จะหยุดสายพานเพื่อทำการถ่ายภาพเก็บข้อมูล

ข้อมูลภาพที่ทำการเก็บข้อมูลมามีจำนวนทั้งหมด 1,272 ภาพ แบ่งออกเป็นภาพของหนอนกระทู้ผักจำนวน 262 ภาพ ภาพของบั่วกล้วยไม้จำนวน 209 ภาพ ภาพของเพลี้ยไฟจำนวน 480 ภาพ และภาพกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนจำนวน 321 ภาพ โดยภาพเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ทั้งในกระบวนการสร้างแบบจำลองของระบบและขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบในขั้นตอนต่อไป

3.2 ระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้ด้วยการตรวจจับวัตถุ (Object Detection)

ระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้ในช่วงแรกนั้นถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยการใช้โปรแกรม Matlab R2020a. (MathWork; Co.; U.S.) โดยทำการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) ด้วยการนำโครงข่ายประสาทชนิดคอนโวลูชันแบบพื้นที่ (Region-Based Convolutional Neural Networks, R-CNN) มาใช้ในการวิเคราะห์ตำแหน่งของแมลงที่อยู่ในภาพ

การทดสอบในเบื้องต้นพบว่าผลการตรวจจับนั้นไม่แม่นยำเท่าที่ควร เนื่องจากภาพของแมลงที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองของระบบนั้นมีจำนวนน้อยเกินไป ทำให้ระบบยังไม่สามารถแยกแยะตำแหน่งของแมลงในภาพได้ จึงได้ทำการเพิ่มข้อมูลภาพที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองของระบบด้วยภาพจากอินเตอร์เน็ต แล้วทำการสร้างระบบตรวจสอบขึ้นมาอีกครั้ง โดยผลการทดสอบของระบบตรวจสอบหลังการเพิ่มข้อมูลภาพบางส่วนจากอินเทอร์เน็ตพบว่า ระบบตรวจจับมีแนวโน้มที่จะตรวจพบแมลงได้แม่นยำมากขึ้น แต่ระบบก็จะมีแนวโน้มการตรวจที่ผิดพลาดในกรณีที่ระบบตรวจจับว่าภาพพื้นหลังเป็นแมลงที่มากขึ้นเช่นกัน

3.3 ระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้ด้วยการจำแนกหมวดหมู่ (Classification)

เนื่องจากวิธีการตรวจสอบแมลงศัตรูกล้วยไม้ที่นำมาใช้อยู่นั้นเป็นการตรวจจับวัตถุในภาพ (Object Detection) นั้นจะมีขั้นตอนการลดขนาดภาพลงเพื่อลดภาระในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ลง ทำให้วัตถุขนาดเล็กที่อยู่ในภาพที่มีขนาดใหญ่นั้นถูกตรวจพบได้ยากขึ้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้เปลี่ยนวิธีการตรวจจับแมลงจากวิธีการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) มาเป็นการใช้

กรมวิชาการเกษตร

วิธีคัดแยกหมวดหมู่ของภาพ (Classification) ร่วมกับการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อยแทน (Image Segmentation)

รูปภาพที่นำมาใช้กับระบบประมวลผลจะถูกแบ่งออกเป็นภาพขนาดเล็กจำนวนหลายภาพ เพื่อให้ภาพที่นำไปประมวลผลนั้นมีขนาดที่เล็กลงโดยที่ภาพต้นฉบับจะยังคงมีขนาดและความละเอียดเท่าเดิม แล้วนำไปให้ระบบทำการประมวลว่าแต่ละส่วนของภาพนั้นจัดอยู่ในหมวดหมู่ใด โดยผลลัพธ์ของการตรวจจับออกเป็น 4 หมวดหมู่ ได้แก่เพลี้ยไฟ บั่วกล้วยไม้ หนอนกระทู้ผัก และภาพที่ไม่พบแมลง ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างระบบตรวจสอบเป็นภาพขนาด 324*324 พิกเซล (จากภาพขนาด 5184*3888 พิกเซล) แบ่งเป็นภาพที่ไม่พบแมลงจำนวน 5,691 ภาพ หนอนกระทู้ผักจำนวน 435 ภาพ บั่วกล้วยไม้จำนวน 237 ภาพ และเพลี้ยไฟจำนวน 187 ภาพ

เนื่องจากภาพในแต่ละหมวดของแมลงทั้งสามนั้นมีปริมาณที่แตกต่างกับจำนวนภาพที่ไม่พบแมลงเป็นอย่างมาก ซึ่งส่งผลให้ระบบจะจำแนกภาพส่วนใหญ่เป็นหมวดภาพพื้นหลัง และไม่สามารถจำแนกภาพในหมวดหมู่อื่นได้ จึงได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบด้วยการเพิ่มจำนวนภาพในหมวดหมู่ของแมลงทั้งสามด้วยการสร้างภาพเพิ่มเติมขึ้นมาด้วยข้อมูลภาพเดิมที่มีอยู่ (Data Augmentation) ด้วยวิธีการเลื่อนขนาน (Translation) เพื่อให้ได้ภาพแมลงในลักษณะเดิมแต่อยู่ในตำแหน่งภาพที่แตกต่างออกไป โดยภาพที่ได้หลังจากกระบวนการเพิ่มข้อมูลแบ่งออกเป็นภาพที่ไม่พบแมลงจำนวน 5,691 ภาพ หนอนกระทู้ผักจำนวน 2,595 ภาพ บั่วกล้วยไม้จำนวน 1,507 ภาพ และเพลี้ยไฟจำนวน 1,231 ภาพ

ภาพกล้วยไม้ในหลังจากการกระบวนการเพิ่มข้อมูลนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะถูกใช้ในกระบวนการสอนเพื่อสร้างระบบจำแนกหมวดหมู่ขึ้นมา และส่วนที่สองจะถูกใช้ในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเพื่อทดสอบความแม่นยำในการจำแนกหมวดหมู่ของระบบด้วยข้อมูลที่ไม่เคยถูกสอนมาก่อน โดยในแต่ละหมวดจะแบ่งภาพมา 80% ของจำนวนภาพเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการสร้างระบบ และอีก 20% ที่เหลือจะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนของการทดสอบระบบ จากผลการทดสอบพบว่าความแม่นยำในการจำแนกหมวดหมู่ก่อนทำการเพิ่มข้อมูลแยกตามชนิดของแมลง คือ เพลี้ยไฟ 24.32% บั่วกล้วยไม้ 10.64% หนอนกระทู้ผัก 44.83% และไม่พบแมลง 97.01% ซึ่งหลังจากผ่านกระบวนการเพิ่มข้อมูลเรียบร้อยแล้วระบบจะมีความแม่นยำในการทำงานที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับระบบจำแนกหมวดหมู่ก่อนที่จะทำการเพิ่มข้อมูลเข้ามา โดยแยกตามหมวดหมู่คือ เพลี้ยไฟ 59.76% บั่วกล้วยไม้ 79.07% หนอนกระทู้ผัก 83.82% และไม่พบแมลง 86.99% ดังแสดงในตารางที่ 1

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบจำแนกหมวดหมู่จะเป็นการทดสอบทดสอบซ้ำจำนวน 10 ครั้ง โดยจะทำการสุ่มภาพจำนวน 1,000 ภาพในแต่ละหมวดหมู่สำหรับกระบวนการสอนระบบ และ

กรมวิชาการเกษตร

สุ่มภาพจำนวน 200 ภาพในแต่ละหมวดหมู่สำหรับขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าระบบมีความแม่นยำเฉลี่ยในการจำแนกหมวดหมู่อยู่ที่ 81.6% สำหรับเพลี้ยไฟ 88.1% สำหรับบั่วกล้วยไม้ 64.6% สำหรับเพลี้ยไฟ และ 78.9% สำหรับภาพที่ไม่มีแมลง

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้นั้น จะเป็นการนำระบบจำแนกหมวดหมู่มาทำการทดสอบการตรวจจับกับภาพที่ได้มาจากห้องถ่ายภาพจริง จำนวน 1,263 ภาพ ประกอบไปด้วยภาพที่ไม่พบแมลงจำนวน 321 ภาพ หนอนกระทู้ผักจำนวน 252 ภาพ บั่วกล้วยไม้จำนวน 210 ภาพ และเพลี้ยไฟจำนวน 480 ภาพ และทำการสุ่มภาพออกมาหมวดหมู่ละ 200 ภาพสำหรับนำมาใช้ในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

ภาพที่นำมาทำการทดสอบแต่ละภาพจะถูกแบ่งออกเป็น 12 ภาพย่อย และนำระบบจำแนกหมวดหมู่ทั้ง 10 แบบจำลองที่มาจากขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบจำแนกหมวดหมู่ก่อนหน้านี้ มาทำการจำแนกหมวดหมู่ของภาพย่อยแต่ละภาพ ถ้าหากว่าในหมู่ภาพย่อยที่แยกออกมานั้นมีภาพใดภาพหนึ่งที่ถูกจำแนกหมวดหมู่เป็นแมลงหนึ่งในสามชนิดนี้ กล้วยไม้ช่อนั้นก็จะถูกประเมินว่า **‘ตรวจพบแมลง’** ส่วนภาพของช่อกล้วยไม้ที่ภาพย่อยทุกภาพถูกจำแนกหมวดหมู่เป็น ‘ไม่พบแมลง’ ช่อกล้วยไม้ช่อนั้นก็จะถูกประเมินว่า **‘ตรวจไม่พบแมลง’** ผลการทดสอบการตรวจสอบแมลงภายในห้องถ่ายภาพพบว่ามีความแม่นยำในการทำงานอยู่ที่ 81.6% สำหรับเพลี้ยไฟ 88.1% สำหรับบั่วกล้วยไม้ 64.6% สำหรับเพลี้ยไฟ และ 78.9% สำหรับภาพที่ไม่มีแมลง ดังแสดงในตารางที่ 3

อภิปรายผล (Discussion)

จากผลการทดสอบการถ่ายภาพด้วยกล้องและภาพถ่ายแบบมัลติสเปกตรัม กล้องตรวจจับความร้อน และกล้องถ่ายภาพแบบบทั่วไป พบว่ามีเพียงกล้องถ่ายภาพแบบทั่วไปเท่านั้นที่สามารถมองเห็นความแตกต่างระหว่างตัวแมลงและช่อกล้วยไม้ได้ จึงได้นำภาพจากกล้องถ่ายภาพทั่วไปมาใช้ในการสร้างและพัฒนาระบบตรวจจับต่อไป โดยผลการทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้ของเครื่องต้นแบบฯ ด้วยวิธีการโครงข่ายโครงข่ายประสาทชนิดคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks, CNN) พบว่ามีประสิทธิภาพในการตรวจจับ แยกตามชนิดของแมลงคือ หนอนกระทู้ผัก 78.6% บั่วกล้วยไม้ 68.0% เพลี้ยไฟเท่ากับ 39.8% ไม่พบแมลง 39.1% ซึ่งมีประสิทธิภาการตรวจจับที่ดีขึ้นกว่าวิธีการโครงประสาทชนิดคอนโวลูชันแบบพื้นที่ (Region-Based Convolutional Neural Networks, R-CNN) แต่เครื่องต้นแบบยังมีข้อผิดพลาดของการตรวจจับ โดยความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการตรวจสอบ เกิดจากการที่แมลงบางชนิดเช่นบั่วกล้วยไม้หรือเพลี้ยไฟเป็นแมลงที่มีขนาดที่เล็ก ทำให้ภาพของกล้วยไม่ที่มีแมลงปะปนและภาพของกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปน

กรมวิชาการเกษตร

อยู่มีความคล้ายคลึงกัน ระบบตรวจจับจึงทำการแยกแยะระหว่างช่อกล้วยไม้ที่มีแมลงปะปนและช่อกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนอยู่ได้ยากมากขึ้น

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

จากผลทดสอบการตรวจจับแมลงด้วยการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) ด้วยโครงประสาทชนิดคอนโวลูชันแบบพื้นที่ (Region-Based Convolutional Neural Networks, R-CNN) จะสามารถในการตรวจจับวัตถุที่มีขนาดเล็กได้ยาก และด้วยความคล้ายคลึงกันของภาพที่มีและไม่มีแมลงปะปน ส่งผลให้การตรวจจับของระบบเกิดการมองว่าภาพพื้นหลังว่าเป็นตัวของแมลงอยู่บ่อยครั้ง และทำให้กล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนถูกมองว่ามีแมลงปะปนอยู่อีกด้วย ทำให้การตรวจจับแมลงด้วยการจำแนกหมวดหมู่ (Classification) มาใช้กันการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อย (Segmentation) มีความสามารถในการตรวจจับที่แม่นยำมากกว่าเนื่องจากเป็นการประมวลผลโดยที่ไม่ทำการลดขนาดหรือรายละเอียดของภาพ ทำให้ระบบสามารถตรวจจับแมลงได้แม่นยำขึ้นกว่าเดิม แต่ก็จะยังมีปัญหาในเรื่องของภาพของกล้วยไม่ที่มีแมลงปะปนและภาพของกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปนอยู่มีความคล้ายคลึงกันซึ่งส่งผลให้ระบบไม่สามารถตรวจจับได้ รวมไปถึงกรณีที่ตัวของแมลงไปอยู่ในจุดที่กล้องไม่สามารถบันทึกภาพได้อย่างเช่นด้านหลังของใบที่ซ้อนกัน ด้านในของกลีบดอกที่ไม่ได้หันเข้ามาหากล้อง ซึ่งเป็นจุดบอดที่ทำให้ระบบตรวจจับไม่สามารถตรวจพบแมลงได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เรื่องกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: การปฏิบัติที่ดีสำหรับโรงคัดบรรจุดอกกล้วยไม้. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 ตอนพิเศษ 186ง วันที่ 28 ธันวาคม 2552

กันตภณ พลิ้วไธสง. 2557. เครื่องคัดแยกวัตถุอัตโนมัติตามสายพานลำเลียง: วารสารวิจัย ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2557.ค้นเมื่อ 15 เมษายน 2561, จาก http://old.rmutto.ac.th/fileupload/Wannasa%20Balsong61411Kantapon.pdf

กันตภณ พลิ้วไธสง. 2559. เครื่องคัดแยกสีอัตโนมัติบนระบบสายพานลำเลียงควบคุมด้วยอาดูโน: สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. ค้นเมื่อ 15 เมษายน 2561, จาก http://apheit.siam.edu/jounal/science-22-1/02kantapon.pdf

กลุ่มบริหารศัตรูพืช. 2554. แมลงศัตรูผัก เห็ด และไม้ดอก. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1.

กลุ่มบริหารศัตรูพืช. 2558. การจัดการเพลี้ยไฟในสวนกล้วยไม้. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

กลุ่มบริหารศัตรูพืช. 2560. คู่มือการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชสำหรับการผลิตผักเพื่อการส่งออกกลุ่มสหภาพยุโรปฉบับปรับปรุงแก้ไข. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 3.

เกรียงไกร แซมสีม่วง, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์ และอภิรัฐ ปิ่นทอง. 2559. การพัฒนาระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้ควบคุมระยะไกลร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อควบคุมการให้สารเคมีแบบแม่นยำสำหรับโรงเรือนมาตรฐาน. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 ประจำปี 2559. (หน้า 7-20).

ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์. 2555. การศึกษาและพัฒนาการตรวจหาศัตรูกล้วยไม้ด้วยการประมวลผลภาพ ใน: รายงานความก้าวหน้ากรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2555.

ศรีสุดา โท้ทอง. 2554. ผลของสารบางชนิดในการกำจัดเพลี้ยไฟในดอกกล้วยไม้. ค้นเมื่อ 25 เมษายน 2561 จาก https://thothongsri.blogspot.com/2012/06/thrips-palmi.html

ศูนย์บริหารจัดการเครือข่ายข้อมูลกล้วยไม้. ม.ป.ป. แมลงและไรศัตรูที่สำคัญและการป้องกันกำจัด. ค้นเมื่อ 25 เมษายน 2561 จาก http://orchidnet.doae.go.th/2555/home/technic_orchid.php?c=1&d=20&id=93

สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. 2560. สินค้ากล้วยไม้.ค้นเมื่อ 15 มกราคม 2561, จาก http://www.ditp.go.th/content_attach/165775/165775.pdf

Chen, P., 1996. Quality evaluation technology for agricultural products. An Invited Paper presented in the International Conference of Agricultural Machinery Engineering, November 12–15, 1996, Seoul, Korea, pp. 11.

กรมวิชาการเกษตร

ตารางและภาพของโครงการวิจัย

ตารางของโครงการวิจัย

ตารางที่ 1 ความแม่นยำของการจำแนกหมวดหมู่ก่อนทำการเพิ่มข้อมูลและหลังทำการเพิ่มข้อมูล

หมวดหมู่	ความแม่นยำของการจำแนก (ก่อนทำการเพิ่มข้อมูล)	ความแม่นยำของการจำแนก (หลังทำการเพิ่มข้อมูล)
เพลี้ยไฟ	24.32% (9/37)	59.76% 147/246
บั่วกล้วยไม้	10.64% (5/47)	79.07% 238/301
หนอนกระทู้ผัก	44.83% (39/87)	83.82% 435/519
ไม่พบแมลง	97.01% (1104/1138)	86.99% 990/1138

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบจำแนกหมวดหมู่

ครั้งที่	หนอนกระทู้ผัก	บั่วกล้วยไม้	เพลี้ยไฟ	ไม่พบแมลง
1	77.5%	70.0%	67.0%	72.0%
2	62.0%	93.5%	66.5%	82.5%
3	92.0%	93.5%	79.0%	83.0%
4	83.5%	93.0%	67.5%	66.5%
5	87.0%	90.0%	41.5%	79.5%
6	77.5%	95.0%	56.5%	65.0%
7	79.0%	93.0%	56.0%	88.5%
8	91.5%	84.0%	73.0%	80.0%
9	84.5%	82.5%	76.5%	81.5%
10	81.0%	86.5%	62.5%	90.5%
ค่าเฉลี่ย	81.6%	88.1%	64.6%	78.9%
S.D.	0.081	0.073	0.106	0.082

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

ครั้งที่	หนอนกระทู้ผัก	บั่วกล้วยไม้	เพลี้ยไฟ	ไม่พบแมลง
1	56.0%	75.5%	40.5%	40.0%
2	74.0%	74.5%	38.0%	39.0%
3	82.5%	71.5%	41.0%	39.5%
4	88.5%	66.0%	46.5%	31.5%
5	81.5%	69.5%	36.0%	48.0%
6	92.5%	72.0%	17.5%	40.0%
7	87.5%	63.0%	31.0%	33.5%
8	77.0%	63.5%	38.5%	37.0%
9	66.5%	62.0%	63.0%	40.5%
10	80.0%	62.5%	45.5%	42.0%
ค่าเฉลี่ย	78.6%	68.0%	39.8%	39.1%
S.D.	0.104	0.049	0.110	0.043

กรมวิชาการเกษตร

ภาพของโครงการวิจัย

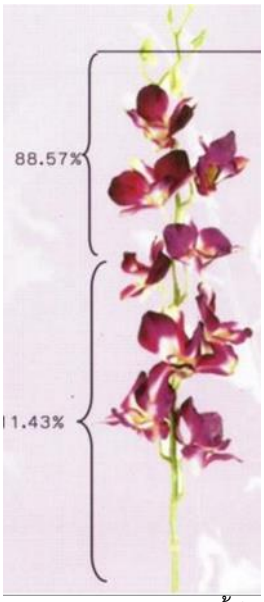
ภาพที่ 1 การตรวจสอบศัตรูกล้วยไม้เบื้องต้น

ที่มา กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552

ภาพที่ 2 ระยะการเจริญเติบโตของเพลี้ยไฟฝ้าย

ที่มา: กลุ่มบริหารศัตรูพืช, 2560

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 3 การแพร่กระจายของเพลี้ยไฟในช่อดอก

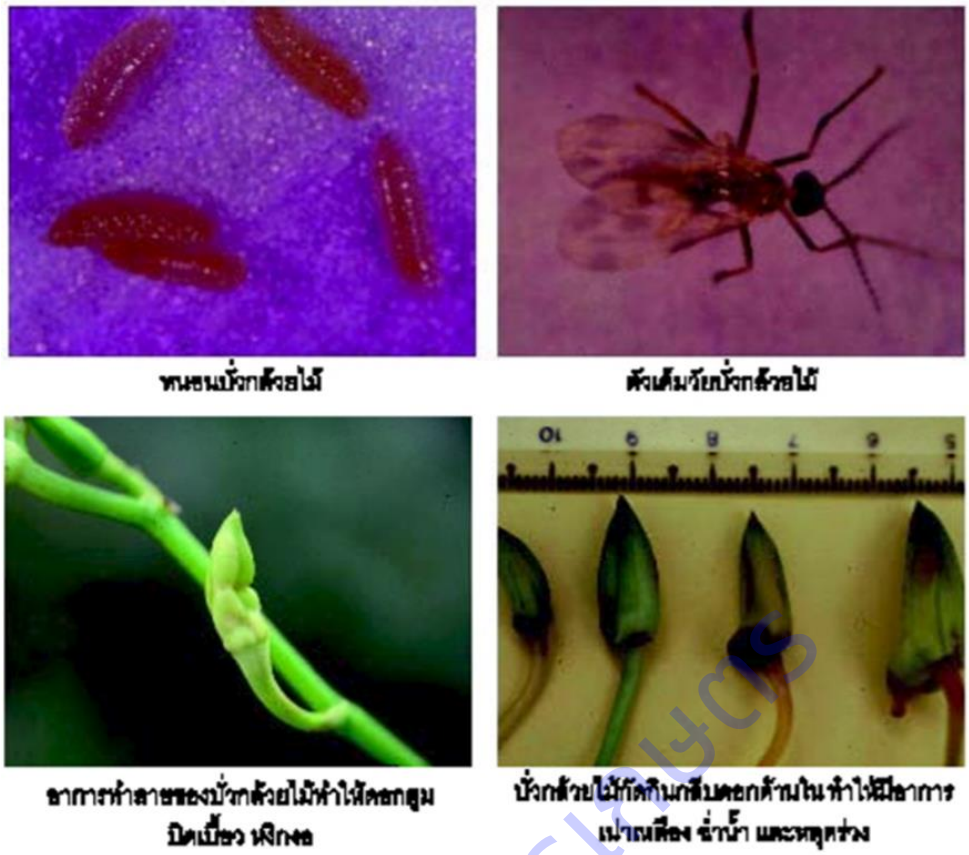
ที่มา กลุ่มบริหารศัตรูพืช, 2558

ภาพที่ 4 10% ของเพลี้ยไฟที่พบในดอก มักซ่อนตัวอยู่ในอับเกสร (Anther) ของดอกกล้วยไม้

ที่มา ศรีสุดา, 2554

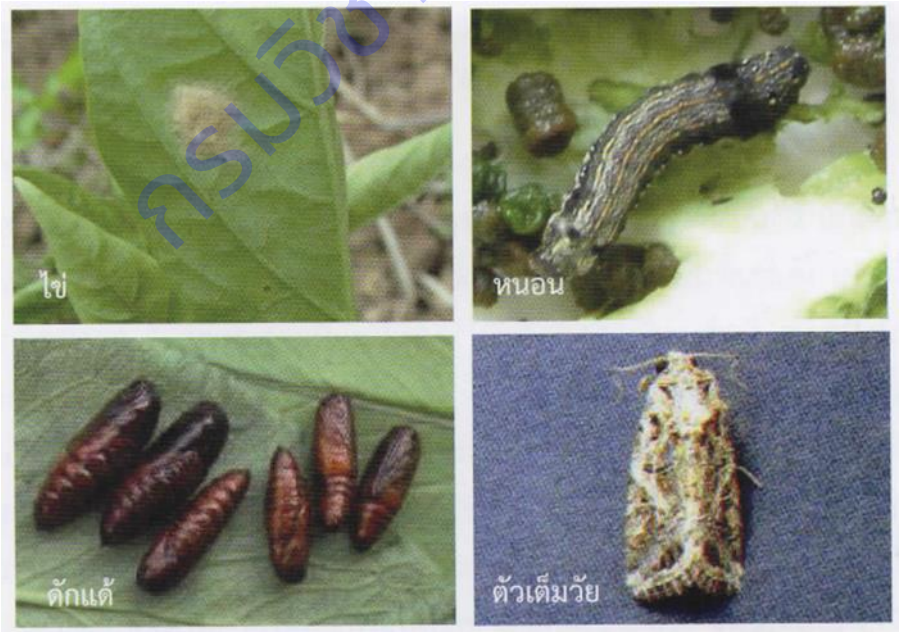
http://thothongsri.blogspot.com/2012/06/thrips-palmi.html

ศรีวิชาการเกษตร



ภาพที่ 5 ระยะการเจริญเติบโต และการเข้าทำลายของบั่วกล้วยไม้

ที่มา กลุ่มบริหารศัตรูพืช, 2554

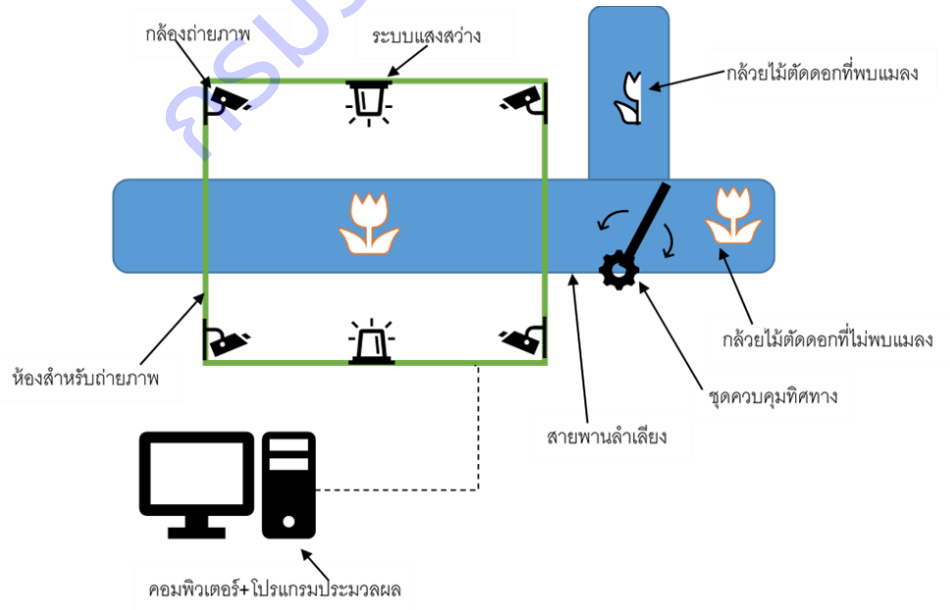


ภาพที่ 6 ระยะการเจริญเติบโตของหนอนกระทู้ผัก

ที่มา กลุ่มบริหารศัตรูพืช, 2560

กรมวิชาการเกษตร

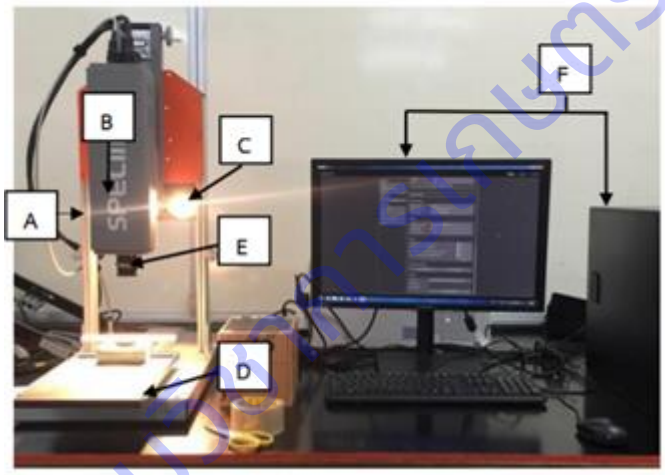
ภาพที่ 7 ทดสอบระบบการถ่ายภาพตัวอย่าง (ซ้าย) ภาพถ่ายตัวอย่าง และ (ขวา) การวัดขนาดจริง
ที่มา : ชูศักดิ์, 2555



ภาพที่ 8 แบบร่างของเครื่องต้นแบบ (Conceptual Design)

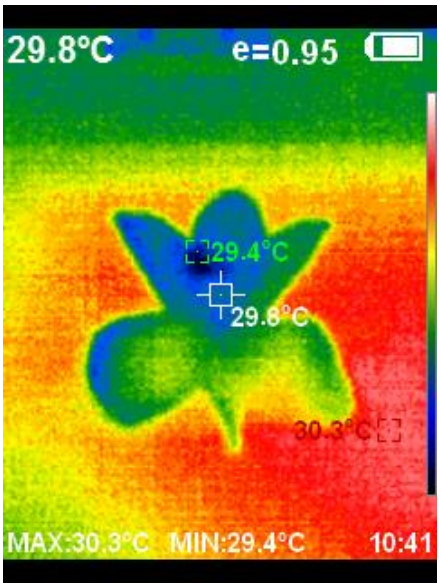
ศรีวิชาการเกษตร

ภาพที่ 9 Thermal imaging camera

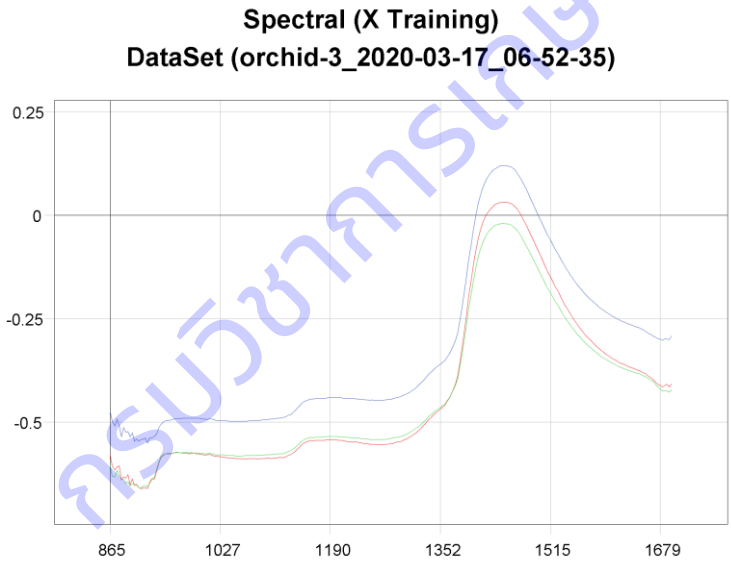


ภาพที่ 10 ส่วนประกอบของระบบ NIR-HSI ประกอบไปด้วย กล้อง CCD [A], Spectrograph [B], แหล่งให้แสง (ทังสเตน-ฮาโลเจน 20 วัตต์) [C], ถาดเลื่อน (Translation state) [D], เลนส์กล้อง [E], คอมพิวเตอร์ [F]

ศูนย์วิทยทรัพยากร

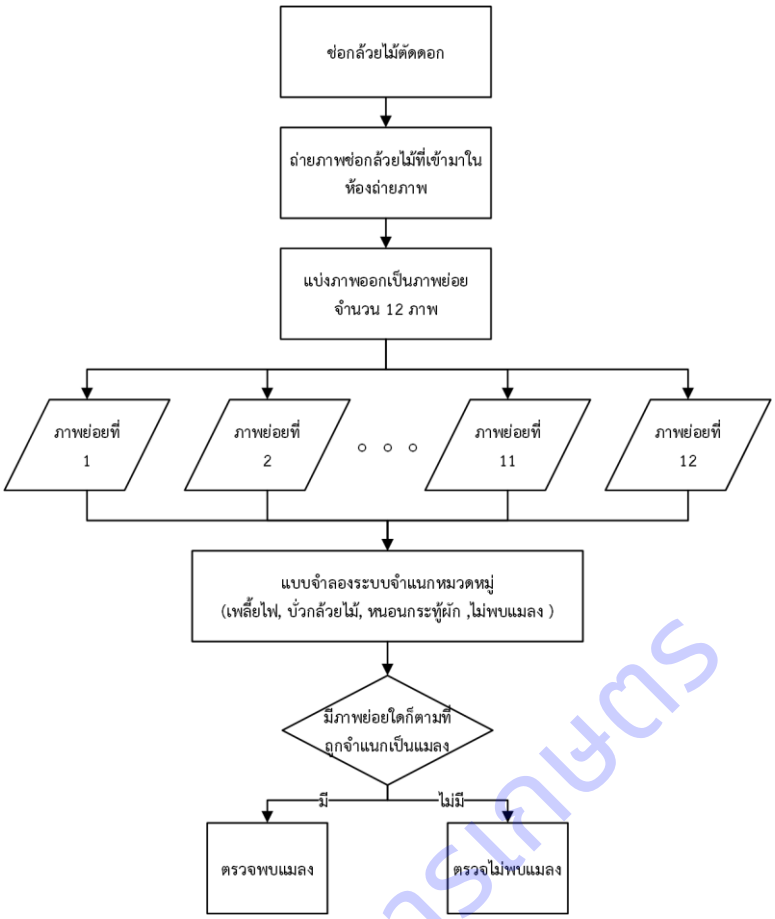


ภาพที่ 11 ภาพความร้อนของดอกกล้วยไม้และหนอนกระทู้ระยะที่ 1 และ 2

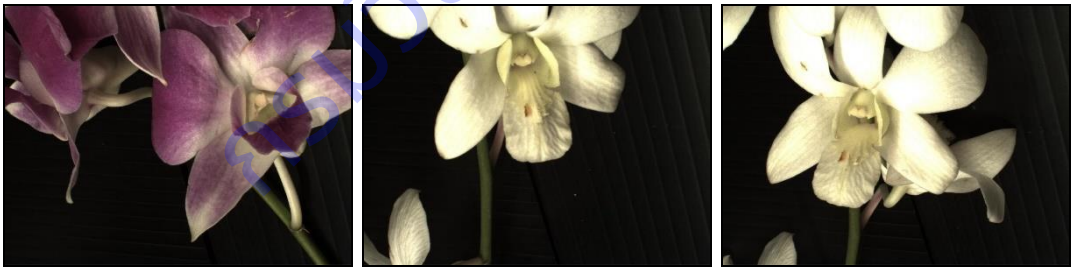


ภาพที่ 12 ข้อมูลการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหนอนกระทู้ (แดง) และดอกกล้วยไม้ (เขียว,น้ำเงิน)

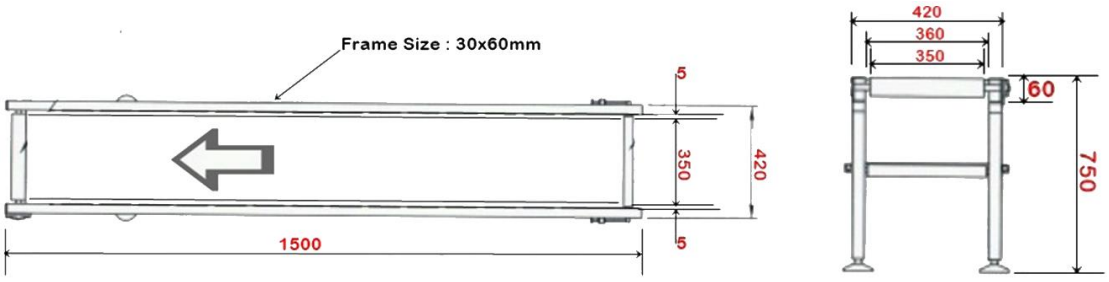
กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 13 ผังการทำงานของเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ตัดดอก

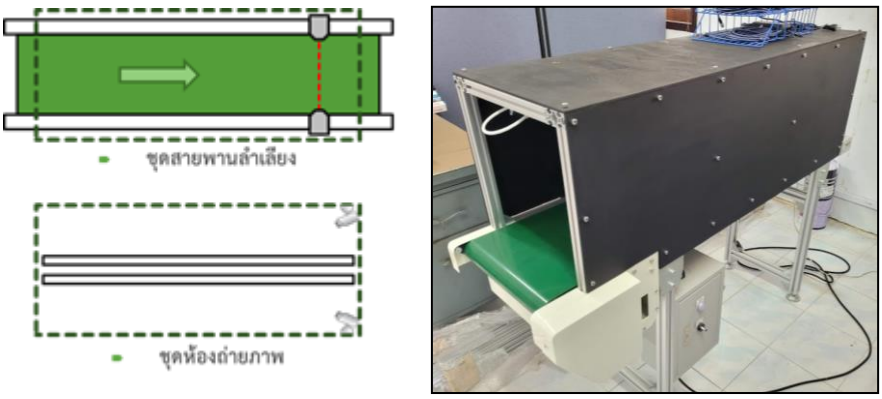


ภาพที่ 14 ตัวอย่างภาพที่ได้จากห้องถ่ายภาพ

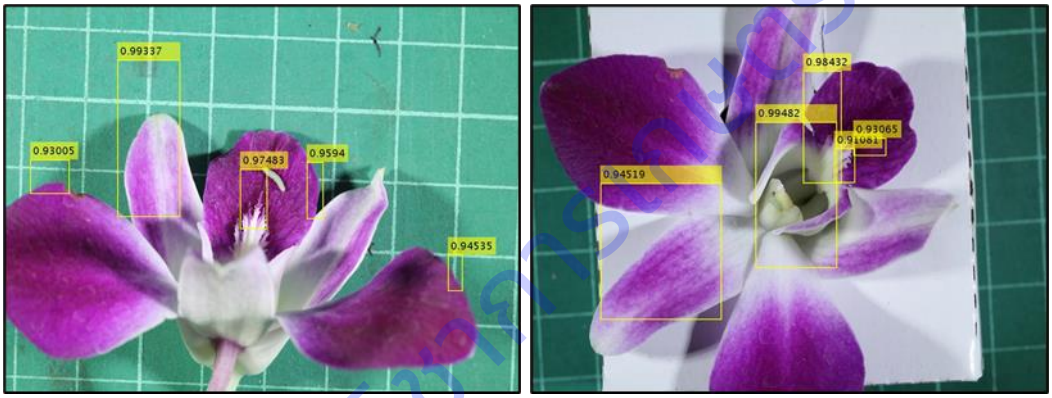


ภาพที่ 15 แบบร่างของชุดสายพานลำเลียง

ลิขสิทธิ์การเกษตร



ภาพที่ 16 ชุดสายพานลำเลียงที่ประกอบร่วมกับห้องถ่ายภาพ



ภาพที่ 17 ผลการตรวจจับที่ตรวจพบพื้นหลังเป็นแมลง

ภาพที่ 18 ภาพที่ได้จากกระบวนการเพิ่มข้อมูลด้วยวิธีการเลื่อนขนาน (Translation)

ภาคผนวก

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

<u>ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)</u>

- ค่าเสื่อมราคาเครื่อง

มูลค่าเครื่องกะเทาะเปลือกฯ (P)	140,000	บาท
อายุการใช้งาน (N)	10	ปี
มูลค่าเครื่องเมื่อหมดอายุการใช้งาน (L)	0	บาท
ต้นทุนค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง		
ต้นทุนค่าเสื่อมราคาของเครื่องฯ	= (P-L)/N	
	= (140,000 – 0)/10	บาท/ปี
	= 14,000	บาท/ปี
-ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน ดอกเบี้ย 10% (i)		
ต้นทุนค่าเสียโอกาสเงินทุน	= [(P+L)/2] × i	
	= [(14,000+0)/2] × 0.1	บาท/ปี
	= 7,000	บาท/ปี
ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม	= 7,000+14,000	บาท/ปี
	= 21,000	บาท/ปี

<u>ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)</u>

-ค่าจ้างแรงงาน

แรงงาน 1 คน 300 บาท/คน เวลา 240 วัน

ต้นทุนค่าแรงงาน	= 1×300×240	บาท/ปี
	= 72,000	บาท/ปี
-ค่าน้ำ	ไม่มีค่าใช้จ่าย	
-ค่าไฟฟ้า		
พลังงานไฟฟ้าขณะทำงาน 0.11 kW-h		
ทำงานวันละ 8 ชม.		
คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท		
ต้นทุนค่าไฟฟ้า	= 1.1×8×240×3.5	บาท/ปี
	= 739.20	บาท/ปี

-ค่าซ่อมบำรุง

กรมวิชาการเกษตร

คิดคงที่เท่ากับร้อยละ 5	= 0.05 × 140,000	บาท/ปี
	= 7,000	บาท/ปี
-ต้นทุนผันแปรรวม	= 79,739.20	บาท/ปี
-ต้นทุนรวมทั้งหมด	= 100,739.20	บาท/ปี
ความสามารถในการทำงานของเครื่อง	= 300	ช่อ/ชม.
	= 576,000	ช่อ/ปี
-ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 576,000/ 100,739.2	
	= 0.175	บาท/ช่อ

<u>การคำนวณจุดคุ้มทุน</u>

ราคาค่าจ้างแรงงานในการคัดแยก	= 500	บาท/วัน
	= 0.21	บาท/ช่อ
ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 0.175	บาท/ช่อ
มูลค่าเพิ่ม	= 0.035	บาท/กิโลกรัม
ปริมาณการทำงานใน 1 ปี	= 576,000	กิโลกรัม/ปี
จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง	รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย	
ดังนั้น	0.21×N = 0.175×576,000	
โดยที่ N คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน	= 483,548.16	ช่อ/ปี
มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่องฯ	= (576,000–N) ×0.035	บาท/ปี
	= 3,091.49	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม	= 140,000/3,091.49	ปี
	= 45.29 (545.43 เดือน)	ปี
อัตราผลตอบแทนเงินทุน	= (มูลค่าเพิ่มสุทธิ/มูลค่าเครื่อง)×100	%
	= (3,091/140,000) ×100	%
	= 2.21	%/ปี

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ข.

โค้ดโปรแกรม Matlab สำหรับการตรวจจับแมลงภายในภาพ

```
net = load([path to CNN model], "net");
testimg = imread([path to image]);
wBlock = 4;
hBlock = 3;
[h, w, d] = size(testimg);
sWidth = w/wBlock;
sHeight = h/hBlock;

res = [];
for hh = 1 : hBlock
        hFrom = (hh-1)*ceil(sHeight) + 1;
        hTo = hh*ceil(sHeight);
        if hTo > h
                hFrom = h - ceil(sHeight) + 1;
                hTo = h;
        end
        for ww = 1 : wBlock
                wFrom = (ww-1)*ceil(sWidth) + 1;
                wTo = ww*ceil(sWidth);
                if wTo > w
                        wFrom = w - ceil(sWidth) + 1;
                        wTo = w;
                end
                Image = testimg(hFrom : hTo, wFrom : wTo, :);
                rImage = imresize(Image, 0.5);
                [YPred,scores] = classify(net.net,rImage);
                if max(scores) > 0.9
                        res(hh,ww) = YPred;
                else
                        res(hh,ww) = 4;
```

กรมวิชาการเกษตร

```
                    end
            end
end


detectionResult = "";
if any(res(:) == 1
            detectionResult = "Worm"
elseif any(res(:) == 2
            detectionResult = "Midge"
elseif any(res(:) == 3
            detectionResult = "Thrips"
elseif all(res(:) == 4)
            detectionResult = "Not Detect"
end
```

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ค.

โค้ดโปรแกรม Matlab สำหรับการสร้างแบบจำลองของระบบจำแนกหมวดหมู่

```
wDatasetPath = [path to worm dataset];
mDatasetPath = [path to midge orchid dataset];
tDatasetPath = [path to thrips orchid dataset];
bgDatasetPath = [path to no pest orchid dataset];

imdsW = shuffle(imageDatastore(wDatasetPath, ...
    'IncludeSubfolders',true,'LabelSource','foldernames'));
imdsW.Files(1001:length(imdsW.Files)) = '';
imdsM = shuffle(imageDatastore(mDatasetPath, ...
    'IncludeSubfolders',true,'LabelSource','foldernames'));
imdsM.Files(1001:length(imdsM.Files)) = '';
imdsT = shuffle(imageDatastore(tDatasetPath, ...
    'IncludeSubfolders',true,'LabelSource','foldernames'));
imdsT.Files(1001:length(imdsT.Files)) = '';
imdsBG = shuffle(imageDatastore(bgDatasetPath, ...
    'IncludeSubfolders',true,'LabelSource','foldernames'));
imdsBG.Files(1001:length(imdsBG.Files)) = '';

imdsTrain = imageDatastore(cat(1,imdsW.Files,imdsM.Files,imdsT.Files,imdsBG.Files));
imdsTrain.Labels = cat(1,imdsW.Labels,imdsM.Labels,imdsT.Labels,imdsBG.Labels);

conLayerSize = 3;

layers = [
    imageInputLayer([324 324 3])

    convolution2dLayer(conLayerSize,8,'Padding','same')
    batchNormalizationLayer
    reluLayer
```

ศรีวิชัยการเกษตร

```
    maxPooling2dLayer(2,'Stride',2)

    convolution2dLayer(conLayerSize,16,'Padding','same')
    batchNormalizationLayer
    reluLayer

    maxPooling2dLayer(2,'Stride',2)

    convolution2dLayer(conLayerSize,32,'Padding','same')
    batchNormalizationLayer
    reluLayer

    maxPooling2dLayer(2,'Stride',2)

    convolution2dLayer(conLayerSize,64,'Padding','same')
    batchNormalizationLayer
    reluLayer

    fullyConnectedLayer(4)
    softmaxLayer
    classificationLayer];

options = trainingOptions('sgdm', ...
    'InitialLearnRate',0.001, ...
    'MaxEpochs',8, ...
    'Shuffle','every-epoch', ...
    'ValidationData',imdsTrain, ...
    'ValidationFrequency',16, ...
    'Verbose',false, ...
    'Plots','training-progress');

net = trainNetwork(imdsTrain,layers,options);
```

กรมวิชาการเกษตร