รายงานชุดโครงการวิจัย

การลดการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยว

Controlling of Post Harvest Pest by Minimizing Chemical Usage

รังสิมา เก่งการพานิช

Rungsima Kengkanpanich

ปี พ.ศ. 2558

รายงานชุดโครงการวิจัย

การลดการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยว

Controlling of Post Harvest Pest by Minimizing Chemical Usage

รังสิมา เก่งการพานิช

Rungsima Kengkanpanich

ปี พ.ศ. 2558

คำปรารภ

ชุดโครงการวิจัยการลดการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยว ได้ดำเนินการทดลองช่วงปี 2554-2558 ประกอบด้วย 2 โครงการวิจัย ได้แก่ โครงการวิจัยและพัฒนาการจัดการโรคและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่ใช้สารเคมี และโครงการพัฒนาการจัดการศัตรูผลิตผลเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพ รวมทั้งสิ้น 48 การทดลอง เป็นการวิจัยด้านพื้นฐานและประยุกต์ ได้แก่ การวิจัยการควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราโดยใช้วิธีการต่างๆ ดังนี้ จุลินทรีย์ สารสกัดจากพืช การใช้สารกลุ่ม GRAS หรือการใช้วิธีทางกายภาพ นอกจากนี้ยังมีการใช้วิธีผสมผสานวิธีการตั้งแต่ผู้ผลิตถึงผู้บริโภคอีกด้วย ในส่วนวิจัยด้านแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรมีการใช้วิธีการต่างๆ ดังนี้ การใช้สารรมอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ การพัฒนาการผลิตชีวภัณฑ์ การใช้วิธีทางกายภาพ การศึกษาชีววิทยา นิเวศวิทยา การป้องกันกำจัดศัตรูผลิตผลเกษตร และการศึกษาความต้านทานฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร งานวิจัยในชุดโครงการนี้เพื่อสอดรับแผนงานวิจัยก่อนเก็บเกี่ยว ทั้งนี้เพื่อลดความสูญเสียของผลิตผลเกษตรที่เกิดจากโรคและแมลงต่างๆ ให้เหลือน้อยที่สุด และปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยการลดการใช้สารเคมี อย่างไรก็ตามศัตรูพืชมีการพัฒนาตนเองให้ต้านทานต่อสารเคมี งานวิจัยและพัฒนาในช่วงปี 2554-2558 ได้มีการปรับแผนให้สอดรับกับปัญหาดังกล่าวแล้ว ทั้งนี้เพื่อให้เกษตรกร ผู้ประกอบการได้เทคโนโลยีในการผลิตสินค้าเกษตรตรงตามมาตรฐานของประเทศและเพื่อการส่งออกต่อไป

รังสิมา เก่งการพานิช
หัวหน้าชุดโครงการวิจัยฯ

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
ผู้วิจัย	2
บทนำ	3
1. **โครงการวิจัยที่ 1** การวิจัยและพัฒนาการจัดการโรคและสารพิษจากเชื้อรา ในผลิตผล เกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่ใช้สารเคมี	5
2. **โครงการวิจัยที่ 2** การพัฒนาการจัดการศัตรูผลิตผลเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพ	57
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	107
บรรณานุกรม	111

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิจัยสารพิษจากเชื้อรา และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโรคพืชหลังเก็บเกี่ยว กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิจัยด้านแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ที่ช่วยให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบคุณฝ่ายวิชาการสถิติกองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านการวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนคำแนะนำที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุน และให้ความเอื้อเฟื้อช่วยเหลือเป็นอย่างดีด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ ในการทำวิจัยสารสกัดจากพืช

ขอขอบคุณหน่วยงานต่าง ๆ ของกรมวิชาการเกษตร บริษัทเอกชน โรงสีข้าว โรงเก็บข้าวโพด แปลงผัก สวนผลไม้ต่างๆ ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง อุปกรณ์ต่างๆ ทำให้การทดลองครั้งนี้ประสบความสำเร็จด้วยดี

ผู้วิจัย

รังสิมา เก่งการพานิช
พรรณเพ็ญ ชโยภาส
รัตตา สุทธยาคม
นารีรัตน์ สุนทรธรรม
อัจฉราพร ศรีจุดานุ
กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม
ภาวินี หนูชนะภัย
ณัฐวัฒน์ แย้มยิ้ม

พรทิพย์ วิสารทานนท์
รัมม์พัน โกศลานันท์
บุญญวดี จิระวุฒิ
เนตรา สมบูรณ์แก้ว
อารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย
ใจทิพย์ อุไรชื่น
อัจฉรา เพชรโชติ

อมรา ชินภูติ
ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์
ศุภรา อัคคะสาระกุล
สุพี วนศิรากุล
วัชรี วิทยวรรณกุล
ดวงสมร สุทธิสุทธิ์
พนัญญา พบสุข

บทนำ

ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้เจริญก้าวหน้ามากทำให้เกษตรกรสามารถผลิตได้พอเพียงกับความต้องการของผู้บริโภค หลายครั้งที่ผลผลิตมีมากเกินความต้องการของผู้บริโภคดังนั้นผู้ผลิตและผู้บริโภคจึงมุ่งเน้นไปที่คุณภาพของผลผลิตโดยเน้นเรื่องความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นหลัก ปัญหาของผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวคือการเข้าทำลายของศัตรูผลิตผลเกษตร ได้แก่ แมลง เชื้อรา แบคทีเรีย และการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรา ทำให้ผลิตผลเกษตรเน่าเสีย ไม่ได้คุณภาพมาตรฐาน และเกิดการสูญเสียรายได้แก่เกษตรกร ผู้ประกอบการ และผู้ส่งออก เช่นปัญหาการเข้าทำลายของแมลง ด้วงงวงข้าวโพด, *Sitophilus zeamais* Motschulky; มอดข้าวเปลือก, *Rhyzopertha dominica*(Fabricius); มอดแป้ง, *Tribolium castaneum* (Herbst); มอดหนวดยาว, C*ryptolestes pusillus* (Schonherr) ด้วงถั่ว (*Callosobruchus* spp.); มอดยาสูบ (*Lasioderma serricorne* Fabricius); มอดสมุนไพร (*Stegobium paniceum* Linneaus) และผีเสื้อข้าวเปลือก (*Sitotrogo cerealella* (Olivier)) ในธัญพืช และกาแฟ (พรทิพย์,2548) สำหรับผักผลไม้เพื่อการส่งออกพบปัญหาสำคัญคือเรื่องการปนเปื้อนของแมลงกักกันหลายชนิด ได้แก่ เพลี้ยไฟฝ้าย (*Thrips parmi* Karny) และแมลงหวี่ขาวยาสูบ (*Bemisia tabaci* (Gennadius)) นอกจากนี้ยังพบการเข้าทำลายของเชื้อราในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว เช่นเชื้อรา *Colletrotrichum gloeosporioides* ทำให้เกิดโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง เชื้อรา *Lasiodiplodia thebromae* สาเหตุโรคผลเน่าของเงาะ การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคกับมนุษย์ ในผักสด เช่นเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella spp* ซึ่งทำให้เกิดอาการท้องเสีย การปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรา เช่นสารแอฟลาทอกซินในถั่วลิสง ข้าวโพด ข้าวกล้อง สารโอคราทอกซิน ปนเปื้อนในกาแฟ และผลไม้แห้ง เป็นต้น ปัญหาศัตรูผลิตผลเกษตรต่าง ๆที่เกิดหลังการเก็บเกี่ยวนี้ทำให้เกิดความเสียหายต่อประเทศชาติอย่างมากทั้งทางตรงและทางอ้อม ความเสียหายทางตรงได้แก่ผลิตผลเกษตรเกิดการเน่าเสีย น้ำหนักผลผลิตลดลง คุณภาพไม่ได้มาตรฐาน ทำให้เกษตรกรสูญเสียรายได้ และในกรณีเกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในผักสด และสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรก็จะเกิดผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของมนุษย์อาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ ขณะที่ผลกระทบทางอ้อมได้แก่การสูญเสียตลาดทั้งในและต่างประเทศ ประเทศผู้นำเข้าได้นำเอาการปนเปื้อนของศัตรูผลิตผลเกษตรมาเป็นเครื่องกีดกันทางการค้า

แก้ปัญหาดังกล่าวที่ผ่านมาจะนิยมใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูผลิตผลเกษตร เพราะได้ผลดีและรวดเร็ว แต่ผลกระทบที่ตามมาคือเกิดการตกค้างของสารเคมีในผลิตผลเกษตรเหล่านั้น ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคโดยตรง เกิดมลพิษในสภาพแวดล้อม และผลิตผลเกษตรไม่สามารถส่งออกได้ทำให้เกิดความเสียหายต่อการค้าระหว่างประเทศ เพราะประเทศคู่ค้าทั้งยุโรปและอเมริกาจะนำเอาเรื่องสารเคมีตกค้างและความปลอดภัยของอาหารมาเป็นเครื่องมือกีดกันทางการค้า เช่นกัน ดังนั้น แนวโน้มในปัจจุบันและในอนาคตเกษตรกร และ ผู้ประกอบการจะให้ความสำคัญกับการลดการใช้สารเคมี และสารสังเคราะห์ต่างๆ ในขบวนการผลิตตลอดห่วงโซ่อาหาร เพราะเป็นความต้องการของตลาด และผู้บริโภค เพื่อหลีกเลี่ยงและลด การ

ใช้สารเคมีที่มีอันตรายในการควบคุมแมลงศัตรู โรค และสารพิษจากเชื้อในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งการควบคุมจุลินทรีย์ก่อโรคในผักสด และเพื่อตอบสนองแผนงานวิจัยของรัฐบาลเกี่ยวกับการผลิตอาหารปลอดภัย กรมวิชาการเกษตรจึงได้ให้ความสำคัญเป็นอย่างมากในการศึกษาวิจัยและพัฒนาหาวิธีการอื่นๆที่มีประสิทธิภาพ มาใช้ในการควบคุมศัตรูผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว ในทุกขั้นตอนการผลิต ตั้งแต่การเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา การขนส่ง การจำหน่าย จนถึงผู้บริโภค ได้แก่ วิธีทางชีววิทยา วิธีทางกายภาพ และวิธีแบบผสมผสาน มาทดแทนการใช้สารเคมีที่มีอันตราย ต่อสิ่งมีชีวิต และสภาพแวดล้อม

วัตถุประสงค์

ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมศัตรูผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ แมลง โรค และสารพิษจากเชื้อรา ด้วยการนำวิธีชีวภาพ เช่นการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และการใช้สารสกัดจากพืชมาควบคุม วิธีทางกายภาพ เช่นการใช้ไอความร้อน การใช้คลื่นความถี่วิทยุ การใช้อุณหภูมิ การใช้สารรมที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ และวิธีการผสมผสานทั้งระบบตลอดห่วงโซ่อาหาร เพื่อให้ผลิตผลเกษตรมีคุณภาพและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

วิธีการวิจัย

1. ทำการวิจัยเพื่อศึกษาวิธีการควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราด้วยจุลินทรีย์ สารสกัดจากพืช ใช้วิธีทางกายภาพ ใช้สารกลุ่ม GRAS และโดยการประเมินโรคและการผสมผสานวิธีการ

2. ทำการวิจัยเพื่อศึกษาวิธีการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร โดยใช้วิธีการต่างๆ ได้แก่ การใช้สารรมอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ การพัฒนาการผลิตชีวภัณฑ์ การใช้วิธีทางกายภาพ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาชีววิทยา นิเวศวิทยา ของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร และศึกษาความต้านทานฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

โครงการที่ 1 การจัดการโรคและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่ใช้สารเคมี

Post-harvest Diseases and Mycotoxins Management in Agricultural Commodities without Hazardous Chemicals

ชื่อผู้วิจัย

ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์	อมรา ชินภูติ	รัมม์พัน โกศลานันท์
รัตตา สุทธยาคม	บุญญวดี จิระวุฒิ	ศุภรา อัคคะสาระกุล
นารีรัตน์ สุนทรธรรม	เนตรา สมบูรณ์แก้ว	สุพี วนศิรากุล
อัจฉราพร ศรีจุดานุ	อารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย	วัชรี วิทยวรรณกุล

คำสำคัญ

โรคผลเน่า แอฟลาทอกซิน เชื้อรา แบคทีเรีย ชีววิธี ปฏิปักษ์ สารสกัด ไบคาร์บอเนต กรดอินทรีย์ คาร์บอเนต สารกลุ่มปลอดภัย วิธีทางกายภาพ เมล็ดธัญพืช โรคแอนแทรคโนส ผลไม้ เน่าเสีย

Abstract

The losses of productivity from postharvest plant diseases and mycotoxin is a major problem. But the control of the losses should be safe for both producers and consumers, it is essential. The authors focus on the quality or reduce the losses of productivity, either. The project of “Post-harvest Diseases and Mycotoxins Management in Agricultural Commodities without Hazardous Chemicals” was conducted during the fiscal year 2011 - 2015 consists of five activities, 23 experiments with the objective was "to study and develop efficient technologies to control postharvest diseases, microbial and mycotoxins contamination in agricultural commodities without using pesticides" The project consists of the following 5 activities.

The first activity is Controls of Postharvest Diseases and Mycotoxins by Using Antagonistic Microorganisms. The studies on microorganisms those have the potential for postharvest diseases control and mycotoxins. The results of this activities were antagonistic bacteria, *Bacillus subtillis* or *B. amyloliquefaciens* those have the ability to control fruit rot

of rambutans (*Nephelium lappaceum*) and developed to bio-agent products that are effective in controlling postharvest rot of rambutans, Antagonistic bacteria, *Bacillus tequilensis* and *Bacillus subtilis* sub sp. *Inaquosorum* those control of *Aspergillus flavus* and inhibit Aflatoxins synthesis in agricultural commodities and The non-producing strain of antagonistic *A. flavus* that reduced Aflatoxins contamination in corn.

The second activity is Controls of Post-harvest Plant Diseases and Mycotoxins by Using Plant Extracts. The studies on extracts of galangal, ginger and turmeric revealed those inhibitory effects on anthracnose diseases on mangoes, bananas, papayas and the extracts of pomegranate (*Punica granatum*) peel powder at a concentration of 12,000 ppm inhibit *E. coli* contamination in kitchen mint (*Mentha cordifolia*) during storage. The Garlic (*Allium sativum*) extract growth of *A. flavus* and reduced aflatoxins contamination in dry chili and chili powder and parviflora (*Kaempferia parviflora*) and holy basil (*Ocimum sanctum*) extracts control the growth of *A. flavus* and their aflatoxins production and the peanuts at 1 month after the experiment.

The third activity is Controls of Post-harvest Plant Diseases by Using GRAS Agents. The studies on GRAS substances revealed that acetic acid and oxalic acid able to control anthracnose in on the artificial of papaya, mango and banana while, the trials on the naturally infected fruits of papaya, only oxalic acid gave effective results. Methyl salicylate has the potential to control fruit rot of longkong (*Lansium parasiticum*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) caused by *Phomopsis* sp., while the citric acid inhibited the growth of fungi *Dothiorella* sp. in the laboratory (*in vitro*), but sodium metabisulphite Inhibited diseases on fruits (*in vivo*). Propionic acid and sodium carbonate at a concentration of 3.0 % and 0.08 % inhibit *Colletotrichum* sp., kitchen mint (*Mentha cordifolia*) washed with 6 % citric acid stored at 5 $^{\circ}$C, provided highly effective control on *E. coli* contamination

The fourth activity is Controls of Post-harvest Plant Diseases and Mycotoxins by Using Physical Methods. The studies on physical methods revealed that using of microwave oven were reduced amount of Ochratoxin A in dried fruits example, dried cranberry and white raisins, Aflatoxins in black sesame, Fumonisin in barley and cornflakes, while using a hot air oven reduced in dried cranberries, white raisin and dried blueberries, Aflatoxins in peanuts, brown rice, black sesame and rice and UV light reduced the contamination of Fumonisin in barleys.

The fifth activity is Controls of Post-harvest Plant diseases and Mycotoxins by Using Evaluation of Infection and Integrated Plant Disease Management. The studies revealed that

dipping mango fruits in a solution of paraquat could provoke symptoms of quiescent infectious fungi (*C. gloeosporioides*). The use of ammonium carbonate and potassium carbonate combining with hot water treatment at 55 ° C provided highly effective control of anthracnose disease on dragon fruits papayas and mangoes, while the use of hot water combining with potassium sorbate inhibited postharvest anthracnose diseases on sweet peppers. Dipping of Curcuma combs in essential oils, lavender, holy basil, turmeric, cloves gave highly effective on disease control of Curcuma caused by *Fusarium* sp.. The study on kitchen mint productions, the process of cleaning at plantations after harvesting is the highest risk step the second is the step of washing at the packing houses and temperature control during transports. The use of 1-MCP at a concentration of 500 ppm chitosan at a concentration of 0.25 % and the active film thickness of 40 microns provided extending of the fallen of fruits, reduced browning and disease on longkong fruits. UV-C showed the stimulating effects on wound curing on ginger rhizomes under high humidity (95 % RH.), wounds were healed in 12-24 hour comparing with the original time of 48 hours.

The results of the project can be used as an alternative method for employers to use as post-harvest plant disease control and mycotoxins in agricultural commodities to be safe, both for producers and consumers.

บทคัดย่อ

การสูญเสียของผลผลิตจากโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวและสารพิษจากเชื้อราเป็นปัญหาสำคัญ แต่การควบคุมความสูญเสียดังกล่าวด้วยวิธีการที่ปลอดภัยต่อทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคนั้นก็เป็นสิ่งจำเป็น คณะผู้วิจัยให้ความสำคัญกับคุณภาพและการลดการสูญเสียของผลผลิต จึงได้เริ่มดำเนินการ โครงการวิจัยการจัดการโรคและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่ใช้สารเคมี ในช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2558 ประกอบไปด้วย 5 กิจกรรม 23 การทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์ คือ “เพื่อศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว การปนเปื้อนจุลินทรีย์และสารพิษจากเชื้อรา ในผลิตผลเกษตร โดยไม่ใช้สารกำจัดศัตรูพืช” โครงการประกอบด้วย 5 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราด้วยจุลินทรีย์ ได้ศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อรา พบเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtillis* หรือ *B. amyloliquefaciens* ที่สามารถควบคุมโรคผลเน่าของเงาะและผลิตเป็นชีวภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าของเงาะหลังการเก็บเกี่ยวได้ แบคทีเรีย *Bacillus tequilensis* และ *Bacillus subtilis sub sp. Inaquosorum* ควบคุมเชื้อรา *Aspergillus flavus* และยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซินในผลิตผล

เกษตร และพบเชื้อรา *A. flavus* สายพันธุ์ไม่สร้างสารพิษที่เป็นปฏิปักษ์กับเชื้อราที่สร้างสารพิษและสามารถลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินในข้าวโพดได้

กิจกรรมที่ 2 การควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราด้วยสารสกัดจากพืช ได้ศึกษาสารสกัดจากพืช พบว่าข่า สารสกัดไพลและขมิ้นชันสามารถยับยั้งเชื้อราและควบคุมโรคโรคแอนเทรคโนสบนผลมะม่วง กล้วยหอม และมะละกอ สารสกัดจากผงเปลือกผลทับทิมความเข้มข้น 12,000 ppm สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ลดการปนเปื้อนในผักสะระแหน่ระหว่างการเก็บรักษาได้ สารสกัดกระเทียมควบคุมเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินในพริกแห้งและพริกป่นนานถึง 4 เดือน และสารสกัดกระชายดำและกะเพราในการควบคุมการเจริญของเชื้อ *Aspergillus flavus* และลดปริมาณสารแอฟลาทอกซิน บนถั่วลิสงหลังจากเคลือบเป็นเวลา 1 เดือน

กิจกรรมที่ 3 การควบคุมโรคโดยใช้สารกลุ่ม GRAS ได้ศึกษาสารกลุ่ม GRAS พบว่า acetic acid และ oxalic acid สามารถควบคุมโรคแอนแทรคโนสใน มะละกอ กล้วยหอม มะม่วง และแก้วมังกรที่ปลูกเชื้อ และ oxalic acid ควบคุมโรคที่เกิดโดยธรรมชาติบนผลมะละกอได้ สาร methyl salicylate มีศักยภาพในการควบคุมโรคผลเน่าของผลเงาะและลองกองที่เกิดจากเชื้อ *Phomopsis* sp. ขณะที่ citric acid สามารถยับยั้งการเจริญเชื้อรา *Dothiorella* sp. ในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) แต่ sodium metabisulphite ยับยั้งโรคบนผลมะม่วง (*in vivo*) ส่วน propionic acid และ sodium carbonate ที่ความเข้มข้น 0.08 และ 3.0 % ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ได้ และพบว่าการล้างยอดสะระแหน่ ด้วย citric acid สามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ *E. coli*

กิจกรรมที่ 4 การควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราโดยวิธีทางกายภาพ ได้ศึกษาวิธีทางกายภาพ พบว่าการใช้เตาอบไมโครเวฟลดปริมาณโอคราทอกซินเอ ในตัวอย่างผลไม้อบแห้ง เช่น แครนเบอรรี่ และ ลูกเกดขาว ลดปริมาณแอฟลาทอกซินในงาดำ ลดสารพิษฟูโมนิซินในข้าวบาร์เลย์ และ คอร์นเฟลก (cornflake) ได้ ขณะที่การใช้เตาอบลมร้อน สามารถลดโอคลาทอกซินเอใน แครนเบอร์รี่อบแห้ง ลูกเกดขาว และ บลูเบอร์รี่อบแห้ง ลดแอฟลาทอกซินใน ถั่วลิสง ข้าวกล้อง งาดำ และข้าวเหนียวดำได้ และพบว่า การอาบแสง UV ลดการปนเปื้อนของสารพิษฟูโมนิซินในข้าวบาร์เลย์ได้

กิจกรรมที่ 5 การควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราโดยการประเมินโรคและการผสมผสานวิธีการ ได้ศึกษาการผสานวิธีควบคุมและการประเมินการเกิดโรคและความเสี่ยง พบว่าการจุ่มผลมะม่วงในสารละลาย paraquat สามารถกระตุ้นการแสดงอาการโรคแอนแทรคโนสให้แสดงอาการภายใน 3 วัน การใช้ ammonium carbonate และ potassium carbonate ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 °C สามารถควบคุมโรคแอนแทรคโนสในแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง มะละกอพันธุ์ปักไม้ลาย และมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ได้ ขณะที่การใช้น้ำร้อนร่วมกับ potassium sorbate ยับยั้งโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานได้ การจุ่มหัวพันธุ์ พันธุ์ปทุมมาด้วยน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน ตะไคร้หอม กะเพรา และกานพลู สามารถควบคุมโรคจากเชื้อ *Fusarium* sp. ได้ ส่วนกระบวนการผลิตผักสะระแหน่เพื่อส่งออกพบว่า ขั้นตอนการล้างหลังจากเก็บเกี่ยวที่แปลงปลูกเป็นจุดที่มีความเสี่ยงสูงที่สุด รองลงมาคือขั้นตอนการล้างในโรงคัดบรรจุ และการควบคุมอุณหภูมิในขณะขนส่ง ในการควบคุมเชื้อราบนผลลองกองพบว่าการใช้ 1-MCP และ chitosan ร่วมกับบรรจุภัณฑ์

active film สามารถชะลอการหลุดร่วง ลดการเกิดสีน้ำตาล และลดการเกิดโรคได้ และการให้รังสี UV แก่แง่งขิง ร่วมกับการบ่มในสภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงสามารถเร่งการสมานบาดแผลให้เร็วขึ้นได้

ผลการทดลองภายใต้โครงการสามารถนำไปใช้เป็นวิธีการทางเลือกแก่ผู้ประกอบการนำไปใช้ควบคุมโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตร เพื่อให้เกิดความปลอดภัยทั้งแก่ผู้ผลิตและผู้บริโภค

บทนำ

เทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรในปัจจุบัน มีความเจริญก้าวหน้ามากทำให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลิตได้มากขึ้น จนบางครั้งที่ผลผลิตมีมากเกินความต้องการ ดังนั้นผู้บริโภคในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นความสำคัญไปที่คุณภาพของผลผลิต ผลผลิตที่เสื่อมคุณภาพถือเป็นการสูญเสียจากกระบวนการปฏิบัติทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ความเสื่อมทางสรีระของพืช โรคพืช และแมลง เพื่อที่จะลดความสูญเสียดังกล่าวจึงมีการควบคุมปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ด้วยวิธีการที่อาจมีสารเคมีอันตรายเข้ามาเกี่ยวข้อง ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่กำลังให้ความสนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้านความปลอดภัยและสุขภาพ ด้วยเหตุนี้ จึงมีความพยายามในการลดการใช้สารเคมี และสารสังเคราะห์ต่างๆ ในขบวนการผลิตตั้งแต่แปลงปลูกจนถึงผู้บริโภค เพราะนอกจะเป็นปัญหาด้านความปลอดภัยและสุขภาพของตลาดภายในประเทศแล้ว ยังเป็นปัญหาในการส่งออกสินค้าเกษตรไทยไปต่างประเทศด้วย เพราะประเทศคู่ค้ามักจะนำเอาประเด็นความปลอดภัยด้านอาหารมาใช้เป็นเครื่องมือกีดกันทางการค้าด้วย

การสูญเสียของผลิตผลเกษตรหลังเก็บเกี่ยวจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ เนื่องจากตลอดกระบวนการผลิตตั้งแต่เพาะปลูก จนสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นั้นล้วนมีภาระต้นทุนที่ทั้งเกษตรกรและผู้ประกอบการจะต้องแบกรับ หากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวไม่เหมาะสม ทำให้ผลผลิตเน่าเสียเนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อรา หรือเกิดการปนเปื้อนของสารพิษ ทำให้ผลิตผลเกษตรไม่ได้มาตรฐาน ก็จะเกิดความเสียหายต่อหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เช่น เกษตรกร ผู้ประกอบการ และภาพลักษณ์ของประเทศในผลิตผลที่มีการส่งออก

การสูญเสียของผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว อาจเกิดได้หลายลักษณะ เช่น การเกิดโรคของผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว การปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรา การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคกับมนุษย์ในพืชผักสด เช่น *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. การปนเปื้อนของสารตกค้างจากการใช้สารเคมีในแปลงปลูก เป็นต้น

การเน่าเสียของผลไม้ในเขตร้อนเนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยวเป็นปัญหาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ทำให้การส่งออกไปยังต่างประเทศทำได้ยาก ซึ่งสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลผลิตเน่าเสียเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว คือการเข้าทำลายของเชื้อราก่อให้เกิดอาการผลเน่าเป็นจุดสีน้ำตาล การเกิดโรคแอนแทรคโนสในมะม่วง และไม้ผลหลายชนิด

การปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรา เช่นสารแอฟลาทอกซิน สารพิษโอคราทอกซิน เอ สารพิษฟูโมนิซิน ในผลิตผลเกษตรชนิดต่าง ๆ ก็เป็นอีกปัญหาของความปลอดภัยในอาหาร และเป็นข้อกีดกันทางการค้าระหว่างประเทศ

ในการแก้ปัญหาผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวดังกล่าวจึงควรพิจารณาใช้วิธีการที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคด้วยการไม่ใช้สารเคมีที่มีอันตราย เพื่อลดปัญหาสารเคมีตกค้าง ทำการพัฒนาคุณภาพผลผลิต ลดการเน่าเสียและยืดอายุการเก็บรักษาด้วยชีววิธี ผสมผสานกับวิธีทางกายภาพ รวมไปถึงการประเมินสถานการณ์การเกิดโรคและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรด้วย

การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อรา

ประเทศไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพมากโดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์กันมากมายทั้งทางอุตสาหกรรม ทางการแพทย์ และทางการเกษตร การใช้จุลินทรีย์มาช่วยในการควบคุมโรคของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ ยีสต์ รา และแบคทีเรีย ซึ่งกลไกในการควบคุมเชื้อสาเหตุหลังการเก็บเกี่ยวจะมีหลายลักษณะ เช่น กลไกการแย่งอาหาร และการสร้างสารสกัดยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุ เป็นต้น

การควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราด้วยสารสกัดจากพืช

การใช้สารสกัดจากพืชในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชเป็นทางเลือกหนึ่งในการที่จะลดปริมาณการใช้สารเคมี ประเทศไทยมีพืชสมุนไพรหลากหลายชนิดที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมศัตรูพืช แต่ในการที่จะนำมาใช้ในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวในผลไม้ชนิดต่าง ๆ นั้นสมควรจะเลือกชนิดของสมุนไพรที่มนุษย์สามารถบริโภคได้ เพราะผลไม้หรือผลิตผลเกษตรต่างๆเหล่านั้นพร้อมที่จะบริโภคอยู่แล้ว จึงไม่ควรที่จะมีสารอื่นๆ ที่เป็นอันตรายตกค้างอีก

การควบคุมโรคโดยใช้สารกลุ่ม GRAS (Generally Recognized as safe)

สารกลุ่ม GRAS เป็นสารเคมีที่ไม่มีอันตรายต่อผู้บริโภค บางชนิดมีการใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารอยู่แล้ว เช่น เกลือ carbonate bicarbonate, Methyl Jasmonate และ Methyl Salicylate ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ในการควบคุมโรคของผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวกันมาก เช่นการใช้ sodium carbonate ควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง เพื่อลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา จึงมีการพัฒนาวิธีการใช้สารในกลุ่มนี้เพื่อทดแทนการใช้สารเคมี ในการควบคุมโรคผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว

การควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราโดยวิธีทางกายภาพ

วิธีทางกายภาพเป็นอีกทางเลือกในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว โดยไม่ใช้สารเคมี วิธีที่นิยมใช้และได้ผล เช่น การใช้ความร้อน การใช้ไมโครเวฟ การใช้แสงแดด การควบคุมโรคของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวโดยการใช้ไอน้ำร้อนเป็นวิธีการที่ใช้ได้ดีในการควบคุมโรคโดยไม่มีผลต่อคุณภาพผลผลิต หรืออาจใช้การจุ่มน้ำร้อนในระยะเวลาสั้น ๆ การใช้แสงแดดในการลดความชื้นเมล็ดธัญพืช สามารถแก้ปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษในธัญพืชได้เช่นกัน ซึ่งวิธีทางกายภาพส่วนใหญ่ทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน เกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติได้ง่าย

การควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราโดยการประเมินโรคและการผสมผสานวิธีการ

การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวกับผลไม้ชนิดใดชนิดหนึ่ง บางครั้งการใช้วิธีการเดียวอาจควบคุมไม่ได้ผลร้อยเปอร์เซ็นต์ เพราะโรคอาจเกิดจากเชื้อราสาเหตุหลายชนิดพร้อมกัน หรืออาจเกิดการเข้าทำลายในแต่ละช่วงอายุหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นการใช้วิธีการแบบผสมผสานอาจช่วยให้การควบคุมมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น การใช้น้ำร้อนร่วมกับการสารกลุ่ม GRAS นอกจากนี้การประเมินสถานการณ์การเกิดโรคและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรก็เป็นอีกแนวทางในการที่จะกำหนดความเสี่ยงเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการควบคุมหรือแก้ปัญหาในจุด หรือขั้นตอนเสี่ยงที่พบระหว่างกระบวนการผลิตจนถึงผู้บริโภคโดยไม่ต้องใช้สารเคมี

เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีที่มีอันตรายในการควบคุมโรค และสารพิษจากเชื้อในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว รวมถึงการควบคุมจุลินทรีย์ก่อโรคในผักสด จึงได้มีการศึกษาวิจัยวิธีการควบคุม ได้แก่ การใช้

เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ การใช้สารสกัดจากพืช การใช้สารกระตุ้นความต้านทาน การใช้สารกลุ่ม GRAS (generally recognized as safe) การใช้วิธีทางกายภาพ หรือผสมผสานวิธีการร่วมกับการประเมินการเข้าทำลายของโรค เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีที่มีอันตราย ต่อสิ่งมีชีวิต และสภาพแวดล้อม

การทบทวนวรรณกรรม

เงาะ (*Nephelium lappaceum* L.) เป็นผลไม้ในเขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศ (ฝ่ายข้อมูลวารสารเคหการเกษตร, 2537) สาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลผลิตเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว คือ การเข้าทำลายของเชื้อราหลายชนิดและก่อให้เกิดอาการผลเน่า (สมศิริ และคณะ, 2540) มีรายงานว่า พบเชื้อราเข้าทำลายหลายชนิด คือ *Lasiodiplodia theobromae, Colletotrichum gloeosporioides, Gliocephalotrichum bullilium* และ *Phytophthora bothyosa* (อังสุมา และ สมศิริ, 2526) การควบคุมโรคภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปในปัจจุบัน คือ การใช้สารเคมี ซึ่งนอกจากจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อมแล้ว ยังส่งเสริมให้เกิดปัญหาสารพันธุ์ของเชื้อราที่ต้านทานในเวลาต่อมา และมักเป็นข้อจำกัดของการส่งออกผลไม้

การควบคุมโรคโดยชีววิธีเป็นอีกทางเลือก ที่จะลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคลดปริมาณเชื้อสาเหตุโรค วาริน และคณะ (2548) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *L. theobromae* ได้สูง 79% และสารสกัดจากเชื้อรา *T. harzianum* ความเข้มข้น 1,000 ppm มาใช้ควบคุมโรคผลเน่าของเงาะ (พันธุ์โรงเรียน) โดยการแช่ผลเงาะในสารสกัดเป็นเวลา 5 นาที พบว่าสารสกัดมีประสิทธิภาพสูงมากในการควบคุมโรค โดยพบความรุนแรงของโรคเพียง 12.5 % ในขณะที่กรรมวิธีควบคุม (เมทานอล ความเข้มข้น 2 %) มีความรุนแรงของโรค 79.5 % นอกจากนี้ Sivakumar และคณะ (2000) รายงานว่าประสบความสำเร็จในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลเงาะในสภาพแปลงด้วยการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ทัศวรรณ (2547) ทำการคัดเลือกจุลินทรีย์ผิวพืชเพื่อการควบคุมเชื้อรา *L. theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าของเงาะพันธุ์โรงเรียน ได้เชื้อยีสต์ *Candida krusei* (ไอโซเลท 44-52/2) แสดงประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดโรค เมื่อมีการปลูกเชื้อยีสต์ก่อนการปลูกเชื้อราสาเหตุของโรค โดยมีการยับยั้งการเกิดโรค 42.6 %

การใช้เชื้อปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคเน่า เช่น การใช้ยีสต์ *Pichia anomala* Moh93, *P. anomala* Moh 104, *P. guilliermondii* Moh 10, *Lipomyces tetrasporus* Y-115 และ *Metschnikowia lunata* Y-1209 ในการควบคุมโรคเน่าจากเชื้อ *Botryodiplodia theobromae* ในฝรั่งหลังการเก็บเกี่ยว โดยเข้าไปยับยั้งการเจริญของเชื้อในระยะการเข้าทำลาย (Mohamed and Saad, 2009)

แอฟลาทอกซิน (Aflatoxins) เป็นสารพิษที่สร้างโดยเชื้อรา *Aspergillus flavus, A. parasiticu , A. nomius และ A. tamarii* พบมากในเมล็ดธัญพืช และพืชน้ำมันชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าว ข้าวสาลี ถั่วลิสง มะพร้าว สมุนไพร เครื่องเทศ และในผลิตภัณฑ์แปรรูปแทบทุกชนิดที่ใช้วัตถุดิบจากผลิตผล

เกษตรที่มีเชื้อราชนิดนี้ปนเปื้อนอยู่ก่อน สารแอฟลาทอกซินที่พบตามธรรมชาติจะมีอยู่ 4 ชนิดคือ Afaltoxin B_1, B_2, G_1 และ G_2 โดย Aflatoxin B_1 จะมีความเป็นพิษสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ G_1, B_2 และ G_2 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมี Aflatoxin M_1 และ M_2 ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของ B_1 และ B_2 ปนเปื้อนอยู่ในน้ำนมด้วย สารแอฟลาทอกซินนี้ พบครั้งแรกในปี ค.ศ 1960 มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับสุขภาพของมนุษย์และสัตว์โดยตรง ในปัจจุบันองค์การ IARC (International Association Research Cancer) ได้จัดสารแอฟลาทอกซินเป็นสารก่อมะเร็งซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ตับ (Hus *et a*l., 1991)

โดยทั่วไปแล้วการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินในอาหารคนและอาหารสัตว์เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงและคาดการณ์ได้ยากมาก เพราะเชื้อราที่สร้างสารพิษชนิดนี้ส่วนใหญ่จะพบอยู่ทั่วไปในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย ซึ่งเจริญได้ดีบนผลิตผลเกษตรเกือบทุกชนิดที่เป็นทั้งอาหารคน (food) และอาหารสัตว์ (feed) รวมทั้งผลิตภัณฑ์แปรรูปชนิดต่างๆจากผลิตผลเกษตร เชื้อราเหล่านี้เกิดขึ้นได้ทุกสถานการณ์ ตั้งแต่ ขบวนการผลิต ขบวนการเก็บเกี่ยว ขบวนการขนส่ง และขบวนการเก็บรักษา (Chu,1983) สารพิษเหล่านี้อาจปนเปื้อนอยู่ในผลิตผลเกษตรได้ ถึงแม้จะไม่มีเชื้อราปรากฏให้เห็นบนผลิตผลเกษตรนั้นๆ เพราะตัวเชื้อราเองอาจถูกขจัดออกไปโดยวิธีต่างๆ หลังจากที่สร้างสารพิษทิ้งเอาไว้บนผลิตผลเกษตรแล้ว ในปัจจุบันปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตร ที่เป็นทั้งอาหารคน และอาหารสัตว์เป็นปัญหาที่สำคัญมากก่อให้เกิดความเสียหายต่อประเทศชาติทั้งทางตรงและทางอ้อม ผลกระทบทางตรงคือทำให้ผลิตผลเกษตรเสียหายมีราคาตกต่ำ สัตว์เลี้ยงมีคุณภาพต่ำ หรือตายเป็นจำนวนมาก และที่สำคัญประชาชนที่บริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนของสารพิษเข้าไปอาจได้รับอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ ส่วนผลกระทบทางอ้อมคือทำเกิดการกีดกันทางการค้า และมูลค่าทางการตลาดของผลผลิตลดลง

วิธีการป้องกันหรือทำลายสารแอฟลาทอกซินโดยทั่วไป จะมี 3 วิธี คือวิธีทางเคมี เช่นการใช้กรดแก่หรือด่างแก่ และการใช้แอมโมเนีย เป็นต้น วิธีทางกายภาพ เช่นการใช้วิธีการคัดแยกเมล็ดธัญพืช หรือการใช้รังสี การใช้อุณหภูมิ เช่นการต้ม นึ่งด้วยความดันสูง การใช้สารดูดซับ เป็นต้น (Park, 1993)ส่วนวิธีทางชีววิธีได้แก่การใช้จุลินทรีย์ เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย และยีสต์ ในการทำลายสารแอฟลาทอกซิน เช่น ใช้ แบคทีเรีย *Flavobacterium aurantiacum* ในการกำจัดสารแอฟลาทอกซิน M_1 ในน้ำนม และพบว่าสาร Aflastatin ที่ผลิตโดย *Streptomyces* sp. สามารถยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซินได้ เป็นต้น ถึงอย่างไรก็ตามตั้งแต่มีการค้นพบสารแอฟลาทอกซินจนถึงปัจจุบันยังไม่มีวิธีการใดเลยที่สามารถทำลายสารพิษได้อย่างสมบูรณ์ และส่วนใหญ่วิธีการเหล่านั้นจะใช้ได้กับผลิตผลเกษตรที่นำมาทำเป็นอาหารสัตว์ แต่สำหรับผลิตผลเกษตรที่เป็นอาหารคนยังใช้ไม่ได้ผล เพื่อเป็นการลดการใช้สารเคมี และลดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมจึงควรจะหาวิธีทำการป้องกันกำจัดโดยชีววิธี ซึ่งในประเทศไทยในสภาพแหล่งปลูกพืชตามธรรมชาติมีความหลากหลายของจุลินทรีย์ดินสูง การศึกษาและคัดเลือกจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรียและเชื้อรา เพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมเชื้อราและสารแอฟลาทอกซิน จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย

ฉวีวรรณ (2541) รายงานว่าสารสกัดจากสะเดา ตะไคร้หอมและแมงลักคา สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum musae* ได้ โดยสารสกัดสะเดาควบคุมได้ดีที่สุด แต่ไม่สามารถควบคุมโรคโรคแอนแทรคโนสในผลกล้วยหอมได้

วิไลรัตน์ และคณะ (2551) รายงานว่าสารสกัดจาก ข่า กระเทียม และใบดีปลี ที่ระดับความเข้มข้น 50, 500, 5,000 , 10,000 และ 20,000 µg /ml สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยและการงอกของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ โดยสารสกัดจากข่า กระเทียม และใบดีปลี ที่ใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วน้อยถึงปานกลางมีฤทธิ์ในการยับยั้งได้ 100% ที่ความเข้มข้น 5,000 µg /ml ขึ้นไป นอกจากนี้มีรายงานว่า สารสกัดจาก ข่า กระเจี๊ยบแดง และเจตมูลเพลิงแดง ที่ระดับความเข้มข้น 30,000 , 20,000 และ 9,000 ppm ตามลำดับ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ 100 % และที่ระดับความเข้มข้น 15,000 , 20,000 , และ 7,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราได้ 100% (นิรนาม, 2552ก)

นิธิกร (2551) รายงานว่า สารสกัดจากตะไคร้หอม ตะไคร้บ้าน ขมิ้นชัน มีสรรพคุณป้องและกำจัดโรคแอนแทรคโนสและโรคเลื้อยของหอมใหญ่ที่เกิดจากเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* และไพลมีสรรพคุณป้องกันและกำจัดโรคแอนแทรคโนสของพริกที่เกิดจากเชื้อรา *C. capcisi* นอกจากนี้ นิรนาม (2552ข) รายงานว่าไพลและมะละกอมีสารฆ่าเชื้อรา

Barkai-golan (2001) รายงานว่าพืชตระกูลกะหล่ำ (Cruciferae) เช่นหัวไช่เท้า ผักกวางตุ้ง กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก บล็อกคลอลี่ จะผลิตสาร glucosinate ในเนื้อเยื่อ เมื่อพืชเหล่านี้ถูกทำให้ฉีกขาด เอนไซม์ myrosinase ในพืชจะทำปฏิกิริยากับสาร glucosinate ได้สารตัวใหม่ชื่อ isothiocyanate ซึ่งมีคุณสมบัติต้านการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ จึงได้นำสาร isothiocyanate มาทดลองในห้องปฏิบัติการและทดลองกับผลแพร์โดยตรงผลการทดลองพบว่าสาร isothiocyanate สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ได้

นอกจากนี้มีรายงานว่า ผลไม้ขณะดิบจะเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวน้อยกว่าระยะสุก เพราะบนเปลือกของผลไม้มีสารต้านเชื้อรา เช่น resorcinol ในเปลือกของมะม่วง tanninในเปลือกของกล้วยและ benzylisothiocyanate ในเปลือกของมะละกอ เมื่อผลไม้สุกสารต้านเชื้อราจะมีปริมาณน้อยลง (Barkai-golan, 2001)

Punnawich *et al.* (2010) รายงานว่าสารสกัดจากเปลือกหมากซึ่งประกอบด้วย fernenol arundoin สารผสม stigmasterol และ β -sitosterol และกรด lauric ยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์*Colletotrichum gloeosporioides* ทั้งในห้องปฏิบัติการและในการทดลองกับผลมะม่วงโดยตรงโดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 36.7 47.5 56.7 และ 111.5 µg /l

อมรา และคณะ (2551) ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสมุนไพรพื้นบ้าน 16 ชนิดพบว่าสารสกัดจากกระเทียมและกานพลู สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ได้ 100 % แต่สารสกัดกานพลูไม่สามารถทำลายสารแอฟลาทอกซิน ขณะที่สารสกัดกระเทียม กระเพรา โหระพา และข่าสามารถยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซินได้ 80-90 % นอกจากนี้สารสกัดกระเทียมสามารทำลายสารแอฟลาทอกซินได้โดยตรงถึง 95.1 %

ผักสดเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีการเสื่อมเสียได้ง่าย การผลิตในระดับอุตสาหกรรมจึงต้องมีการควบคุมที่ดีโดยเริ่มตั้งแต่แหล่งเพาะปลูก ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำระบบ GAP (Good Agricultural Practice) มาใช้ในการเพาะปลูกจนกระทั่งผลิตออกมาเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมจำหน่าย ปัจจุบันมีความต้องการในการบริโภค

ผักสดพร้อมบริโภคสูงขึ้น ดังนั้น กระบวนการผลิตจึงผ่านวิธีการที่สะอาดและปลอดภัยต่อการบริโภค จากรายงานการเกิดการระบาดของโรคอาหารเป็นพิษจาก การบริโภคผักผลไม้ พบว่ามีสาเหตุมาจากผักเป็นส่วนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผักสลัด ซึ่งมักเป็นผักสดที่ต้องผ่านการจับต้องจากผู้ประกอบอาหาร ดังนั้น ผู้ที่ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องจึงต้องระมัดระวังเรื่องสุขอนามัยเป็นอย่างยิ่ง แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคอาหารเป็นพิษและมักพบว่าปนเปื้อนมากับผักผลไม้พร้อมบริโภค คือ *Escherichia coli* O 157:H7, *Listeria monocytogenes, Shigella, Salmonella* และไวรัสตับอักเสบเอ (Singh *et al.*, 2002)

นอกจากผักผลไม้จะมีการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงหรือสารเคมีแล้ว ยังมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม โดยอาจมาจากดิน น้ำ หรือปุ๋ย (Brackett, 2000) ชนิดของแบคทีเรียที่มักพบในดินและทำให้เกิดโรค คือ *Bacillus*, *Clostridium* และ *Listeria* โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียที่ทนทานต่อความร้อน เช่น *Clostridium botulinum* และ *C. perfringens* บริเวณพื้นที่ที่ใช้เลี้ยงสัตว์มักมีจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ปะปนออกมากับสิ่งขับถ่ายของสัตว์ ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้เป็นสาเหตุของการเกิดโรคในมนุษย์ ดังนั้นการใช้ปุ๋ยคอกบำรุงพืชอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนสู่อาหาร เช่น มีการตรวจพบแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* และ *E. coli* O157:H7 ที่ใบและรากของผักที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยคอก (Natving *et al*, 2002) นอกจากนี้ยังพบว่า *Salmonella, E. coli* O157:H7 และ *Listeria monocytogenes* สามารถรอดชีวิตอยู่ในปุ๋ยคอกได้เป็นระยะเวลานาน (Tauxe, 1997; Brackett, 1999) ผัก-ผลไม้ต่างชนิดกันจะมีจำนวนและชนิดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนต่างกัน จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนเริ่มต้นจะบ่งชี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนสุดท้าย หากมีจุลินทรีย์เริ่มต้นปนเปื้อนในวัตถุดิบมาก จะทำให้ผักผลไม้มีคุณภาพที่ด้อยลงและมีอายุการเก็บที่สั้นกว่าปกติ (Zagory, 1999)

โดยทั่วไปนิยมใช้คลอรีนในการการล้างผักและผลไม้ โดยใช้ในรูปของสารละลายไฮโปคลอไรต์ ปริมาณ 50-200 ppm (Active chlorine) อย่างไรก็ตามไม่ควรนำน้ำที่ใช้ในการล้างผักและผลไม้กลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ เพราะจะทำให้มีการสะสมของจำนวนจุลินทรีย์มากขึ้นและเป็นการเพิ่มการปนเปื้อนให้กับตัววัตถุดิบ (Hulland, 1980) สารอินทรีย์ที่สะสมในน้ำจะทำให้ประสิทธิภาพของคลอรีนลดลง นอกจากนี้จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความต้านทานต่อคลอรีนที่แตกต่างกัน *Listeria monocytogenes* มีความต้านทานต่อคลอรีนมากกว่า *Salmonella* และ *E. coli* O157:H7 (Burnett and Beuchat, 2001)

นอกจากสารประกอบคลอรีนแล้ว ยังมีสารอีกหลายชนิดที่นิยมนำมาใช้กับผัก เช่น คลอรีนไดออกไซค์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้หลายชนิด ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหรือแอมโนเนียเกิดเป็นคลอรามีนซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษ Food and Drug Administration แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (USFDA) อนุญาตให้ใช้คลอรีนไดออกไซค์ในการล้างผักและผลไม้ (Singh *et al.*, 2002) นอกจากนี้ยังมีการใช้โอโซนซึ่งได้รับการรับรองแล้วว่าเป็นสารทีมีความ ปลอดภัยที่จะนำมาใช้กับอาหาร (Generally Recognized as Safe-GRAS) เพื่อล้างผักและผลไม้ (Xu, 1999) โดยโอโซนสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้หลากชนิดกว่าคลอรีน

ผักประเภทใบเป็นผักที่มีโอกาสในการปนเปื้อนสูงที่สุด เนื่องจากมีพื้นผิวสัมผัสมากทำให้ง่ายต่อการยึดเกาะของจุลินทรีย์ ถึงแม้ว่าการตัดแต่งส่วนที่เน่าเสียออกก่อนการล้างจะช่วยกำจัดจุลินทรีย์ออกบางส่วนก็

ตาม แต่การตัดแต่งอาจทำให้เนื้อเยื่อพืชฉีกขาดทำให้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับ น้ำหรือสิ่งแวดล้อมสามารถเข้าทำลายได้ง่ายขึ้น ผักบางชนิดไม่สามารถทำความสะอาดโดยวิธีการล้างเนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพที่ค่อนข้างช้ำได้ง่าย เช่น พริกหวาน (Green pepper) จึงอาจใช้การฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ (Low dose ionizing radiation) (NACMCF, 1999) ทดแทนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

ด้วยเหตุที่ผักมักพบการปนเปื้อนที่ผิวโดยอาจเนื่องมาจากเซลล์อาจเกิดความเสียหาย ตั้งแต่แปลงเพาะปลูก จากการเข้าทำลายของแมลง นก หรือจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังอาจเกิดความเสียหายในระหว่างการเก็บเกี่ยว เมื่อผักผลไม้เข้าสู่กระบวนการผลิต กรรมวิธีการผลิตก็อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เซลล์พืชสูญเสียความแข็งแรง สารอาหารภายในเซลล์จึงออกมาภายนอก ทำให้จุลินทรีย์ที่ผิวพืชสามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญและเพิ่มจำนวน หากกำจัดจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเหล่านี้ไม่หมดในระหว่างกระบวนการผลิต หรือประกอบอาหารและผู้บริโภครับประทานเข้าไปจะทำให้ผู้บริโภคได้รับโรคอาหารเป็นพิษในที่สุด นอกจากนี้มีรายงานว่าสารออกฤทธิ์จากเห็ดตีนแรดก็สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้ Boehlendorf *et al.* (2004) รายงานว่าสาร aurisin A ที่แยกได้จากเห็ดในสกุล *Panus* sp. มีฤทธิ์ต่อต้านเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิด เช่น *Pythium ultimum*, *Venturia inaequalis*, *Plasmopara viticola*, *Puccinia graminis* และ *Phytopthora infestans* สุรีย์พร (2550) ได้ศึกษาสารออกฤทธิ์จากเห็ดเรืองแสง *N. nambi* พบว่า สารออกฤทธิ์ที่มีผลต่อการตายของไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*) คือ สาร aurisin A

มีการศึกษาเพื่อลดปริมาณเชื้อราสาเหตุและสาร AFB1 หลายวิธีการ โดยเฉพาะการใช้สารเคมี แต่สารเคมีเหล่านั้นอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Pal and Gardener, 2006) จึงมีการศึกษาการใช้สารสกัดจากธรรมชาติ เช่น พืชและจุลินทรีย์ และวิธีการทางกายภาพ เช่น การใช้ความร้อน ในการควบคุมการเกิดเชื้อราและลดปริมาณ AFB1 รายงานวิจัยหลายฉบับพบว่าพืชสมุนไพร (medicinal plants) หลายชนิดมีสารสำคัญที่กำจัดเชื้อราได้ เช่น สารสกัดจากกานพลู กระเทียม ข่า ตะไคร้ กระชายดำและกะเพรา (อมรา และคณะ, 2553; Reddy *et al.*, 2009) โดย อมรา และคณะ (2553) รายงานว่าน้ำคั้นกระชายดำสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ได้ 83.33 % และ ยับยั้งการผลิตสารแอฟลาทอกซิน 92.43 % ขณะที่น้ำคั้นกะเพราสามารถชะลอการเจริญของเชื้อราได้ค่อนข้างต่ำ แต่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการสร้างสาร AFB1 ได้มากถึง 83.23 % นอกจากนี้ยังมีผลการศึกษาโดย Yenchai *et al*. (2004) พบว่าสารสำคัญในเหง้ากระชายดำ คือ borneol, sylvestrene, 5,7- dimethoxyflavone (5,7 DMF) และฟลาโวนอยด์ 9 ชนิด เช่น สาร 5,7,4'-trimethoxyflavone และ 3,5,7,4' –tetramethoxyflavone เป็นต้น ซึ่งมีฤทธิ์ในการขยายหลอดเลือดแดง (ในหนูทดลอง) ต้านการอักเสบ และต้านจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามการวิจัยที่ผ่านมามุ่งเน้นผลของสารออกฤทธิ์ในการรักษาหรือบรรเทาอาการเจ็บป่วยในสัตว์หรือมนุษย์ แต่ยังไม่มีผลการศึกษารายงานถึงชนิด ความเข้มข้น และกลไกการทำงานของสารสำคัญในกระชายดำและกะเพรา รวมถึงความเข้มข้นที่เหมาะสมในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และการทำลายสาร AFB1 ในผลิตผลเกษตร หากสามารถเข้าใจวิธีการทำงานของสารสำคัญจากสารสกัดพืช จะสามารถนำสารสำคัญเหล่านี้ไปพัฒนาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ในการควบคุมเชื้อรา *A. flavus* และลดการปนเปื้อนสาร AFB1 ที่สามารถใช้ได้สะดวก รวดเร็วและเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภคผู้บริโภค

การใช้กรดอินทรีย์เพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนสในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว Sholberg (1998) ทดลองรม กรด Acetic , Formic และ Propionic ที่ความเข้มข้น 1.9, 1.2 และ 2.5 µl/l. กับเชอรี่ 8 พันธุ์ที่ถูกปลูกเชื้อ *Monilinia fruiticola , Rhizopus stolonifer* และ *Penicillium expansum* พบว่าเชอรี่ ทั้ง 8 พันธุ์ มีการเน่าเสียน้อยลง Sholberg *et al*. (2004) พบว่า ลูกแพร์ (d' Aujou pear) มีการเน่าเสียลดลง เมื่อรมด้วยกรด acetic ที่ความเข้มข้น 292 µl/l. ต่อชั่วโมง จำนวน 3 ครั้ง และรมด้วยกรด Acetic ที่ความเข้มข้น 586 µl/l. ต่อชั่วโมง จำนวน 1 ครั้ง แอปเปิล องุ่น กีวี่ ลูกแพร์ และมะเขือเทศ ที่ปลูกด้วยเชื้อ *Botrytis cinerea* มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคลดลงเมื่อรมด้วยกรด Acetic ที่ความเข้มข้น 2.0 หรือ 4.0 mg/l. Zheng *et al.* (2007) พบว่าการแช่มะม่วงด้วยกรด Oxalic ความเข้มข้น 5 มิลลิโมล เป็นเวลา 10 นาที สามารถลดการเกิดโรคได้

Jasmonic acid และ Methyl jasmonate เป็นสารระเหยธรรมชาติที่ลดการเน่าเสียใน สตรอวเบอรี่ (Moline *et al*., 1997) กีวี่ (Wang and Buta, 2003) มะละกอ (Gonyalery-Aguilar *et al*., 2004) และผลิตผลอื่นๆ (Tripathi and Dubey 2004) โดย Jasmonic acid และ Methyl jasmonate เป็นสารที่มีกลิ่นหอมและไม่เป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม Methyl salicylate ซึ่งเป็นสารระเหยกลิ่นหอมที่ถูกผลิตออกมาเมื่อผล Peach สุกสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อราในหลอดทดลอง (Wilson *et al*., 1987) และควบคุมเชื้อราที่ปลูกบนผล Peach, Nectarine และ Plum (Caccioni *et al*., 1995) รัมม์พัน และคณะ (2550) พบว่า กรรมวิธีที่มีศักยภาพควบคุมโรคได้ดีที่สุดทั้งในหลอดทดลองและทดลองกับผลมะม่วงโดยตรงคือกรรมวิธีที่รมด้วย Hexanal 170 ppm แต่มีข้อเสียคือเกิดความเป็นพิษกับผลมะม่วง ส่วนกรรมวิธีที่ควบคุมโรคได้ดีและเกิดความเป็นพิษน้อยคือกรรมวิธีที่รมด้วย Methyl jasmonate และ Methyl salicylate 250 ppm แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม

การใช้เกลืออนินทรีย์ควบคุมกลุ่มเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยว Meteau *et al*. (2002) ศึกษาผลของเกลืออินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ในการควบคุมโรค day rot ของมันฝรั่ง เกิดจากเชื้อรา *Fusarium sambucinum* พบว่า การจุ่มหัวมันฝรั่งใน 0.2 โมล ของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมคาร์บอเนต และโซเดียมไบคาร์บอเนต นาน 10 นาที ก่อนการปลูกเชื้อรา *F. sambucinum* มีผลช่วยลดความรุนแรงของโรคได้ Alvindia and Natsuaki (2007) ควบคุมโรคขั้วเน่าของกล้วยซึ่งเกิดจากเชื้อราสาเหตุ เช่น *Lasiodiplodia theobromae*, *Colletotrichum musae*, *Thielaviopsis paradoxa* และ *F. verticillioides* โดยใช้เกลืออนินทรีย์ พบว่า NaClO และ $NaHCO_3$ อัตรา 5 กรัมต่อลิตร และ $CaCl_2$+ surfactant อัตรา 5 กรัมต่อลิตร มีผลให้เกิดโรคลดลง 61, 58 และ 58 % ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาผลกล้วยที่อุณหภูมิ 12-13 $^{\circ}$C นาน 3 สัปดาห์

การใช้น้ำร้อนในการควบคุมเชื้อ การนำมะม่วง Keitt ตัดแต่งจุ่มในน้ำร้อน อุณหภูมิ 46 และ 50 ºC นาน 75 และ 30 นาที และทำให้เย็น 15 นาที นำไปเก็บรักษาที่ 6 ºC นาน 9 วัน สามารถยืดอายุการเก็บรักษา และควบคุมโรคในขั้นตอนการเก็บรักษาและรอจำหน่ายแก่ผู้บริโภค (Djioua *et al*., 2009)

โอคราทอกซิน เอ เป็นสารพิษที่สร้างโดยเชื้อราหลายชนิด ของกลุ่มเชื้อรา *Aspergillus* และ *Penicillium* พบปนเปื้อนในผลิตผลเกษตรหลายชนิด ธัญพืช กาแฟ โกโก้ ถั่ว เครื่องเทศ สมุนไพร ไวน์ เบียร์

และในผลไม้อบแห้งชนิดต่างๆ โดยเฉพาะ ลูกเกด (Aish *et al*., 2004) สารโอคราทอกซินเป็นสารก่อมะเร็ง ระบบทางดินปัสสาวะ และทำลายระบบการทำงานของไต (Lock and Hard, 2004) เนื่องจากเป็นสารพิษปนเปื้อนในอาหารที่ประชาชนบริโภคเป็นประจำ สหภาพยุโรปจึงกำหนดค่าสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ในอาหารดังนี้ ในกาแฟคั่วให้มีได้ไม่เกิน 5 µg/kg. เมล็ดธัญพืช 5 µg/kg. และผลิตภัณฑ์จากธัญพืช 3 µg/kg. น้ำองุ่น 2 µg/kg. อาหารสำหรับเด็ก 0.5 µg/kg. (European Commission, 2005) Miraglia and Brere, 2002 รายงานว่าพบสารโอคราทอกซิน เอ ปนเปื้อนในผลไม้อบแห้งในปริมาณ 50-70 µg/kg. สำหรับในประเทศไทยข้อมูลการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งยังไม่มีรายงาน และปัจจุบันมีการนำเข้าผลไม้อบแห้งจากต่างประเทศ เช่น จีน มาจำหน่ายมากมายทำให้คนไทยมีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับสารโอคราทอกซิน เอ วิธีการลดปริมาณสารพิษสำหรับผู้ผลิต และผู้บริโภค แบบง่ายก็คือการโดยใช้วิธีทางกายภาพ เช่น การใช้ความร้อน และการใช้คลื่นไมโครเวฟ

ปัจจุบันพบว่ามะม่วงมีปัญหาจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่เป็นเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนส ซึ่งสามารถเข้าทำลายมะม่วงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (ปิ่มมาลา, 2520; สุชาติ และคณะ, 2531) โดยเฉพาะในระยะติดดอกออกผล ทำให้ช่อดอกเน่าดำ ติดผลน้อยลง และผลม่ะม่วงเป็นจุดดำ มักพบอาการรุนแรงต่อมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และทองดำ (สมศิริ, 2531; อังสุมา, 2530; นิพนธ์, 2535) นอกจากนี้ยังพบปัญหาการติดเชื้อแบบแฝง (quiescent infection) ตั้งแต่ระยะแทงช่อดอก (Jeger *et al*., 1987) ที่ทำให้เกิดอาการจุดดำในผลมะม่วงที่กำลังสุก (นิพนธ์, 2532; Jeger *et al*., 1987) ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่อการผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออก (McDonald, 1992) โดยเฉพาะมะม่วงน้ำดอกไม้ที่นิยมรับประทานและส่งออกเป็นผลไม้รับประทานผลสุก (ชวาลา, 2530) จากปัญหาความเสียหายที่เกิดจากเชื้อสาเหตุโรคพืชและปัญหาการต้านทานต่อสารเคมีของเชื้อสาเหตุโรคพืช (Prusky and Keen, 1993; Sanders *et al*., 2000) จึงมีการศึกษากลไกการเข้าทำลาย สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเข้าทำลาย (Estrada and Ilag, 1990; Estrada *et al*., 2000; Dodd *et al*., 1991) และการแพร่ระบาด (Fitzell and Peak, 1984) เพื่อหาแนวทางป้องกันกำจัดโรคตั้งแต่ในสภาพแปลงปลูก (อรุณี, 2533; นิพนธ์, 2542)

ในการเกิดโรค สปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สามารถแพร่ระบาดโดยลมและฝนโดยเฉพาะในสภาพอากาศที่ชื้นสลับกับอุณหภูมิสูงและมีความแห้งแล้ง รวมทั้งในแปลงที่แน่นทึบมีความชื้นสูงและอยู่ในระยะแตกยอดอ่อน แทงช่อดอก และติดผลอ่อน ซึ่งจะทำให้เป็นโรคได้ง่ายโดยสปอร์ของเชื้อราจากใบที่เป็นโรคจะไหลไปตามหยดน้ำลงสู่ขั้วผลแล้วกระจายไปทั่วผลทำให้ขั้วและก้นผลเน่า ในบางครั้งอาจพักตัวบนผลและทำให้ผลเน่าในระยะหลังเก็บเกี่ยว (นิพนธ์, 2542) conidia ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สามารถเจริญอยู่บนใบ ช่อดอก และฐานรองดอกที่เป็นโรค จากนั้นจะแห้งและร่วงหล่น ซึ่งเป็นแหล่งของโรคต่อไป (Fitzell and Peak, 1984) ในบางครั้งหลังจากเชื้อเข้าทำลายช่อดอกแล้ว เชื้ออาจพักตัวอยู่ในผลดิบโดยไม่ขยายบริเวณทำลายหรือไม่ก่อให้เกิดแผลหรืออาการผลเน่าจนกว่ามะม่วงเริ่มสุก (Jeger *et al*., 1987; นิพนธ์, 2532) โดยผลมะม่วงที่เป็นโรคนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาคือมีอัตราการหายใจ ผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเอทิลีนสูงกว่าปกติ (Sangchote, 1989) ซึ่งเอทิลีนที่เกิดขึ้นในขณะผลสุกมีผลใน

การชักนำทำให้เกิดการเข้าทำลายเซลล์พืชของเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนสในมะม่วง (Flaishman *et al*., 1995)

ในการควบคุมโรคและลดความเสียหายต่าง ๆ การใช้วิธีการทางกายภาพร่วมกับการใช้สารเคมีเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ ได้ดีกว่าการใช้วิธีการเพียงวิธีเดียว อาทิเช่น การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง 54 และ 57 ºC ก่อให้เกิดผลเสียหายและสูญเสียความเงา (Quimio and Quimio, 1974b; Spalding and Reeder, 1972) ในการใช้สารเคมี (benomyl หรือ thiabendazole) ร่วมกับการใช้น้ำร้อนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้นานขึ้น ลดความเสียหายจากความร้อนที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงและต้องจุ่มในระยะเวลาที่นานเมื่อใช้เพียงน้ำร้อนอย่างเดียว (Spalding and Reeder, 1972) การจุ่มผลมะม่วงพันธุ์ Tommy Alkins และ Keit เป็นเวลา 1- 3 นาที ในน้ำร้อน (52 ºC) ที่มี benomyl 0.1% เก็บไว้ เป็นเวลา 17-18 วัน ที่อุณหภูมิ 13 ºC และตามด้วยอุณหภูมิ 22 ºC ให้ผลในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสโดยพบเปอร์เซ็นต์โรค 17 และ 25% ตามลำดับ (Spalding and Reeder, 1978) การจุ่มผลมะม่วงหลังจากเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 0, 12, 24 และ 48 ชม. ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 ºC นาน 5 นาที และเติม benomyl 0.025, 0.05 หรือ 0.1 % สามารถควบคุมโรคแอนแทรคโนสได้เป็นอย่างดี (Sampio *et al*., 1981) การควบคุมโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์ Jamin Kent และ Keitt โดยใช้ความร้อนอุณหภูมิ 50 ºC เป็นเวลา 5 นาที ตามด้วยการจุ่มใน prochloraz (81 g. a.i./100 l.) ให้ผลดีในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส (Lonsdale, 1993) ซึ่งในการเติม benomyl 500 หรือ 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ช่วยให้สามารถลดอุณหภูมิน้ำร้อนลงเป็น 51.5 ºC และอุณหภูมิ 48.5 ºC ได้โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคลดลง เมื่อเทียบกับการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 55 ºC (Muirhead, 1976) และการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 52 ºC เพียงอย่างเดียวเป็นเวลา 30 นาที ให้ผลในการควบคุมโรคในโรงเก็บที่มีอุณหภูมิ 12 ºC ได้ถึง 26 วัน ซึ่งหากใช้ร่วมกับ carbendazim สามารถลดเวลาในการจุ่มน้ำร้อนลงเป็น 15 นาที ที่ระยะเวลาและอุณหภูมิเก็บรักษาเดียวกัน (Om-Prakash *et al*.,2000)

การใช้สารสกัดจากพืชควบคุมโรคแอนแทรคโนสมะม่วง ในปี 1991 Korpraditskul *et al*. ได้ทดลองใช้สารสกัดจาก ทองพันชั่ง ข่า ชงโค และว่านน้ำ ควบคุมโรคแอนแทรคโนสภายหลังจากการปลูกเชื้อโรคพบว่าทองพันชั่งให้ผลการควบคุมดีที่สุด รองลงมาคือ ข่า ชงโค และว่านน้ำ ซึ่งความรุนแรงของโรคเท่ากับ 1.38, 1.50, 1.50 และ 1.65 ซม. ตามลำดับ โดยในกรรมวิธีควบคุมพบความรุนแรงของโรคเท่ากับ 4.25 ซม. Escopalao and Silvestre (1996) ได้ทดลองควบคุมโรคโดยใช้สารสกัดจากพืช 15 ชนิด พบว่ามีเพียงผล kamantigue และใบกระเทียม (garlic vine) ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* โดยทำให้เกิดบริเวณของการยับยั้ง (Clear zone)

อย่างไรก็ตาม การควบคุมโรคจะทำได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่ามากขึ้นเมื่อสามารถประเมินการเข้าทำลายของเชื้อบนผลมะม่วงเพื่อให้ทราบถึงความเสียหายที่จะเกิดขึ้นแก่ผลผลิตทั้งหมด ซึ่งจะช่วยในการวางแผนเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมกับระดับความรุนแรงของโรค การตรวจสอบ การเข้าทำลายแฝง (Quiescent Infection) เพื่อประเมินการเกิดโรคของไม้ผลหลังการเก็บเกี่ยว เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้ทราบถึงการเข้าทำลายของเชื้อบนผลมะม่วงได้ Emery *et al*.(2000) ได้ศึกษาสาลี่ที่อ่อนแอต่อโรค brown rot ที่เกิดจากเชื้อ *Monilinia fructicola* ที่ทำให้ผลสุกเน่าช่วงก่อนเก็บเกี่ยว โดยที่เชื้อจะเข้าทำลายตั้งแต่ระยะดอก

บานในฤดูใบไม้ผลิ ได้ทดลองเก็บผลสาลี่ ทุก 14 วัน นำมาให้ paraquat เพื่อกระตุ้น quiescent infection โดยบ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 สัปดาห์ แล้วบันทึกการเกิดโรคจนถึงช่วง 7-14 วันก่อนเก็บเกี่ยว พบว่าการเกิดโรคมีสหสัมพันธ์กับโรค blossom blight (r=0.9763) และการเน่าของผลในระยะเก็บเกี่ยว (r=0.996) ชี้ให้เห็นว่า quiescent infection เป็นแหล่ง inoculum ที่สำคัญในการเน่าของผลสาลี่ และสามารถใช้เป็น biological indicator ของความเสี่ยงในการเกิดโรคระหว่างเก็บเกี่ยวของสาลี่ ได้ ขณะที่ Ishikawa (2003) พบว่าการแช่เอทานอลช่วยกระตุ้นการแสดงอาการโรคแอนแทรคโนสบนใบสตรอว์เบอรี่ที่มีการเข้าทำลายแฝงโดยเชื้อ *Glomerella cingulata* ภายใน 5-10 วันหลังการบ่มที่ 28 ºC

การใช้ความร้อนร่วมกับคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตควบคุมโรคแอนแทรคโนสของไม้ผลหลังเก็บเกี่ยว บูรณี (2548) ได้ทดลองควบคุมโรค green mold ในส้มสายน้ำผึ้ง โดยจุ่มผลส้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50, 52, 54 และ 56 ºC นาน 2 นาที สามารถลดการเข้าทำลายของเชื้อรา *Penicillium digitatum* และพบการเกิดโรค 75.0, 66.7, 43.3 และ 20.0% ตามลำดับ การใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 56 ºC ร่วมกับ imazalil ที่ความเข้มข้น 500 ppm นาน 2 นาที ยับยั้งการเกิดโรคได้ 100 % ในขณะที่การใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 56 ºC ลดการเกิดโรคได้เพียง 58.3 %

Couey (1984) ได้ทดลองควบคุมโรคแอนแทรคโนสมะละกอ โดยจุ่มผลในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 43-49 ºC นาน 20 นาที สามารถควบคุมโรคได้ และ Alvanze (1987) พัฒนาวิธีการใช้น้ำร้อน “Double Dip” มาใช้ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ รวมถึงมีผลต่อการควบคุมโรคแอนแทรคโนส

Conway *et al*. (2005) ได้ทดลองควบคุมโรคหลังเก็บเกี่ยวของแอปเปิ้ล พันธุ์ Gloden Delicious โดยปลูกเชื้อราสาเหตุโรค *Penicillium expansum* และ *Colletotrichum acutatum* บนผล แล้วใช้ลมร้อน (Hot air treatment) ที่อุณหภูมิ 38 ºC นาน 4 วัน Sodium bicarbonate 2 % และ เชื้อปฏิปักษ์ 2 ชนิด หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 ºC นาน 4 เดือน พบว่าการใช้ ลมร้อนร่วมกับ Sodium bicarbonate และเชื้อปฏิปักษ์ ให้ผลควบคุมโรคบนผลที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรคทั้งสองชนิดได้ดี รองลงมาคือ การใช้ลมร้อนร่วมกับ Sodium bicarbonate ขณะที่การใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียวให้ผลในการควบคุมเชื้อ *P. expansum* ได้ดีกว่าเชื้อ *C. acutatum*

Gamagal *et al*. (2003) ได้ทดลองควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* ในมะละกอระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13.5 ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 95 % นาน 14 วัน โดยใช้ wax ร่วมกับลมร้อน Sodium bicarbonate 2 % และเชื้อยีสต์ (*Candida oleophila*) พบว่าวิธีการผสมผสานระหว่าง wax ร่วมกับ Sodium bicarbonate 2 % และเชื้อยีสต์ ลดการเกิดโรคและความรุนแรงของโรคลง โดยมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในระดับดี มีตำหนิเล็กน้อย รองลงมาคือ wax ร่วมกับ Sodium bicarbonate 2 % ลักษณะทางกายภาพอยู่ในระดับยอมรับได้ มีตำหนิปานกลาง

Palou *et al*. (2001) ควบคุมโรค blue mold เกิดจากเชื้อราสาเหตุ *Penicillium italicum* บนผลส้ม โดยใช้สารละลาย Sodium bicarbonate พบว่าที่ 2, 3 และ 4% ให้ผลในการควบคุมเชื้อรา *P. italicum* ในขณะที่ 1 % ไม่สามารถควบคุมเชื้อได้

Palou *et al*. (2002) ควบคุมโรค green mold เกิดจากเชื้อรา *P. digitatum* และโรค blue mold เกิดจากเชื้อ *P. italicum* บนผลส้มแมนดารินที่ปลูกเชื้อโดยใช้น้ำร้อน Sodium carbonate และ Sodium bicarbonate พบว่าการจุ่มผลส้มใน Sodium carbonate 3 % ที่ 50°C นาน 150 วินาที สามารถควบคุมโรค green mold และ blue mold ได้สมบูรณ์ โดยไม่เกิดความเสียหายต่อผลส้ม ในขณะที่การจุ่มผลส้มใน Sodium bicarbonate 3 % ที่อุณหภูมิปกตินาน 60 หรือ 150 วินาที จะช่วยลดการเกิดโรคทั้งสองชนิดได้ 40-60 % นอกจากนี้ Porat *et al*. (2003) ยังพบว่า Sodium bicarbonate มีผลให้การงอกของสปอร์เชื้อรา *P. italicum* ช้าลง ในส้มที่ปลูกเชื้อ *P. italicum* และ Sodium bicarbonate ที่ 2% สามารถฆ่าสปอร์ที่งอกแล้ว

Sivakumar *et al*. (2002) ควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลมะละกอโดยใช้ ammonium carbonate 3 % และ Sodium bicarbonate 2% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13.5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 95 % นาน 21 วันและ 2 วันที่อุณหภูมิวางจำหน่าย พบว่า ammonium carbonate 3 % ร่วมกับ wax มีผลให้การเกิดโรคตามธรรมชาติลดลง 70 % ยังช่วยรักษาความแน่นเนื้อและสีของผลมะละกอได้ดีกว่า Sodium bicarbonate 2 % ร่วมกับ wax ซึ่งมีการเกิดโรคตามธรรมชาติลดลง 54 %

Smilanick *et al*. (1995) ควบคุมโรค green mold เกิดจากเชื้อ *P. digitatum* บนผลส้ม โดยใช้สารในกลุ่ม GRAS เช่น sulfur dioxide, ethanol และ Sodium carbonate ที่อุณหภูมิ 45 °C พบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเทียบเท่าการจุ่มในสารเคมี imazalil ที่อุณหภูมิ 25 °C

ในประเทศไทยพบเชื้อรา 2 ชนิด ที่เป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริก คือเชื้อรา *C. gloeosporioides* (Telomorp; *Glomerella cingulata*) และ *C. capsici* สามารถทำให้เกิดโรคบนผลพริกสุกได้กับพริกทุกพันธุ์ จะรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพริก สมศิริ (2521) รายงานว่าเชื้อรา *C. gloeosporioides* ทำให้เกิดโรคอย่างรุนแรงกับพริกยักษ์ แสดงอาการปานกลางกับพริกชี้ฟ้าและพริกเหลือง แต่เป็นโรคน้อยที่สุดกับพริกขี้หนู ส่วนเชื้อรา *C. capsici* จะทำให้เกิดโรครุนแรงกับพริกหยวก พริกเหลืองและพริกบางช้าง แสดงอาการปานกลางกับพริกชี้ฟ้า และเป็นโรคน้อยที่สุดกับพริกขี้หนู

การควบคุมโรคแอนแทรคโนสในปัจจุบันนิยมใช้สารเคมีซึ่งมีการตกค้างของสารพิษทั้งในผลผลิตพริกและในสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นผลเสียต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค รวมถึงสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในสภาพแวดล้อม การใช้ความร้อนเป็นวิธีการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวที่น่าสนใจ นำมาใช้ในการควบคุมการควบคุมการเน่าเสียของผลไม้และประสบความสำเร็จแล้วในผลไม้หลายชนิด เช่น มะม่วง มะละกอ (Couey, 1989) เป็นต้น การให้ความร้อนที่มากกว่า 40 °C เป็นเวลา 3-5 นาทีสามารถควบคุมการเน่าเสียจากเชื้อโรคที่พบบนผิวหรือที่เซลล์ชั้นนอก (outer cell layers) ได้ซึ่งโดยทั่วไปผลิตผลเหล่านี้ทนอุณหภูมิสูงที่ 50-60 °C นาน 5-10 นาที แต่ในการควบคุมโรคนั้นเพียงช่วงสั้น ของอุณหภูมิหนึ่งก็สามารถควบคุมโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวได้เพราะเชื้อโรคถูกทำลายไปในขณะที่ผลผลิตมีการเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย (Barkai-Golan and Phillips, 1991) การใช้ความร้อนยังช่วยลดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ในสภาพอุณหภูมิต่ำ ชักนำให้เกิดสาร PR protein เช่น chitinase และ β-1,3 glucanse เป็นต้น และสารต่อต้านเชื้อรา ชะลอการเสื่อมของสารต่อต้านเชื้อราที่มีอยู่แล้วในผลอ่อน และสามารถยับยั้งการสังเคราะห์เอนไซม์ polygalacturonases (Schirra *et al*., 2000)

Fallik *et al.* (1996) พบว่าการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 50 °C นาน 3 นาที ในการควบคุมโรค grey mold และ black mold จากเชื้อรา *Botrytis cinerea* และ *Alternaria alternata* บนผลพริกหวาน สามารถยับยั้งการเน่าเสียได้อย่างสมบูรณ์ และไม่เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อพืช ต่อมา Gonzalez-Aguilar *et al.* (1997) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาพริกหวานโดยใช้ร้อนร่วมกับห่อด้วยฟิล์มพลาสติก พบว่าการจุ่มพริกหวานสีเขียวในน้ำร้อนอุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที ร่วมกับการห่อฟิล์มพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 °C คงความสดของผลพริกหวานอยู่ได้เป็นเวลา 28 วัน

ในควบคุมการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตร โดยเฉพาะธัญพืชพร้อมบริโภค ควรจะมีการประเมินการปนเปื้อนเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินในเมล็ดธัญพืช ก่อนที่จะหาวิธีการควบคุมที่เหมาะสม เนื่องจากไม่สามารถใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งเพียงอย่างเดียวในการควบคุมได้ประสบผลสำเร็จ จำเป็นต้องผสมผสานวิธีการเข้าด้วยกัน อมรา และคณะ (2549) ได้ศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราในผลิตผลเกษตรจำนวน 17 ชนิด จากแหล่งจำหน่าย 10 แห่ง พบชนิดของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *A. niger* มากที่สุด โดยพบเชื้อรา *A. niger* ปนเปื้อนในผลผลิตมากที่สุด รองลงมาคือ *A. flavus* โดยพบในถั่วลิสง 46.8 % และ 38.6% ตามลำดับ ในลูกเดือยพบ *A. flavus* 20.34% และในงาดำ 13.77% นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนของเชื้อราในกลุ่ม *Penicillum* และ *Fusarium* ในหลายตัวอย่าง และเมื่อนำมาศึกษาการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซิน ด้วยวิธี ELISA พบว่าถั่วลิสงมีการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซิน 96.01 % และมีปริมาณสารพิษในระดับที่สูงมากคือ มากกว่า 1,000 ppb ในงาดำพบปนเปื้อน 92.27% และมีปริมาณสารพิษอยู่ระหว่าง 101-200 ppb และลูกเดือยพบสารปนเปื้อน 89.29%แต่มีปริมาณสารพิษอยู่ในระดับต่ำไม่เกิน 20 ppb

อินทิรา (2541) ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราเมล็ดพืชแห้งจากท้องตลาดจำนวน 251 ตัวอย่าง พบว่ามีเชื้อราปนเปื้อน 218 ตัวอย่าง โดยพบว่าตัวอย่างที่เป็นถั่วลิสง ถั่วเขียว ข้าวโพด ถั่วเหลือง ข้าวขาว และข้าวกล้อง มีการปนเปื้อน 100, 92, 88, 84, 72 และ 70 % ตามลำดับ เชื้อราที่พบมากที่สุดคือ *A. flavus* โดยพบ 112 ตัวอย่าง รองลงมาคือ *A. niger* 111 ตัวอย่าง เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารแอฟลาทอกซิน B_1 โดยวิธี ELISA ในถั่วลิสง 90 % ข้าวโพด ข้าวสาร ถั่วเหลือง และถั่วเขียว พบปริมาณแอฟลาทอกซิน 35, 27, 22 และ 16 % ตามลำดับ ซึ่งปริมาณแอฟลาทอกซินที่พบอยู่ในระดับต่ำคือ 3-36 ppb ยกเว้นในถั่งลิสงที่พบสูงถึง 268 ppb ซึ่งข้อมูลการปนเปื้อนเหล่านี้จำเป็นต้องทันสมัยตลอดเวลา เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค และเป็นข้อมูลในการต่อรองทางการค้าด้วย

จากการศึกษาข้อมูลโรคหลังการเก็บเกี่ยวของไม้ดอกวงศ์ขิง Kumar and Roy (1990) ได้รายงานถึงอาการเน่าของแง่งขมิ้นในตลาดเดลี ประเทศอินเดีย โดยพบเชื้อราที่เข้าทำลายดังต่อไปนี้ *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Cladosporium cladosporioides*, *Drechslera [Setosphaeria] rostrata*, *Fusarium moniliforme* [*Gibberella fujikuroi*], *F. oxysporum*, *Macrophomina phaseolina*, *Pythium aphanidermatum*, *Rhizoctonia solani* และ *Sclerotium* [*Corticium*] *rolfsii* นอกจากนั้นยังพบว่าเชื้อ *Aspergillus* spp. เป็นสาเหตุของอาการเน่าอย่างรุนแรงทั้งในแง่งที่มีบาดแผลและไม่มีบาดแผล

ในประเทศไทย ณัฐฏิมา และคณะ (2549) พบว่าปัญหาที่สำคัญในการส่งออกหัวพันธุ์ปทุมมาคือโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solamacearum* ที่ระบาดทำความเสียหายให้กับเกษตรกรและผู้

ส่งออก เชื้อแบคทีเรียชนิดนี้สามารถติดไปกับหัวพันธุ์ปทุมมาได้และเป็นเชื้อโรคที่สำคัญในการกักกันพืช ถ้าพบเชื้อนี้ติดไปกับหัวพันธุ์ที่ส่งออก หัวพันธุ์เหล่านั้นจะถูกเผาทำลายทันที วิภาดา และคณะ (2550) พบว่าไม่พบเชื้อสาเหตุโรคหัวเน่าหรือพบน้อยในหัวย่อยของปทุมมาจึงศึกษาแนวทางการขยายหัวพันธุ์ปทุมมาปลอดเชื้อโรคหัวเน่าจากหัวย่อย

โรคแง่งเน่าของขิงระหว่างการเก็บรักษามีรายงานในประเทศอินเดียตั้งแต่ปี ค.ศ.1952 โดยพบว่าแง่งขิงที่เก็บรักษาไว้เกิดเส้นใยสีขาวของเชื้อราเจริญปกคลุม เมื่อแยกเชื้อบริสุทธิ์และจำแนกชนิด พบว่าเป็นเชื้อรา *Fusarium roseum* เมื่อนำมาปลูกเชื้อบนแง่งขิงปกติไม่แสดงอาการโรค แต่เมื่อปลูกเชื้อลงในบาดแผลบนแง่งขิง กลับทำให้แง่งขิงเกิดโรคเน่าเสียหายได้ จึงสรุปว่าเชื้อนี้เป็น secondary invader หรือ wound invader ของแง่งขิง (Mehrotra, 1952) ซึ่งต่อมามีรายงานการเน่าเสียของแง่งขิงระหว่างการเก็บรักษาที่เกิดจากเชื้อราสาเหตุหลายชนิด เช่น Sarma and Nambiar (1974) ได้รายงานถึงโรค dry rot ของขิงที่เกิดทั้งในแปลงปลูกและระหว่างการเก็บรักษา เกิดจากเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* ต่อมา Sharma and Joshi (1976) รายงานว่าพบเชื้อราที่ก่อให้เกิดอาการ red rot (*Nectria inventa*), gray rot (*Trichorus spiralis*) และ black rot (*Memnoniella echinata*) บนแง่งขิงที่อยู่ระหว่างการเก็บรักษา และมีรายงานของ Mishra and Rath (1988) กล่าวถึงการแยกเชื้อรา *Gleocladium candidum* จากเนื้อเยื่อขิงที่ได้จากตัวอย่างแง่งขิงจากตลาดใน Bhubaneswar, Orissa และเชื้อดังกล่าวทำให้เกิดอาการเน่าเมื่อปลูกเชื้อลงบนแง่งขิงที่อุณหภูมิ 25 °c ความชื้นสัมพัทธ์ 100% นาน 15 วัน ต่อมา Rath and Misha (1993) รายงานการแยกเชื้อรา *F. oxysporum, F. equiseti, Nectria inventa, Cylindrocladium scoparium* และ *Cylindrocarpon* sp. จากแง่งขิงที่เก็บตัวอย่างจากท้องตลาดและในแปลงปลูก ในประเทศเกาหลีมีรายงานการแยกเชื้อจากแง่งขิงที่เน่าระหว่างการเก็บรักษาโดยแยกตามอาการที่พบคืออาการ yellow soft rot เกิดจากเชื้อ *Erwinia carotovora* และ *Pseudomonas aeraginosa* อาการ brown rot เกิดจากเชื้อ *Fusarium solani* และ *P. aeraginosa* อาการ localized ring rot เกิดจากเชื้อ *F. solani* และอาการ water soak rot เกิดจากเชื้อ *Pythium ultimum* (Kim *et al*, 1998) ในประเทศไทยมีรายงานของประวัติ และคณะ (2521) ที่กล่าวถึงการเน่าของแง่งขิงที่อยู่ระหว่างการทดลองเก็บรักษาขิงสดเพื่อการส่งออก ซึ่งพบว่าเป็นเชื้อรา *F. oxysporum* และรายงานของ ศศิธร และคณะ (2529) ถึงโรคเน่าของแง่งขิงที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium* sp., *Sclerotium* sp. และ *Fusarium* sp. ในแปลงบางแหล่ง แต่ความรุนแรงในการระบาดไม่มากเท่าโรคเน่าที่เกิดจากแบคทีเรีย

พบว่าในแง่งขิงที่ยังไม่แสดงอาการเน่าให้เห็นก็สามารถตรวจพบเชื้อราสาเหตุได้เช่นกัน ขณะที่ Kim *et al* (1998) ได้รายงานว่าเชื้อรา *Pythium myriotylum* ที่เป็นเชื้อราสาเหตุที่ก่อโรคกับขิงในสภาพแปลง แต่ในสภาพเก็บรักษาเมื่อทำการแยกเชื้อบริสุทธิ์กลับพบเชื้อเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ชี้ให้เห็นว่าเชื้อราชนิดนี้ไม่ได้เป็นเชื้อสาเหตุโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของขิง เชื้อ *Pythium* sp. ไอโซเลตอื่นที่เป็นเชื้อสาเหตุโรคเน่าที่แยกได้จากขิงที่เก็บรักษาอยู่นั้น เมื่อตรวจหาเชื้อก็พบในปริมาณที่น้อยลงในเนื้อเยื่อที่อยู่ห่างจากเนื้อเยื่อที่เน่าเสีย และเมื่อทดลองปลูกเชื้อก่อโรคหลายชนิดในบาดแผลบนแง่งขิง พบว่าความรุนแรงของโรคผันแปรไปตามอุณหภูมิที่บ่มเชื้อ (15, 20 และ 30 °C) โดยอาการโรคจะรุนแรงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่จากรายงาน

ของ Lana *et al* (1993) กลับพบว่าการเก็บรักษาแง่งขิงที่อุณหภูมิห้อง (17-25 ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 40-80 %) มีการเกิดโรคเน่าน้อยกว่าการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (13±1 ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 80 %) โดยที่การเก็บที่อุณหภูมิต่ำจะมีการสูญเสียน้ำน้อยกว่า และการเคลือบ wax ไม่ได้เป็นประโยชน์แก่การเก็บรักษา ขณะที่การห่อด้วยฟิล์มพลาสติกพีวีซี (Polyvinyl chloride) ช่วยลดการสูญเสียน้ำแต่กลับทำให้เกิดการเน่าของแง่งขิงเพิ่มขึ้น ซึ่ง Swarts and Bezvidenhout (1992) ได้รายงานสอดคล้องกันว่าการเก็บแง่งขิงที่อุณหภูมิ 10 ºC ทำให้ขิงมีคุณภาพดีกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 13-21 ºC แต่พบการเน่าเสียมากกว่า

การฉายรังสีอาหารคือการนำเอาอาหารที่บรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่เหมาะสมไปผ่านการฉายรังสีเอ็กซ์ หรือรังสีอิเล็กตรอน ในปริมาณที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ เช่น การฆ่าเชื้อโรคและพยาธิ การยับยั้งการทำลายของแมลง การยืดอายุการเก็บรักษา การยับยั้งการงอกและชะลอการสุก (สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2541)

การสมานบาดแผล (Wound healing) ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีรายงานในหลายพืชว่าสามารถลดการเน่าเสียระหว่างการเก็บรักษาได้ เช่น แครอท พบว่าการเก็บในสภาพอุณหภูมิ 15 ºC ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 95-98 % เป็นเวลา 48 ชม. ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ช่วยลดการเน่าเสียระหว่างการเก็บรักษาได้ ซึ่งผลการวิจัยในมันฝรั่งและมันเทศก็ให้ผลในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้รังสี UV และความร้อนชั่วระยะเวลาหนึ่ง ก่อนการเก็บรักษายังสามารถกระตุ้นการสมานบาดแผลในผลกัมคว็อท และกีวี ตามลำดับ (Barkai-Golan, 2001) หากสามารถนำวิธีการนี้มาใช้ในขิงเพื่อการส่งออกทางเรือซึ่งใช้เวลาเดินทางนาน เป็นผลสำเร็จก็จะช่วยลดปัญหาด้านต้นทุนและการตกค้างของสารกำจัดราหลังการเก็บเกี่ยวได้อีกทางหนึ่ง

ระเบียบวิธีวิจัย

การทดลองที่ 1.1 การใช้สารสกัดจากเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพื่อลดความสูญเสียของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

1. นำผลเงาะที่เน่าเสียหลังเก็บเกี่ยว มาแยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าด้วยวิธี tissue transplanting ได้เชื้อบริสุทธิ์ บันทึกลักษณะของเชื้อราและจำแนกชนิดของเชื้อราสาเหตุโรค และลักษณะอาการของโรคผลเน่าของเงาะที่เกิดจากเชื้อราสาเหตุแต่ละชนิด

2. คัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ แยกเชื้อแบคทีเรียจากผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว โดยวิธี tissue transplanting คัดเลือกเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา สังเกตจากการเกิดบริเวณยับยั้ง (clear zone) ที่เกิดขึ้น เชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ต่างๆ ที่คัดเลือกได้ 1 มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของเงาะ ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ด้วยวิธี Dual culture test คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ

3 ทดสอบประสิทธิภาพสารจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของเงาะ โดยนำเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ต่างๆ มาเลี้ยงบนอาหาร NA 24 ชม. แล้วตัดชิ้นวุ้นบริเวณข้างเคียงโคโลนีซึ่งมีสารทุติยภูมิของแบคทีเรียอยู่ นำมาทดสอบการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของเงาะ ในจานเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชม. บันทึกผลโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง (clear zone)

4. ทดสอบความเป็นพิษเบื้องต้นของสารจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ (cell free culture supernatant) กับเมล็ดข้าวเปลือก และเมล็ดถั่วเขียว โดยแช่ในสารละลายส่วนใสที่แยกเชื้อแบคทีเรียออกแล้วเป็นเวลา 5 นาที และ 24 ชม. หลังจากนั้นนำเมล็ดมาเพาะ เปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวเปลือก และเมล็ดถั่วเขียวที่แช่ในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ

5. ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคผลเน่าของเงาะ

5.1 ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการควบคุมที่เกิดจากการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของเงาะ โดยใช้ผลเงาะที่สมบูรณ์ทำแผลโดยการตัดขนเงาะ ปลูกเชื้อรา *L. Theobromae* ไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 18 ชม. พ่นด้วยสารแขวนลอยเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 13 °C เป็นเวลา 7 วัน วัดขนาดของแผล คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

5.2 ศึกษาผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลเงาะหลังการเก็บรักษา ทำการทดลองแบบเดียวกับ 5.1 แต่ไม่มีการปลูกเชื้อสาเหตุโรค บันทึกผลการทดลองโดย วัดความแน่นเนื้อ (firmness) ปริมาณของแข็งละลายในน้ำได้ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

6. จำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่ผ่านการคัดเลือก นำเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าของเงาะ ทดสอบการย้อมสีแบบแกรม (Gram's staining) จำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรียด้วยชุดทดสอบ API Test Kits 50 CHB และจำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรียด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุล

7. ทดสอบคุณสมบัติของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ในการผลิตเอนไซม์ เอนไซม์อะไมเลส (amylase), เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) และ โปรตีเอส (protease)

8. ศึกษาองค์ประกอบของสารสกัดหยาบจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ โดยนำ culture filtrate ของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ นำไปแยกสารโดยวิธี solvent partitioning กับ ethyl acetate แยกเอาส่วนของ ethyl acetate ระเหยด้วยเครื่อง rotary evaporator แล้วนำไปแยกสารด้วยวิธี Thin layer chromatography (TLC) นำแผ่น TLC มาทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของเงาะฉีดพ่นสารแขวนลอยสปอร์ (spore suspension) แล้วตรวจสอบโดยสังเกต Clear zone บน TLC จากนั้นตัดแผ่น TLC บริเวณแถบที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา มาศึกษาองค์ประกอบของสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของเงาะด้วยเครื่องมือ Bruker Daltonics - micrOTOF - benchtop ESI-TOF MS ส่งตรวจวิเคราะห์ที่ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

9. ทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดหยาบของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อเซลล์ โดยส่งสารสกัดหยาบของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ไปตรวจที่ห้องปฏิบัติการตรวจสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (BIOTEC) โดยใช้วิธีการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไตของลิง (African green monkey kidney)

10. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในรูปแบบสารชีวภัณฑ์ โดยเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในอาหารเหลว tryptic soy broth (TSB) อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นนำเฉพาะเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียเตรียมส่วนผสมของชีวภัณฑ์ จำนวน 3 สูตร

สูตรที่ 1 นำเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 20 มิลลิลิตร มาผสมกับ magnesium sulfate 2.47 % ปริมาตร 20 ml ตั้งทิ้งไว้ 15-20 นาที หลังจากนั้นเติม carboxymethyl cellulose (CMC) 2.5 % ปริมาตร 20 ml ผสมให้เข้ากัน ผสมผง talcum น้ำหนัก 100 g คลุกเคล้าให้เข้ากัน (ดัดแปลงสูตรของกลุ่มงานบักเตรีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช)

สูตรที่ 2 นำทัลคั่ม 60 กรัม แคลเซียม 30 กรัม CMC (carboxymethylcellulose) 8 กรัม และ:น้ำมันฝรั่ง 2 มิลลิลิตร นำมาผสมรวมกัน หลังจากนั้นนำเชื้อแบคทีเรีย 20 มิลลิลิตร มาผสมให้เข้ากัน (ดัดแปลงสูตรของ วราภรณ์, 2553)

สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า 100 กรัม น้ำมันถั่วเหลือง 1 ml และซูโครส 10 กรัม นำมาผสมรวมกัน หลังจากนั้นนำเชื้อแบคทีเรีย 20 มิลลิลิตร มาผสมให้เข้ากัน (ดัดแปลงสูตรของ ณิชกานต์, 2554)

หมายเหตุ สารทุกชนิดนำมานึ่งฆ่าเชื้อด้วยเครื่องอบความชื้นความดันสูง (autoclave) 121 °C ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที จำนวน 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้งห่างกัน 1 วัน

ตรวจปริมาณของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ด้วยวิธี dilution plate count ทุก 1 เดือน เป็นเวลา 6 เดือน

11. ทดสอบชีวภัณฑ์เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อการยับยั้งเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของเงาะ โดยทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของเงาะในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ด้วยวิธี Dual culture test บันทึกผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

12. ทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคผลเน่าของเงาะ โดยทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคบนผลเงาะที่เกิดจากการปลูกเชื้อราสาเหตุโรค บันทึกผลโดยวัดขนาดของแผลที่แสดงอาการของโรค และ ศึกษาผลของการใช้ชีวภัณฑ์เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลเงาะหลังการเก็บรักษา บันทึกผลการทดลองโดย วัดความแน่นเนื้อ (firmness) ปริมาณของแข็งละลายในน้ำได้ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

การทดลองที่ 1.2 การใช้แบคทีเรียดินควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตร

นำแบคทีเรียที่คัดแยกจากดินในแปลงปลูกถั่วลิสง และข้าวโพดในเขตภาคกลาง จำนวน 59 ไอโซเลต ที่คัดแยกได้จากโครงการสำรวจ รวบรวม จำแนกและหาเทคโนโลยีการเก็บรักษาจุลินทรีย์ที่ผลิตชีวภัณฑ์ มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา 2 วิธี คือ 1 วิธี Dual culture technique และ 2 วิธี Poison plate technique เชื้อแบคทีเรียที่ได้นำมาทดสอบดังนี้

1. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดแบคทีเรียในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราและการสร้างสารแอฟลาทอกซินโดยวิธี Tip culture method
2. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดแบคทีเรียในการทำลายสารพิษโดยตรง (Degradation) โดยเลี้ยงแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เติม สารพิษมาตรฐาน ความเข้มข้นเป็น 150 ไมโครกรัม/กิโลกรัม หลังจาก

นั้น นำสารละลายในหลอดทดสอบมาตรวจวัดปริมาณสารแอฟลาทอกซิน เป็นเวลา 7 วัน และคำนวณเปอร์เซ็นต์การถูกทำลายของสารพิษ

3. การทดสอบความสามารถของแบคทีเรียดินในการมีชีวิตอยู่ในอาหารที่มีสารพิษและการทำลาย โดยนำแบคทีเรียไอโซเลตที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา และยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซินมาทดสอบความสามารถในการมีชีวิตอยู่ในอาหาร Nutrient broth ที่มีสารแอฟลาทอกซินผสมอยู่ด้วย เป็นเวลา 4 วัน ตรวจดูความขุ่นของอาหารในหลอดทดลอง และทำการวัดปริมาณสารแอฟลาทอกซินที่เหลือโดยวิธี ELISA
4. การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดแบคทีเรีย ทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดแบคทีเรียที่มีผลกับการงอกของเมล็ดพืช ได้แก่ เมล็ดข้าว เมล็ดถั่วเขียว เป็นเวลา 1และ 24 ชม. เพาะในจานเลี้ยงเชื้อแล้วนับจำนวนเมล็ดที่งอกหลังการทดสอบ 7 วัน
5. การทดสอบชนิดแกรมและศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแบคทีเรีย บันทึกลักษณะการเจริญของโคโลนี รูปร่าง และสี รวมทั้งนำแบคทีเรียบางไอโซเลตไปศึกษาลักษณะรูปร่างภายใต้กล้อง Electron Microscope
6. การจำแนกชนิดของแบคทีเรีย (Identification) แบคทีเรียที่คัดเลือกแล้วว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา และยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซิน และไม่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต มาจำแนกโดยใช้ชุดทดสอบ API 50CHB และการจำแนกโดยเทคนิคทางชีวโมเลกุลด้วยวิธี Single strand 16S rRNA sequencing ที่ National Center for Genetic Engineering and Biotechnology
7. ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดแบคทีเรีย และเซลล์แบคทีเรียในการลดสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตร
    7.1. การใช้สารสกัดของแบคทีเรีย นำส่วนของสารสกัดแบคทีเรียเลี้ยงในอาหารเหลว Nutrient broth เป็นเวลา 4 วัน ไปคลุกเมล็ดถั่วลิสงที่มีการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินตามธรรมชาติ เก็บในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง ตรวจการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินด้วยวิธี ELISA หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน
    7.2. การใช้เซลล์แบคทีเรีย นำแบคทีเรียมาเลี้ยงในอาหาร Nutrient Broth เป็นเวลา 2 วัน วัดปริมาณเซลล์แบคทีเรีย ปรับความเข้มข้นของปริมาณแบคทีเรียให้เป็น 3 ระดับ คือ $12X10^8$, $9X10^8$และ $6X10^8$cfu นำฝักถั่วลิสง มาแช่ในสารละลายแบคทีเรียปริมาตร 3,000 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาที ผึ่งให้แห้ง ใส่ถุงพลาสติกปริมาณ 1 กิโลกรัม/ถุง สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินหลังเก็บรักษาไว้ 7, 14 และ 28 วัน หลังจากเก็บตัวอย่างไว้ 28 วัน แกะเมล็ด และนำเมล็ดถั่วไปตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ DG18

การทดลองที่ 1.3 การควบคุมการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตรโดยใช้เชื้อรา *Aspergillus flavus* สายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษ

1. การเก็บตัวอย่างผลิตผลเกษตร และการคัดแยกเชื้อรา *Aspergillus flavus*

โดยเก็บเมล็ด ถั่วลิสง ข้าวโพด และเมล็ดธัญพืช และตัวอย่างดินจากแหล่งต่างๆ มาแยกเชื้อเก็บเส้นใยเชื้อราบริสุทธิ์

2. การคัดแยกเชื้อรา *Aspergillus flavus* สายพันธุ์ที่สร้างสารพิษ (Toxigenic strains) และสายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษ (Non-Toxigenic strains) โดยเทคนิคอณูพันธุศาสตร์

โดยการการสกัด ดี เอ็น เอ ด้วยชุดน้ำยา DNeasy® Plant Mini Kit (QIAGEN, USA) การจัดลำดับยีน และการวิเคราะห์ ทำการเพิ่มปริมาณ ดีเอ็นเอ โดยปฏิกิริยา PCR (Polymerase Chain Reaction) กับไพรเมอร์ (primer) ที่มีความจำเพาะและตรวจปริมาณ ดี เอ็น เอ ที่เพิ่มปริมาณได้ด้วยอะกาโรสเจลอิเล็กโตรโฟรีซีส การทดสอบจะมียีนต้นแบบของ *Aspergillus flavus* สายพันธุ์ที่สร้างสารพิษเป็นตัวเปรียบเทียบ

3. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Aspergillus flavus* สายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสายพันธุ์ที่สร้างสารพิษ และยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซิน

3.1 การทดสอบการเป็นปฏิปักษ์โดยวิธี Competition plate method บน อาหาร PDA

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซินโดยวิธี Dual culture method ในอาหารเหลว YES medium พร้อมกับเชื้อรา *Aspergillus flavus* ที่สร้างสารพิษเป็นเวลา 14 วัน แล้วทดสอบปริมาณสารแอฟลาทอกซินโดยวิธี ELISA

4. การผลิตชีวภัณฑ์จากเชื้อรา *Aspergillus flavus* คัดเลือกสายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา และยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซินโดยใช้สูตรต่าง ๆ ในการผลิตประมาณ 5 สูตร แล้วนำไปทดสอบใช้ในแปลงปลูกถั่วลิสง

การทดลองที่ 1.4 การควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในพืชผักโดยใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเชื้อรา *Macrocybe crassa* (Berk.) Pegler and Lodge

1. แหล่งที่มาของเชื้อ

1.1 เชื้อรา *Macrocybe crassa* (Berk.) Pegler & Lodge ได้รับจากศูนย์รวบรวมและเก็บรักษาเชื้อพันธุ์เห็ด กรมวิชาการเกษตร

1.2 เชื้อ *Salmonella* spp. , *Escherichia coli*, *Shigella* spp. *Staphylococcus anreus* และเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ได้รับอนุเคราะห์จากกองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช กรมวิชาการเกษตร

2. การเตรียมสารสกัดออกฤทธิ์จากเชื้อรา *M. crassa*

เลี้ยงเชื้อรา *M. crassa* บนอาหาร PDA นาน 7 วัน จากนั้นเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว PDB ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 30 วัน กรองเส้นใยและเก็บเส้นใยที่ได้นำไปอบที่ตู้อบอุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 3 วัน สำหรับใช้สกัดสารต่อไป

3. การสกัดสารออกฤทธิ์

3.1 สกัดจากเส้นใย ด้วยเอทิลอะซีเตต (ethyl acetate, EtOAc) และระเหยตัวทำละลายออกภายใต้ความดันด้วยเครื่อง rotary evaporator ได้ส่วนสกัดหยาบ

3.2 สกัดจากอาหารเลี้ยงเชื้อรา (Culture filtrate)

3.3 สกัดจากดอกเห็ดของเชื้อรา *M. crassa* (เห็ดตีนแรด)

4. การเตรียมสารทดสอบจากสารสกัด

โดยเตรียมสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 0, 10, 50, 100 และ 500 ppm โดยใช้ Dimethylsulfoxid (DMSO) เป็นตัวละลายร่วมกับน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เพื่อใช้เป็นสารทดสอบต่อไป

5. การทดสอบประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ในสารสกัดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในสภาพห้องปฏิบัติการ การทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ด้วยวิธี Filter paper disc method ที่ระดับความเข้มข้น 0, 10, 50 และ 500 ppm บ่มที่อุณหภูมิ 28 ± 2 °C นาน 7 วัน การบันทึกข้อมูล วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของการเกิด clear zone ในจุลินทรีย์แต่ละชนิดทุกวัน

6. การทดสอบการประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ในสารสกัดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆในพืชผัก โดยเตรียมใบผักกาดขาว โดยฆ่าเชื้อที่ผิวใบด้วย 70 % EtOH จากนั้นจุ่มใบผักกาดในสารละลายเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่เจือจางเชื้อในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ วางทิ้งไว้ประมาณ 1 ชม. หลังจากนั้นนำมาจุ่มในสารสกัดที่ได้จากเห็ดตีนแรดที่ความเข้มข้น 0, 10, 50 และ 500 ppm จากนั้นนำตรวจสอบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

การทดลองที่ 2.1 การใช้สารสกัดจากพืชเพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนสในผลไม้หลังเก็บเกี่ยว

1. แยกเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส

แยกเชื้อรา *Colletotrichum* spp. จากผลมะม่วง มะละกอ กล้วยหอม ที่เป็นโรค ด้วยวิธี Tissue Transplanting Technique พิสูจน์โรคตามวิธีของ Koch (Koch's Postulation)

2. ศึกษาชนิดพืชที่มีศักยภาพและเลือกประเภทตัวอย่างที่เหมาะสมและทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา

โดยมีตัวอย่างพืชดังนี้ ไพล หญ้ามาเลเซีย เปลือกหมากดิบ เนื้อหมากดิบ ข่า เปลือกกล้วยหอมดิบ เปลือกมะม่วงดิบ ตะไคร้ เปลือกมะละกอดิบ หัวไชเท้า ใบกวางตุ้ง ขมิ้นชัน

เลือกวิธีเตรียมตัวอย่างพืชที่เหมาะสม 3 วิธี คือ สด Freeze dry และแห้ง ตัวอย่างพืชที่ผ่านการเตรียมดังกล่าว นำพืช 6 ชนิด ได้แก่ ข่า เปลือกกล้วยหอม เปลือกมะม่วง ตะไคร้ หัวใช้เท้า และไพล มาสกัดสารสกัดหยาบเพื่อนำไปทดสอบทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*, *C. capsici* และ *C. musae* ด้วยวิธี Filter paper disc method

3. ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดไพลและขมิ้นชัน ในการยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วงมะละกอและกล้วยหอมปลูกเชื้อ โดยคัดเลือกผลมะละกอ มะม่วง และกล้วยหอม ที่สมบูรณ์ ทำการปลูกเชื้อโดยการสเปรย์สปอร์แขวนลอย และทำแผลด้วยเข็มเขี่ย จากนั้นนำมาทาด้วยสารสกัดหยาบความเข้มข้นต่างๆ 2 ครั้ง เก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิห้อง บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและวัดเส้นผ่าศูนย์กลางแผล

4. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดในการยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนสและคุณภาพบนผลมะม่วงมะละกอและกล้วยหอมจากตามธรรมชาติจากแปลงปลูก (ไม่ปลูกเชื้อ) ดำเนินการเหมือนข้อ 3 แต่ไม่ได้ทำการปลูกเชื้อ วัดคุณภาพตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ ความแน่นเนื้อ ปริมาณ

กรดที่ไตรเตรทได้ (TA) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) วิตามินซีและสีประกอบด้วยค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง/เขียว (a*) และค่าสีเหลือง/น้ำเงิน (b*)

การทดลองที่ 2.2 การใช้สารสกัดพืชและจุลินทรีย์เพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* ในการผลิตผักสด

1. การเตรียมสารสกัดพืช โดยนำตัวอย่างพืชแห้ง ได้แก่ เปลือกผลทับทิม ใบทับทิม ใบฝรั่ง เหง้าข่า รากกระชาย และเปลือกผลมังคุด มาบดให้ละเอียดแล้วสกัดด้วยเอธานอล 95 % สารสกัดหยาบที่ได้ นำมาลดปริมาตรด้วยเครื่องระเหยสารภายใต้ความดันอากาศต่ำ (vacuum rotary evaporator) วัดปริมาณผลผลิตสารสกัดที่ได้ต่อตัวอย่างพืชแห้ง 1 กรัม

2. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชในการควบคุมเชื้อ *E. coli* ในระดับห้องปฏิบัติการ โดยนำสารสกัดทั้งหมด 8 ชนิด มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อ *E. coli* ในสภาพห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธี filter paper disc method วัดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใสที่เกิดรอบชิ้นกระดาษกรองทุก 24 ชม.เป็นเวลา 3 วัน

3. การทดสอบหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้สารสกัดพืช สารสกัดจากเปลือกผลทับทิมทั้งหมดที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 2 นำมาทดสอบการประมาณค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของสารสกัดพืชในการนำมาใช้ควบคุมเชื้อ *E. coli* ด้วยวิธี Gradient plate technique บนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA

4. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชเพื่อลดการปนเปื้อนในผักสะระแหน่ระหว่างการเก็บรักษา จากผลการทดลองที่ 1 พบว่าเปลือกผลทับทิมผงให้ผลผลิตสารสกัดมากเป็นอันดับสอง รองจากสารสกัดเปลือกผลมังคุด ต่อมาในการทดลองที่ 2 พบว่าสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมทุกตัวอย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าสารสกัดหยาบจากพืชอื่นในการควบคุมเชื้อ *E. coli* และผลจากการทดลองที่ 3 พบว่าสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมผงมีค่าโดยประมาณของความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้อยู่ที่ประมาณ 4,000 ppm จึงเลือกสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมผงมาทำการทดลองการลดการปนเปื้อนในผักสะระแหน่ระหว่างการเก็บรักษา เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 12 °C บันทึกผลการทดลองทำโดย การตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ด้วยวิธี plate count technique อาหารเลี้ยงเชื้อ Colinstant chlomogenic agar (Selective medium) เป็นเวลา 24 ชม. นับจำนวนโคโลนีที่เจริญ แล้วคำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อน้ำหนักตัวอย่างผักสด 1 กรัม (cfu/ml) ทำการตรวจวัดการปนเปื้อนรวม 3 ครั้ง ที่ 0, 6 และ 24 ชม. หลังการทดลอง

การทดลองที่ 2.3 การใช้สารสกัดกระเทียมควบคุมเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินในพริกแห้งและพริกป่น

1. ศึกษาสารออกฤทธิ์ในกระเทียมที่ควบคุมการเจริญของเชื้อรา 3 รูปแบบ คือ กระเทียมผงละลายน้ำความเข้มข้น 10 % (W/V) น้ำคั้นกระเทียมสดเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นเป็น 75% น้ำมันกระเทียมที่ได้จากการสกัดด้วยเอธานอล และ สาร allicin มาตรฐานความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร หยดลงบนแผ่น TLC แล้วนำแผ่น TLC ไป develop ในโถแก้วที่มีสารตัวพา คือ hexane: isopropanol = 3:1 (v/v) นำแผ่น TLC มาตัดได้ชิ้นส่วน TLC จำนวน 36 ชิ้นต่อแถบสารสกัด วางบนอาหารเลี้ยงเชื้อพีดีเอ ที่มีสารแขวนลอย

สปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ผสม บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชม. หลังจากนั้นวัดขนาดของ Clear Zone ที่เกิดขึ้น

2 การศึกษาประสิทธ์ภาพของน้ำคั้นกระเทียมที่ความเข้มข้นระดับ 100, 50, 25 และ 12.5 % ต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* โดยทดสอบการเจริญของเชื้อราในจานเลี้ยงเชื้อ ด้วยวิธี poisoned food technique และ ทดสอบการงอกของสปอร์ ด้วยวิธี slide culture method

3. การศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำคั้นกระเทียมและระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่พริกสดเม็ดใหญ่เพื่อแปรรูปเป็นพริกแห้ง โดยวางแผนการทดลองแบบ factorial in RCB จำนวน 3 ซ้ำต่อกรรมวิธี โดยมี 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1คือระดับความเข้มข้นของน้ำคั้นกระเทียม 3 ระดับคือ 75, 50 และ 25 % ปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาในการแช่พริกสด คือ 10, 20 และ 30 นาที นำพริกสดผลใหญ่แช่ในน้ำคั้นกระเทียมตามกรรมวิธี อบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 72 ชม. เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 วัน ตรวจการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินโดยวิธี ELISA

4 การทดสอบระยะเวลาการเก็บรักษาพริกแห้งแปรรูป โดยการแช่น้ำคั้นกระเทียมความเข้มข้น 75, 50 และ 25 % เป็นเวลา 20 นาที เก็บในถุงพลาสติก PE (Polyethylene) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 เดือน นำพริกแห้งมาตรวจการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินโดยวิธี ELISA ทุกเดือน

5. การศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำคั้นกระเทียมในการแช่พริกแห้ง พริกแห้งผลใหญ่ทดสอบที่ความเข้มข้นของน้ำคั้นกระเทียม 3 ระดับคือ 75, 50 และ 25 % เก็บรักษา 1 และ 2 เดือน พริกแห้งผลเล็กทดสอบกับน้ำคั้นกระเทียมที่ระดับความเข้มข้น 50 % เพียงระดับเดียว

6. ศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำคั้นกระเทียมในการลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินในพริกป่นและระยะเวลาในการเก็บรักษา ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำคั้นกระเทียม 5 ระดับ คือ 100, 75, 50, 25 และ 0 % (ชุดควบคุม) ตัวอย่างพริกป่นคลุกให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ใส่ในเครื่องกวนแล้วเติมน้ำคั้นกระเทียมลงไปปริมาณ 300 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม ผึ่งให้แห้ง บรรจุในถุง PE ปริมาณ 100 กรัมต่อถุง เก็บที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตัวอย่างที่เวลา 5, 10 และ 15 วัน ตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซิน

7. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำคั้นกระเทียมที่ใช้แล้วในการทำลายสารแอฟลาทอกซินโดยตรง น้ำคั้นกระเทียมความเข้มข้น 75, 50 และ 25% ทำการทดสอบประสิทธิภาพในหลอดทดลองในอัตราส่วน 1: 1 บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน วิเคราะห์ปริมาณสารแอฟลาทอกซิน โดยวิธี ELISA

การทดลองที่ 2.4 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดกระชายดำและกะเพราในการควบคุมการเจริญของเชื้อ *Aspergillus flavus* และลดปริมาณสารแอฟลาทอกซิน

การทดสอบในอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ทดสอบการสกัดพืชตัวอย่างด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ตามชนิด polarity ได้แก่ เอธานอล เมธานอล ไดคลอโรมีเธน และเฮกเซน

2. ทดสอบความเข้มข้นของสารสกัดหยาบในการควบคุมเชื้อราและสารพิษจากเชื้อรา วางแผนการทดลองแบบ CRD สารสกัดหยาบพืช 5 ชนิด ได้แก่ กระเทียม กระชายดำ ไพล ข่า และปุดสิงห์ และความ

เข้มข้น 12 ระดับ ได้แก่ 0, 50, 100, 200, 400, 800, 1,000 2,000 3,000 4,000 5,000 และ 6,000 ppm จำนวน 5 ซ้ำต่อกรรมวิธี

3. เปรียบเทียบลักษณะของเชื้อราที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมของสารสกัดหยาบชนิดต่างๆ หลังจากเก็บที่ 30 °C เป็นเวลา 10 วัน และวิเคราะห์ปริมาณสารแอฟลาทอกซินด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ในวันที่ 14 ของการทดลอง

4. ทดสอบผลของสารสกัดหยาบต่อเอนไซม์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเชื้อรา *A. flavus*

5. ทดสอบผลของสารสกัดหยาบชนิดต่างๆ ในการยับยั้งเชื้อ *A. flavus* และผลิต Aflatoxin B1 ในเมล็ดถั่วลิสง วางแผนการทดลองแบบ CRD สารสกัดหยาบ 4 ชนิดได้แก่ กระชายดำ ไพล ข่า และปุดสิงห์ จำนวน 5 ซ้ำต่อกรรมวิธี เก็บรักษาที่ 30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % เป็นเวลา 1 เดือน

6. วิเคราะห์สารประกอบสำคัญในสารสกัดหยาบแต่ละชนิด ด้วยวิธี GC-MS

การทดลองที่ 3.1 การใช้กรดอินทรีย์ควบคุมโรคแอนแทรคโนสในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

1. แยกเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส

แยกเชื้อรา *Colletotrichum* spp. จากผลมะม่วง กล้วยหอม มะละกอ และแก้วมังกร ที่เป็นโรคด้วยวิธี Tissue Transplanting Technique พิสูจน์โรคตามวิธีของ Koch (Koch's Postulation)

2. การทดสอบประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ที่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสในจานเลี้ยงเชื้อ (*in vitro*) ด้วยวิธี Poisoned Food Technique บนอาหาร PDA ผสมกรดอินทรีย์ oxalic acid, acetic acid ความเข้มข้นต่างๆ บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง วัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราทุก 24 ชม. นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใย

3. การทดสอบประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ที่มีผลต่อการงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส

ทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์โดยผสม PDA และกรดอินทรีย์ตามกรรมวิธีในข้อ 2 หยดสปอร์แขวนลอยที่มีอายุ 7 วัน ในจานเลี้ยงเชื้อ 5 µl บ่นเชื้อนาน 9 ชั่วโมง นำสไลด์ไปตรวจนับจำนวนสปอร์ที่งอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์นับจำนวนสปอร์ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์

4. การทดสอบประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ในการยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนส

ทำการทดสอบกรดอินทรีย์ในผลิตผลทั้ง 4 ชนิด (กล้วยหอม, มะม่วง, มะละกอ และแก้วมังกร) โดยการปลูกเชื้อด้วยวิธีการทำบาดแผลหรือการพ่นด้วยสปอร์แขวนลอย ก่อนหรือหลังการแช่กรดอินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดคือ oxalic acid, acetic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับ prochloraz

5 ทดสอบประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง มะละกอ กล้วยหอม และแก้วมังกรที่ติดมาจากแปลงปลูก (เชื้อตามธรรมชาติ)

คัดเลือกผลมะม่วง มะละกอ กล้วยหอมและแก้วมังกร ที่สมบูรณ์ นำมาแช่ในกรดอินทรีย์ตามกรรมวิธีในข้อ 4 ปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ ความแน่นเนื้อ

ปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ (TA) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) วิตามินซีและสีประกอบด้วยค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว/แดง (a*) และค่าน้ำเงิน/สีเหลือง (b*)

การทดลองที่ 3.2 การใช้ Methyl Jasmonate และ Methyl Salicylate เพื่อควบคุมโรคผลเน่าของผลไม้จากเชื้อ *Phomopsis* sp.

1. แยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่า แยกเชื้อรา *Phomopsis* spp. จากผลลองกอง เงาะ ที่เป็นโรคผลเน่าด้วยวิธี tissue transplanting technique พิสูจน์โรคตามวิธีของ Koch (Koch's postulation)

2. การทดสอบประสิทธิภาพของ Methyl Jasmonate และ Methyl Salicylate ที่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าในจานเลี้ยงเชื้อ (*in vitro*) ด้วยวิธี Filter paper disc method บนอาหาร PDA วัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใย

3. การทดสอบประสิทธิภาพของ Methyl Jasmonate และ Methyl Salicylate ในการยับยั้งการเกิดโรคผลเน่าของลองกองและเงาะ (*in vivo*) โดยทำการทดลองดังนี้

3.1 การทดสอบประสิทธิภาพของ MS และ MJ ในการยับยั้งการเกิดโรคผลเน่าบนผลที่มีการปลูกเชื้อ โดยการปลูกเชื้อรา *Phomopsis* spp. ก่อนหรือหลังการรมด้วยสาร Methyl Jasmonate และ Methyl Salicylate ที่ความเข้มข้นต่างๆ บันทึกผลโดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางแผลและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของ MJ และ MS ในการยับยั้งการเกิดโรคผลเน่าบนผลที่มีการติดเชื้อตามธรรมชาติ (ไม่ปลูกเชื้อ) โดยนำผลเงาะและลองกองมาทดสอบกับสาร MJ/MS ที่ความเข้มข้นต่างๆ บันทึกผลโดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางแผลและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

4. วัดกิจกรรมของเอนไซม์ β-1 ,3 glucanase โดยนำผลเงาะและลองกองมาทดสอบกับสาร MJ/MS ที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้วเก็บที่ 13 °C นาน 7 10 และ 13 วัน เก็บเปลือกลองกองแช่ตู้- 80 °C เพื่อทำการทดลองเอนไซม์ต่อไป สำหรับเงาะเก็บตัวอย่างเมื่อ 5 7 และ 9 วัน การสกัดโปรตีนจากพืชและวัดกิจกรรมของเอนไซม์ β-1 ,3 glucanase

5. วัดกิจกรรมของเอนไซม์ chitinase

การทดลองที่ 3.3 การใช้กรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ควบคุมโรคผลเน่าของผลไม้หลังเก็บเกี่ยว

1. แยกเชื้อและจำแนกชนิดของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่ามะม่วง ด้วยวิธี tissue transplanting technique พิสูจน์โรคตามวิธีของ Koch (Koch's postulation)

2. ทดสอบประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของมะม่วง *Dothiorella* sp.

โดยทดสอบประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ จำนวน 3 ชนิด 1.กรดแอสคอบิก 2.กรดซิตริก 3.กรดซอบิก และเกลืออนินทรีย์ จำนวน 11 ชนิด 1.โซเดียมเบนโซเอท 2.โซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ 3.โพแทสเซียมไนเตรท 4.โพแทสเซียมเมทาไบซัลไฟต์ 5.โพแทสเซียมซอเบท 6.คอปเปอร์ซัลเฟต 7.โซเดียมคาร์บอเนต 8.โซเดียมไบ

คาร์บอเนต 9.แอมโมเนียมคาร์บอเนต 10.โพแทสเซียมคาร์บอเนตและ 11.โพแทสเซียมไบคาร์บอเนต ที่ระดับความเข้มข้น 1 % 2 % และ 3 % ด้วยวิธีอาหารพิษ (Poisoned Food Technique) บันทึกผล โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา

3. ทดสอบประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ในการยับยั้งความรุนแรงของโรคผลเน่าที่เกิดจากการปลูกเชื้อรา *Dothiorella* sp. บนผลมะม่วง

ใช้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เบอร์4 ความแก่ 80 % ทำการปลูกเชื้อบนผลมะม่วงด้วยเชื้อรา *Dothiorella* sp. อายุ 7 วัน บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 12 ชม. จึงนำชิ้นวุ้นออก นำผลมะม่วงปลูกเชื้อแช่สารจากข้อ 2 นาน 5 นาที ตรวจผลเมื่อกรรมวิธีชุดควบคุมแสดงอาการของโรค โดยวัดเส้นผ่านศูนย์ของแผล (เซนติเมตร) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

การทดลองที่ 3.4 การทดสอบประสิทธิภาพกรดอินทรีย์ และเกลืออนินทรีย์ในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคเน่าหลังเก็บเกี่ยวของผลไม้

1. แยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่า ด้วยวิธี tissue transplanting technique พิสูจน์โรคตามวิธีของ Koch (Koch' postulation)

2. ประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ และเกลืออนินทรีย์ที่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรค

ด้วยวิธี Poisoned Food Technique โดยเตรียมอาหาร PDA แล้วผสมสาร เช่น กรด oxalic, กรด acetic, กรด Propionic, โซเดียมคาร์บอเนต, โซเดียมไบคาร์บอเนต, แคลเซียมคลอไรด์, โซเดียมคลอไรด์ เป็นต้น ที่ความเข้มข้นต่างๆ นำเส้นใยเชื้อราที่มีอายุ 7 วัน วางบนผิวหน้าอาหาร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง ตรวจผลเมื่อเชื้อราในชุดควบคุม control เจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อ โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใย

3. ทดสอบกรดอินทรีย์ และเกลืออนินทรีย์ชนิดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าในแก้วมังกร

โดยการเตรียมแก้วมังกรที่ผ่านการล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน ร้อยละ 10 เป็นเวลา 5 นาที แล้วล้างผลด้วยน้ำเปล่าอีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นนำผลแก้วมังกร ไปผึ่งให้แห้งแล้วจึงนำมาทำการทดลอง โดยปลูกเชื้อรา *Colletotrichum* sp. บ่มเชื้อไว้ในสภาพอุณหภูมิห้อง นาน 12 ชม. แล้วจึงนำผลแก้วมังกรมาจุ่มในสารละลายกรดอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ สารละลายเกลืออนินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ นาน 5 นาที ผึ่งไว้ให้แห้ง วางไว้ในสภาพอุณหภูมิห้อง ตรวจนับผลแก้วมังกร ที่เกิดโรคทุกวัน

การทดลองที่ 3.5 วิธีลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ก่อโรคในผักสดหลังการเก็บเกี่ยว

1. การทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่ม GRAS ในการลดปริมาณจุลินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารในกลุ่ม GRAS ในการลดปริมาณจุลินทรีย์ด้วยวิธี filter Paper disc method ที่แต่ละระดับความเข้มข้นตามกรรมวิธีดังนี้

1. กรดอะซิตริค ความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 10 %

2. กรดซิตริค ความเข้มข้น 0.4, 0.5, 0.6 และ 1.0 %

3. กรดแลคติค ความเข้มข้น 0.2, 0.3, 0.5 และ 1.0 %

4. โซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 25, 50 และ 100 mM

แล้วนำมาวางบนอาหารสังเคราะห์ (Selective media) ที่มีจุลินทรีย์เชื้อสาเหตุ บ่มที่อุณหภูมิ 37 ℃ ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ นาน 5 วัน บันทึกเส้นผ่านศูนย์กลาง clear zone

2. การทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่ม GRAS ในการควบคุมจุลินทรีย์ในผัก

สะระแหน่ที่เก็บจากแปลงเกษตรกร GAP ทำความสะอาดด้วยสารละลายตามกรรมวิธีดังนี้

1. ไม่ล้างผัก เป็นตัวควบคุม
2. ล้างผักด้วยน้ำประปา เป็นตัวควบคุม
3. ล้างผักด้วยสารละลายกรดอะซิตริค ความเข้มข้น 3.0 %
4. ล้างผักด้วยสารละลายกรดซิตริค ความเข้มข้น 0.6 %
5. ล้างผักด้วยสารละลายกรดแลคติก ความเข้มข้น 0.5 %

นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 $^{\circ}$C สุ่มผักทดลองมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ที่ 0, 3, 6, 15, 24, 48 ชม. ด้วยวิธี Total plat count technique

3. ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผัก

สะระแหน่ที่เก็บจากแปลงเกษตรกรนำมาผ่านกรรมวิธีโดยมีการกำหนดปัจจัยดังนี้

ปัจจัยที่ 1 การทำความสะอาดด้วยสารละลายชนิดต่างๆ ในอัตราส่วนผัก 5 กิโลกรัมต่อสารละลาย 20 ลิตร มี 3 วิธี ได้แก่

1 การไม่ล้างน้ำ เป็นตัวควบคุมที่ 1

2 ล้างด้วยน้ำประปา เป็นตัวควบคุมที่ 2

3 ล้างด้วยสารละลายกรดซิตริค ความเข้มข้น 0.6 % และนำไปล้างน้ำเปล่า นาน 3 นาที

ปัจจัยที่ 2 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักหลังทำความสะอาด มี 2 ระดับ ได้แก่

1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 $^{\circ}$C

2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 $^{\circ}$C

สุ่มผักทดลองมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์หลังเก็บรักษานาน 0, 3, 6, 12, 24, 48 ชม. ด้วยวิธี Total plat count technique

4. การทดสอบประสิทธิภาพวิธีลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในสะระแหน่ในระดับแปลงปลูก

สะระแหน่ที่เก็บจากแปลงเกษตรกรนำมาดสอบด้วยกรรมวิธีโดยมีการกำหนดปัจจัยดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ล้างผักด้วยสารละลาย GRAS ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมปริมาณเชื้อ *E. coli* ในอัตราส่วนผัก 5 กิโลกรัมต่อสารละลาย 20 ลิตร ได้แก่

สารละลายชนิดที่ 1 ล้างผักด้วยน้ำแบบน้ำล้น นาน 2 นาที เป็นวิธีการล้างของเกษตรกรผู้ปลูกสะระแหน่ GAP

สารละลายชนิดที่ 2 ล้างผักด้วยสารละลายซิตริค ความเข้มข้น 6% นาน 3 นาที หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำประปาแบบไหลผ่าน นาน 3 นาที

ปัจจัยที่ 2 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักหลังทำความสะอาด มี 3 ระดับ ได้แก่

1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 $^{\circ}$C

2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 $^{\circ}$C

สุ่มผักทดลองมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์หลังเก็บรักษานาน 0, 3, 6, 12, 24, 48 ชม. ด้วยวิธี Total plat count technique

การทดลองที่ 4.1 ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อรา และสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งและการลดปริมาณสารพิษโดยใช้วิธีทางกายภาพ

1. การศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างผลไม้อบแห้งรวม 306 ตัวอย่าง

1.1 การตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อราในผลไม้อบแห้ง โดยวิธี Direct Plate Count Method บนอาหารเลี้ยงเชื้อราDG18 บันทึกลักษณะและจำนวนเชื้อราที่พบ คำนวณการปนเปื้อนของเชื้อรา

1.2 การตรวจสอบปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง โดยวิธี ELISA ใช้ชุดทดสอบของ Veratox® NEOGEN

2. การลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งด้วยวิธีทางกายภาพ โดยนำผลไม้อบแห้งที่มีการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ มาทดสอบวิธีการควบคุมโดยการ

2.1 การอบด้วยเตาไมโครเวฟ ตามกรรมวิธี

กรรมวิธีที่ 1 กำลังไฟ 800 วัตต์ (ระดับความร้อนสูง) ระยะเวลา 30 วินาที

กรรมวิธีที่ 2 กำลังไฟ 800 วัตต์ (ระดับความร้อนสูง) ระยะเวลา 45 วินาที

กรรมวิธีที่ 3 กำลังไฟ 400 วัตต์ (ระดับความร้อนปานกลาง) ระยะเวลา 45 วินาที

กรรมวิธีที่ 4 กำลังไฟ 400 วัตต์ (ระดับความร้อนปานกลาง) ระยะเวลา 60 วินาที

กรรมวิธีที่ 5 กำลังไฟ 240 วัตต์ (ระดับความร้อนต่ำปานกลาง) ระยะเวลา 60 วินาที

กรรมวิธีที่ 6 กำลังไฟ 240 วัตต์ (ระดับความร้อนต่ำปานกลาง) ระยะเวลา 90 วินาที

กรรมวิธีที่ 7 ไม่ผ่านการอบ (ใช้ในการคำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารพิษ)

ตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน ด้วยชุดทดสอบ Veratox® NEOGEN และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารพิษ

2.2 การอบด้วยตู้อบลมร้อน ทำการทดลองเปรียบเทียบการอบด้วยระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ คือ 60 70 และ 80 °C ที่ระยะเวลา 0, 30, 45 และ 60 นาที ตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารโอคราทอกซินเอ ด้วยชุดทดสอบ Veratox® NEOGEN และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารพิษ

การทดลองที่ 4.2 การควบคุมการปนเปื้อนเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตรโดยวิธีทางกายภาพ

1. การตรวจการปนเปื้อนของเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินบี1 ในผลิตผลเกษตร 10 ชนิด เก็บตัวอย่างเมล็ดจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ข้าวสาร ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวขาว ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วลิสง งาขาว และงาดำ นำมาตรวจการปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ในเมล็ดด้วยวิธี direct plate count method บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran glycerol agar (DG18) และตรวจการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินบี1 โดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป (DOA ELISA Test Kit)

2. การลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินบี1 ในผลิตผลเกษตรโดยวิธีทางกายภาพ

คัดเลือกเมล็ดที่มีการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินสูงเกินค่ามาตรฐาน (20 µg/kg.) จำนวน 4 ชนิด คือ ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำ ถั่วลิสง และงาดำ นำมาทดสอบการลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินบี1 โดยวิธีทางกายภาพ โดยปลูกเชื้อด้วยสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อรา *A. flavus* นาน 14 วัน แล้วนำตัวอย่างมานึ่งฆ่าเชื้อ นำตัวอย่างจากทุกขวดคลุกให้เข้ากันใช้ในการทดลองตามวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2

วิธีที่ 1 การอบด้วยตู้อบความร้อน

ตัวอย่างเมล็ด ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำ และงาดำ วางแผนการทดลองแบบ factorial 4x5 in CRD

ปัจจัยที่1 ระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ มี 4 ระดับ คือ 50, 60, 70 และ 80 °C

ปัจจัยที่2 ระดับเวลาที่ใช้ในการอบ มี 5 ระดับ คือ 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที

ส่วนตัวอย่างถั่วลิสงวางแผนการทดลองแบบ factorial 2x5 in CRD

ปัจจัยที่ 1 ระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ มี 4 ระดับ คือ 50, 60, 70 และ 80 °C

ปัจจัยที่ 2 ระดับเวลาที่ใช้ในการอบ มี 5 ระดับ คือ 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที

ตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินบี1 โดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารแอฟลาทอกซินบี1

วิธีที่ 2 การอบด้วยไมโครเวฟ

ตัวอย่างเมล็ดงาดำที่ปลูกเชื้อนำมาอบในไมโครเวฟระดับความร้อนตามกรรมวิธี ดังนี้

1 ระดับความร้อนต่ำ เวลา 2 นาที

2 ระดับความร้อนต่ำ เวลา 3 นาที

3 ระดับความร้อนต่ำ เวลา 4 นาที

4 ระดับความร้อนกลาง เวลา 30 วินาที

5 ระดับความร้อนกลาง เวลา 60 วินาที

6 ระดับความร้อนกลาง เวลา 90 วินาที

7 ระดับความร้อนสูง เวลา 20 วินาที

8 ระดับความร้อนสูง เวลา 30 วินาที

9 ระดับความร้อนสูง เวลา 40 วินาที

10 ชุดควบคุม (control)

ตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินบี1 โดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารแอฟลาทอกซินบี1

การทดลองที่ 4.3 ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษฟูโมนิซินในธัญพืชและผลิตภัณฑ์ และการลดปริมาณสารพิษโดยใช้วิธีทางกายภาพ

การศึกษาข้อมูลการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษฟูโมนิซินในธัญพืชและผลิตภัณฑ์

เก็บตัวอย่างธัญพืชและผลิตภัณฑ์จากธัญพืชรวม 275 ตัวอย่าง นำมาการตรวจหาการปนเปื้อนของเชื้อราโดยวิธี Direct plate count method บนอาหารเลี้ยงเชื้อรา DG18 แยกเชื้อราที่พบ จำแนกชนิดของเชื้อรา ทดสอบความสามารถในการสร้างสารพิษฟูโมนิซิน โดยเลี้ยงในอาหารเหลว YES medium เป็นเวลา 14 วัน ตรวจปริมาณสารพิษฟูโมนิซินโดยใช้ชุดตรวจสอบสารพิษฟูโมนิซิน Veratox® NEOGEN

ศึกษาวิธีลดปริมาณสารพิษฟูโมนิซินในผลิตภัณฑ์จากธัญพืชโดยวิธีทางกายภาพ

เลือกตัวอย่างข้าวบาร์เลย์ คอร์นเฟลก และ อาหารสำหรับทารก นำมาทดสอบโดยทำการเติมสารพิษฟูโมนิซินมาตรฐานลงในตัวอย่าง ก่อนนำไปทดสอบวิธีการลดปริมาณสารพิษฟูโมนิซินด้วยวิธีการดังนี้

1. การอบด้วยเตาไมโครเวฟ วางแผนการทดลองแบบ CRD กรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธี	ข้าวบาร์เลย์		อาหารเช้าจากธัญพืช		อาหารสำหรับทารก	
	กำลังไฟ (วัตต์)	เวลา (วินาที)	กำลังไฟ (วัตต์)	เวลา (วินาที)	กำลังไฟ (วัตต์)	เวลา (วินาที)
1	800	90	800	45	400	60
2	800	60	800	30	400	30
3	800	30	400	90	240	90
4	400	120	400	60	240	60
5	400	90	240	120	ชุดควบคุม (ไม่ผ่านการอบ)	
6	400	60	240	90		
7	ชุดควบคุม (ไม่ผ่านการอบ)		ชุดควบคุม (ไม่ผ่านการอบ)			

2. การใช้แสงอัลตราไวโอเลต โดยใช้หลอดไฟยูวีที่ช่วงคลื่น 100-280 นาโนเมตร วางแผนการทดลองแบบ CRD กรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 แสงอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 30 นาที

กรรมวิธีที่ 2 แสงอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 60 นาที

กรรมวิธีที่ 3 แสงอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 90 นาที

กรรมวิธีที่ 4 แสงอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 120 นาที

กรรมวิธีที่ 5 ชุดควบคุม (ไม่ผ่านแสงอัลตราไวโอเลต)

ตัวอย่างจากทั้ง 2 วิธีการมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษโดยวิธี ELISA และคำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารพิษ

การทดลองที่ 5.1 วิธีการประเมินการเข้าทำลายของโรคแอนแทรคโนสในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวโดยการตรวจสอบการเข้าทำลายแฝง (Quiescent infection)

1. การศึกษาวิธีการกระตุ้น quiescent infection บนผลมะม่วง โดยใช้ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่แก่พร้อมเก็บเกี่ยว แต่ยังไม่สุก ที่สมบูรณ์ไม่มีอาการโรคแอนแทรคโนส ฆ่าเชื้อที่ผิวด้วย 10% Clorox นาน 3 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง แล้วผึ่งให้แห้ง นำผลมะม่วงมาชุบสารละลาย paraquat ที่ความเข้มข้น 0 (control), 1,000, 2,000 และ 4,000 ppm เก็บในกล่องรักษาความชื้น ที่อุณหภูมิห้อง สังเกตการเปลี่ยนแปลงและการเกิดอาการโรค

2. ศึกษาการปลูกเชื้อโดยจำลองสภาพธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นกรรมวิธีควบคุมสำหรับเปรียบเทียบระหว่างการเข้าทำลายโดยธรรมชาติกับการเข้าทำลายจากการปลูกเชื้อ จึงทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบวิธีการปลูกเชื้อที่ผิวผลด้วยวิธีการ คือ

1 ไม่มีการทำบาดแผล

2 ทำบาดแผลด้วยกระดาษทรายละเอียด (เบอร์ 180) ขนาด 1 x 1 นิ้ว

3 ทำบาดแผลด้วยเข็มเขี่ยเชื้อรา

จากนั้นปลูกเชื้อด้วยสปอร์แขวนลอยเชื้อ *C. gloeosporioides* เก็บในกล่องรักษาความชื้นนาน 24 ชม. นำผลมะม่วงมาชุบสารละลาย paraquat ที่ความเข้มข้น 2,000 ppm นาน 1 นาที เก็บในกล่องรักษาความชื้น ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกผลการทดลอง สังเกตการเปลี่ยนแปลงของผิวผลมะม่วง และการเกิดอาการโรค

3. ศึกษาการประเมินผลการเข้าทำลายแฝงตามธรรมชาติเปรียบเทียบกับการปลูกเชื้อ

ศึกษาการประเมินการเข้าทำลายแฝงในธรรมชาติของโรคแอนแทรคโนสในผลมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวโดยการเตรียมผลมะม่วงตามการทดลองที่ 1 แล้วนำมาทำการทดลองตามกรรมวิธีดังนี้

1 ทำบาดแผลด้วยกระดาษทรายละเอียดแล้วปลูกเชื้อด้วยสปอร์แขวนลอย ชุบด้วยสารละลาย paraquat ที่ความเข้มข้น 2,000 ppm (Inoculation+paraquat 2000 ppm)

2 ทำบาดแผลด้วยกระดาษทรายละเอียดแล้วปลูกเชื้อด้วยสปอร์แขวนลอย ชุบน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (Inoculation)

3 ชุบสารละลาย paraquat ที่ความเข้มข้น 2,000 ppm (Non- Inoculation + paraquat 2000 ppm)

4 ชุบน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (Non- Inoculation) (control)

เก็บผลมะม่วงในกล่องรักษาความชื้น (moist chamber) เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการทดลอง 4 ซ้ำ โดยใช้ผลมะม่วง 3 ผลต่อ 1 ซ้ำ

การบันทึกผลการทดลอง สังเกตการเปลี่ยนแปลงของผิวผลมะม่วง การเกิดอาการโรค ที่ 48 และ 72 ชม. หลังการทดลอง

การทดลองที่ 5.2 การใช้ความร้อนร่วมกับสารกลุ่มคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตควบคุมโรคแอนแทรคโนสของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

1. แก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง

1.1 การแยกเชื้อราสาเหตุโรคด้วยวิธี Tissue transplanting technique พิสูจน์โรคตามวิธีของ Koch (Koch's postulation) แล้วใช้ในการทดลอง

1.2 ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มคาร์บอเนตต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุ

โดยวิธีอาหารพิษ (Poisoned Food Technique) โดยเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผสมสารกลุ่มคาร์บอเนต 5 ชนิด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต (SC) โซเดียมไบคาร์บอเนต (SBC) โปแตสเซียมคาร์บอเนต (PC) โปแตสเซียมไบคาร์บอเนต (PBC) และ แอมโมเนียมคาร์บอเนต (AC) ที่ระดับความเข้มข้น 1 % 2 % และ 3 % และชุดควบคุม (อาหาร PDA ไม่ผสมสาร)

บันทึกผล : วัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราเมื่ออายุครบ 7 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรค

1.3 ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มคาร์บอเนตในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากการปลูกเชื้อราบนผลแก้วมังกร

โดยใช้ผลแก้วมังกร อายุเก็บเกี่ยวความแก่ 80 % ล้าง แช่ในสารละลายคลอร็อกซ์ ล้างน้ำเปล่าอีกครั้ง ผึ่งให้แห้ง ปลูกเชื้อบนผล โดยใช้เข็มปลายแหลม หยดสปอร์แขวนลอยเชื้อราสาเหตุบนแผล บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชม. นำผลปลูกเชื้อจุ่มกลุ่มคาร์บอเนต 5 ชนิด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต (SC) โซเดียมไบคาร์บอเนต (SBC) โปแตสเซียมคาร์บอเนต (PC) โปแตสเซียมไบคาร์บอเนต (PBC) และ แอมโมเนียมคาร์บอเนต (AC) ที่ระดับความเข้มข้น 1 % 2 % และ 3 % น้ำประปา และชุดควบคุม (อาหาร PDA ไม่ผสมสาร)

บันทึกผล : วัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราเมื่ออายุครบ 7 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรค

1.4 ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำร้อนในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากการปลูกเชื้อรา

- ทดสอบเพื่อคัดเลือกอุณหภูมิของน้ำร้อนและเวลาที่เหมาะสม วางแผนการทดลองแบบ 6x2 Factorial in CRD

ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิน้ำร้อน 6 ระดับ คือ 43, 45, 47, 50, 53 และ 55 °C

ปัจจัยที่ 2 เวลาในการจุ่มผลแก้วมังกร 2 ระดับ คือ 3 นาที และ 5 นาที

คัดเลือกผลแก้วมังกรเตรียมและทำการปลูกเชื้อราตามกรรมวิธีในข้อ 1.3 จึงนำผลปลูกเชื้อจุ่มในน้ำร้อน บันทึกผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผล คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

- ทดสอบเพื่อคัดเลือกกรรมวิธีที่ให้ผลดี วางแผนการทดลองแบบ 3x4 Factorial in CRD

ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิน้ำร้อน 3 ระดับ คือ 50,. 53 และ 55 °C

ปัจจัยที่ 2 เวลาในการจุ่มผลแก้วมังกร 4 ระดับ คือ 3 นาที 5 นาที 7 นาที และ 10 นาที

คัดเลือกผลแก้วมังกรเตรียมและทำการปลูกเชื้อราตามกรรมวิธีในข้อ 1.3 จึงนำผลปลูกเชื้อจุ่มในน้ำร้อน บันทึกผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผล คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

1.5 ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำร้อนและสารกลุ่มคาร์บอเนตในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากการปลูกเชื้อรา

คัดเลือกกรรมวิธีที่ให้ผลดีในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส วางแผนการทดลองแบบ Split plot design

Main plot คือ อุณหภูมิและเวลาของน้ำร้อนที่ใช้จุ่มผลแก้วมังกร 3 ระดับ คือ

M1 = น้ำร้อนอุณหภูมิ 50 ℃ นาน 10 นาที

M2 = น้ำร้อนอุณหภูมิ 53 ℃ นาน 7 นาที

M3 = น้ำร้อนอุณหภูมิ 55 ℃ นาน 5 นาที

Sub plot คือ สาร 5 ชนิด จุ่มผล นาน 5 นาที

S1 = โซเดียมคาร์บอเนต 2 %

S2 = โพแทสเซียมคาร์บอเนต 1 %

S3 = แอมโมเนียมคาร์บอเนต 2 %

S4 = อิมาซาลิล 0.035 %

S5 = น้ำอุณหภูมิห้อง

คัดเลือกผลแก้วมังกรเตรียมและทำการปลูกเชื้อราตามกรรมวิธีในข้อ 1.3 จึงนำผลปลูกเชื้อจุ่มในน้ำร้อน บันทึกผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผล คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

2. มะละกอพันธุ์ปักไม้ลาย

2.1 การแยกเชื้อราสาเหตุโรคด้วยวิธี Tissue transplanting technique พิสูจน์โรคตามวิธีของ Koch (Koch's postulation) แล้วใช้ในการทดลอง

2.2 ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มคาร์บอเนตต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุ

ด้วยวิธีอาหารพิษ (Poisoned Food Technique) โดยเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผสมสารกลุ่มคาร์บอเนต 5 ชนิด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต (SC) โซเดียมไบคาร์บอเนต (SBC) โปแตสเซียมคาร์บอเนต (PC) โปแตสเซียมไบคาร์บอเนต (PBC) และ แอมโมเนียมคาร์บอเนต (AC) ที่ระดับความเข้มข้น 1, 2 และ 3 % และชุดควบคุม (อาหาร PDA ไม่ผสมสาร) นำชิ้นวุ้นที่ได้จากการตัดเส้นใยรอบโคโลนีเชื้อราที่มีอายุ 7 วัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร วางบนผิวหน้าอาหารที่ผสมสาร และชุดควบคุม บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง

บันทึกผล : วัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราเมื่ออายุครบ 7 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรค

2.3 ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มคาร์บอเนตในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากการปลูกเชื้อราบนผลมะละกอ 2 สายพันธุ์ คือ *Colletotrichum gloeosporioides* และ *C. capsici*

โดยคัดเลือกผลมะละกอที่สมบรูณ์ ล้าง แช่ในสารละลายคลอร็อกซ์ ล้างน้ำเปล่าอีกครั้ง ผึ่งให้แห้ง ปลูกเชื้อบนผล โดยใช้เข็มปลายแหลม วางชิ้นวุ้นเส้นใยเชื้อราสาเหตุอายุ 7 วัน บนแผล บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชม. จากนั้นเอาชิ้นวุ้นออก นำผลปลูกเชื้อจุ่มในสารโซเดียมคาร์บอเนต 3 % แอมโมเนียมคาร์บอเนต 1, 2 และ 3 % เปรียบเทียบกับ อิมาซาลิล โปรคลอราช และน้ำกลั่น บันทึกผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผล (เซนติเมตร) เมื่อครบ 5 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

2.4 ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำร้อนในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากการปลูกเชื้อราบนผลมะละกอ 2 สายพันธุ์ คือ *C. gloeosporioides* และ *C. capsici*

โดยใช้อุณหภูมิน้ำร้อน 4 ระดับ 47,. 50, 53 และ 55 ℃ และระยะเวลา ในการจุ่มผลมะละกอมี 3 ระดับ 5 นาที 7 นาที และ 10 นาที คัดเลือกผลมะละกอที่สมบรูณ์ ล้าง แช่ในสารละลายคลอร็อกซ์ ล้างน้ำเปล่าอีกครั้ง ผึ่งให้แห้ง ปลูกเชื้อบนผล โดยใช้เข็มปลายแหลม วางชิ้นวุ้นเส้นใยเชื้อราสาเหตุอายุ 7 วัน บนแผล บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชม. จากนั้นเอาชิ้นวุ้นออก นำผลปลูกเชื้อจุ่มน้ำร้อนตามกรรมวิธีที่กล่าวข้างต้น บันทึกผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผล (เซนติเมตร) เมื่อครบ 5 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

2.5 ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำร้อนและสารกลุ่มคาร์บอเนตในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากการปลูกเชื้อราบนผลมะละกอ 2 สายพันธุ์ คือ *C. gloeosporioides* และ *C. capsici*

โดยคัดเลือกระดับอุณหภูมิของน้ำร้อนและเวลาที่เหมาะสมจากข้อ 2.4 (น้ำร้อนอุณหภูมิ 53 ℃ นาน 10 นาที 55 ℃ นาน 5 นาที และ 55 ℃ นาน 7 นาที) และสารกลุ่มคาร์บอเนต (โซเดียมคาร์บอเนต 0.5 และ 1.0% แอมโมเนียมคาร์บอเนต 0.5 และ 1.0 %) มาทำการทดลอง คัดเลือกผลมะละกอที่สมบรูณ์ ล้าง แช่ในสารละลายคลอร็อกซ์ ล้างน้ำเปล่าอีกครั้ง ผึ่งให้แห้ง ปลูกเชื้อบนผล โดยใช้เข็มปลายแหลม วางชิ้นวุ้นเส้นใยเชื้อราสาเหตุอายุ 7 วัน บนแผล บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชม. จากนั้นเอาชิ้นวุ้นออก นำผลปลูกเชื้อจุ่มสารและน้ำร้อนตามกรรมวิธี บันทึกผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผล (เซนติเมตร) เมื่อครบ 5 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

2.6 ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 ℃ นาน 5, 7 และ 10 นาที และสารกลุ่มคาร์บอเนตในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากการปลูกเชื้อราบนผลมะละกอ 2 สายพันธุ์ คือ *C. gloeosporioides* และ *C. capsici* โดยคัดเลือกผลมะละกอที่สมบรูณ์ ล้าง แช่ในสารละลายคลอร็อกซ์ ล้างน้ำเปล่าอีกครั้ง ผึ่งให้แห้ง ปลูกเชื้อบนผล โดยใช้เข็มปลายแหลม วางชิ้นวุ้นเส้นใยเชื้อราสาเหตุอายุ 7 วัน บนแผล บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชม. จากนั้นเอาชิ้นวุ้นออก นำผลปลูกเชื้อจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 ℃ นาน 5, 7 และ 10 นาที และสารกลุ่มคาร์บอเนตตามกรรมวิธี บันทึกผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผล (เซนติเมตร) เมื่อครบ 5 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

3. มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่

3.1 แยกเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสจากผลมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยวิธี Tissue transplanting technique พิสูจน์โรคตามวิธีของ Koch (Koch's postulation) แล้วใช้ในการทดลอง

3.2 ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มคาร์บอเนตต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส

ด้วยวิธีอาหารพิษ (Poisoned Food Technique) โดยเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผสมสารกลุ่มคาร์บอเนต 5 ชนิด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต (SC) โซเดียมไบคาร์บอเนต (SBC) โปแตสเซียมคาร์บอเนต (PC) โปแตสเซียมไบคาร์บอเนต (PBC) และ แอมโมเนียมคาร์บอเนต (AC) ที่ระดับความเข้มข้น 1, 2 และ 3 % และชุดควบคุม (อาหาร PDA ไม่ผสมสาร) นำชิ้นวุ้นที่ได้จากการตัดเส้นใยรอบโคโลนีเชื้อราที่มีอายุ 7 วัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร วางบนผิวหน้าอาหารที่ผสมสาร

บันทึกผล : วัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราเมื่ออายุครบ 7 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรค

3.3 ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มคาร์บอเนตในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากการปลูกเชื้อราบนผลมะม่วง

คัดเลือกผลมะม่วงที่สมบรูณ์ล้าง แช่ในสารละลายคลอร็อกซ์ ล้างน้ำเปล่าอีกครั้ง ผึ่งให้แห้ง ปลูกเชื้อบนผล โดยพ่นสปอร์แขวนลอยเชื้อราสาเหตุบนด้านเดียวของผล บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชม. นำผลปลูกเชื้อจุ่มในสารกลุ่มคาร์บอเนต 5 ชนิด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต (SC) โซเดียมไบคาร์บอเนต (SBC) โปแตสเซียมคาร์บอเนต (PC) โปแตสเซียมไบคาร์บอเนต (PBC) และ แอมโมเนียมคาร์บอเนต (AC) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ นาน 5 นาที บันทึกผลโดยวัดเปอร์เซ็นต์พื้นที่เป็นโรคบนผลมะม่วง เมื่อครบ 7 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

3.4 ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 ℃ ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากการปลูกเชื้อราบนผลมะม่วง

คัดเลือกผลมะม่วงที่สมบรูณ์ล้าง แช่ในสารละลายคลอร็อกซ์ ล้างน้ำเปล่าอีกครั้ง ผึ่งให้แห้ง ปลูกเชื้อบนผล โดยพ่นสปอร์แขวนลอยเชื้อราสาเหตุบนด้านเดียวของผล บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชม. นำผลปลูกเชื้อจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 ℃ นาน 1, 3 และ 5 นาที บันทึกผลโดยวัดเปอร์เซ็นต์พื้นที่เป็นโรคบนผลมะม่วง เมื่อครบ 7 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

3.5 ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำร้อนและสารกลุ่มคาร์บอเนตในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากการปลูกเชื้อราบนผลมะม่วง

คัดเลือกระดับอุณหภูมิของน้ำร้อน 55 ℃ และสารที่เหมาะสมจากข้อ 3.3 และข้อ 3.4 มาทดสอบโดยคัดเลือกผลมะม่วงที่สมบรูณ์ล้าง แช่ในสารละลายคลอร็อกซ์ ล้างน้ำเปล่าอีกครั้ง ผึ่งให้แห้ง ปลูกเชื้อบนผล โดยพ่นสปอร์แขวนลอยเชื้อราสาเหตุบนด้านเดียวของผล บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชม. นำผลปลูกเชื้อจุ่มในน้ำร้อนและสารตามกรรมวิธี บันทึกผลโดยวัดเปอร์เซ็นต์พื้นที่เป็นโรคบนผลมะม่วง เมื่อครบ 7 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

การทดลองที่ 5.3 การใช้สาร GRAS ร่วมกับน้ำร้อนในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกหวานหลังการเก็บเกี่ยว

1. ศึกษาเชื้อราสาเหตุโรคและลักษณะอาการของโรคแอนแทรคโนสของพริกหวานหลังการเก็บเกี่ยว

แยกเชื้อราสาเหตุด้วยวิธี Tissue Transplanting Technique พิสูจน์โรคตามวิธีของ Koch (Koch's Postulation)

2. ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัย (GRAS) และน้ำร้อน ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสในห้องปฏิบัติการ โดยทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราด้วยวิธี Poisoned food technique ด้วยอาหาร PDA ผสมกรดออกซาลิก โปแตสเซียม ซอร์เบท โพรพิลพาราเบน กรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้นต่างๆ บันทึกผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา นำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ

และทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา ด้วยวิธี Poisoned food technique ด้วยอาหาร PDA ผสมกรดออกซาลิก โปแตสเซียม ซอร์เบท โพรพิลพาราเบน กรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้นต่างๆ บันทึกผลการงอกของสปอร์เชื้อรา โดยตรวจนับเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อรา นำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์

และทดสอบประสิทธิภาพของน้ำร้อนต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา โดยเตรียมสปอร์แขวนลอยของเชื้อราสาเหตุขวดละ 1 มิลลิลิตรจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50, 53, 55 และ 57 °C เป็นเวลา 2, 4 และ 7 นาที นำสปอร์แขวนลอย (spore suspension) ของเชื้อราสาเหตุมาหยดลงบนอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 ชม. บันทึกลักษณะการงอกของสปอร์เชื้อรา ตรวจนับเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อรา นำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์

3. ทดสอบประสิทธิภาพของการใช้สารกลุ่มปลอดภัย (GRAS) ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน

ทำการปลูกเชื้อบนผลพริกหวานที่สมบูรณ์ด้วยสปอร์แขวงลอยของเชื้อราสาเหตุโรค เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชม. หลังจากนั้นจุ่มพริกหวานในกรดออกซาลิก โปแตสเซียม ซอร์เบท โพรพิลพาราเบน กรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน บันทึกการเกิดโรค (%) โดยนับจำนวนแผลที่เป็นโรคบนผล และวัดขนาดของแผลที่แสดงอาการของโรคนำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

4. ทดสอบประสิทธิภาพของการใช้สารในกลุ่มปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อน ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานปลูกเชื้อ

ทำการปลูกเชื้อบนผลพริกหวานที่สมบูรณ์ด้วยสปอร์แขวงลอยของเชื้อราสาเหตุโรค เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชม. หลังจากนั้นจุ่มพริกหวานในกรดออกซาลิก โปแตสเซียม ซอร์เบท โพรพิลพาราเบน กรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้นต่างๆ และน้ำร้อนอุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 และ 7 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน บันทึกการเกิดโรค (%) โดยนับจำนวนแผลที่เป็นโรคบนผล และวัดขนาดของแผลที่แสดงอาการของโรคนำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค

5. ศึกษาผลของการใช้สารกลุ่มปลอดภัย (GRAS) ร่วมกับน้ำร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลพริกหวานหลังการเก็บเกี่ยว

ผลพริกหวานที่สมบูรณ์ นำมาจุ่ม โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 mg/l. ที่อุณหภูมิ 53 ºC เป็นเวลา 7 นาที กรดออกซาลิก 250 mg/l. ที่อุณหภูมิ 53 ºC เป็นเวลา 4 นาที และโพรพิลพาราเบน 500 mg/l. ที่อุณหภูมิ 53 ºC เป็นเวลา 4 นาที เป่าด้วยพัดลมเพื่อลดอุณหภูมิ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน บันทึกการสูญเสียน้ำหนัก วัดปริมาณของแข็งละลายในน้ำได้ และการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

การทดลองที่ 5.4 การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของไม้ดอกวงศ์ขิง

1. สำรวจและเก็บตัวอย่างโรคตามแหล่งปลูกไม้ดอกวงศ์ขิงที่สำคัญ และในแหล่งปลูกที่เคยมีรายงานการเกิดโรคระบาด บันทึกข้อมูลต่างๆ ที่สำคัญในพื้นที่ปลูก ข้อมูลเกษตรกร ข้อมูลพืช สภาพแวดล้อมอื่นๆ

2. ศึกษาลักษณะอาการโรคที่เกิดขึ้น จดบันทึกลักษณะอาการโรคที่เกิดกับหัวพันธุ์ ดอก ใบ

3. นำตัวอย่างที่ได้แยกเชื้อราโดยวิธี Tissue transplanting technique บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ส่วนการแยกเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคทำลักษณะเดียวกันแต่ใช้อาหาร NA หรือ NGA หรือเลือกใช้ Selective media แล้วนำไปทำการพิสูจน์โรค และศึกษารายละเอียดของเชื้อราเพื่อทำการจำแนกเชื้อต่อไป

4. หาวิธีการที่เหมาะสมในการป้องกันการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว โดยทำศึกษาวิธีการควบคุมโรคใช้สารสกัดจากพืชและเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์บางชนิด ทดสอบประสิทธิภาพกับเชื้อสาเหตุโรคในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สารสกัดขมิ้นชัน สารสกัดน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน สารสกัดน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม สารสกัดน้ำมันหอมระเหยกานพลู ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุ

6 บันทึกข้อมูล รวบรวมผลและวิเคราะห์ สรุปผลเขียนรายงาน

การทดลองที่ 5.5 การศึกษาความสูญเสียของผลิตผลผักสดหลังการเก็บเกี่ยวจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์

1. ติดต่อโรงงานคัดบรรจุที่มีการผลิตสะระแหน่เพื่อส่งออก

2. ทำการสัมภาษณ์เกษตรกรเครือข่ายโรงคัดบรรจุและผู้ปฏิบัติงานในโรงคัดบรรจุ สำรวจ และเก็บรวบรวมข้อมูลการปฏิบัติงาน

3. จัดทำแผนผังกระบวนการผลิตสะระแหน่เพื่อส่งออก เริ่มจากขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาและการขนส่ง

4. การสุ่มตัวอย่างผัก และการตรวจเชื้อ *Escherichia coli* และ Salmonella ตามแผนผังกระบวนการผลิตผักเพื่อส่งออก ในแต่ละขั้นตอนตามแผนผังกระบวนการผลิตและนำมาส่งตรวจวิเคราะห์หาปริมาณการปนเปื้อนจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ตามวิธีของ AOAC 2000 991.14 (Pertifilm) และ Salmonella ตามวิธีของ AFNOR 2002 Bio 12/10-09/02 ณ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

5.การประเมินความรุนแรงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในแต่ละขั้นตอน และกำหนดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ ของแผนผังกระบวนการผลิตสะระแหน่เพื่อส่งออก

6. การทดสอบการปฏิบัติเบื้องต้นที่มีผลต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในขั้นตอนที่มีความเสี่ยงระดับแปลง โรงคัดบรรจุ และการเก็บรักษาผลผลิต โดยมีการสุ่มตัวอย่างผัก น้ำล้าง/น้ำยาล้างผักและตัวอย่างการปนเปื้อนเชื้อจากผู้ปฏิบัติงานในขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนที่มีความเสี่ยงระดับแปลง มีกรรมวิธีทดสอบดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ล้างผัก

กรรมวิธีที่ 2 ล้างผักด้วยน้ำบาดาล

- ขั้นตอนที่มีความเสี่ยงระดับโรงคัดบรรจุ มีกรรมวิธีทดสอบดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ล้างด้วยน้ำยาฆ่าจุลินทรีย์ที่ใช้ล้างรอบแรก

กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยน้ำยาฆ่าจุลินทรีย์ที่ใช้ล้างรอบที่ 5

- ขั้นตอนที่มีความเสี่ยงระดับการเก็บรักษาผลผลิต มีกรรมวิธีทดสอบดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ผักสะระแหน่ เก็บรักษาที่ 7.5 $^{\circ}$C

กรรมวิธีที่ 2 ผักสะระแหน่ เก็บรักษาที่ 12.5 $^{\circ}$C

การทดลองที่ 5.6 การลดความเสียหายในลองกองหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง

ลองกองที่สมบูรณ์ เก็บเกี่ยวในระยะที่สีผลในซ่อเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากกว่า 80 % อายุหลังดอกบาน 13 สัปดาห์ นำมาทำการทดลองผลของไคโตซานระดับความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1.0 % และ 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb ในการควบคุมเชื้อราบนผิวลองกองหลังการเก็บเกี่ยว ใส่ในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ เก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 % ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน บันทึกผลการทดลอง การสูญเสียน้ำหนักสด การหลุดร่วงของผลลองกอง ปริมาณกรดในเนื้อผลลองกอง (TA) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) การเกิดโรค การเน่าเสีย สีเปลือกด้านนอก คุณภาพประสาทสัมผัสของเนื้อลองกอง และการเกิดสีน้ำตาล

การทดลองที่ 5.7 การควบคุมการเน่าเสียของพืชหัววงศ์ขิงระหว่างการเก็บรักษาด้วยชีววิธีและการฉายรังสี

1. ศึกษาเชื้อราสาเหตุโรค

การแยกและตรวจสอบเชื้อราสาเหตุโรคเน่าของแง่งขิงระหว่างการเก็บรักษา โดยวิธี Tissue transplanting techniqueบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) พิสูจน์ว่าเป็นเชื้อสาเหตุของโรคตามสมมติฐานของ Koch และศึกษาการอยู่รอดและเพิ่มปริมาณประชากรเชื้อราสาเหตุโรคบนขิง โดยการเก็บเนื้อเยื่อขิงตาม นำมาตรวจสอบด้วยวิธี Spread plate technique

2. ศึกษาการควบคุมการเน่าเสียของขิงระหว่างการเก็บรักษาด้วยวิธีต่างๆ

2.1 การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมการเน่าเสียของขิงระหว่างการเก็บรักษา

การแยกเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ นำมาทดสอบปฏิกิริยาการเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อสาเหตุโรคโดยวิธี Spot inoculation โดยเลือกเชื้อที่แสดงการเป็นปฏิปักษ์แบบ Antibiosis นำมาทดสอบชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อและอายุอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสม ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YES (Yeast extract sucrose) และ PDB (Potato dextrose broth) ที่เวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์หลังการเลี้ยง อาหารที่เก็บได้นำมาสกัดด้วย ethyl acetate นำมาทดสอบการยับยั้งเชื้อสาเหตุด้วยวิธี filter paper disc method แล้วทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อปฏิปักษ์ ในการควบคุมโรคเน่าบนแง่งขิง โดยนำสารสกัดจาก culture filtrate จากเชื้อปฏิปักษ์มาทดสอบการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคบนแง่งขิงโดยการปลูกเชื้อสาเหตุลงบนแง่งขิง เก็บในสภาพอุณหภูมิต่ำ (13 °C) สังเกตการณ์เกิดโรคเป็นเวลา 2 เดือน

2.2 การควบคุมการเน่าเสียของขิงระหว่างการเก็บรักษาด้วยการฉายรังสี UV ร่วมกับการบ่มสมานบาดแผล

โดยศึกษาระยะเวลาการฉายรังสี UV ที่เหมาะสม ในขิงแก่ผ่านขั้นตอนกานำมาล้าง ผึ่ง และทำบาดแผล บ่มภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ 95 % RH ในกล่องพลาสติก เป็นเวลา 48 ชม. เปรียบเทียบกับการบ่มภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ 95 % RH ร่วมกับฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชม. จากนั้นปลูกเชื้อสาเหตุโรคโดยการพ่นด้วย spore suspension นำมาบรรจุกล่องกระดาษ เก็บในสภาพอุณหภูมิต่ำ (13 °C) และตรวจสอบการเน่าเสียทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลองที่ 1.1 การใช้สารสกัดจากเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพื่อลดความสูญเสียของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

โรคผลเน่าของเงาะหลังการเก็บเกี่ยว มีสาเหตุจากเชื้อราหลายชนิด คือ *Lasiodiplodia theobromae, Gliocephalotrichum* spp., *Greeneria* sp., *Colletotrichum gloeosporioides, Pestalotiopsis* sp., *Phomopsis* sp. ลักษณะอาการของโรคผลเน่าเริ่มแรกเป็นจุดสีน้ำตาลอ่อนขยายไปตามเปลือกของเงาะ ต่อมาแผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือดำอย่างรวดเร็ว บางผลพบว่ามีการสร้างเส้นใยสีเทาฟูหรือเส้นใยสีขาวแกมเหลืองบนผลเงาะ ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อราสาเหตุของโรคผลเน่าของเงาะ ลักษณะภายในผลเงาะที่เป็นโรคผลเน่า ในระยะแรกไม่รุนแรง เปลือกเงาะด้านในเป็นสีน้ำตาลอ่อน ส่วนของเนื้อเงาะยังมีสีขาว ไม่มีน้ำเยิ้ม เมื่อแผลขยายลุกลามมากขึ้น เปลือกเงาะด้านในเป็นสีน้ำตาลเหลืองขยายลามใกล้เคียงกับเปลือกที่แสดงอาการด้านนอก เนื้อเงาะจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อนจนถึงสีน้ำตาลอมเหลือง เนื้อจะนิ่มและเละมีน้ำเยิ้ม และมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว

คัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์จากเมล็ดถั่วลิสง เมล็ดถั่วแดง ลำไยอบแห้ง ขั้วหวีของกล้วยหอมทอง สามารถแยกเชื้อแบคทีเรียได้ 10 สายพันธุ์ คือ PN2, PN-A3, PN-A5, PN7, PN10, DL7, DL9, BA1 และ BP พบว่าเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สายพันธุ์ PN10, PN12, DL9 และ DL7 มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *L. theobromae, G. bulbilium,* และ *Greeneria* sp.และสารจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สายพันธุ์ PN7, DL9, PN10 และ PN12 มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *L.*

theobromae, G. bulbilium, และ *Greeneria* sp. จากการศึกษาพบว่า เชื้อรา *L. theobromae* และ *G. bulbilium* เป็นเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของเงาะที่ทำให้เกิดอาการของโรครุนแรง และ *Greeneria* sp. เป็นเชื้อราที่พบมาก

เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สายพันธุ์ DL9, PN10 และ DL7 มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคผลเน่าของเงาะ สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ 57.82, 55.82 และ 52.97% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการพ่นด้วย อิมาซาลิล 500 mg/l. สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ 16.91%

การทดสอบความเป็นพิษเบื้องต้นของสารละลายส่วนใสจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 10 สายพันธุ์ พบว่าไม่เป็นพิษต่อการงอกของเมล็ดข้าว (พืชใบเลี้ยงเดี่ยว) และเมล็ดถั่วเขียว (พืชใบเลี้ยงคู่) และนำสารสกัดหยาบของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ PN10, Dl7 และ DL9 จำนวน 3 สายพันธุ์ มาทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ที่ส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการตรวจสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (BIOTEC) ไม่พบความเป็นพิษต่อเซลล์ไตลิง

จำแนกชนิดของแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ ด้วยชุดทดสอบ API Test Kits พบว่า เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ สายพันธุ์ PN 10, DL 7 และ DL 9 เป็นเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* หรือ *B. subtillis* มีค่าความเชื่อมั่นของการจำแนก 99.1-99.9% และเมื่อจำแนกด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุล พบว่าสายพันธุ์ DL7 DL7 มีลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ 16S rRNA gene เหมือนกับแบคทีเรีย *B. siamensis* 100.00 % ส่วน PN 10 และ DL 9 มีลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ 16S rRNA gene เหมือนกับแบคทีเรีย 2 ชนิด 99.91 และ 99.86 % ได้แก่ *B. siamensis* และ *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum*

เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ PN10, DL7 และ DL9 สามารถผลิตเอนไซม์ได้ 3 ชนิด คือ อะไมเลส, เซลลูเลส และโปรตีเอส

สารสกัดหยาบจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ คือ PN10, DL7 และ DL9 บนแผ่น TLC ซึ่งมีเพสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือ คลอโรฟอร์ม : เมทานอล : น้ำ (65:25:4 v/v/v) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 3 ตำแหน่ง ที่ Rf เฉลี่ย 0.47, 0.61 และ 0.70 นำมาวิเคราะห์ชนิดของสารด้วยเครื่อง MS-MS ได้สาร 2 ชนิด คือ iturin และ surfactin

ชีวภัณฑ์สูตรที่ 3 ของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีอัตราการอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สูงที่สุด เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สายพันธุ์ DL7และ DL9 ชีวภัณฑ์สูตรที่ 2 มีอัตราการอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สูงกว่าชีวภัณฑ์สูตรที่ 1 ส่วนเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สายพันธุ์ PN10 คือ ชีวภัณฑ์สูตรที่ 1 มีอัตราการอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สูงกว่าชีวภัณฑ์สูตรที่ 2

ชีวภัณฑ์ของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ PN10, DL7 และ DL9 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของเงาะและการควบคุมโรคผลเน่าของเงาะหลังการเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกับการใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ ข้อเสียของการใช้ชีวภัณฑ์โดยตรง คือ ผลเงาะจะมีลักษณะคล้ายผงแป้งสีขาวติดอยู่บนผล

การทดลองที่ 1.2 การใช้แบคทีเรียดินควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตร

การนำแบคทีเรียดินที่คัดแยกมาจากดินในแปลงปลูกถั่วลิสงและข้าวโพดในเขตภาคกลางจำนวน 59 ไอโซเลต มาทดสอบประสิทธิภาพในการแข่งขันการเจริญเติบโตกับเชื้อรา *Aspergillus flavus* โดยวิธี Dual culture method พบว่า แบคทีเรีย 14 ไอโซเลต สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ 41.18 –60.56% ขณะที่สารสกัดของแบคทีเรียจำนวน 21 จาก 59 ไอโซเลต สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ 43.75-75.0 % เมื่อทดสอบด้วยวิธี Poison plate method ส่วนการทดสอบด้วยวิธี Tip culture method ทำให้สามารถแบ่งแบคทีเรียตามความสามารถของสารสกัดได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินที่ 62.88- 91.10% และ 86.14-94.68% ตามลำดับ ได้แก่ไอโซเลต C4 C6 C14 C25 C43 C37 C8 C46 และ C52 กลุ่มที่ 2 ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราน้อยมากแต่สามารถยับยั้งสารแอฟลาทอกซินได้สูงมาก ที่ 20.11-39.94% และ 58.18-92.69% ตามลำดับ ได้แก่ C9 C12 C18 และ C21 กลุ่มที่ 3 ยับยั้งการเจริญของเส้นใยที่ 51.90-91.10% แต่ไม่ยับยั้งการสร้างสารพิษ ได้แก่ C31 C32 C40 C41 C43 C53 C57 และ C58

คัดเลือกแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติเป็นปฏิปักษ์กับเชื้อรา *A. flavus* แบบแข่งขัน และไอโซเลตที่สารสกัดสามารถยับยั้งทั้งการเจริญของเชื้อราและการสร้างสารพิษได้ 15 ไอโซเลต ได้แก่ C1 C2 C3 C5 C9 C12 C17 C21 C33 C36 C37 C46 C52 C53 และ C57 นำมาทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดจากแต่ละไอโซเลตในการทำลายสารพิษโดยตรงพบว่า C1 สามารถทำลายสารแอฟลาทอกซินได้สูงถึง 66.49% ขณะที่ สารสกัดของแบคทีเรียไอโซเลตที่ C36 C37 C46 และ C53, ไม่มีประสิทธิภาพในการทำลายสารพิษโดยตรง และการทดลองต่อมาพบว่าแบคทีเรียทั้ง 15 ไอโซเลตสามารถเจริญเพิ่มปริมาณได้ในอาหารที่มีสารแอฟลาทอกซินผสมอยู่ด้วย และสารสกัดของแบคทีเรียทุกไอโซเลตไม่มีความเป็นพิษต่อการงอกของเมล็ดข้าวเปลือกและถั่วเขียว แสดงว่าสารสกัดแบคทีเรียมีความปลอดภัยที่จะนำใช้กับผลิตผลเกษตร

การจำแนกชนิดแกรมของแบคทีเรียทั้ง 15 ไอโซเลตเป็นแบคทีเรียแกรมลบ และผลจากการใช้ชุดทดสอบ API 50 CHB พบว่า แบคทีเรียทั้ง 15 ไอโซเลตเป็นกลุ่ม Bacillus และผลจากการจำแนกด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุล (Single Strand16S rDNA sequencing) จำนวน 10 ไอโซเลตพบว่าเป็น *Bacillus* sp. ทั้ง 10 ไอโซเลต โดย C33 แล C46 คือ *Bacillus tequilensis* C53 และ C57 คือ *B. subtilis subsp. Inaquosorum*

จากการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดแบคทีเรียของไอโซเลต C33, C46 และ C53 ในการลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนถั่วลิสงตามธรรมชาติพบว่า สารแอฟลาทอกซินลงได้ 64.24, 69.18 และ 27.67 % ตามลำดับ หลังการคลุกเมล็ดถั่วลิสง 14 วัน ขณะที่การคลุกด้วยเซลล์แบคทีเรียไอโซเลต C46 ลดได้มากกว่าที่ 85.98 % เมื่อเทียบกับปริมาณแอฟลาทอกซินของชุดควบคุมที่ 28 วันหลังการแช่ฝักถั่วลิสง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียดินไอโซเลต C46 ทั้งในรูปสารสกัดแบคทีเรียและเซลล์แบคทีเรียสามารถนำไปใช้ในการลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในเมล็ดถั่วลิสงกะเทาะเปลือก และไม่กะเทาะเปลือกก็ได้

ผู้เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน ผู้ประกอบการแปรรูป รวมทั้งเกษตรกร สามารถนำผลการทดลองนี้ไปใช้ในการควบคุมเชื้อรา *Aspergillus flavus* และยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตรทุก

ขั้นตอนการผลิตตั้งแต่ในแปลงปลูก ช่วงการเก็บรักษา และก่อนนำไปผลิตผลเกษตรไปแปรรูปเป็นอาหาร และอาหารสัตว์ ซึ่งจะทำให้ผลิตผลเกษตร และผลิตภัณฑ์ มีคุณภาพปลอดภัยจากการปนเปื้อนของเชื้อรา และสารแอฟลาทอกซินนอกจากนี้ยังสามารถนำแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองนี้ไปพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์เพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไปได้

การทดลองที่ 1.3 การควบคุมการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตรโดยใช้เชื้อรา *Aspergillus flavus* สายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษ

สำรวจการแพร่กระจายของเชื้อรา *A. flavus* สายพันธุ์ที่สร้างสารแอฟลาทอกซินจากดินปลูกพืชซึ่งดำเนินการตามภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศ 22 จังหวัด ระหว่างเดือนธันวาคม 2552-กันยายน 2555 การทดลองนี้สามารถแยกเชื้อรา *Aspergillus* section *Flavi* สายพันธุ์ที่สร้างสารแอฟลาทอกซินในดินของประเทศไทยได้ 3 ชนิด คือ *A. flavus*, *A. tamarii* และ *A. nomius* และไม่พบ *A. parasiticus* เมื่อพิจารณาจากลักษณะสัณฐานวิทยาและชีวโมเลกุลสามารถแบ่งกลุ่มย่อยเชื้อรา *A. flavus* ที่พบในดินประเทศไทย ได้เป็น 3 กลุ่มวิวัฒนาการย่อย (Clade) เป็น Clade A B และ C แสดงให้เห็นว่าเชื้อรา *A. flavus* มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง โดยพบเชื้อรา *A. flavus* สายพันธุ์ที่สร้างสารแอฟลาทอกซินเป็นเชื้อราที่กระจายตัวมากที่สุดในดิน 60.25 % ชี้ให้เห็นว่าประเทศไทย มีความเสี่ยงต่อการตรวจพบการสร้างสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตรสูง ในขณะเดียวกันผลการทดลองนี้ประสบความสำเร็จในการแยกเชื้อราที่ไม่สร้างสารพิษที่มีประสิทธิภาพดีตามธรรมชาติที่ตรวจไม่พบยีนการสร้างสารพิษ Aflatoxin gene (*pks*A *afl*R และ *nor*A) จำนวน 1 สายพันธุ์ *A. flavus* (561) เมื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพการเป็นปฏิปักษ์ในเมล็ดข้าวโพด พบว่าสามารถลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินในข้าวโพดได้ถึง 97.43 % แสดงให้เห็นว่า *A. flavus* (561) ที่ไม่สร้างสารพิษ เป็นเชื้อราสายพันธุ์ใหม่ที่พบในประเทศไทย และมีประสิทธิภาพในการเป็นปฏิปักษ์กับเชื้อราที่สร้างสารพิษ ทำให้สารแอฟลาทอกซินลดลงถึง 97.43 % สามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นในเชิงพาณิชย์ได้

การทดลองที่ 1.4 การควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในพืชผักโดยใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเชื้อรา *Macrocybe crassa* (Berk.) Pegler and Lodge

1. ทำการเตรียมสารสกัดออกฤทธิ์จากเชื้อรา *Macrocybe crassa* โดยการเลี้ยงเชื้อบนอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิ 28 ± 2 °C นาน 7 วัน จากนั้นเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว PDB ตั้งเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 30 วัน กรองเส้นใยและเก็บเส้นใยที่ได้นำไปอบที่ตู้อบอุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 3 วัน นำเส้นใยแห้งมาบดให้ละเอียด เตรียมไว้สกัดสารออกฤทธิ์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพ

2. การสกัดสารออกฤทธิ์โดยนำเส้นใยแห้งมาบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่น (blender) จากนั้นสกัดสารออกฤทธิ์ด้วยเอทิลอะซีเตต (ethyl acetate, EtOAc) จำนวน 3 ครั้ง เก็บสารละลายที่ได้มากรองและระเหยตัวทำละลายออกภายใต้ความดันด้วยเครื่อง rotary evaporator ได้ส่วนสกัดหยาบเอทิลอะซีเตต (crude EtOAc) เก็บ crude ที่ได้ไว้ทดสอบประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์

การทดลองที่ 2.1 การใช้สารสกัดจากพืชเพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนสในผลไม้หลังเก็บเกี่ยว

1 เชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส คือ *Colletotrichum gloeosporioide* และ *C. musae*

2. ชนิดพืชที่มีศักยภาพและเลือกประเภทตัวอย่างที่เหมาะสมและทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา พบว่าสารสกัดที่มีศักยภาพคือ ข่า ไพล เปลือกกล้วยหอม เปลือกมะม่วง ตะไคร้ หัวไชเท้า สามารถยับยั้ง *C. gloeosporioides* ของ มะละกอ และมะม่วง และ *C. musae* ของกล้วยได้ และพบว่าสารสกัดโดย freeze dry และวิธีตากแห้ง มีประสิทธิภาพเท่ากัน ในการยับยั้ง *C. gloeosporioides* โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางของการยับยั้งเท่ากับ 16.39 และ 14.50 มม. ส่วนประสิทธิภาพของสารสกัดต่อการเจริญของ *C. musae* พบว่าสารสกัดจาก freeze dry มีประสิทธิภาพมากที่สุด รองลงมาคือ พืชตากแห้ง สารสกัดจากพืชสดมีประสิทธิภาพต่ำสุด

3. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* *C. capsici* และ *C. musae* ในจานเลี้ยงเชื้อ พบว่าสารสกัดหยาบจาก ข่า ไพล และขมิ้นชัน ที่ความเข้มข้น 5,000ม 10,000 และ 50,000 ppm สามารถควบคุมเชื้อ *C. gloeosporioides*, *C. capsici* และ *C. musae* ในจานเลี้ยงเชื้อได้ดี โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 50,000 ppm มีเส้นผ่าศูนย์กลางของการยับยั้งสูงสุด

4. ทดสอบประสิทธิภาพ ของสารสกัดในการยับยั้ง การเกิดโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วง มะละกอ และกล้วยหอมปลูกเชื้อ จากผลการทดลองในมะม่วง พบว่า ไพลและขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 50,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและเส้นผ่าศูนย์กลางแผลต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม 1 (น้ำ) และ ควบคุม 2 (แอลกอฮอล์ 20 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วันที่ 7 ของการเก็บรักษา

มะละกอ จากผลการทดลองพบว่า ไพลและขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 50,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสจากเชื้อ *C. gloeosporioides* และ *C. capsici* ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่สามารถควบคุมโรคจากการทำแผลเพราะเมื่อเกิดบาดแผลเชื้อเจริญอย่างรวดเร็ว

กล้วยหอม จากผลการทดลองพบว่า การสเปรย์เชื้อทุกกรรมวิธี มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนวิธีทำแผล พบว่าขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 50,000 ppm และ ไพลที่ความเข้มข้น 30,000 และ 20,000 ppm มีเส้นผ่าศูนย์กลางของการเกิดแผลต่ำกว่ากรรมวิธีการควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทาสถิติ

5. ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดในการยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนสและคุณภาพบนผลมะม่วง มะละกอ และกล้วยหอม ตามธรรมชาติจากแปลงปลูก (ไม่ปลูกเชื้อ) พบว่าในมะม่วงมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและการสูญเสียน้ำไม่แตกต่างกันระหว่างกรรมวิธี ในมะละกอ พบว่าเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคไม่มีความแตกต่างระหว่างกรรมวิธี กรรมวิธีที่ทาด้วยไพลมีความแน่นเนื้อ วิตามินซี ค่าความสว่างและมีค่าสีแดงต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น

6. กรรมวิธีที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงและมะละกอคือการทาด้วยไพลและขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 50,000 ppm นอกจากนี้กรรมวิธีที่ทาด้วยไพลสามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อและสีเขียว กรรมวิธีที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของกล้วยหอมคือขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 50,000 ppm และ ไพลที่ความเข้มข้น 30,000 และ 20,000 ppm

การทดลองที่ 2.2 การใช้สารสกัดพืชและจุลินทรีย์เพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* ในการผลิตผักสด

1 จากการการสกัดสารสกัดพืชจากตัวอย่างพืชแห้งพบว่าสารสกัดจากผงเปลือกผลทับทิมให้ผลผลิตสารสกัดต่อกรัมตัวอย่างพืชแห้งมากเป็นอันดับสองรองจากสารสกัดเปลือกผลมังคุด

2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชในการควบคุมเชื้อ *E. coli* ในระดับห้องปฏิบัติการพบว่ามีเพียงสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมเท่านั้นที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อ *E. coli*

3 จากการทดสอบหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้สารสกัดพืช พบว่ากรรมวิธีสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมผงมีความยาวโคโลนีเชื้อ *E. coli* สั้นที่สุด มีค่าประมาณของความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้อยู่ที่ประมาณ 4,000 ppm

4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืช เพื่อลดการปนเปื้อนในผักสะระแหน่ระหว่างการเก็บรักษา สารสกัดจากผงเปลือกผลทับทิมที่ความเข้มข้น 12,000 ppm ซึ่งเทียบเท่ากับ 18.18 กรัมน้ำหนักแห้งของเปลือกทับทิมผงต่อน้ำ 1 ลิตร ช่วยลดการปนเปื้อนเริ่มต้นได้ถึง 69.54 % ดีกว่าการล้างด้วยคลอร็อกซ์ 120 ppm และการล้างน้ำกลั่นอย่างเดียว และยังคงฤทธิ์การควบคุมถึงช่วง 6 ชม.หลังการทดลอง โดยควบคุมได้ 81.90 % อย่างไรก็ตาม ที่ 24 ชม. หลังการทดลองไม่มีกรรมวิธีใดที่สามารถควบคุมการปนเปื้อนให้ต่ำกว่า 100 cfu/ml

การนำไปใช้ประโยชน์ การใช้สารสกัดเปลือกทับทิมผงในการควบคุมการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ในผักสดถือเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำไปใช้ในโรงคัดบรรจุ ทั้งยังเป็นการนำเอาวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตน้ำทับทิมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และอาจใช้เพื่อควบคุมเชื้อ *E. coli* ในผลิตผลอื่นได้ หรือแม้แต่ประยุกต์ใช้ในแปลงเพื่อลดการปนเปื้อนตั้งต้นตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยว

การทดลองที่ 2.3 การใช้สารสกัดกระเทียมควบคุมเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินในพริกแห้งและพริกป่น

สารสำคัญในน้ำคั้นกระเทียมที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ได้คือสาร allicin และน้ำคั้นกระเทียมความเข้มข้น 100, 75 และ 50% สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *A. flavus* ได้ภายในเวลา 24 ชม. การแปรรูปจากพริกสดเป็นพริกแห้งที่มีคุณภาพ ทำได้โดยการคัดเลือกผลพริกสดที่มีคุณภาพ ไม่เน่าเสีย นำมาล้างน้ำให้สะอาด แล้วแช่น้ำคั้นกระเทียมที่ความเข้มข้น 50-75 % นาน 20 นาที ผึ่งให้แห้งแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 72 ชม. จะสามารถป้องกันเชื้อราและลดการเกิดสารแอฟลาทอกซินได้ และเก็บรักษาได้นานถึง 4 เดือน นอกจากนี้พริกที่ผ่านการแช่น้ำคั้นกระเทียมจะมีผิวที่มันวาวและไม่เหี่ยวย่น ในกรณีของพริกแห้งผลใหญ่ที่วางจำหน่ายตามตลาดที่มีการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินมาก่อแล้ว เมื่อนำมาแช่น้ำกระเทียมความเข้มข้น 75 % นาน 20 นาที แล้วอบให้แห้งอีกครั้งสามารถลดการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินลงได้ถึง 56.52 % เมื่อเก็บพริกไว้นาน 2 เดือน ในพริกป่นที่มีการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินสูงถึง 78.3 พีพีบี เมื่อนำมาคลุกด้วยน้ำคั้นกระเทียมความเข้มข้น 100, 75, 50 และ 25 % ในอัตราส่วน 3:1 (พริกป่น:น้ำคั้นกระเทียม w/v) สามารถลดสารแอฟลาทอกซินลงได้ 76.67,

67.67, 38.21 และ 17.02 % ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าน้ำกระเทียมที่ใช้แล้วเมื่อนำมาเก็บอุณหภูมิ 15 °C นาน 15 วัน สามารถนำกลับมาใช้ได้โดยยังมีประสิทธิภาพในการทำลายแอฟลาทอกซินถึง 87.41 %

การทดลองที่ 2.4 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดกระชายดำและกะเพราในการควบคุมการเจริญของเชื้อ *Aspergillus flavus* และลดปริมาณสารแอฟลาทอกซิน

สารสกัดหยาบกระเทียม ไพล กระชายดำ ปุดสิงห์ และข่า ที่สกัดด้วยเอธานอล 95 % มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* รวมถึงลดการสร้างสารแอฟลาทอกซินได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast Extract Sucrose (YES) ทั้งแบบอาหารแข็งและอาหารเหลว และพบว่าสารสกัดพืชในการทดลองนี้ทำให้ลักษณะสัณฐานของ *A. flavus* มีการเจริญที่ปกติเมื่อเทียบกับเชื้อราที่เลี้ยงในอาหารที่ไม่มีสารสกัดพืชผสม นอกจากนี้สารสกัดหยาบพืชนี้ทำให้ *A. flavus* ผลิตเอนไซม์ที่จำเป็นในการสังเคราะห์สารแอฟลาทอกซินได้น้อยลง เมื่อนำสารสกัดหยาบพืชเคลือบถั่วลิสงเพื่อควบคุมการเจริญของเชื้อ *A. flavus* พบว่าไม่มีเชื้อราปรากฏบนถั่วลิสงหลังจากเคลือบเป็นเวลา 1 เดือน อย่างไรก็ตามสารสกัดหยาบทำให้ถั่วลิสงมีสีและกลิ่นเปลี่ยนแปลงไป อาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การทดลองที่ 3.1 การใช้กรดอินทรีย์ควบคุมโรคแอนแทรคโนสในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

1. กรรมวิธีที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงปลูกเชื้อก่อน คือ acetic acid ความเข้มข้น 1 % และ oxalic acid ความเข้มข้น 0.96 % ส่วนกรรมวิธีที่ควบคุมโรคแอนแทรคโนสมะม่วงปลูกเชื้อที่หลังคือ oxalic acid ความเข้มข้น 0.96 %

2. กรรมวิธีที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของกล้วยหอมปลูกเชื้อก่อนคือ acetic acid ความเข้มข้น 0.6 % และ oxalic acid ความเข้มข้น 0.96 % ส่วนกรรมวิธีที่ควบคุมโรคแอนแทรคโนส กล้วยหอมปลูกเชื้อที่หลังคือ oxalic acid ความเข้มข้น 0.96 % และ acetic acid ความเข้มข้น 0.60 %

3. กรรมวิธีที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะละกอ ปลูกเชื้อก่อนคือ acetic acid ความเข้มข้น 2 และ 3 % ส่วนกรรมวิธีที่ควบคุมโรคแอนแทรคโนสมะละกอ ปลูกเชื้อที่หลังคือ oxalic acid ความเข้มข้น 0.24%

4. กรรมวิธีที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของแก้วมังกรปลูกเชื้อก่อนคือ acetic acid ความเข้มข้น 1 2 และ 3 % ส่วนกรรมวิธีที่ควบคุมโรคแอนแทรคโนสแก้วมังกรปลูกเชื้อที่หลังคือ oxalic acid ความเข้มข้น 0.48 % จะสังเกตุพบว่า acetic acid ควบคุมโรคแอนแทรคโนสปลูกเชื้อก่อนได้ดีกว่าปลูกเชื้อที่หลังเพราะ acetic acid มีผลโดยตรงต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อราในขณะที่ oxalic acid ควบคุมโรคแอนแทรคโนสปลูกเชื้อที่หลังได้ดีกว่าปลูกเชื้อก่อนเพราะ oxalic acid กระตุ้นให้ผลิตผลสร้างสารต้านทานทางธรรมชาติ

5. กรรมวิธีที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของเชื้อตามธรรมชาติของมะละกอคือ oxalic acid เข้มข้น 0.48 % ส่วนเชื้อตามธรรมชาติของมะม่วง กล้วยหอมและแก้วมังกรไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี ส่วนคุณภาพตัวอื่นค่อนข้างแปรผันในผลไม้แต่ละชนิด

การทดลองที่ 3.2 การใช้ Methyl Jasmonate และ Methyl Salicylate เพื่อควบคุมโรคผลเน่าของผลไม้จากเชื้อ *Phomopsis* sp.

1. การทดลองที่ทำการปลูกเชื้อก่อนรมแล้วเก็บไว้ที่ 13 °C สำหรับลองกอง พบว่ากรรมวิธีที่มีศักยภาพสำหรับควบคุม *Phomopsis* stain 1 คือ MS ความเข้มข้น 1.50 µl/l และ stain 2 คือความเข้มข้น 0.75 µl/l ส่วนลองกองที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องพบว่ากรรมวิธีที่มีศักยภาพ stain 1 คือ MS ความเข้มข้น 0.75 และ1.50 µl/l ส่วน stain 2 ไม่แตกต่างทางสถิติ

2. การทดลองที่ปลูกเชื้อก่อนรมแล้วเก็บที่ 13 °C สำหรับเงาะพบว่า กรรมวิธีที่มีศักยภาพคือ MS ความเข้มข้น 0.75 µl/l แต่ที่อุณหภูมิห้องคือกรรมวิธีที่รมด้วย MS ความเข้มข้น 1.50 µl/l แสดงว่าที่อุณหภูมิต่ำใช้ MS ความเข้มข้นต่ำก็สามารถควบคุมโรคได้แล้วและควบคุมโรคได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูง

3. การทดลองที่ปลูกเชื้อหลังรมแล้วเก็บรักษาที่ 13 °Cและที่อุณหภูมิห้อง สำหรับลองกองพบว่ากรรมวิธีมีศักยภาพในการควบคุมโรคได้แก่ กรรมวิธีที่รมด้วย MS ความเข้มข้น 0.75 µl/lและ MJ ความเข้มข้น 2 และ 4 µl/l

4. การทดลองที่ปลูกเชื้อหลังรมและเก็บรักษาที่ 13 °C สำหรับเงาะพบว่า กรรมวิธีที่มีศักยภาพคือ MS ความเข้มข้น 0.75 µl/l และ MJ ความเข้มข้น 2 µl/l เป็นไปทำนองเดียวกับลองกอง ส่วนเงาะที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า MS ความเข้มข้น1.5 µl/lและ MJ ความเข้มข้น 2 µl/l มีศักยภาพในการควบคุมโรค

5. การรมลองกองด้วย MS และ MJ โดยไม่ได้ปลูกเชื้อ (เชื้อตามธรรมชาติ) พบว่า เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ระหว่างกรรมวิธีเพราะโรคอาจมีไม่มาก ดังนั้น จึงเห็นประสิทธิภาพของ MS และMJ ไม่ชัดเจน ส่วนคุณภาพตัวอื่นๆ ส่วนมากไม่แตกต่างทางสถิติ แต่การรมด้วย MS และMJ ทำให้ลองกองมีวิตามินซีสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม

6. การรมเงาะด้วย MS และ MJ โดยไม่ได้ปลูกเชื้อ พบว่าการรมด้วย MJ ความเข้มข้น 2 µl/l มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากที่สุด เพราะเงาะมีโรคมากทำให้ MJ ไม่สามารถควบคุมโรคได้ส่วนค่าคุณภาพค่อนข้างแปรผัน กรรมวิธีควบคุมมีการสูญเสียน้ำและความแน่นเนื้อสูงสุด

7. กิจกรรมของเอนไซม์ β -1,3 glucanase ในลองกอง พบว่า เมื่อวันที่ 10 ของการเก็บรักษา พบว่า MJ ความเข้มข้น 2 และ 4 µl/l และ MS ความเข้มข้น 0.75 µl/l มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

8. กิจกรรมของเอนไซม์ β -1,3 glucanase ในเงาะ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี

9. กิจกรรมของเอนไซม์ chitinase ในเงาะ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี

การทดลองที่ 3.3 การใช้กรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ควบคุมโรคผลเน่าของผลไม้หลังเก็บเกี่ยว

1. เชื้อราสาเหตุโรคผลเน่ามะม่วง แยกเชื้อและจัดจำแนกเชื้อราได้ 4 ชนิด คือ *Colletotrichum gloeosporioides, Dothiorella* sp., *Lasiodiplodia theobromae* และ *Phomopsis* sp.

2. กรดซิตริก ความเข้มข้น 3 % ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Dothiorella* sp. บนอาหาร PDA ได้ 89.9 % และสารในกลุ่มเกลือ ได้แก่ โซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ โพแทสเซียมเมทาไบซัลไฟต์ คอปเปอร์ซัลเฟต แอมโมเนียมคาร์บอเนต โซเดียมคาร์บอเนต โพแทสเซียมคาร์บอเนต และโพแทสเซียมซอเบท สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 100 %

3. การแช่ผลมะม่วงปลูกเชื้อ *Dothiorella* sp. ในสารโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 1 % นาน 5 นาที สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคบนผลได้ดีที่สุด

การทดลองที่ 3.4 การทดสอบประสิทธิภาพกรดอินทรีย์ และเกลืออนินทรีย์ในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคเน่าหลังเก็บเกี่ยวของผลไม้

1. เชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าจากผลแก้วมังกรที่สามารถแยกได้ คือ *Colletotrichum* sp.

2. ทดสอบประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ และเกลืออนินทรีย์ที่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราพบว่ากรดโพรพิโอนิคที่ความเข้มข้น 0.08 % และโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 3 % สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum* sp

3. การทดสอบประสิทธิภาพของกรดโพรพิโอนิค และโซเดียมคาร์บอเนต ไม่สามารถใช้ควบคุมโรคได้ จึงทดลองเพิ่มความเข้มข้นขึ้นก็ยังไม่สามารถนำมาใช้ควบคุมการเกิดโรคเน่าหลังเก็บเกี่ยวที่เกิดขึ้นได้ จึงพิจารณาไม่ทำต่อเนื่องจากสารทั้ง 2 ชนิดมีข้อจำกัดในการใช้งาน และส่งผลเสียต่อคุณภาพของผลผลิตเมื่อใช้ที่ระดับความเข้มข้นสูง

การทดลองที่ 3.5 วิธีลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ก่อโรคในผักสดหลังการเก็บเกี่ยว (เสนอใหม่ ปี 2555)

ผลจากการศึกษาวิธีลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ก่อโรคในผักสดหลังการเก็บเกี่ยว โดยศึกษาวิธีลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในผลิตผลผักสดหลังการเก็บเกี่ยวเบื้องต้นในระดับแปลงปลูกและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาขณะขนส่งก่อนเข้าสู่โรงคัดบรรจุ

1. สารละลายกรดซิตริค ความเข้มข้น 0.6% มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ *E.coli* จากผักสะระแหน่ ทั้งการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการทดสอบในผัก

2. การเก็บรักษาผักที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายกรดซิตริค ความเข้มข้น 0.6% ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 $^{\circ}$C สามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ *E. coli* ในสะระแหน่ได้นานถึง 3 ชม.

3. การเก็บรักษาผักที่ล้างด้วยกรดซิตริค เก็บรักษาที่ 5 $^{\circ}$C นาน 3 ชม. มีปริมาณจุลินทรีย์ *E. coli* อยู่ที่ 77 cfu/g มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตร ที่กำหนดให้มีเชื้อ *E. coli* ในผลิตผลผักสดส่งออกไม่เกิน 100 cfu/g

4. เมื่อขยายผลทดสอบประสิทธิภาพวิธีลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในสะระแหน่ในระดับแปลงปลูก พบว่า การล้างสะระแหน่ด้วยสารละลายกรดซิตริค ความเข้มข้น 6 % และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C สามารถควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ *E. coli* ได้นานถึง 3-24 ชม. (10-226 cfu/g) ถือเป็นวิธีลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ *E. coli* ในผักสดหลังเก็บเกี่ยวเบื้องต้นที่เหมาะสมก่อนเข้าสู่โรงคัดบรรจุ เนื่องจากโรงคัดบรรจุมีศักยภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *E. coli* ในการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวระดับโรงคัดบรรจุ อยู่ที่ 75 % ดังนั้น หากปริมาณจุลินทรีย์ *E. coli* ในผักสดที่เข้าสู่โรงคัดบรรจุ เกินกว่า 400 cfu/g กระบวนการลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในโรงคัดบรรจุจะไม่สามารถลดให้มีค่าอยู่ในมาตรฐานผักสดส่งออกของกรมวิชาการเกษตรได้ (ไม่เกิน 100 cfu/g)

เป็นเทคโนโลยีลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่เหมาะสมระดับแปลงปลูก เพื่อใช้พัฒนาแนวทางการบริหารจัดการเทคโนโลยีลดความเสียหายจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในผักสดหลังการเก็บเกี่ยวเชิงระบบต่อไป

การทดลองที่ 4.1 ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อรา และสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งและการลดปริมาณสารพิษโดยใช้วิธีทางกายภาพ

1. เชื้อราที่พบในผลไม้อบแห้งที่ผลิตในประเทศไทย และนำเข้าจากต่างประเทศได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. aculeatus*, *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp. และ *Fusarium* sp.

2. พบการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ ปริมาณสูงสุดในบลูเบอร์รี่อบแห้ง ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่อบแห้ง โดยการปนเปื้อนสารพิษในบลูเบอร์รี่ และลูกเกดขาว มีค่าเกิน10 ppb ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานกำหนดสูงสุดสำหรับโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง ที่กำหนดโดยกลุ่มสหภาพยุโรป

3. การอบลูกเกดขาวด้วยเตาไมโครเวฟที่กำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 60 วินาที สามารถลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ได้ 84.56 % และการอบแครนเบอร์รี่อบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟที่กำลังไฟ 800 วัตต์ นาน 45 วินาที มีผลทำให้สารโอคราทอกซิน เอ ลดลง 74.35 %

4. การอบแครนเบอร์รี่อบแห้ง ลูกเกดขาว และบลูเบอร์รี่อบแห้ง ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 60 นาที สามารถลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ลงได้ 83.59, 81.85 และ 43.30 % ตามลำดับ

5. ผู้บริโภคสามารถนำวิธีการลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง ไปปฏิบัติในครัวเรือนได้ โดยเฉพาะการอบด้วยเตาไมโครเวฟซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย และสะดวก โดยเลือกระดับความร้อน และระยะเวลาที่เหมาะสมกับผลไม้แต่ละชนิด เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

การทดลองที่ 4.2 การควบคุมการปนเปื้อนเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตรโดยวิธีทางกายภาพ

1. การปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus flavus* พบในถั่วลิสงมีการปนเปื้อนสูงที่สุดถึง 80 %

2. การปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินบี1 (Aflatoxin B1) พบในถั่วลิสงมีปริมาณ Aflatoxin B1 สูงที่สุด 186.4 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และมีตัวอย่างที่มีปริมาณ Aflatoxin B1 เกินมาตรฐาน 40.70 % ของตัวอย่างถั่วลิสง

3. การลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินบี1 ด้วยตู้อบความร้อนให้ผลดีที่สุด ดังนี้

- การอบข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 80 ºC 30 นาที ปริมาณ Aflatoxin B1 ลดลง 47.05 %
- การอบข้าวเหนียวดำที่อุณหภูมิ 80 ºC 150 นาที ปริมาณ Aflatoxin B1 ลดลง 69.73 %
- การอบงาดำที่อุณหภูมิ 70 ºC 60 นาที ปริมาณ Aflatoxin B1 ลดลง 59.26 %
- การอบถั่วลิสงที่อุณหภูมิ 50 ºC 150 นาที ปริมาณ Aflatoxin B1 ลดลง 19.82 %

4. การลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินบี1 ด้วยไมโครเวฟ ขนาดกำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ โดยการอบงาดำที่ความร้อนระดับกลาง เวลา 90 วินาที ปริมาณ Aflatoxin B1 ลดลง 26.81 %

การลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนโดยวิธีทางกายภาพสามารถปฏิบัติได้ง่ายในครัวเรือน ไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค ทำได้ด้วยการใช้ตู้อบความร้อน หรือไมโครเวฟ ในแต่ละวิธีการควรเกลี่ยให้เมล็ดบางทั่วกันเพื่อที่จะได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง และเลือกใช้ระดับความร้อน และเวลาที่พอเหมาะ ดังนี้

1. วิธีการอบด้วยตู้อบความร้อน ควรอบข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 80 ºC เวลา 30 นาที ข้าวเหนียวดำอบที่อุณหภูมิ 80 ºC ช่วงเวลา 60-120 นาที ถั่วลิสงอบที่อุณหภูมิ 50 ºC เวลา 150 นาที สำหรับงาดำการอบที่อุณหภูมิ 70 ºC เวลา 60 นาที ให้ผลคุ้มค่าที่สุด

2. วิธีการอบด้วยไมโครเวฟ ขนาดกำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ อบงาดำที่ความร้อนระดับกลาง เวลา 90 วินาที

เนื่องจากตัวอย่างเมล็ดที่ใช้ในการทดลองเป็นชุดที่ทำการปลูกเชื้อเพื่อเพิ่มปริมาณสารแอฟลาทอกซินจากผลการทดลองในข้าวกล้อง และข้าวเหนียวดำ สามารถลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินลงได้ต่ำกว่า 20 µg/kg. ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่สามารถใช้เพื่อบริโภคได้ ในขณะที่ งาดำ และถั่วลิสง เป็นแหล่งอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราและการสร้างสารแอฟลาทอกซิน จึงมีผลต่อการเพิ่มปริมาณสารแอฟลาทอกซินในตัวอย่างได้สูง ทำให้ไม่สามารถลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินลงได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด

การทดลองที่ 4.3 ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษฟูโมนิซินในธัญพืชและผลิตภัณฑ์ และการลดปริมาณสารพิษโดยใช้วิธีทางกายภาพ

พบการปนเปื้อนของเชื้อราในตัวอย่างกลุ่มธัญพืชและอาหารเช้าจากธัญพืช ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป และพบเชื้อรา *F. moniliforme* จำนวน 3.5 % ในเมล็ดข้าวโพดดิบ ซึ่งเป็นเชื้อราชนิดที่สร้างสารพิษฟูโมนิซินและมีการสร้างสารพิษอยู่ระหว่าง 12.22-18.03 µg/ml. ธัญพืชและผลิตภัณฑ์จากธัญพืชที่นำมาตรวจวิเคราะห์ไม่มีการปนเปื้อนของสารพิษฟูโมนิซินที่เกินมาตรฐานกำหนด การลดการปนเปื้อนของสารพิษฟูโมนิซินโดยการใช้ความร้อนจากเตาไมโครเวฟ สามารถลดการปนเปื้อนของสารพิษในข้าวบาร์เลย์ได้ 39.63 % เมื่ออบที่กำลังไฟ 800 วัตต์ นาน 90 วินาที และการอบคอร์นเฟลกด้วยกำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 90 วินาที สามารถลดสารพิษได้ 41.71 % สำหรับการใช้แสงอัลตราไวโอเลตในการลดการปนเปื้อนของสารพิษฟูโมนิซิน สามารถลดสารพิษลงได้ 17.62 และ 17.47 % ในข้าวบาร์เลย์ เมื่อผ่านแสงอัลตราไวโอเลต นาน 120 และ 90 นาที

การทดลองที่ 5.1 วิธีการประเมินการเข้าทำลายของโรคแอนแทรคโนสในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวโดยการตรวจสอบการเข้าทำลายแฝง (Quiescent infection)

การกระตุ้น quiescent infection บนผลมะม่วงโดยชุบด้วยสารละลาย paraquat ที่ความเข้มข้น 2,000 ppm ที่ 72 ชม. มีพัฒนาการด้านการสุกแก่อย่างเห็นได้ชัดเจน และเริ่มแสดงอาการจุดแผลโรคแอนแทรคโนสที่ผิวผล การปลูกเชื้อโดยการทำบาดแผลด้วยกระดาษทรายละเอียด (เบอร์ 180) ขนาด 1 x 1 นิ้ว สามารถจำลองสภาพการเกิดโรคแอนแทรคโนสตามธรรมชาติได้ การประเมินการเข้าทำลายแฝงในธรรมชาติของโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่าการประเมินการเข้าทำลายแฝงของโรคแอนแทรคโนสในผลมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว ควรแบ่งตัวอย่างผลมะม่วงมาทำการปลูกเชื้อด้วยการทำบาดแผลด้วยกระดาษทรายควบคู่ไปกับการกระตุ้นอาการโรคจากการเข้าทำลายโดยธรรมชาติเสมอ

การทดลองที่ 5.2 การใช้ความร้อนร่วมกับสารกลุ่มคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตควบคุมโรคแอนแทรคโนสของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

แก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง

1. พบเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* เป็นสาเหตุโรคแอนแทรคโนสบนผลแก้วมังกร และการทดสอบด้วยวิธีอาหารพิษ พบว่า โซเดียมคาร์บอเนต 2 และ3 % แอมโมเนียมคาร์บอเนต 2 และ 3 % มีผลยั้งยับการเจริญของเส้นใยเชื้อรา 100 %

2. การจุ่มผลแก้วมังกรปลูกเชื้อในแอมโมเนียมคาร์บอเนต 2 % มีผลยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ 38.55 % และมีขนาดแผลบนผล 1.60 ซม. และการจุ่มผลในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 ℃ นาน 5 และ 3 นาที สามารถควบ คุมโรคได้ดี มีขนาดแผลบนผล 0.17 และ 0.51 ซม. ตามลำดับ

3. การใช้น้ำร้อนร่วมกับสารกลุ่มคาร์บอเนตในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส พบว่า น้ำร้อนเป็นปัจจัยที่มีผลในการควบคุมโรค ดังนั้น การจุ่มผลในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 ℃ นาน 5 นาที จึงเป็นวิธีการที่เพียงพอต่อการควบคุมโรค

มะละกอพันธุ์ปักไม้ลาย

1. พบเชื้อรา *C. gloeosporioides* และ *C. capsici* เป็นสาเหตุโรคแอนแทรคโนสบนผลมะละกอ และด้วยวิธีอาหารพิษ พบว่า แอมโมเนียมคาร์บอเนต 1, 2 และ3 % มีผลยั้งยับการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum* ทั้ง 2 สายพันธุ์ได้ 100 %

2. การจุ่มผลมะละกอปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* ในสารกลุ่มคาร์บอเนตมีผลควบคุมโรคได้ต่ำ และบนผลปลูกเชื้อรา *C. capsici* การจุ่มผลในแอมโมเนียมคาร์บอเนต 3 % มีผลยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ 54.23 % ขณะที่การจุ่มผลมะละกอในโปรคลอราช 0.05 % นาน 5 นาที สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคบนผลปลูกเชื้อรา *Colletotrichum* ทั้ง 2 สายพันธุ์ได้ดีที่สุด

3. การจุ่มผลในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 °C นาน 5 นาที มีผลในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลมะละกอปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ 100 % และบนผลมะละกอปลูกเชื้อรา *C. capsici* มีผลยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ 80.01 %

มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สี่

1. พบเชื้อรา *C. gloeosporioides* เป็นสาเหตุโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วง และการทดสอบด้วยวิธีอาหารพิษ พบว่า แอมโมเนียมคาร์บอเนต 1, 2 และ 3 % มีผลยั้งยับการเจริญของเส้นใยเชื้อรา 100 %

2. การจุ่มผลมะม่วงปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* ในโพแทสเซียมคาร์บอเนต 2 % ยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ 78.59 % และโปรคลอราช 0.035 % มีผลยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ดี 97.47 %

3. การจุ่มผลมะม่วงปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 °C นาน 5 นาที ยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ 97.94 % มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้น้ำร้อนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต 1 %

การทดลองที่ 5.3 การใช้สาร GRAS ร่วมกับน้ำร้อนในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกหวานหลังการเก็บเกี่ยว

โรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน มีสาเหตุจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* อาการเริ่มแรกเป็นจุดแผลฉ่ำน้ำ ต่อแผลจะขยาย ลักษณะเป็นวงกลมซ้อนกันเป็นชั้นๆ และมีกลุ่มของสปอร์เป็นเมือกเยิ้มสีส้มบริเวณแผล พริกหวานสีเหลืองจะมีความอ่อนแอต่อโรคแอนแทรคโนสมากที่สุด รองลงมาเป็นพริกหวานสีแดง และพริกหวานสีเขียว ตามลำดับ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกพริกหวานสีเหลืองมาใช้ในการทดลอง

การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของผลพริกหวานโดยสารปลอดภัยโพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 1,000 และ 500 mg/l. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100 % รองลงมาคือ โพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 250 mg/l. กรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 1,000 mg/l. โพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 100 mg/l. และโปแตสเซียม ซอร์เบท ความเข้มข้น 1,000 mg/l. สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 92.13, 58.06, 46.02 และ 37.09 % ตามลำดับ

การงอกของสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* พบว่า โพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 100, 250, 500 และ 1,000 mg/l. โปแตสเซียม ซอร์เบท ความเข้มข้น 500 และ 1,000 mg/l. และ กรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 500, 1,000 mg/l. สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100 % และเมื่อนำสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* มาจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที อุณหภูมิ 55 และ 57 °C เป็นเวลา 2 และ 4 นาที สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100 %

กรดออกซาลิก 250 mg/l. มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากการปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* มีการเกิดโรคน้อยที่สุด 67.50 % และ สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสได้ดีที่สุด 62.45 % รองลงมาคือ โพรพิลพาราเบน 1,000 mg/l. กรดออกซาลิก 100 mg/l. โพรพิลพาราเบน 500 mg/l. และ โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 mg/l. มีการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนส 54.06,

47.24, 42.58 และ 42.15 % ตามลำดับ และเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานโดยการใช้สารปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อน ทำให้สามารถลดการเกิดโรคและยับยั้งความรุนแรงของโรคเพิ่มขึ้น โดยผลพริกหวานที่จุ่มในโปแตสเซียม ซอร์เบท 500 mg/l. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที มีการเกิดโรคน้อยที่สุด 35.00 % และสามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานได้ 91.45 % รองลงมาคือ โพรพิลพาราเบน 500 mg/l. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที มีการเกิดโรค 45.00 % และมีการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน 88.83 %

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลพริกหวานที่จุ่มในโปแตสเซียม ซอร์เบท 500 mg/l. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที หลังจากเก็บรักษา 7 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ และการเปลี่ยนแปลงสีของผลพริกหวานไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกหวานที่จุ่มในน้ำ เป็นเวลา 4 นาที

การทดลองที่ 5.4 การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของไม้ดอกวงศ์ขิง

1. จากการสำรวจโรคหลังการเก็บเกี่ยวของไม้ดอกวงศ์ขิงตามแหล่งปลูก แล้วเก็บตัวอย่างโรค มาทำการแยกเชื้อสาเหตุ จำแนกชนิดของเชื้อสาเหตุในห้องปฏิบัติการ พบเชื้อ *Fusarium* sp. ที่บริเวณรากสะสมอาหารของหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ โรคจุดสนิม ที่เกิดจากเชื้อรา *Sphaceloma* sp. บริเวณลำต้น ใบ กลีบดอก ของปทุมมาพันธุ์ แอนนา เชียงใหม่พิงค์ ไข่มุก และนอกจากนี้ยังพบเชื้อราอีก 2 ชนิด คือ *Curvularia* sp. และ *Alternaria* sp.

2. นำสารสกัดจากพืชโดยใช้สารสกัดน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน สารสกัดน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม สารสกัดน้ำมันหอมระเหยกะเพรา สารสกัดน้ำมันหอมระเหยกานพลู มาทดสอบประสิทธิภาพร่วมกับสารเคมี carboxyl, terrazole และ ไคโตซาน โดยใช้วิธีจุ่มหัวพันธุ์ที่ระยะเวลาและอัตราต่างๆ กัน แล้วนำหัวพันธุ์ไปปลูกในโรงเรือน ผลการตรวจสอบโรคหลังการเก็บเกี่ยวในหัวพันธุ์ที่ปฏิบัติตามกรรมวิธีต่างๆ พบว่าในกรรมวิธีที่จุ่มหัวพันธุ์ด้วยสารสกัดน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน สารสกัดน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม สารสกัดน้ำมันหอมระเหยกะเพรา สารสกัดน้ำมันหอมระเหยกานพลู นั้นได้ผลดีไม่พบโรคที่ติดมากับหัวพันธุ์

การทดลองที่ 5.5 การศึกษาความสูญเสียของผลิตผลผักสดหลังการเก็บเกี่ยวจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์

ผลจากการศึกษาความสูญเสียของผลิตผลผักสดหลังการเก็บเกี่ยวจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์ โดยวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในการผลิตสะระแหน่เพื่อส่งออกในระดับแปลงปลูก ระดับโรงคัดบรรจุ และระดับการเก็บรักษาผลผลิต

1. การปนเปื้อนจุลินทรีย์ในสะระแหน่ส่งออกเกิดขึ้นได้ทุกขั้นตอนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวในทุกระดับ

2. ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ระดับแปลงปลูก คือ การล้างทำความสะอาดด้วยน้ำและบรรจุเข่งพลาสติกคลุมด้วยผ้าชื้น ซึ่งเป็นจุดวิกฤตจุดแรกที่ต้องหาวิธีการควบคุม ดังนั้น การศึกษาวิธีลดการปนเปื้อน

จุลินทรีย์ก่อโรคในผักสดหลังการเก็บเกี่ยวระดับแปลงปลูก รวมทั้งอุณหภูมิในการเก็บรักษาระหว่างการขนส่งไปยังโรงคัดบรรจุ จึงมีความจำเป็นอย่างมากต่อคุณภาพผักส่งออก

3. ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในสะระแหน่ระดับโรงคัดบรรจุ คือ การล้างผักด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในระบบน้ำล้นน้ำวนของโรงคัดบรรจุซึ่งเป็นการล้างด้วยการใช้น้ำยาแบบเวียนซ้ำจึงควรศึกษารูปแบบหรือระบบการล้างผัก ที่รักษาประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

4. ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ระดับการเก็บรักษาผลผลิต คือ ขั้นตอนการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำในการขนส่งผลผลิตของโรงคัดบรรจุ เพื่อรอขนส่งทางอากาศและการกระจายสินค้าสู่ผู้บริโภค ควรทำการศึกษาสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาเพื่อชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ระหว่างการขนส่งและกระจายสินค้าสู่ตลาดปลายทาง ได้แก่ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา เป็นต้น

5. ควรศึกษาการบริหารจัดการเทคโนโลยีลดความเสียหายจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในผักสดหลังการเก็บเกี่ยวเชิงระบบต่อไป

การทดลองที่ 5.6 การลดความเสียหายในลองกองหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง

1. การผสมผสานวิธีระหว่างไคโตซาน 1-mcp ร่วมกับบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ สามารถลดความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่งที่อุณหภูมิ 15 °C

2. การใช้ไคโตซานความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับ 1-mcp ความเข้มข้น 500 ppb ร่วมกับบรรจุภัณฑ์แอคทีฟฟิล์ม (active film) ความหนา 40 ไมครอน สามารถชะลอการหลุดร่วง การเกิดสีน้ำตาลบนเปลือก การเกิดเชื้อรา และการเน่าเสีย รวมทั้งได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคด้านรสชาติ ได้นาน 12 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โคโตซานหรือ 1-mcp เพียงอย่างเดียว ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ active film

การทดลองที่ 5.7 การควบคุมการเน่าเสียของพืชหัววงศ์ขิงระหว่างการเก็บรักษาด้วยชีววิธีและการฉายรังสี

เชื้อราสาเหตุโรคเน่าของแง่งขิงระหว่างการเก็บรักษา พบว่าเป็นเชื้อรา *Fusarium oxysporum* และเข้าทำลายแต่เฉพาะส่วนที่เป็นบาดแผล ไม่สามารถทำลายส่วนผิวของแง่งขิงที่เป็นปกติได้ จึงถือว่าเป็น secondary invader หรือ wound invader

พบเชื้อรา 3 ไอโซเลต ที่แสดงปฏิกิริยาการเป็นปฏิปักษ์ ได้เลือกเอาเชื้อปฏิปักษ์ที่มีปฏิกิริยาแบบ Antibiosis มาใช้ในการทดลอง โดยเมื่อเลี้ยงเชื้อปฏิปักษ์ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB ที่ระยะเวลา 6 สัปดาห์ สามารถสร้างสาร secondary metabolites ได้ดีที่สุด แต่ปริมาณผลผลิต secondary metabolites ต่อปริมาตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ต่ำมากจึงไม่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งาน

ผลของการฉายแสง UV-C ร่วมกับการบ่มสมานบาดแผลภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ 95 % RH ที่ระยะเวลา 12 และ 24 ชม. สามารถเร่งการเกิดกระบวนการสมานบาดแผล และยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคได้ โดยอาจเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นความต้านทานโรคของขิง

ผลการฉายแสง UV-C ร่วมกับการบ่มสมานบาดแผลที่ระยะเวลา 12 และ 24 ชม. สามารถนำมาปรับใช้ในกระบวนการผลิตขิงเพื่อการส่งออก โดยเฉพาะประเทศปลายทางที่มีความเข้มงวดในการใช้สารกำจัดเชื้อราในการควบคุมการเน่าเสียหรือเป็นตลาดพิเศษที่ต้องการผลผลิตขิงอินทรีย์

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. การควบคุมโรคพืชและสารพิษจากเชื้อราด้วยเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าโรคผลเน่าของเงาะหลังการเก็บเกี่ยว มีสาเหตุจากเชื้อราหลายชนิด คือ *Lasiodiplodia theobromae, Gliocephalotrichum* spp., *Greeneria* sp., *Colletotrichum gloeosporioides, Pestalotiopsis* sp., *Phomopsis* sp. เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่คัดเลือกมา 3 สายพันธุ์ คือ DL9, PN10 และ DL7 มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคผลเน่าของเงาะ ไม่เป็นพิษต่อพืชปลูก (เมล็ดข้าวและเมล็ดถั่วเขียว) และไม่พบความเป็นพิษต่อเซลล์ไตลิง เมื่อจำแนกพบว่าเป็นเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtillis* หรือ *B. amyloliquefaciens* เมื่อใช้ผลิตเป็นชีวภัณฑ์โดยผสมกับแป้งข้าวเจ้า น้ำมันถั่วเหลืองและซูโครส พบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าของเงาะหลังการเก็บเกี่ยวได้ดี

2. การใช้แบคทีเรียดินควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตร พบว่าแบคทีเรียดินที่คัดแยกได้ จำแนกได้เป็น *Bacillus tequilensis* และ *Bacillus subtilis sub sp. Inaquosorum* สามารถยับยั้งทั้งการเจริญของเชื้อราและการสร้างสารพิษแอฟลาทอกซิน สามารถลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนถั่วลิสงตามธรรมชาติ ได้มากกว่า 85.98 % ที่ 28 วัน หลังการเก็บรักษา โดยไม่มีความเป็นพิษต่อการงอกของเมล็ดข้าวเปลือกและถั่วเขียว

3. ประสบความสำเร็จในการแยกเชื้อรา *A. flavus* สายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษจำนวน 1 สายพันธุ์คือ *A. flavus* (561) ซึ่งไม่มียีนสร้างสารพิษ Aflatoxin gene (*pks*A *afl*R และ *nor*A) เป็นเชื้อราสายพันธุ์ใหม่ที่พบในประเทศไทย มีประสิทธิภาพในการควบคุมการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตร และมีประสิทธิภาพในการเป็นปฏิปักษ์กับเชื้อราที่สร้างสารพิษ สามารถลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินในข้าวโพดได้ถึง 97.43 %

4. การศึกษาสารสกัดออกฤทธิ์จากเชื้อรา *Macrocybe crassa* พบว่าสามารถควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผักกาดขาวได้

5. การศึกษาการควบคุมโรคพืชและสารพิษจากเชื้อราด้วยสารสกัดจากพืช พบว่า ข่า สารสกัดไพลและขมิ้นชันสามารถยับยั้งเชื้อรา *C. gloeosporioides C. capsici* และ *C. musae* ได้ ขณะที่การทดสอบบนผลพบว่าขมิ้นชันและไพลที่ความเข้มข้น 50,000 ppm มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคบนผลมะม่วงและมะละกอ สารสกัดจากขมิ้นชันความเข้มข้น 50,000 ppm ไพลความเข้มข้น 30,000 และ 20,000 ppm มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคบนผลกล้วยหอม การเตรียมตัวอย่างพืชด้วยวิธีการ freeze dry มีความเหมาะสมในการผลิตสารสกัดจากพืช และพบว่าสารสกัดไพลสามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อและสีเขียวบนผลมะม่วง มะละกอได้

6. สารสกัดจากผงเปลือกผลทับทิมความเข้มข้น 12,000 ppm สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ลดการปนเปื้อนในผักสะระแหน่ระหว่างการเก็บรักษาได้ โดยยังคงฤทธิ์การควบคุมถึงช่วง 6 ชม.หลังการทดลอง สามารถควบคุมเชื้อได้ 81.90 % เป็นทางเลือกหนึ่งในการนำไปใช้ในโรงคัดบรรจุ หรือแม้แต่ประยุกต์ใช้ในแปลงเพื่อลดการปนเปื้อนตั้งต้นตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยวในการผลิตผักสด

7. การควบคุมเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินด้วยสารสกัดจากพืชพบว่า สาร allicin ในน้ำคั้นที่สกัดจากหัวกระเทียมมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* สามารถป้องกันเชื้อราและลดการเกิดสารแอฟลาทอกซินได้ เก็บรักษาได้นานถึง 4 เดือน ลดการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินพริกแห้งและพริกป่นที่มีการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินสูงได้ 56.52 และ 76.67 % ตามลำดับ

8. สารสกัดหยาบกะเพรา และกระชายดำ ที่สกัดด้วยเอธานอล 95 % มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และการสร้างสารแอฟลาทอกซินได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำให้ *A. flavus* ผลิตเอนไซม์ที่จำเป็นในการสังเคราะห์สารแอฟลาทอกซินได้น้อยลง ควบคุมการเจริญของเชื้อ *A. flavus* บนถั่วลิสงหลังจากเคลือบเป็นเวลา 1 เดือน

9. การศึกษาการใช้สาร GRAS ควบคุมโรคพืชพบว่า acetic acid และ oxalic acid สามารถควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum* spp ใน มะละกอ กล้วยหอม มะม่วง และแก้วมังกรที่ปลูกเชื้อได้ ขณะที่มีเพียง oxalic acid เท่านั้นที่ควบคุมโรคที่เกิดโดยธรรมชาติบนผลมะละกอ ส่วนการศึกษาการใช้กรดอินทรีย์ควบคุมโรคผลเน่าของมะม่วงพบว่า citric acid ที่ 3 % สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Dothiorella* sp. ในจานเลี้ยงเชื้อ แต่การทดลองบนผลมะม่วงกลับพบว่า sodium metabisulphite ที่ 1 % สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ดีกว่า

10. การศึกษาการลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ *E. coli* ในสะระแหน่ พบว่า citric acid ที่ 0.6 % สามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ *E. coli* ในการทดลองกับยอดสะระแหน่ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 $^{\circ}$C ขณะที่การทดลองที่ทำกับยอดสะระแหน่ที่เก็บเกี่ยวจากแปลงปลูก พบว่าการล้างด้วย citric acid ที่ 6 % และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 $^{\circ}$C สามารถควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ *E. coli* ได้นานถึง 3-24 ชม.

11. การศึกษาการใช้สาร methyl salicylate พบว่าสารนี้มีศักยภาพในการควบคุมโรคผลเน่าของผลเงาะและลองกองที่เกิดจากเชื้อ *Phomopsis* sp. โดยให้ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับระดับการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ β -1,3 glucanase ที่สูงขึ้นในผลลองกองที่ได้รับสาร

12. การทดสอบประสิทธิภาพของ propionic acid และ sodium carbonate ต่อโรคผลเน่าของแก้วมังกร พบว่าที่ความเข้มข้น 0.08 และ 3.0 % สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum* sp ซึ่งเป็นเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของแก้วมังกรได้ แต่กลับไม่สามารถควบคุมโรคในการทดลองบนผลแก้วมังกรได้

13. การศึกษาวิธีการทางกายภาพในการควบคุมสารพิษจากเชื้อรา พบว่าการใช้เตาอบไมโครเวฟที่ระดับต่างๆ สามารถลดสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลและผลิตภัณฑ์ได้ คือ สามารถลดปริมาณโอคราทอกซินเอในตัวอย่างผลไม้อบแห้ง เช่น แครนเบอรี่ และ ลูกเกดขาว ได้ 74.35 และ 84.56 % ตามลำดับ สามารถลดปริมาณแอฟลาทอกซินในงาดำได้ 26.81 % ลดสารพิษฟูโมนิซินในข้าวบาร์เลย์ และ คอร์นเฟลก (cornflake) ได้ 39.63 และ 41.71 % ตามลำดับ

14. การใช้เตาอบลมร้อน สามารถลดโอคลาทอกซินเอใน แครนเบอร์รี่อบแห้ง ลูกเกดขาว และ บลูเบอร์รี่อบแห้ง ได้ 83.59, 81.85 และ 43.30 % ตามลำดับ ลดแอฟลาทอกซินใน ถั่วลิสง ข้าวกล้อง งาดำ และข้าวเหนียวดำได้ 19.82, 47.05, 59.26 และ 69.73 ตามลำดับ

15. นอกจากนี้ยังพบว่า การอาบแสงอัลตราไวโอเลตนาน 120 และ 90 นาทีลดการปนเปื้อนของสารพิษฟูโมนิซินในข้าวบาร์เลย์ ได้ 17.62 และ 17.47 % ตามลำดับ

16. การศึกษาการใช้น้ำร้อนร่วมกับสาร GRAS พบว่า การใช้ ammonium carbonate ที่ 2-3 % และ potassium carbonate ที่ 2 % ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 °C นาน 5 นาที สามารถควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* และ *C. capsici* บนผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง มะละกอพันธุ์ปักไม้ลาย และมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ได้

17. การศึกษาในผลพริกหวานพบว่า การใช้น้ำร้อนร่วมกับ potassium sorbate ที่ 500 mg/l. ยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* ผลพริกหวานได้ 91.45 % โดยไม่มีผลต่อคุณภาพของผลพริกหวาน

18. การศึกษาการเก็บรักษาลองกองพบว่าการใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้น 500 ppm และ chitosan ที่ 0.25 % ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ หนา 40 ไมครอน สามารถชะลอการหลุดร่วง ลดการเกิดสีน้ำตาล และลดการเกิดโรคได้นาน 12 วัน

19. การศึกษาการประเมินการเข้าทำลายโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่าการจุ่มผลมะม่วงในสารละลาย paraquat ที่ 2,000 ppm นาน 1 นาที สามารถกระตุ้นการแสดงอาการโรคที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ โดยแสดงอาการภายใน 72 ชม. หรือ 3 วัน สามารถใช้ในการประเมินการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรค

20. การศึกษาความเสี่ยงในการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ในขั้นตอนการผลิตผักสะระแหน่ พบว่าขั้นตอนการล้างหลังจากเก็บเกี่ยวที่แปลงปลูกเป็นจุดที่มีความเสี่ยงสูงที่สุด รองลงมาคือขั้นตอนการล้างในโรงคัดบรรจุและการควบคุมอุณหภูมิในขณะขนส่ง จุดเสี่ยงในขั้นตอนเหล่านี้จำเป็นมีการการจัดการเพื่อควบคุมการปนเปื้อน

21. พบเชื้อราที่แสดงปฏิกิริยาการเป็นปฏิปักษ์แบบ Antibiosis แต่ปริมาณผลผลิต secondary metabolites ต่อปริมาตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ต่ำมากจึงไม่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งาน และการให้รังสี UV แก่แง่งขิงร่วมกับการบ่มสมานบาดแผลในสภาพความชื้อสัมพัทธ์สูง (95 % RH.) สามารถเร่งการสมานบาดแผลได้ในเวลา 12-24 ชม. จากเดิมที่ใช้เวลา 48 ชม.ซึ่งช่วยลดระยะเวลาการสมานบาดแผลลงและเพิ่มความต้านทานโรคแก่แง่งขิง

22. การสำรวจโรคในหัวพันธุ์ปทุมมา พบเชื้อสาเหตุโรคคือ *Fusarium* sp. *Curvularia* sp. และ *Alternaria* sp. เมื่อศึกษาการควบคุมโรคพบว่า การจุ่มหัวพันธุ์ด้วยจุ่มหัวพันธุ์ด้วยสารสกัดน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน สารสกัดน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม สารสกัดน้ำมันหอมระเหยกะเพรา และสารสกัดน้ำมันหอมระเหยกานพลู สามารถควบคุมโรคในหัวพันธุ์ปทุมมา จากเชื้อสาเหตุโรคคือ *Fusarium* sp. ได้

โครงการที่ 2 การพัฒนาการจัดการศัตรูผลิตผลเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพ
Post-harvest Pest Management for Quality Control

ชื่อผู้วิจัย

กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม รังสิมา เก่งการพานิช พรทิพย์ วิสารทานนท์
พรรณเพ็ญ ชโยภาส ใจทิพย์ อุไรชื่น ดวงสมร สุทธิสุทธิ์
ภาวินี หนูชนะภัย อัจฉรา เพชรโชติ พนัญญา พบสุข
ณัฐวัฒน์ แย้มยิ้ม

คำสำคัญ

แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร การใช้สารรม การผลิตชีวภัณฑ์ วิธีทางกายภาพ ชีววิทยา นิเวศวิทยา ความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน

Abstract

Agricultural product losses caused by the infestation or contamination of insects made their quality were not acceptable to the market. The post-harvest pest management for quality control project was conducted by the Postharvest Technology on Field Crops Research and Development Group, Postharvest and Processing Research and Development Division during October 2010 to September 2015. The objective of this study was to find out the optimum technology for controlling post-harvest insect by using alternative methods, such as fumigation, bio-agent, physical control and studying on biological, ecological and distribution of these insects, to reduce the chemical use. In this project consisted of 5 topics that the results were as follows:

The results of The proper fumigation practice and good efficacy of fumigation study were concluded. The best method for phosphine Fumigation practice in silo for controlling insects must prevent the leakage of gas and got air circulation system. The effectiveness of phosphine fumigation in optimum concentration dependent on exposure time. The efficacies of phosphine fumigation under Tarpaulin sheet thickness as 0.05, 0.1 and 0.2 mm were as same as Neo sheet (PE+Nylon) thickness 0.06 mm for controlling all stages of insects. Integrated

pest control to the coffee bean weevil, *Araecerus fasciculatus* De in green coffee were using of light traps in conjunction with using of phosphine fumigation if necessary. For the use of methyl bromide study was found that the use of methyl bromide at 30 g/m3 for the expose time 90 minutes could control all stage growth of *Thrips palmi* Kerny in orchid flower but the use of methyl bromide at 32 mg/l in 0.25 liter flask for the expose time 120 minutes could not control all stage growth of Solanum fruit fly*, Bactrocera latifrons* (Hendel). For ECO2FUME fumigation study was found that the fumigation with ECO2FUME could reduce the period of fumigation by increasing the concentration. For example, the fumigation on maize against all stages of *Sitphilus zeamais* and *Tribolium castaneum* was fumigated by ECO_2FUME dosage 25 g/m3 (350 ppm) of ECO_2FUME for 3 days, dosage50 g/m^3 (700 ppm) for 2 days and dosage 70 g/m^3 (1,000 ppm) for 1 days. The efficacy test of ECO_2FUME on *T. palmi* was found that all larval of *T. palmi* could not killed by the ECO_2FUME® fumigation at 2,500 ppm for 24 h at 6° C but those larvae could not completely develop to adults.

The biological agent development and its application of controlling on stored product insect was found that the low temperature at 10°C was the good condition for storing pupa of rice moth parasitoids, *Bracon hebettor* Say in 1 week but could not keep the pupa of parasitic wasp, *Anisopteromalus calandrae* (Howard). It was found the technique to mass-rearing of Assassin bug, *Amphibolus venator* (Klung) used red flour beetle, *T. castaneum* as prey and the efficacy of these predacious bugs for controlling the stored-product insect. For the study of using plant extract for controlling post-harvest insects was found that the mixed tobacco extract at the ratio of Burley:Virginia as 1:1 which concentration at 20% by using water as solvent and dipping time for 60 minutes was effective to control mealybug, *Ferrisia virgata* (Cockerell) on rambutan fruits. It was found that the 3 kinds of herb (*Aglaia odorata*, *Melia azadirach*, and *Lansium domesticum*). extracts at 20- 30% concentration could control *Sitophilus zeamais* and *Cryptolestes pusillus* in field storage. The essential oils of *Myristica fragrans* and *Alpinia conchigera*oils could control *Callosobruchus maculatus, Callosobruchus chinensis* in labolatory condition but could not control insects in the warehouse. The essential oil extracted from *Litsea cubeba* could control cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* (F.)) and drugstore beetle (*Stegobium paniceum* (L.)) in labolatory condition.

Physical control on stored product insect learned about how to use heat, modified atmosphere treatment light trap to control insects. It was found that the effective heating conditions to control 2 insects, *Lasioderma serricorne* (Fabricius) and *Stegobium paniceum* (Linnaeus), in coriander seed were 60°C for 3 hours and 70°C for 2 hours and in dried

chrysanthemum and dried mulberry leaves the effective heating conditions were 60°C for 2 hours and 70°C for 1 hour. The radio frequency (RF) heat treatment to control *Sitophilus zeamais* and *Rhyzopertha dominica* was found that the efficient condition to control was 25% of power level (670 watts), after holding temperature of maize over 50°C for 90 seconds. The study of modified atmospheres with carbon dioxide (CO_2) and nitrogen (N_2) was found that 99.9% N_2 and mixture gas of 20% CO_2 and 80% N_2 were applied with four species of insects in one ton of rice could completely control all insects at 12 days. It was found that rice packaging with filling N_2 in four kinds of bag (foil bags, PET bags, KNY bags and NY bags) could control insect within 1 week. The good storage of four dried herbs (safflower, coriander seed, chrysanthemum and mulberry tea) could packed in 2 kinds of plastic bag, NY/LLDPE bag and PET/CPP bag, with suitable rate of oxygen absorber, it would be control all of insect in 1 week. In dried garlic storage could be use sticky wall light trap for control important insect, pineapple beetle (*Urophorus (Carpophilus) humeralis* (Fabricius)).

For biology and ecology of stored product insects and controlling them was study on dry fruit beetle*; Carpophilus hemipterus* Linn. in dried longan and it was found that life cycle reared with dried longan were the egg stage took 4.15 ± 0.81 days while larval stage and pupa stage took 17.30 ± 2.003 and 4.85 ± 1.31 days respectively. The efficacy method to control of this insect was using wall type light trap at the level 2 meters from the ground for collecting adult of this beetles and phosphine fumigation at rate 1 tablet/ 1 cubic meter of dried longan if it was necessary. For studying of losses of stored maize which were artificially infested with maize weevil, lesser grain borer, red flour beetle and flat grain beetle was found that ten adults of each insect could considerably multiply in quantity and massively caused weight loss in stored maize.

Phosphine resistant strain of two stored-product insects, red flour beetle, *Tribolium castaneum* and flat grain beetle, *Cryptolestes* spp. was conducted in the years 2556-2558. The result was showed that red flour beetle population from 125 rice mills found only 4 populations showed resistance and flat grain beetles from 47 rice mills showed resistance 33 locations but there was only 2 locations showed strong resistance.

Keywords: Post-harvest, Pest Management, Quality Control

บทคัดย่อ

ผลิตผลทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวทั้งเมล็ดธัญพืช ผัก ผลไม้ และไม้ดอก เกิดความสูญเสียได้มาก สาเหตุจากการเข้าทำลายหรือการปนเปื้อนของแมลง ทำให้คุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของตลาด โครงการวิจัยการพัฒนาการจัดการศัตรูผลิตผลเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพ ดำเนินการทดลองในปี 2554-2558 มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวในเมล็ดธัญพืช พืชสมุนไพร ผัก ผลไม้ และไม้ดอก ทั้งที่บริโภคภายในประเทศ และเพื่อการส่งออก ด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ วิธีการใช้สารรมที่เหมาะสม การใช้วิธีทางกายภาพ การใช้ชีวภัณฑ์ เพื่อลดการใช้สารเคมีและต้องคงคุณภาพของผลิตผลได้ดี การทดลองในโครงการประกอบด้วย 5 กิจกรรมได้แก่ 1) กิจกรรมการใช้สารรมอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ 2) กิจกรรมการพัฒนาการผลิตชีวภัณฑ์และการนำไปใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร 3) กิจกรรมการใช้วิธีทางกายภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร 4) กิจกรรมการศึกษาชีววิทยา นิเวศวิทยา และการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร และ 5) กิจกรรมการศึกษาความต้านทานฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร โดยได้ผลการทดลองในแต่ละกิจกรรมดังนี้

กิจกรรมการใช้สารรมอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ พบว่าการรมในสภาพไซโลจำเป็นต้องมีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซและมีระบบหมุนเวียนอากาศ การรมก๊าซฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพระยะในเวลาการรมเป็นส่วนสำคัญคือต้องรักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซไว้อย่างน้อย 5 วัน ผ้าพลาสติกที่ใช้ในการรมสามารถใช้ได้ทั้งผ้าพลาสติกนีโอชีท (PE+ไนล่อน) หนา 0.06 มม. ผ้าพลาสติก (tarpaulin) หนา 0.05-0.2 มม. การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูกาแฟในโรงเก็บควรใช้กับดักแสงไฟเพื่อดักจับด้วงกาแฟร่วมกับการใช้สารรมฟอสฟีนที่อัตรา 1 tablet/ต่อสารกาแฟ 1 ตัน สำหรับกำจัดเพลี้ยไฟฝ้ายผักส่งออกพบว่าสารรมเมทิลโบรไมด์ที่ความเข้มข้น 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาทีสามารถกำจัดเพลี้ยไฟได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ส่วนในแมลงวันพริกต้องใช้อัตราสารรมเมทิลโบรไมด์ที่มากกว่า 32 mg/l การใช้สารรม ECO_2FUME ในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร พบว่าการรมด้วย ECO_2FUME นั้นสามารถลดระยะเวลาการรมด้วยการเพิ่มอัตราความเข้มข้นได้การรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง สามารถรมด้วย ECO_2FUME ที่อัตรา 25 กรัม/ลบ.ม. (350 ppm) ใช้ระยะเวลา 3 วัน อัตรา 50 กรัม/ลบ.ม. (700 ppm) ใช้ระยะเวลา 2 วัน และอัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (1,000 ppm) ใช้ระยะเวลา 1 วัน โดยต้องควบคุมระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนให้อยู่ในระดับที่กำหนดตลอดระยะเวลาของการรม และการศึกษาประสิทธิภาพของสารรมอีโคฟูมต่อการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟฝ้ายภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าสารรมอีโคฟูมอัตรา 2000 ppm 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส จะสามารถกำจัดเพลี้ยไฟได้ทุกระยะการเจริญเติบโตควรเก็บที่ 10 องศาเซลเซียส ได้นาน 7 วัน

กิจกรรมการพัฒนาการผลิตชีวภัณฑ์และการนำไปใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร พบว่าการเก็บรักษาแตนเบียนให้คงประสิทธิภาพสำหรับแตนเบียนผีเสื้อข้าวสาร (*Bracon hebetor* Say) ส่วนแตนเบียนมอด (*Anisopteromalus calandrae* (Howard)) การเก็บที 10 องศาเซลเซียสยังไม่เหมาะสม สำหรับมวนดำก้นลายก้นลาย (*Amphibolus venator* (Klug)) ได้เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงและสามารถนำไป

ปล่อยเพื่อควบคุมแมลงในโรงเก็บได้ ด้านการใช้สมุนไพรในการป้องกันกำจัดแมลงพบว่า การจุ่มผลเงาะในสารสกัดจากใบยาสูบพันธุ์เบอรเลย์ที่ผสมกับพันธุ์เวอร์จิเนีย อัตราส่วน 1:1 ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 60 นาที มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพลี้ยแป้งลายทำให้เพลี้ยแป้งตาย 86.51 และ 93.89 เปอร์เซ็นต์ที่ 24 และ 72 ชั่วโมงหลังการทดลอง สารสกัดจากเลี่ยนที่ระดับความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดจากลางสาดที่ระดับความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์มีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดหนวดยาวได้ดี การทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์เทศและข่าลิงในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีฤทธิ์ต่อด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองทั้งในด้านการสัมผัส การเป็นสารรม และยับยั้งการวางไข่และการฟักของตัวอ่อน แต่เมื่อนำไปทดสอบในสภาพโรงเก็บด้วยการคลุกเมล็ดถั่วเขียง พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์เทศและข่าลิงไม่สามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บได้

กิจกรรมการใช้วิธีทางกายภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบฆ่ามอดยาสูบและมอดสมุนไพร ในดอกคำฝอย ดอกเก็กฮวย และชาใบหม่อน คือ60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ส่วนเมล็ดผักชี คือ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง การทดสอบการใช้คลื่นความถี่วิทยุในเมล็ดข้าวโพด พบว่าระดับพลังงานที่ทำให้ข้าวโพดมีอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที สามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือกได้ดีและทำให้คุณภาพของข้าวโพดเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย การทดสอบการรมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่สำคัญ ด้วยก๊าซไนโตรเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในสภาพก๊าซหมุนเวียน พบว่าการรมโดยใช้ก๊าซไนโตรเจน 99.9% เป็นเวลา 12 วัน สามารถควบคุมแมลงด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดข้าวเปลือก และมอดฟันเลื่อย ที่ใช้ทดสอบได้หมดอย่างสมบูรณ์ และเมื่อทดสอบการใช้ก๊าซไนโตรเจนในบรรจุภัณฑ์ พบว่า การใส่ก๊าซไนโตรเจนในถุงฟอยด์ ถุง PET ถุง KNY และถุง NY สามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดได้ภายใน 1 สัปดาห์ โดยถุงทั้ง 4 สามารถกักเก็บก๊าซได้ดี และพบปริมาณของสารพิษแอฟลาทอกซินเพิ่มขึ้นน้อยมากที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน การทดสอบการบรรจุสมุนไพร 4 ชนิดได้แก่ ดอกคำฝอย เมล็ดผักชี ดอกเก็กฮวย และชาใบหม่อน พบว่าการบรรจุสมุนไพรในถุง NY/LLDPE และถุง PET/CPP ร่วมกับใส่สารดูดซับออกซิเจนมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ดีแต่ต้องคำนวณปริมาณสารดูดซับออกซิเจนอย่างเหมาะสม การศึกษาประสิทธิภาพการใช้กับดักแสงไฟในโรงเก็บกระเทียมแห้ง พบว่ากับดักแสงไฟแบบติดผนังมีประสิทธิภาพดีกว่ากับดักแสงไฟแบบตั้งพื้น โดยกับดักแสงไฟแบบติดผนังดักจับดักด้วงปีกตัดได้ดีกว่า 10 เท่า

กิจกรรมการศึกษาชีววิทยา นิเวศวิทยา และการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร พบว่าในโรงเก็บลำไยอบแห้งใช้กับดักแสงไฟแบบติดผนังระยะสูงจากพื้น 2 เมตรร่วมกับการใช้สารรม aluminium phosphide อัตรา 1 tablet ต่อพื้นที่กองรม 1 ลูกบาศก์เมตรกำจัดด้วงผลไม้แห้ง, Dry fruit beetle; *Carpophilus hemipterus* Linn. ได้ผลดี และจากการสำรวจในโรงเก็บข้าวเมล็ดโพด 33 ตัวอย่าง จาก 7 จังหวัด พบแมลงศัตรูข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยว 6 ชนิดได้แก่ มอดแป้ง มอดหนวดยาว ด้วงงวงข้าวโพด มอดข้าวเปลือก เหาหนังสือ และมอดฟันเลื่อย โดยว่าด้วงงวงข้าวโพด 1 คู่ สามารถเพิ่มปริมาณได้ถึง 10 เท่าในเวลา 6 เดือน และพบว่ามอดแป้งเป็นแมลงที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่เมล็ดข้าวโพดได้มากกว่าแมลงชนิดอื่นๆ

กิจกรรมการศึกษาความต้านทานฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร จากการสุ่มเก็บตัวอย่างมอดแป้ง ในโรงสีทั่วประเทศไทย จำนวน 125 โรงสี พบว่ามอดแป้งจาก 4 โรงสี ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน คิดเป็น 3.20 เปอร์เซ็นต์ของโรงสีที่เก็บตัวอย่างมาทั้งหมด และมอดแป้งจาก 121 โรงสี คิดเป็น 96.8 เปอร์เซ็นต์ยังไม่พบการสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน ผลการการทดสอบในมอดหนวดยาวจากโรงสีและโรงเก็บข้าวโพดจำนวน 47 แหล่ง จากทั้ง 4 ภาค 22 จังหวัด ผลการทดสอบพบมอดหนวดยาวต้านทาน 33 แหล่ง หรือ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยพบมอดหนวดยาวสายพันธุ์ต้านทานกระจายตัวในทุกภาค และจากสายพันธุ์ต้านทานพบมีมอดหนวดยาวที่แสดงความต้านทานรุนแรงเพียง 2 แหล่ง หรือ 6 เปอร์เซ็นต์

บทนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตอาหารของโลก โดยเฉพาะด้านพืชไทยผลิตได้ทั้งผัก ผลไม้ ธัญญพืช และสมุนไพร มีการส่งผลผลิตทางการเกษตรไปขายยังต่างประเทศและเก็บไว้บริโภคภายในประเทศเป็นจำนวนมาก ปัญหาสำคัญของการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรทุกชนิด คือ การเข้าทำลายของแมลงในระหว่างการเก็บรักษา แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด, *Sitophilus zeamais* Motschulky; มอดข้าวเปลือก, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius); มอดแป้ง, *Tribolium castaneum* (Herbst); มอดหนวดยาว, *Cryptolestes pusillus* (Schonherr) ด้วงถั่ว (*Callosobruchus* spp.); มอดยาสูบ (*Lasioderma serricorne* Fabricius); มอดสมุนไพร (*Stegobium paniceum* Linneaus) และผีเสื้อข้าวเปลือก (*Sitotrogo cerealella* (Olivier)) (พรทิพย์,2548) ส่วนในพืชสดเพื่อการส่งออกปัญหาสำคัญคือเรื่องการปนเปื้อนของแมลงกักกันหลายชนิด ได้แก่ แมลงวันพริก (*Bactrocera latifrons* (Hendel)) เพลี้ยไฟฝ้าย (*Thrips parmi* Karny) แมลงหวี่ขาวยาสูบ (*Bemisia tabaci* (Gennadius)) และเพลี้ยแป้งลาย (*Ferrisia virgata* (Cockerell)) ในผัก ผลไม้ และไม้ดอกหลังการเก็บเกี่ยว จำเป็นต้องทำการป้องกันกำจัดเพื่อป้องกันการปนเปื้อน สูญเสียคุณภาพ การสูญเสียน้ำหนัก แก่ผลิตผลเกษตรเหล่านั้น นอกจากนี้หากเป็นสินค้าที่ส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศอาจถูกส่งกลับ ทำให้ประเทศสูญเสียรายได้และชื่อเสียง การป้องกันกำจัดแมลงหลังการเก็บเกี่ยวในปัจจุบันมักใช้สารรมเป็นส่วนใหญ่ และสารรมที่ใช้กับผลิตผลเกษตรในประเทศส่วนใหญ่ คือสารรมฟอสฟีน สำหรับในไม้ดอก ผัก และผลไม้ คือสารรมเมธิลโบรไมด์ ซึ่งสารรมเมธิลโบรไมด์อนุญาตให้ใช้กับผลผลิตเพื่อการส่งออกเท่านั้น เนื่องจากแก๊สชนิดนี้มีผลทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ

ดังนั้นเพื่อการรักษาคุณภาพของผลิตผลเกษตรให้ปลอดจากการเข้าทำลายของแมลงจำเป็นต้องหาวิธีการอื่น เข้ามาทดแทนการใช้สารรม หรือพัฒนาการใช้สารรมที่มีอยู่ทั้งสารรมเมธิลโบรไมด์ และฟอสฟีน ให้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด หรือศึกษาการใช้สารรมชนิดใหม่ ได้แก่ สารมอีโคฟูม เพื่อใช้ทดแทนสารรมเดิม วิธีการการป้องกันกำจัดแมลงที่มีแนวโน้มที่สามารถนำมาพัฒนาการใช้ ได้แก่ การใช้วิธีทางกายภาพ เช่น การใช้ความร้อนในการอบฆ่าแมลง การใช้วิธีการปรับสภาพบรรยากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม การนำสารชีวภัณฑ์ที่มีในประเทศมาพัฒนาเพื่อใช้กำจัดแมลง เช่นการใช้สมุนไพรชนิดต่างๆ รวมทั้งการใช้ตัวห้ำ ตัวเบียน ทั้งยังต้องทำการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับแมลงศัตรูที่สำคัญในผลิตผลชนิดต่าง ในด้านชีววิทยา

นิเวศวิทยา การระบาด ความรุนแรงของการเข้าทำลาย และที่สำคัญคือปัญหาด้านการต้านทานต่อสารรมที่ใช้ในปัจจุบัน อันจะเป็นข้อมูลในการหาทางจัดการกับแมลงเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ส่วนในพืชสดเพื่อการส่งออกปัญหาสำคัญคือเรื่องการปนเปื้อนของแมลงกักกันหลายชนิด ได้แก่ เพลี้ยไฟฝ้าย (*Thrips parmi* Karny) และแมลงหวี่ขาวยาสูบ (*Bemisia tabaci* (Gennadius)) ในผัก ผลไม้ และไม้ดอกหลังการเก็บเกี่ยว จำเป็นต้องหาวิธีการป้องกันกำจัดที่เหมาะสมและสามารถคงคุณภาพของผลผลิตได้

ทบทวนวรรณกรรม

การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้สารรมเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในผลิตผลเกษตรที่ต้องการเก็บรักษา และเพื่อการส่งออกทั้งในเมล็ดธัญพืช ผักและผลไม้ เนื่องจากสามารถทำลายแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรได้เกือบทุกชนิดและทุกระยะการเจริญเติบโต ไม่มีพิษตกค้างเมื่อเทียบกับวิธีการใช้สารฆ่าแมลง สารรมที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีเพียง 2 ชนิด คือ เมทิลโบรไมด์ (methyl bromide) และฟอสฟีน (phosphine) การใช้สารรมฟอสฟีนในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคต อันเนื่องมาจากมาตรการลดและเลิกการใช้สารรมเมทิลโบรไมด์ในสินค้าที่บริโภคภายในประเทศ การศึกษาถึงระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่มีประสิทธิภาพของฟอสฟีนในการกำจัดแมลงและผลิตผลชนิดต่างๆ ในประเทศไทย มีเพียงการอ้างอิงรายงานจากต่างประเทศเท่านั้น จึงควรศึกษาหาอัตราที่เหมาะสมเพื่อการให้คำแนะนำการใช้ภายในประเทศ รวมถึงการใช้งานในสภาพไซโลขนาดใหญ่ซึ่งต้องใช้ความระมัดระวัง เนื่องจากการรมในสภาพไซโลที่ไม่มีประสิทธิภาพอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการรั่วไหลของก๊าซฟอสฟีนออกไปภายนอก ทำให้ระดับความเข้มข้นของก๊าซต่ำกว่าระดับที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง และการหมุนเวียนของอากาศในไซโลเป็นไปอย่างไม่ทั่วถึงทำให้แมลงไม่ได้รับก๊าซฟอสฟีน หรือได้รับก๊าซในปริมาณน้อย จำเป็นต้องหาเทคนิคการใช้ให้ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

ส่วนการส่งออกผักและผลไม้หลายชนิดของไทย ปัจจุบันมีปัญหาเรื่องการปนเปื้อนแมลงกักกันหลายชนิด เช่น แมลงวันทองพริก (*Bactrocera latifrons* (Hendel)) ที่ปนเปื้อนไปกับพริก เพลี้ยไฟฝ้าย (*Thrips palmi* Karny) ที่ปนเปื้อนไปกับกล้วยไม้ เพลี้ยไฟฝ้ายและแมลงหวี่ขาวยาสูบ (*Bemisia tabaci* (Gennadius) ปนเปื้อนในผัก ซึ่งแมลงเหล่านี้ไม่สามารถกำจัดให้หมดด้วยวิธีการจัดการในแปลงปลูก จึงจำเป็นต้องหาวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดโดยให้มีผลกระทบต่อพืชผักที่จะส่งออกให้น้อยที่สุด ซึ่งการรมด้วยเมทิลโบรไมด์ (methyl bromide) เป็นวิธีการหนึ่งที่อาจช่วยแก้ปัญหาแมลงศัตรูพืชกักกันที่ปนเปื้อนไปกับผักสดส่งออกได้ แต่ต้องหาเทคนิคการรมที่เหมาะสมกับทั้งชนิดแมลงและชนิดของพืชที่จะรม สารรมอีโคฟูม ($ECO_2FUME^{®}$) เป็นสารที่เพิ่งขึ้นทะเบียน และสามารถรมในระยะสั้นได้ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงเพื่อการส่งออก โดยมีรายงานการใช้สารรมอีโคฟูมในการกำจัดแมลงในผลไม้บางชนิด Williams และ Ryan (2001) ได้ทำการทดสอบสารรมอีโคฟูมอัตรา 700 ppm นาน 15 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส กับหนอนแมลงวันทอง *Bactrocera tryoni* ที่เป็นศัตรูพืชของส้ม และผีเสื้อ *Epiphyas postvittana* ที่เป็นศัตรูพืชของลูกแพร์ รวมถึงหนอนผีเสื้อ *Cydia pomonella* ซึ่งเป็น

ศัตรูพืชของแอปเปิลได้ สารรมชนิดนี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้ป้องกันกำจัดแมลงเพื่อทดแทนการใช้สารรมเมทิลโบร์ไมด์ที่มีข้อจำกัดในการ

การใช้ชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรนับเป็นวิธีการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและเป็นการหลีกเลี่ยงการใช้สารฆ่าแมลง เนื่องจากเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากมายทั้งด้านคุณภาพและความสมดุลของสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ อีกทั้งสารเคมียังต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาสูง ชีวภัณฑ์ในที่นี้หมายถึง แมลงศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร และสารสกัดจากสมุนไพรต่างๆ มีแมลงศัตรูธรรมชาติหลายชนิดที่มีแนวโน้มสามารถนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ได้แก่ แตนเบียนผีเสื้อข้าวสาร (*Bracon hebetors*) เป็นแตนเบียนที่สำคัญมากในการเข้าทำลายหนอนผีเสื้อศัตรูผลิตผลเกษตรในโรงเก็บหลายชนิด โดยแตนเบียนเพศเมียจะต่อยเหยื่อให้เป็นอัมพาต จากนั้นจะวางไข่ติดอยู่ที่ลำตัวของเหยื่อ เมื่อหนอนแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารฟักออกจากไข่จะเริ่มดูดกินของเหลวที่อยู่ในตัวเหยื่อและเข้าดักแด้อยู่ภายนอกตัวเหยื่อ แตนเบียนมอด *Anisopteromalus calandrae* (Howard) เป็นแตนเบียนที่สำคัญมากในการเข้าทำลายระยะหนอนและระยะดักแด้ของด้วงและมอดหลายชนิดที่เข้าทำลายอยู่ภายในเมล็ด โดยตัวเต็มวัยเพศเมียจะใช้หนวดทำการสำรวจตรวจสอบการเคลื่อนไหวของเหยื่อ ซึ่งทำลายอยู่ภายในเมล็ดพืช หลังจากนั้นจะใช้อวัยวะวางไข่แทงผ่านเมล็ดพืชสู่เหยื่อ และปล่อยสารพิษทำให้เหยื่อเป็นอัมพาตแล้วจึงวางไข่ติดอยู่ที่ด้านนอกของลำตัวเหยื่อ เมื่อหนอนแตนเบียนมอดฟักออกจากไข่จะเริ่มดูดกินของเหลวที่อยู่ในตัวเหยื่อซึ่งจะตายในที่สุด นอกจากนั้นยังมีมวนดำก้นลาย *Amphibolus venator* (Klug) เป็นมวนตัวห้ำวงศ์ Reduviidae อันดับ Hemiptera ที่มีประสิทธิภาพในการกินเหยื่อสูง สามารถพบได้ในโรงเก็บในประเทศไทย

ส่วนสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่มีแนวโน้มสามารถนำมาในการป้องกันหรือลดการทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ได้แก่ จันทน์เทศ (*Myristica fragrans Houtt*) เป็นพืชที่ในเขตภาคใต้ของประเทศไทย น้ำมันที่ได้จากลูกจันทน์เทศสามารถนำมาใช้ป้องกันเมล็ดพันธุ์โดยมีฤทธิ์ในการสัมผัส (contact) สารรม (fumigation) สารยับยั้งการกิน (antifeedant) ต่อด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* Motschulsky และมอดแป้ง *Tribolium castaneum* (Herbst) (Huang และคณะ, 1997) ข่าลิง (*Apinia concigera* Griff) เป็นพืชเป็นพืชล้มลุก ที่พบในเขตภาคใต้ของประเทศไทย เหง้าของข่าลิงมีประโยชน์ทางยาหลากหลายด้านทั้งแก้ปวด และเป็นยารักษาแผล น้ำมันที่ได้จากการสกัดมีฤทธิ์ในการเป็นสารไล่ สารรม และสารสัมผัส ในด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง (Suthisut และคณะ, 2011a; 2011b) และ ตะไคร้ต้น *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon เป็นไม้ยืนต้นในพบได้ทั่วทุกภาคของประเทศ ส่วนของใบ ดอก และผล ใช้เป็นยาสมุนไพร พบว่ามีฤทธิ์ในการป้องกันเชื้อราหลากหลายชนิด น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากผลของตะไคร้ต้นพบว่ามีฤทธิ์ในด้านต่างๆ ต่อด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง (Ko Ko และคณะ, 2009) ซึ่งสมุนไพรเหล่านี้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาพัฒนาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร จึงควรมีการศึกษาค้นคว้าหาคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร เพื่อเผยแพร่ให้กับเกษตรกรและผู้สนใจได้ใช้ทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ และเป็นการลดความขาดดุลการค้ากับต่างประเทศ รวมทั้งผลเสียต่างๆที่อาจเกิดขึ้นด้วย โดยทั้งแตนเบียน ตัวห้ำ และพืชสมุนไพรดังกล่าว ต่างได้มีการศึกษาเบื้องต้นมาบ้างแล้ว แต่ยังขาดข้อมูลสำคัญบาง

ประการ ได้แก่ การทดสอบประสิทธิภาพกับแมลงศัตรูในโรงเก็บ การเก็บรักษา และการนำไปใช้ จึงควรมีการวิจัยและพัฒนาต่อเพื่อนำไปใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรร่วมกับวิธีอื่นๆ

การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรโดยการใช้สารมฟอสฟีนเป็นวิธีการที่นิยมกันอย่างกว้างขวางมากกว่า 40 ปีที่มีการนำสารรมฟอสฟีนมาใช้เพื่อการกำจัดแมลงศัตรูในผลิตผลเกษตรชนิดต่าง ๆ ในประเทศออสเตรเลียและหลายประเทศในอาเซียนพบว่า 70-80% ของเมล็ดที่เก็บเกี่ยวได้ถูกรมด้วยสารรมฟอสฟีน (Daglish and Bengston, 1998) ซึ่งในประเทศไทยก็เช่นกัน การรมที่ล้มเหลวไม่สามารถกำจัดแมลงได้ทั้งหมด เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ผ้าพลาสติกรั่ว ใช้อัตราฟอสฟีนน้อยเกินไป หรือใช้ระยะเวลาในการรมสั้นเกินไป ทำให้แมลงตายไม่หมด และแมลงที่รอดชีวิตสามารถสร้างความต้านทานต่อสารรมชนิดนี้ได้ ปัจจุบันมีรายงานการสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนในแมลงศัตรูโรงเก็บหลายชนิด หลายแหล่ง ได้แก่ ด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae*) และ เหาหนังสือ (*Liposcelis* sp.) ในออสเตรเลียและจีน (Nayak et al., 2003) อย่างไรก็ตามได้มีการพบการต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนเป็นครั้งแรกในปีทศวรรษ 1970 (Champ and Dyte, 1976) และเป็นที่ทราบกันว่าปัจจุบันนี้เกิดการสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนในแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรอย่างน้อย 11 ชนิดใน 45 ประเทศทั่วโลก และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้น (Chaudhry, 2000) ออสเตรเลียพบแมลงต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนครั้งแรกในปี ค.ศ. 1997 แมลงที่พบคือ มอดข้าวเปลือก (*Rhyzopertha dominica*) และมอดหนวดยาว (*Cryptolestes ferrugineus*) (Collins, 1998 cited in Collins et al., 2001) ในทวีปเอเชียก็มีรายงานความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของมอดข้าวเปลือกในประเทศอินเดีย จีน และฟิลิปปินส์ (Rajendran and Narasimhan, 1994; Ren et al., 1994; Sayaboc and Gibe, 1997)

ความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนที่เพิ่มขึ้นในแมลงหลายชนิดและในภูมิภาคต่าง ๆ นี้ อาจก่อให้เกิดความล้มเหลวในการควบคุมการเข้าทำลายผลิตผลเกษตรของแมลงมากขึ้น และยิ่งมีความสำคัญมากขึ้นเมื่อสารรมเมทิลโบรไมด์ถูกจำกัดปริมาณการใช้ เนื่องจากเป็นสารที่ทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ ปัญหาดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเรื่อยถ้าไม่มีการจัดการการใช้สารรมฟอสฟีนอย่างเหมาะสม ดังนั้นการศึกษาความต้านทานฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะกับประเทศไทยที่มีการระบาดของแมลงศัตรูผลิตผลจำนวนมาก โดยเฉพาะมอดแป้ง และมอดหนวดยาวซึ่งเป็นแมลงที่มีขนาดเล็กมาก และเริ่มมีรายงานการต้านทานมากขึ้น

ระเบียบวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1.1 การใช้สารรมฟอสฟีนในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพไซโล

1. หาวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมสำหรับการรมในสภาพไซโล

โดยรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในไซโลขนาด 3,800 ตันด้วยฟอสฟีนอัตรา 3 เม็ด(tablets)/ลบ.ม. นาน 7 วัน เพื่อกำจัดแมลงศัตรู 3 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) มอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) และมอดหนวดยาว (*Crytolestes ferrugineus*) โดยใช้แมลงทุกระยะการเจริญเติบโต คือ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ด้วยระบบการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซตามกรรมวิธี ดังนี้

- มีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ และมีระบบหมุนเวียนอากาศ
- มีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซแต่ไม่มีระบบหมุนเวียนอากาศ
- ไม่มีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซแต่มีระบบหมุนเวียนอากาศ
- ไม่มีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซและไม่มีระบบหมุนเวียนอากาศ
- มีกรรมวิธีไม่ใช้สารรมเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ

2. หาอัตราและระยะเวลาที่เหมาะสมในการรมเพื่อกำจัดมอดหนวดยาว

โดยรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในไซโลขนาด 3,800 ตันด้วยฟอสฟีนอัตราและระยะเวลาต่างๆ ดังนี้ การรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยฟอสฟีนอัตรา 4 และ 5 เม็ด (tablets)/ลบ.ม. ระยะเวลา 7 และ 10 วัน เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารรม

การทดลองที่ 1.2 การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร 5 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) มอดหัวป้อมหรือมอดข้าวเปลือก (*Rhyzopertha dominica*) มอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) มอดฟันเลื่อย (*Oryzaephilus surinamensis*) และมอดยาสูบ (*Lasioderma serricorne* Fabricius) โดยใช้แมลงทุกระยะการเจริญเติบโต คือ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ดำเนินการรม ฉีดก๊าซฟอสฟีนในโหลแก้วสุญญากาศขนาดความจุประมาณ 22 ลิตร ด้วยก๊าซฟอสฟีนอัตรา 25-600 ppm (0.03-0.72 mg/l) ขึ้นอยู่กับชนิดของแมลง ระยะเวลาในการรม 1, 3, 5 และ 7 วัน

การทดลองที่ 1.3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารรมฟอสฟีนภายใต้ผ้าพลาสติกชนิดต่างๆ ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

1. ศึกษาประสิทธภาพของผ้าพลาสติกชนิดต่างๆ ได้แก่ ผ้าพลาสติกนีโอชีท (PE+ไนล่อน) หนา 0.06 มม. ผ้าพลาสติก (tarpaulin) หนา 0.05, 0.1 และ 0.2 มม. ในการรมด้วยสารรมฟอสฟีนเพื่อกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร 2 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) โดยใช้แมลงทุกระยะการเจริญเติบโต คือ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย

2. ดำเนินการรมดังนี้ ทำความสะอาดพื้นโรงเก็บและปูผ้ารองพื้น วางกระสอบจัมโบ้บรรจุข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กระสอบละประมาณ 1,000 กก. โดย 1 กองประกอบด้วยกระสอบจัมโบ้จำนวน 8 กระสอบ วัดขนาดของกองเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณสารรม โดยกองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาตรอยู่ระหว่าง 6.67-7.5

ลบ.ม. คลุมกองด้วยผ้าพลาสติกชนิดต่างๆ ตามกรรมวิธีที่กำหนด ปิดชายผ้าพลาสติกกับผ้ารองพื้นให้มิดชิดด้วยถุงทราย ใส่สารรมฟอสฟีน อัตรา 3 เม็ด (tablets)/ลบ.ม. ระยะเวลาในการรม 7 วัน

การทดลองที่ 1.4 การป้องกันกำจัดด้วงกาแฟ (*Araecerus fasciculatus*) ในสภาพโรงเก็บด้วยวิธีผสมผสาน

1. การทดสอบประสิทธิภาพกับดักแสงไฟในการดักจับแมลงศัตรูกาแฟในโรงเก็บ

เปรียบเทียบผลการติดตั้งกับดักแสงไฟและไม่ติดตั้งกับดัก ทำการศึกษาในโรงเก็บกาแฟขนาด 1,250 ตารางเมตร จำนวน 2 โรง โดยแบ่งเป็น 2 กรรมวิธี คือ ติดกับดักแสงไฟและไม่ติดกับดัก ทำการติดตั้งกับดักแสงไฟแบบ ไฟฟ้า-แผ่นกาว ยี่ห้อ Franklin ที่ใช้หลอดไฟขนาด 20 วัตต์ 2 หลอด จำนวน 4 กับดัก ในโรงเก็บกาแฟโดยทำการเปิดไฟตั้งแต่เวลา 6 โมงเย็น-6 โมงเช้า (12 ชั่วโมง) เก็บและเปลี่ยนแผ่นกาวดักแมลงทุกสัปดาห์ สุ่มกาแฟจำนวน 250 กรัม 4 จุด ในโรงที่ติดกับดักและไม่ติดกับดัก เพื่อตรวจนับแมลงทุก 2 สัปดาห์ หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมลงจากกับดักแสงไฟและปริมาณแมลงจากตัวอย่างกาแฟที่สุ่มมา และเปรียบเทียบปริมาณแมลงและความเสียหายของกาแฟในโรงเก็บที่ติดตั้งกับดักแสงไฟและไม่ติดตั้งกับดักแสงไฟ

2. การจัดการแมลงศัตรูกาแฟหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีผสมผสาน

เปรียบเทียบกรรมวิธีแบบผสมผสาน กับกรรมวิธีควบคุม (ไม่มีการควบคุมแมลง) การศึกษา ณ โรงเก็บกาแฟศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จังหวัดชุมพร ใช้โรงเก็บขนาด 20 ตารางเมตร จำนวน 2 ห้อง โดยแบ่งเป็น 2 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีแบบผสมผสานและกรรมวิธีควบคุม โดยกรรมวิธีแบบผสมผสานดำเนินการดังนี้ จัดการทำความสะอาดโรงเก็บก่อนนำกาแฟเข้าเก็บ ทำการสุ่มตัวอย่างกาแฟสาร จำนวน 5 จุดๆ ละ 250 กรัม ทุก 2 สัปดาห์เพื่อตรวจหาการเข้าทำลายของแมลง ถ้าพบด้วงกาแฟให้ทำการติดตั้งกับดักแสงไฟ โดยติดตั้งกับดักแสงไฟจำนวน 1 กับดักต่อพื้นที่ 20 ตารางเมตร ถ้าพบด้วงกาแฟมากกว่า 1 ตัวต่อกาแฟ 250 กรัม ให้ทำการรมด้วยสารรมฟอสฟีน อัตรา 1 tablet ต่อกาแฟ 1 ตัน (กรรณิการ์และคณะ, 2552) เปรียบเทียบจำนวนแมลงจากการสุ่มตัวอย่าง ความเสียหายของกาแฟสาร และราคาการป้องกันกำจัดระหว่างวิธีผสมผสานกับวิธีของเกษตรกร

การทดลองที่ 1.5 การใช้สารรมเมทิลโบรไมด์ในการกำจัดเพลี้ยไฟและแมลงหวี่ขาวในผักสดส่งออก

1. การทดสอบกับเพลี้ยไฟฝ้าย (*Thrips palmi* Karny)

โดยเลี้ยงขยายพันธุ์เพลี้ยไฟฝ้าย เตรียมเพลี้ยไฟฝ้ายระยะไข่ (อายุ 0-2 วัน) ระยะตัวอ่อน และระยะตัวเต็มวัย

- วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ดังนี้ รมด้วยเมทิลโบรไมด์ อัตรา 18, 20, 22 และ 24 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที โดยมีกรรมวิธีไม่ใช้สารรม นาน 90 นาทีเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ สำหรับระยะไข่เมื่อได้ทำการทดสอบแล้วพบว่า ความเข้มข้นดังกล่าวไม่สามารถกำจัดเพลี้ยไฟฝ้ายระยะไข่ได้จึงได้มีการเพิ่มความเข้มข้นสารรมเมทิลโบรไมด์ ดังนี้

- วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ 5กรรมวิธี ดังนี้ รมด้วยเมทิลโบรไมด์ อัตรา 24, 26, 28 และ 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที โดยมีกรรมวิธีไม่ใช้สารรม นาน 90 นาทีเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ

- ขั้นตอนการรมนำเพลี้ยไฟฝ้ายในระยะต่างๆใส่หลอดแก้วและวางลงในโหลแก้วพร้อมทั้งติดตั้งพัดลมขนาดเล็กลงในโหลแก้ว ปิดฝาโหลแก้วให้สนิทโดยใช้พาราฟิล์มปิดบริเวณโดยรอบโหลแก้ว ดูดก๊าซเมทิลโบรไมด์จากถุงเก็บกับก๊าซโดยใช้หลอดเก็บกักก๊าซมาใส่ในโหลแก้วตามกรรมวิธีที่กำหนด ตรวจวัดความเข้มข้นของเมทิลโบรไมด์โดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ (GC) เมื่อครบ 90 นาที เปิดโหลแก้วเพื่อระบายอากาศ นาน 30 นาที ในกรณีของเพลี้ยไฟฝ้ายระยะไข่ให้ทำการย้ายดอกกล้วยไม้มาเก็บลงกล่องพลาสติกและนำไปเก็บไว้ที่ควบคุมอุณหภูมิ และทำการเช็คจำนวนการเกิดของตัวอ่อนเพลี้ยไฟฝ้ายทุกวันเป็นเวลา 14 วัน สำหรับระยะตัวอ่อนและระยะตัวเต็มวัยทำการตรวจนับจำนวนเพลี้ยไฟฝ้ายที่รอดชีวิตหลังการทดลอง 3 ชั่วโมง ในกรณีที่เพลี้ยไฟฝ้ายไม่ตายที่ 3 ชั่วโมงให้ทำการเช็คการรอดชีวิตของเพลี้ยไฟอีกครั้งทุกชั่วโมงจนไม่พบเพลี้ยไฟฝ้ายรอดชีวิต

2. การทดสอบกับแมลงหวี่ขาวยาสูบ

เตรียมตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบที่พบบนผักชีฝรั่ง สำหรับการทดลอง จำนวน 10 ตัว/ซ้ำ โดยนำผักชีฝรั่งที่มีตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบที่ตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็กๆ นำมาวางในขวดแก้วลูกชมพู่จำนวน 10 ตัวต่อขวดแก้ว/ซ้ำ ดูดก๊าซเมทิลโบรไมด์จากถุงเก็บกับก๊าซโดยใช้หลอดเก็บกักก๊าซมาใส่ในขวดลูกชมพู่ตามกรรมวิธีที่กำหนดเมื่อครบ 90 นาที เปิดขวดแก้วลูกชมพู่ เพื่อระบายอากาศ นาน 30 นาที ทำการตรวจนับการรอดชีวิตของตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบภายใต้กล้องจุลทรรศน์หลังการทดลอง 3 ชั่วโมง

การทดลองที่ 1.6 การใช้สารรมเมทิลโบรไมด์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในพริกสดส่งออก

วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ดังนี้ รมด้วยเมทิลโบรไมด์ อัตรา 24, 28, 30 และ 32 มิลลิกรัม/ลิตร นาน 120 นาที โดยมีกรรมวิธีไม่ใช้สารรมเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ

1. การทดสอบกับพริกสดและแมลงวันผลไม้ระยะไข่ และหนอน ในห้องปฏิบัติการ

เลี้ยงขยายพันธุ์แมลงวันผลไม้ให้ได้แมลง 4 ระยะ คือ ไข่หนอนวัย 1, 2 และ 3 เตรียมแมลงสำหรับการทดสอบโดยผ่าผลพริกสดแล้วนำแมลงใส่ในผลพริกผลละ 1 ตัว นำพริกสดที่เตรียมไว้ ใส่ขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 0.25 ลิตร จากนั้นรมด้วยเมทิลโบรไมด์ตามกรรมวิธีที่กำหนด เมื่อครบ 120 นาทีเปิดฝาขวดแก้วรูปชมพู่เพื่อระบายอากาศนาน 30 นาที ตรวจนับอัตราการตายของแมลงวันผลไม้หลังเสร็จสิ้นการรม 3, 24 และ 48 ชั่วโมง และอัตราการฝักไข่หลังเสร็จสิ้นการรม 24, 48, 72, 96, 120 และ 144 ชั่วโมง

2. การทดสอบกับพริกสดและแมลงวันผลไม้ระยะไข่ และหนอน ในตู้รม

เก็บเกี่ยวพริกขี้หนูจากแปลงเกษตรกร สุ่มนับจำนวนแมลงวันผลไม้ที่ติดมาจากแปลง คัดส่วนที่เน่าเสียทิ้งจากนั้นล้างทำความสะอาดและผึ่งให้แห้ง บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู นำพริกที่จะทดสอบใส่ในตู้รมขนาด 0.5 ลูกบาศก์เมตร จนเต็มตู้ และใส่ไข่แมลงวันผลไม้ในพริกผลละ 1 ฟอง การทดสอบใช้ 10 ฟองต่อซ้ำ ทำจำนวน 10 ซ้ำ และทดสอบกับหนอนแมลงวันผลไม้ทั้ง 3 วัย โดยนำหนอนแมลงวันผลไม้ใส่ในพริก ผลละ 1 ตัวต่อวัย ใช้วัยละ 10 ตัว ทำจำนวน 10 ซ้ำ รวมใช้หนอนแมลงวันผลไม้วัยละ 100 ตัวต่อกรรมวิธี ทำการรม

ด้วยเมทิลโบรไมด์อัตราที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ที่คัดเลือกจากการทดลองข้อ 1 เมื่อครบ 120 นาที เปิดตู้รมเพื่อระบายอากาศนาน 30 นาที จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% สุ่มพริกมาตรวจสอบคุณภาพและสารพิษตกค้าง (residues) ทุก 2 วัน เป็นเวลา 14 วัน ตรวจนับอัตราการตายของแมลงวันผลไม้การทดลอง 3, 24 และ 48 ชั่วโมง และอัตราการฝักไข่หลังการทดลอง 24, 48, 72, 96, 120 และ 144 ชั่วโมง

การทดลองที่ 1.7 การใช้สารรมอีโคฟูม (ECO_2 FUME)ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ 4 กรรมวิธี โดยแบ่งเป็น 3 การทดลองย่อย ดังนี้

- รมด้วย ECO_2FUME อัตรา 25 กรัม/ลบ.ม. (350 ppm) ระยะเวลา 3, 4 และ 5 วัน และไม่ใช้สารรม
- รมด้วย ECO_2FUME อัตรา 50 กรัม/ลบ.ม. (700 ppm) ระยะเวลา 2, 3 และ 4 วัน และไม่ใช้สารรม
- รมด้วย ECO_2FUME อัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (1,000 ppm) ระยะเวลา 1, 2 และ 3 วัน และไม่ใช้สารรม

2. แมลงที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพ

เตรียมแมลงทดสอบ 2 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) ชนิดละ 4 ระยะ คือ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย

3. การดำเนินการรมและบันทึกผล

ดำเนินการรมดังนี้ทำความสะอาดพื้นโรงเก็บและปูผ้ารองพื้น วางกระสอบจัมโบ้บรรจุข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กระสอบละประมาณ 1,000 กก. โดย 1 กองประกอบด้วยกระสอบจัมโบ้จำนวน 8 กระสอบ วัดขนาดของกองเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณสารรม โดยกองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาตรอยู่ระหว่าง 6.67-7.5 ลบ.ม. คลุมกองด้วยผ้าพลาสติกหนา 0.2 มม. ปิดชายผ้าพลาสติกกับผ้ารองพื้นให้มิดชิดด้วยถุงทราย ใส่สารรม ECO2FUME ตามกรรมวิธีที่กำหนด วัดความเข้มข้นหลังปล่อย ECO2FUME 1 ชั่วโมง และวัดทุกวันๆ ละ 2 ครั้ง เช้าและบ่าย ถ้าความเข้มข้นลดลงต่ำกว่าระดับที่กำหนด ให้เติมสารรม ECO2FUME ตรวจสอบประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทดสอบ โดยนับอัตราการรอดชีวิตของแมลงทดสอบ หลังเสร็จสิ้นการรม และตรวจเช็คอีกครั้งหลัง 6 สัปดาห์ และตรวจสอบประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่มกองละ 3 จุด ๆ ละ 250 กรัม ตรวจสอบชนิดและปริมาณการเข้าทำลายของแมลง และหลังเสร็จสิ้นการรมและตรวจเช็คอีกครั้งหลัง 6 สัปดาห์เพื่อหา hidden infestation วัดความชื้นภายในกองเมล็ดและในโรงเก็บ

การทดลองที่ 1.8 การใช้สารรมอีโคฟูม (ECO_2 FUME) ในการกำจัดเพลี้ยไฟ (*Thrips palmi*) ในกล้วยไม้เพื่อการส่งออก

การทดสอบกับเพลี้ยไฟระยะการเจริญเติบโตต่างๆ

ขั้นตอนที่ 1 มี 14 กรรมวิธี คือ ไม่ใช้สารรมระยะเวลา 18, 24, 48 และ72 ชั่วโมง รมด้วยอีโคฟูมที่อัตราและระยะเวลาต่างๆ ดังนี้ 500 ppm นาน 72 ชั่วโมง, 750 ppm นาน 24 และ 48 ชั่วโมง, 1000 ppm นาน 18, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

- เลี้ยงขยายพันธุ์เพลี้ยไฟฝ้าย (*Thrips palmi* Karny) ให้ได้ระยะไข่ ตัวอ่อนระยะที่ 2 และตัวเต็มวัย เตรียมตัวอย่างสำหรับทดลองโดย ระยะไข่ใช้ตัวเต็มเพลี้ยไฟฝ้ายจำนวน 100 ตัว/กล้วยไม้ 1 ดอก/1 ซ้ำ เพลี้ยไฟวัย 2 และตัวเต็มวัยใช้เพลี้ยไฟฝ้ายจำนวน 30 ตัว/1 หลอดแก้ว/ 1 ซ้ำ ปิดด้วยพาลาฟิลม์ และเจาะรูขนาดเล็กจำนวน 15 รู เพื่อใช้ในการทดลองใส่สารรมอีโคฟูมตามกรรมวิธีที่กำหนดตรวจวัดความเข้มข้นของอีโคฟูมโดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ (GC) และนำโหลแก้วไปเก็บที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เมื่อครบระยะที่กำหนด เปิดโหลแก้วเพื่อระบายอากาศนาน 30 นาที ตรวจนับอัตราการรอดของเพลี้ยไฟหลังจากการทดลอง

ขั้นตอนที่ 2 วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี ดังนี้ ไม่ใช้สารรมระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง รมด้วยอีโคฟูมที่อัตราและระยะเวลาต่างๆ ดังนี้ 2000 และ 2500 ppm นาน 24 ชั่วโมง, 1500 และ 2000 ppm นาน 48 ชั่วโมง

- ทำการทดสอบกับเพลี้ยไฟทุกระยะการเจริญเติบโต โดยเพลี้ยไฟฝ้ายระยะตัวอ่อนและระยะตัวเต็มวัย จะทำการดูดเพลี้ยไฟระยะต่างๆใส่หลอดแก้วโดยใช้เครื่องดูดแอซพิเรเตอร์ จำนวน 10 ตัวต่อหลอด (1หลอด/ 1ซ้ำ) ปิดหลอดแก้วด้วยพาราฟิล์ม แล้วเจาะรู จำนวน 15 รู สำหรับระยะไข่ของเพลี้ยไฟฝ้ายทำการวางดอกกล้วยไม้ที่เพลี้ยไฟฝ้ายได้วางไข่เป็นเวลา 0-2 วัน ลงในโหลแก้ว ปิดโหลแก้วแล้วทำการปิดด้วยพาราฟิลม์อีกครั้ง ใส่สารรมอีโคฟูมตามกรรมวิธีที่กำหนด และตรวจนับอัตราการรอดของเพลี้ยไฟหลังจากการทดลอง

การทดลองที่ 2.1 การเก็บรักษาแตนเบียนผีเสื้อข้าวสาร (*Bracon hebetor* Say) ให้คงประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

1. ระดับอุณหภูมิที่มีผลต่อดักแด้ของแตนเบียนผีเสื้อข้าวสาร

เลี้ยงขยายหนอนผีเสื้อข้าวสารให้ได้วัยที่ 5 ปล่อยแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารให้วางไข่บนหนอนผีเสื้อข้าวสารปล่อยให้เจริญเป็นหนอน จนกระทั่งแตนเบียนเข้าดักแด้จึงนำมาทำการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ4 กรรมวิธี คือ เก็บดักแด้แตนเบียนผีเสื้อข้าวสารที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 7, 14, 21 และ 30 วัน ตรวจนับหลังการทดลองโดยนับตัวเต็มวัยแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารที่เกิดออกมาในแต่ละกรรมวิธี บันทึกผลและวิเคราะห์ผลความแตกต่างทางสถิติ

2. ประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณประชากรแตนเบียนในสภาพห้องปฏิบัติการ

นำตัวเต็มวัยแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารเพศเมีย (ที่ผสมแล้ว) ที่เกิดจากดักแด้ที่เก็บในอุณหภูมิต่างๆ ตามกรรมวิธีในข้อ 1 จำนวน 3 ตัว ปล่อยในกล่องที่มีหนอนผีเสื้อข้าวสารวัย 5 อยู่ในอาหาร 30 ตัว นำไปเก็บในสภาพห้องปฏิบัติการ จากนั้นบันทึกจำนวนแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารรุ่นลูกที่เกิด นำตัวเลขมาหาอัตราการเพิ่มประชากรและประสิทธิภาพในการเพิ่มเปรียบเทียบกับการผลิตลูกของแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารที่เกิดจากดักแด้ที่เก็บในอุณหภูมิห้อง

3. ประสิทธิภาพในการทำลายแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพโรงเก็บ

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 5 ซ้ำ3 กรรมวิธี คือ ปล่อยตัวเต็มวัยแตนผีเสื้อข้าวสารที่เกิดจากดักแด้เก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เปรียบเทียบกับแตนผีเสื้อข้าวสารที่เกิดจากดักแด้

เก็บที่อุณหภูมิห้อง โดยนำแตนเบียนแต่ละกรรมวิธีๆ ละ 2,000 ตัวไปปล่อยในโรงเก็บข้าวสารขนาด 64 ตารางเมตร ที่มีหนอนผีเสื้อข้าวสารอยู่ในข้าวสาร 300 ตัว ต่อซ้ำ บันทึกจำนวนหนอนผีเสื้อข้าวสารที่ถูกเบียน หลังการทดลอง 7 วันและนำตัวเลขมาวิเคราะห์ผลแตกต่างทางสถิติ

4. การประเมินประสิทธิภาพของแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารในสภาพโรงเก็บ

ปล่อยแตนเบียนผีเสื้อข้าวสาร 2,000 ตัวในโรงเก็บข้าวสาร ทุกๆ 15 วัน จำนวน 6 ครั้ง หลังจากปล่อย 15 วัน สุ่มข้าวสาร 250 กรัมจากกระสอบทั้ง 4 ด้าน จำนวน 5 ซ้ำ (กระสอบ) นับปริมาณหนอนผีเสื้อข้าวสารและแตนเบียน ทั้งตัวเป็นและตัวตาย นำข้อมูลมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพแตนเบียนในการป้องกันกำจัด

การทดลองที่ 2.2 การเก็บรักษาแตนเบียนมอด (*Anisopteromalus calandrae* (Howard)) ให้คงประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

1. การทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพห้องปฏิบัติการ

ปล่อยตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดจำนวน 100 ตัว ในกล่องพลาสติกที่มีข้าวกล้อง 100 กรัม นาน 5 วัน จึงนำตัวเต็มวัยออก จากนั้นเก็บข้าวกล้องที่มีไข่ด้วงงวงไว้ 21 วัน ด้วงงวงข้าวโพดจะเจริญเติบโตเป็นระยะหนอนวัย 4-5 สำหรับใช้ในการทดลองจากนั้นนำตัวเต็มวัยแตนเบียนมอดจำนวน 100 ตัว ปล่อยลงในกล่องพลาสติกที่มีด้วงงวงข้าวโพดที่เตรียมไว้ เลี้ยงต่อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 วัน จะได้แตนเบียนมอดระยะดักแด้ แล้วจึงนำไปเก็บรักษาเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

จากนั้นนำดักแด้แตนเบียนมอดทั้งหมดออกจากตู้ควบคุมอุณหภูมิ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 สัปดาห์ แตนเบียนมอดจะเจริญเติบโตเป็นระยะตัวเต็มวัย นำตัวเต็มวัยแตนเบียนที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ 5 กรรมวิธี คือปล่อยแตนเบียนมอดที่ได้จากการเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ จำนวน 100 ตัว ลงในกล่องพลาสติกที่มีด้วงงวงข้าวโพดระยะหนอน ซึ่งได้จากการเลี้ยงตามขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างด้วงงวงข้าวโพด ตรวจสอบผลการทดลองโดยนับจำนวนตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดหลังจากปล่อยตัวเต็มวัยแตนเบียนมอดเป็นเวลา 2 สัปดาห์

2. การทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพโรงเก็บ

วางแผนการทดลองแบบ Split plot design จำนวน 5 กรรมวิธี 3 ซ้ำ Main plot คือ ระยะเวลาเก็บรักษาดักแด้แตนเบียนมอดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0-4 สัปดาห์ Sub plot คือ ระยะเวลาเก็บรักษาข้าว 1-4 เดือน

เลี้ยงตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดจำนวน 50 ตัว ในข้าวสาร 30 กิโลกรัม ในถังที่ปิดฝาสนิท วางไว้ในโรงเก็บเป็นเวลา 25 วัน นำดักแด้แตนเบียนมอดที่ได้จากการเก็บรักษาไว้ที่ทุกระยะเวลาออกจากตู้ควบคุมอุณหภูมิ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 สัปดาห์ แตนเบียนมอดจะเจริญเติบโตเป็นระยะตัวเต็มวัย

ปล่อยตัวเต็มวัยแตนเบียนมอดจำนวน 500 ตัว ลงในถังทรงกระบอกที่ได้จัดเตรียมไว้ ปิดฝาให้สนิท วางทิ้งไว้ในสภาพโรงเก็บเป็นเวลา 4 เดือน ปล่อยตัวเต็มวัยแตนเบียนมอดทุก 2 สัปดาห์ และสุ่มตัวอย่างข้าวสารขาวจากถังปริมาณ 250 กรัม ทุก 4 สัปดาห์ นำมาตรวจนับจำนวนตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด

การทดลองที่ 2.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการกินเหยื่อของมวนดำก้นลาย *Amphibolus venator* (Klug) (Reduviidae: Hemiptera)

1. การศึกษาวิธีการเพาะขยายพันธุ์มวนดำก้นลายโดยใช้มอดแป้งเป็นอาหาร

1.1 การหาระยะของมอดแป้งที่เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงมวนดำก้นลาย

วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยใช้มอดแป้งระยะต่างๆ เป็นกรรมวิธี มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 50 ซ้ำ 4 กรรมวิธี คือ 1) หนอนอายุ 7-10 วัน 2) หนอนอายุ 20-25 วัน 3) ดักแด้ และ 4) ตัวเต็มวัย นำมวนดำก้นลายวัย 1 แยกเลี้ยงกล่องละ 1 ตัว เลี้ยงจนมวนเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย โดยให้มอดแป้งวัยต่างๆ เป็นอาหาร และบันทึกวันที่มวนลอกคราบทุกระยะ

1.2 การหาอัตราการเลี้ยงที่เหมาะสม แบ่งเป็น 3 การทดลอง คือ

1.2.1 อัตราตัวเต็มวัยต่อกล่องเพื่อการผลิตไข่

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ 5 กรรมวิธี คือ ใช้มวนตัวเต็มวัย 10, 20, 30, 40 และ 50 คู่ นำมวนดำก้นลายตัวเต็มวัยตามอัตราที่กำหนด เลี้ยงในกล่องพลาสติกใส โดยให้หนอนมอดแป้งอายุเป็นอาหาร ทำการตรวจนับไข่จากแต่ละกรรมวิธี วิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณไข่ที่ได้ในแต่ละกรรมวิธี

1.2.2 อัตราการเลี้ยงต่อกล่อง

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 5 ซ้ำ 5 กรรมวิธี คือ ใช้ตัวอ่อนมวนวัย 1 จำนวน 25, 50, 75, 100, 125 และ 150 ตัวต่อกล่อง เลี้ยงในกล่องพาสติก และให้หนอนมอดแป้ง เป็นอาหาร เลี้ยงจนเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย ตรวจนับจำนวนตัวเต็มวัยที่ได้ในแต่ละกรรมวิธี แยกเพศ และตรวจนับตัวเต็มวัยที่ผิดปกติ

1.2.3 การหาปริมาณการให้อาหารที่เหมาะสม

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 5 ซ้ำ 3 กรรมวิธี คือ ให้หนอนมอดแป้งเป็นอาหาร ที่อัตราต่างๆ กัน คือ 1, 2 และ 3 กรัมต่อกล่องต่อครั้ง เลี้ยงตัวอ่อนมวนดำก้นลายวัย 1 จำนวน 100 ตัว เลี้ยงในกล่องพาสติก แล้วให้เหยื่อตามอัตราที่กำหนดทุก 3 วัน เลี้ยงจนมวนเข้าสู่ตัวเต็มวัย ตรวจนับตัวเต็มวัยมวนที่ได้ในแต่ละกรรมวิธี โดยแยกเพศของตัวเต็มวัย และจำนวนตัวเต็มวัยที่มีลักษณะผิดปกติ บันทึกปริมาณเหยื่อที่ให้ นำตัวเลขที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ และคำนวณต้นทุนการผลิต

2. การทดสอบประสิทธิภาพการกินเหยื่อของมวนดำก้นลาย

2.1 ทดสอบความสามารถของการกินมอดแป้งของมวนดำก้นลายวัยต่างๆ

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ 7 กรรมวิธี คือ มวนดำก้นลาย 7 ระยะ ได้แก่ วัย 1, วัย 2,วัย 3, วัย 4, วัย 5, ตัวเต็มวัยเพศเมีย ตัวเต็มวัยเพศผู้ ใส่หนอนมอดแป้ง 20 ตัวต่อกล่อง แล้วจึงปล่อยมวนดำที่อดอาหาร 3 วันตามกรรมวิธีที่กำหนด ตรวจนับจำนวนเหยื่อที่ดูดกินหลังการปล่อยมวนที่ 24 ชั่วโมง

2.2 ผลของความหนาแน่นของเหยื่อต่อประสิทธิภาพการกินอาหารของมวนดำก้นลาย

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ กรรมวิธี คือ มวนดำก้นลาย 7 ระยะ คือ มวนวัย 1, วัย 2,วัย 3, วัย 4, วัย 5, ตัวเต็มวัยเพศเมีย ตัวเต็มวัยเพศผู้ มอดแป้ง 3 ระยะ ได้แก่ หนอน, ดักแด้ และ ตัวเต็มวัย และปริมาณมอดแป้งที่ให้เป็นอาหาร 5 อัตรา คือ 3, 5, 10, 15 และ 20 ตัวต่อกล่อง ให้เหยื่อตามกรรมวิธีที่

กำหนด ปล่อยมวนดำที่อดอาหารแล้ว ตรวจนับจำนวนเหยื่อที่ถูกมวนดำก้นลายดูดกินหลังการปล่อยมวนที่ 24 ชั่วโมง

2.3 การทดสอบความชอบในการกินเหยื่อชนิดต่างๆ ของมวนดำก้นลายตัวเต็มวัย

2.3.1.การทดสอบแบบแยกชนิดเหยื่อ

ให้เหยื่อ 4 ชนิด คือ ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย และมอดหัวป้อม ชนิดละ 10 ตัว ใส่ในกล่องพลาสติก แล้วจึงปล่อยมวนที่อดอาหารแล้ว ทำทั้งหมด 20 ซ้ำ ตรวจนับจำนวนเหยื่อที่ถูกมวนดำก้นลายดูดกินหลังการปล่อยมวนที่ 24 ชั่วโมง

2.3.1.การทดสอบแบบรวมเหยื่อ

ให้เหยื่อ 4 ชนิด คือ ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย และมอดหัวป้อม ชนิดละ 10 ตัวใส่รวมในกล่องเดียวกัน จากนั้นปล่อยมวนที่อดอาหารแล้ว ทำทั้งหมด 20 ซ้ำ ตรวจนับจำนวนเหยื่อที่ถูกมวนดำก้นลายดูดกินหลังการปล่อยมวนที่ 48 ชั่วโมง

2.4 ทดสอบอัตราการปล่อยมวนดำก้นลายในการกำจัดเหยื่อในห้องปฏิบัติการ

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 5 ซ้ำ 5 กรรมวิธี คือ ปล่อยมวนดำก้นลายตัวเต็มวัย 1, 2, 3, 4 และ 5 คู่ โดยใส่เหยื่อ คือ ตัวเต็มวัยมอดแป้ง 100 ตัวในกล่องพลาสติก แล้วจึงปล่อยมวนที่อดอาหารแล้ว 3 วันตามกรรมวิธีที่กำหนด บันทึกจำนวนเหยื่อที่ถูกมวนดูดกินและจำนวนเหยื่อที่เหลือทุกวัน จนกว่าเหยื่อจะหมด

2.5 ทดสอบอัตราการปล่อยมวนดำก้นลายในการกำจัดเหยื่อในสภาพโรงเก็บจำลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 ซ้ำ 4 กรรมวิธี คือ ปล่อยมวนดำก้นลายตัวเต็มวัยจำนวน 10, 20, 30 และ 40 ตัว เตรียมข้าวสารขนาด 50 กิโลกรัม ใส่ในถุงกระสอบป่าน จำนวน 12 ถุง ทำการระบาดเทียมในข้าวสารแต่ละถุง โดยการปล่อยตัวเต็มวัยมอดแป้ง 500 ตัว ปล่อยมวนดำก้นลายตามกรรมวิธีที่กำหนด จากนั้นผูกปากกระสอบข้าวเพื่อป้องกันไม่ให้มวนหนีออกมาจากกองข้าวสาร สุ่มข้าว 250 กรัม 3 จุดต่อกอง เพื่อตรวจนับปริมาณมอดแป้งทุก 2 สัปดาห์

2.6 ทดสอบการใช้มวนดำก้นลายในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพโรงเก็บ

เตรียมข้าวสารปริมาณ 1 ตัน (10 กระสอบ) ปล่อยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร 4 ชนิดได้แก่ ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด มอดหัวป้อม มอดแป้ง และมอดฟันเลื่อย ก่อนทดลอง 2 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างข้าวเพื่อตรวจนับปริมาณการเข้าทำลายของแมลงก่อนการปล่อยมวน ปล่อยมวนดำก้นลายเป็นจุด จำนวน 5 จุดๆละ 100 ตัว รวมเป็น 500 ตัวต่อการปล่อย 1 ครั้ง หลังจากปล่อยมวน 2 สัปดาห์ ทำการสุ่มตัวอย่างข้าวเช่นเดิม และทำการปล่อยมวนซ้ำทุก 2 สัปดาห์จนกว่าปริมาณแมลงลดลงจนเข้าใกล้ศูนย์ ตรวจนับจำนวนแมลงศัตรูที่พบทุก 2 สัปดาห์

การทดลองที่ 2.6 การจัดการเพลี้ยแป้งเงาะ (*Ferrisia virgator*) หลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้สารสกัดจากพืช

เลี้ยงขยายเพลี้ยแป้งลาย (*Ferisia virgata*) จนได้วัยที่ 3 แล้วเขี่ยใส่ผลเงาะ จำนวน 10 ตัวต่อ 1 ผล (3 ผล/1 ซ้ำ) เลี้ยงต่ออีก 24 ชั่วโมงก่อนการทดลอง หลังจากนั้นนำผลเงาะที่มีเพลี้ยแป้งลายมาทำสอบกับสารสกัดในแต่ละกรรมวิธี สารสกัดจากพืชที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ สารสกัดเปลือกมังคุดแห้ง ผลน้ำเต้าแห้ง ผงใบยาสูบ

แห้ง ซึ่งสกัดด้วยเอทานอล โดยแช่นาน 7 วันจากนั้นระเหยเอทานอลออกได้สารสกัดหยาบ (crude extract) และสารสกัดจากใบยาสูบแห้งพันธุ์เบอรเลย์ และพันธุ์เวอร์จิเนียซึ่งสกัดด้วยน้ำโดยแช่นาน 2 วัน

1. การทดสอบสารสกัดชนิดต่างๆกับเพลี้ยแป้งลาย

1.1 การทดสอบกับสารสกัดจากพืชที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ (เอทานอล) วางแผนแบบ CRD มี 4 ซ้ำ 8 กรรมวิธี คือ น้ำ, น้ำ:เอทานอล อัตราส่วน 2:1, สารสกัดจากมังคุด 10 เปอร์เซ็นต์ที่ละลายด้วยน้ำ, สารสกัดจากยาสูบ 10 เปอร์เซ็นต์ที่ละลายด้วยน้ำ:เอทานอล อัตราส่วน 2:1, สารสกัดจากน้ำเต้า 10 เปอร์เซ็นต์ที่ละลายด้วยน้ำ, สารสกัดจากมังคุด+สารสกัดจากน้ำเต้า 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ละลายด้วยน้ำ, สารสกัดจากมังคุด+สารสกัดจากยาสูบ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ละลายในน้ำ:เอทานอล อัตราส่วน 2:1 และสารสกัดจากน้ำเต้า+สารสกัดจากยาสูบ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ละลายใน น้ำ:เอทานอล อัตราส่วน 2:1 โดยจุ่มผลเงาะที่มีเพลี้ยแป้งลายลงในสารแต่ละกรรมวิธี นาน 5 นาที นำผลเงาะมาผึ่งให้แห้ง หลังจากนั้นนำผลเงาะใส่ในแก้วพลาสติกและปิดด้วยผ้าขาวบาง นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการเช็คเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยแป้งหลังจากการทดลอง 24 และ 72 ชั่วโมง

1.2 การทดสอบเพลี้ยแป้งลายกับสารสกัดจากพืชที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

1.2.1 การทดสอบเพลี้ยแป้งลายกับสารสกัดจากใบยาสูบ 2 พันธุ์ที่สกัดโดยใช้น้ำ

วางแผนแบบ CRD มี 4ซ้ำ 10 กรรมวิธี ได้แก่ น้ำโดยจุ่มนาน 30 นาที, น้ำโดยจุ่มนาน 60 นาที, สารสกัดจากใบยาสูบพันธุ์เบอรเลย์ 15 เปอร์เซ็นต์ จุ่มนาน 30 นาที, สารสกัดจากในยาสูบพันธุ์เบอรเลย์ 15 จุ่มนาน 60 นาที, สารสกัดจากในยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนีย 15 เปอร์เซ็นต์ จุ่มนาน 30 นาที, สารสกัดจากในยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนีย 15 เปอร์เซ็นต์ จุ่มนาน 60 นาที, สารสกัดจากในยาสูบพันธุ์เบอรเลย์ 20 เปอร์เซ็นต์ จุ่มนาน 30 นาที, สารสกัดจากในยาสูบพันธุ์เบอรเลย์ 20 เปอร์เซ็นต์ จุ่มนาน 60 นาที, สารสกัดจากในยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนีย 20 เปอร์เซ็นต์ จุ่มนาน 30 นาที, และสารสกัดจากในยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนีย 20 เปอร์เซ็นต์ จุ่มนาน 60 นาที

นำผลเงาะที่มีเพลี้ยแป้งลายมาจุ่มลงในสารตามกรรมวิธี จากนั้นนำผลเงาะมาผึ่งให้แห้งและนำผลเงาะใส่ในแก้วพลาสติกและปิดด้วยผ้าขาวบาง นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการเช็คเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยแป้งลายหลังจากการทดลอง 24 และ 72 ชั่วโมง

1.2.2 การทดสอบเพลี้ยแป้งลายกับสารสกัดผสมจากใบยาสูบ 2 พันธุ์ที่สกัดด้วยน้ำ

วางแผนแบบ CRD มี 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี ได้แก่ น้ำโดยจุ่มนาน 30 นาที, น้ำโดยจุ่มนาน 60 นาที, สารสกัดใบยาสูบพันธุ์เบอรเลย์ที่ผสมกับพันธุ์เวอร์จิเนีย อัตราส่วน 1:1 เข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ โดยจุ่มนาน 30 นาที, สารสกัดใบยาสูบพันธุ์เบอรเลย์ที่ผสมกับพันธุ์เวอร์จิเนีย อัตราส่วน 1:1 เข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ โดยจุ่มนาน 60 นาที, สารสกัดใบยาสูบพันธุ์เบอรเลย์ที่ผสมกับพันธุ์เวอร์จิเนีย อัตราส่วน 1:1 เข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ โดยจุ่มนาน 30 นาที, สารสกัดใบยาสูบพันธุ์เบอรเลย์ที่ผสมกับพันธุ์เวอร์จิเนีย อัตราส่วน 1:1 เข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ โดยจุ่มนาน 60 นาที นำผลเงาะที่มีเพลี้ยแป้งลายมาจุ่มลงในสารตามกรรมวิธี จากนั้นนำผลเงาะมาผึ่งให้แห้งและนำผลเงาะใส่ในแก้วพลาสติกและปิดด้วยผ้าขวดบาง นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการเช็คเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยแป้งหลังจากการทดลอง 24 และ 72 ชั่วโมง

2. การตรวจสอบคุณภาพผลเงาะ

หลังจากจุ่มด้วยสารสกัดยาสูบผสม 2 พันธุ์ที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ทำการเปรียบเทียบระหว่าง 2 กรรมวิธี คือ จุ่มผลเงาะในสารสกัดยาสูบพันธุ์เบอรเลย์ที่ผสมกับพันธุ์เวอร์จิเนีย อัตราส่วน 1:1 ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที กับจุ่มผลเงาะน้ำเปล่า เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำผลเงาะไปจุ่มในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 8 องศา เป็นเวลา 2 นาที และบรรจุลงในถุงแอกทีฟ ชนิด M1 จำนวน 10 ลูกต่อ 1 ถุง จำนวน กรรมวิธีละ 12 ถุง และเก็บรักษาที่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 13$\pm$1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90$\pm$5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน โดยทำการเช็คผลที่ 0, 7 และ 14 วัน เพื่อตรวจสอบคุณภาพเงาะ เช่น สี ความหวาน ค่าความเป็นกรด วิตามินซี ความแน่นเนื้อ และการสูญเสียน้ำหนัก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ T-test ในการวิเคราะห์ผล

การทดลองที่ 2.7 ประสิทธิภาพสารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และมอดหนวดยาว (*Cryptolestes pusillus*) ในโรงเก็บ

เตรียมสารสกัดหยาบ (crude extract) จากพืชสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ประยงค์ เลี่ยน และลางสาด โดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย การทดสอบประสิทธิภาพ วางแผนการทดลองแบบ Split plot design จำนวน 4 กรรมวิธี 4 ซ้ำ โดยที่ Main plot คือ ระดับความเข้มข้นของสารสกัด 0, 20, 25 และ 30 % Sub plot คือ ระยะเวลาที่เก็บรักษา 1-6 เดือน โดยนำสารสกัดจากพืชสมุนไพร มาเจือจางด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ให้มีระดับความเข้มข้น 0, 20, 25 และ 30 % ปริมาณ 50 มิลลิลิตร คลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด 5 กิโลกรัม บรรจุลงในกระสอบป่าน เก็บไว้ในโรงเก็บเมล็ดข้าวโพด เป็นเวลา 6 เดือน ตรวจสอบโดยทำการสุ่มเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดจากกระสอบป่านตัวอย่างละ 250 กรัม มาตรวจนับจำนวนด้วงงวงข้าวโพดและมอดหนวดยาวที่เข้าทำลายเดือนละ 1 ครั้ง ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดโดยการทดสอบความงอก

การทดลองที่ 2.8 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยลูกจันทร์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงในกาป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียว

เลี้ยงขยายพันธุ์ด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองจนได้ตัวเต็มวัย และสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดจันทน์เทศ และเหง้าข่าลิง วิเคราะห์องค์ประกอบหรือสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด

ทดสอบความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยในห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

-ทดสอบฤทธิ์ในการเป็นสารสัมผัสต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลือง โดยละลายน้ำมันหอมระเหยในเอทานอล ที่ระดับความเข้มข้น 2, 4, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (เท่ากับ 1.27, 2.54, 5.08 และ 6.36 มคล./ตร.ซม.หรือไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร) นำน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 500 ไมโครลิตร หยดลงบนกระดาษกรอง สำหรับกรรมวิธีควบคุม (control) หยดเอทานอล 500 ไมโครลิตร เพียงอย่างเดียวปล่อยให้กระดาษแห้งประมาณ 2 นาที แล้วนำกระดาษกรองแต่ละแผ่นวางลงในด้านล่างของจานแก้ว จากนั้นปล่อยตัวเต็มวัยที่มีอายุ 0-24 ชั่วโมง ลงบนกระดาษกรองในจานแก้วแล้วปิดฝา (กรรมวิธีละ

5 ซ้ำ/ ซ้ำละ 20 ตัว) หลังจากนั้นทำการบันทึกจำนวนแมลงที่ตายและแมลงที่มีชีวิตหลังจากการทดสอบที่ 24 และ 72 ชั่วโมง

-ทดสอบฤทธิ์การเป็นสารรม โดยนำน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและข่าลิงในปริมาณที่ต่างกันคือ 0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 มคล. (เท่ากับ 0, 15, 30, 60, 121, 181, 242 และ 303 มคล./ล.หรือไมโครลิตรต่อลิตร) ทำการนับตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลือง (กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ตัว) ใส่ลงในขวดแก้วแต่ละใบและหยดน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดบนกระดาษกรองตามปริมาณที่กำหนด และทิ้งไว้ 5 นาที หลังจากนั้นใส่กระดาษกรองที่ฝาขวดด้านในแล้วปิดฝาขวดให้สนิทพร้อมกับปิดผนึกด้วยพาราฟิล์ม ทำการบันทึกจำนวนแมลงที่ตายและแมลงที่มีชีวิตหลังจากการทดสอบ 24 และ 48 ชั่วโมง

-ทดสอบฤทธิ์ต่อการวางไข่และการเกิดของด้วง โดยละลายน้ำมันหอมระเหยในเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ10 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 200 ไมโครลิตร นำน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมาคลุกกับเมล็ดถั่วเขียว 150 เมล็ด (10 กรัม) Control มี 2 ชุดที่ใช้คือ เอทานอล 200 ไมโครลิตร (Solvent control) และ Control ที่ใส่เฉพาะเมล็ดถั่วเขียว นำตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองที่มีอายุ 0-24 ชั่วโมง ที่ยังไม่ได้ผสมพันธุ์ (เพศผู้ : เพศเมีย อย่างละ 5 ตัว) ใส่ลงไปในขวดที่มีเมล็ดถั่ว เพื่อให้ตัวเต็มวัยผสมพันธุ์ และวางไข่ หลังจากนั้น 48 ชั่วโมง นำตัวเต็มวัยออก ทำการจดบันทึกจำนวนการตายของแมลงแต่ละชนิด และทำการจดบันทึกจำนวนไข่ของด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองที่พบบนเมล็ด หลังจากทำการทดลอง 72 ชั่วโมง หลังจากการทดลอง 1 เดือนทำการนับจำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูกที่เกิดใหม่

-ทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันการการเข้าทำลายของแมลงในสภาพโรงเก็บ วางแผนแบบ RCB มี 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี คลุกน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดในเมล็ดถั่วเขียว จำนวน 2500 กรัม ที่ระดับความเข้มข้น 15% 30% และ 45% โดยมีกรรมวิธีควบคุม 2 กรรมวิธีคือ เมล็ดถั่วเขียวที่ไม่ได้คลุกสาร และ เมล็ดถั่วเขียวที่ทำการคลุกด้วยเอทานอล ทำการแบ่งถั่วเขียวที่คลุกน้ำมันหอมระเหยแล้ว จำนวน 150 กรัม และบรรจุลงในกระสอบปอ ขนาด 20x15 เซนติเมตร และนำกระสอบดังกล่าวไปวางในโรงเก็บ ทำการสุ่มทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 เดือน และทำการเช็คชนิดและจำนวนแมลงที่เข้าทำลายถั่วเขียวในแต่ละกรรมวิธี

การทดลองที่ 2.9 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูสมุนไพร

เลี้ยงขยายพันธุ์มอดยาสูบและมอดสมุนไพรจนได้ตัวเต็มวัย และสกัดน้ำมันหอมระเหยจากผลสุกของตะไคร้ต้น วิเคราะห์องค์ประกอบหรือสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด

ทดสอบความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นต่อแมลงศัตรูสมุนไพร

วางแผนการทดลองแบบ CRD 5 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ตัว มีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

-ทดสอบฤทธิ์การเป็นสารสัมผัสบนกระดาษกรอง โดยนำน้ำมันตะไคร้ต้นละลายในเอทานอล ที่ระดับความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1,2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ (เท่ากับ 0.16, 0.32, 0.64, 1.27 และ 2.54 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร) หยดลงบนกระดาษกรอง 1000 ไมโครลิตร สำหรับกรรมวิธีควบคุม หยดเอทานอล 1000 ไมโครลิตรเพียงอย่างเดียวปล่อยให้กระดาษแห้งประมาณ 10 นาที แล้วนำกระดาษกรองแต่ละแผ่นวางลงใน

ด้านล่างของจานแก้ว จากนั้นปล่อยตัวเต็มวัยของมอดยาสูบและมอดสมุนไพรลงบนกระดาษกรองในจานแก้ว แล้วปิดฝา หลังจากนั้นทำการบันทึกจำนวนแมลงที่ตายและแมลงที่มีชีวิตหลังจากการทดสอบที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 24 ชั่วโมง

-ทดสอบฤทธิ์ในการเป็นสารรม โดยนำน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นในปริมาณที่ต่างกันคือ 0, 0.1, 0.5, 1, 1.5, 2, 4 และ 8 มคล. (เท่ากับ 0, 3, 15, 30, 45, 60, 120 และ 240 ไมโครลิตต่อลิตร) มาทดสอบกับตัวเต็มวัยของมอดยาสูบและมอดสมุนไพร ทำการนับตัวเต็มวัยแต่ละชนิด ใส่ลงในขวดแก้วแต่ละใบและหยดน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นบนกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรตามปริมาณที่กำหนด และทิ้งไว้ 5 นาที หลังจากนั้นใส่กระดาษกรองที่ฝาขวดด้านในแล้วปิดฝาขวดให้สนิทพร้อมกับปิดผนึกด้วยพาราฟิล์ม ทำการบันทึกจำนวนแมลงที่ตายและแมลงที่มีชีวิตหลังจากการทดสอบ 3, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง

-ทดสอบฤทธิ์ในการเป็นสารไล่ โดยเตรียมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่ระดับความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1, 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ (เท่ากับ 0.08, 0.16, 0.32, 0.48 และ 0.64 มคล./ตร.ซม.) และตัดกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน เขียนคำว่า treatment (T) และ control (C) ลงบนกระดาษกรองแต่ละส่วน ทำการหยดน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นแต่ละความเข้มข้นบนกระดาษกรองในส่วนที่เขียนคำว่า treatment (T) 500 ไมโครลิตร ส่วน control (C) หยดตัวทำละลายเพียงอย่างเดียวซึ่งในการทดลองนี้คือ เอทานอลจำนวน 500 ไมโครลิตร หลังจากนั้นทิ้งกระดาษกรองให้แห้งประมาณ 10 นาที และนำกระดาษกรองทั้ง 2 ส่วนมาประกบกันด้วยสก็อตเทป วางกระดาษกรองบนจานแก้วและใส่แมลงที่เตรียมไว้ ลงตรงกลางจานแก้ว ตรวจนับจำนวนแมลงที่พบบนกระดาษกรองแต่ละส่วนทุกๆ 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 5 ชั่วโมงและนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาอัตราการไล่ (percentage repulsion, PR) (ดวงสมร และคณะ, 2554)

-ทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่มีผลต่อระยะการเก็บรักษาสมุนไพร โดยนำเมล็ดผักชีไทย 250 กรัม คลุกกับน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่ระดับความเข้มข้น 10, 20, 30 และ 40% โดยมีกรรมวิธีควบคุม คือ เอทานอล หยดน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่เตรียมไว้จำนวน 2500 ไมโครลิตรต่อความเข้มข้น หลังจากคลุก 1 ชั่วโมง, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ทำการปล่อยตัวเต็มวัยของมอดยาสูบและมอดสมุนไพรจำนวน 30 ตัว หลังจากปล่อยแมลงในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นเวลา 3 วันนำตัวเต็มวัยออกจากขวดแก้วให้หมดพร้อมทั้งเช็คจำนวนแมลงที่ตายและแมลงที่มีชีวิต และเก็บเมล็ดผักชีไทยเหล่านั้นไว้ในขวดแก้วที่อุณหภูมิห้องเพื่อนับจำนวนตัวเต็มวัยของรุ่นลูกต่อไป

การทดลองที่ 3.1 การศึกษาระดับอุณหภูมิความร้อนที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงศัตรูสมุนไพรอบแห้งทางการแพทย์

วางแผนการทดลอง RCB มี 3 ซ้ำ 10 กรรมวิธี คือ อบที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 องศาเซลเซียส นาน 1, 2, 3 ชั่วโมง และ กรรมวิธีควบคุม (เลี้ยงในขวดแก้ว)

การเตรียมมอดยาสูบ และมอดสมุนไพร สำหรับการทดสอบ 4 ระยะการเจริญเติบโต คือ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย

ทดสอบระดับอุณหภูมิความร้อนในการกำจัดมอดยาสูบ และมอดสมุนไพร กับสมุนไพรทั้งหมด 4 ชนิดคือ ดอกคำฝอย ดอกเก็กฮวย ชาใบหม่อน และเมล็ดผักชี ทำการชั่งสมุนไพรแต่ละชนิดดังนี้ ดอกคำฝอย ดอกเก็กฮวย และ ชาใบหม่อน ชนิดละ 100 กรัม ส่วนเมล็ดผักชีชั่ง 200 กรัม นำสมุนไพรแต่ละชนิดแยกใส่ในขวดแก้วขนาด 900 มิลลิลิตร จากนั้นนำมอดยาสูบและมอดสมุนไพรระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยแยกใส่ในขวดที่เตรียมไว้แต่ละระยะการเติบโต โดยระยะตัวเต็มวัยใส่แมลงจำนวน 100 ตัว/ขวด ปิดฝาขวดด้วยกระดาษซับ นำขวดที่ใส่แมลงแล้ว ไปใส่ในตู้อบที่ระดับอุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ทำการอบเป็นระยะเวลา 1, 2 และ 3 ชั่งโมง นำขวดแก้วทั้งหมดที่อบแล้วไปเก็บไว้ในห้องเลี้ยงแมลงเพื่อตรวจสอบผลการทดลอง โดยที่ระยะไข่ หนอน และดักแด้ ทำการตรวจสอบในระยะที่เป็นตัวเต็มวัยเปรียบเทียบกับการเป็นตัวเต็มวัยในกรรมวิธีควบคุม ส่วนระยะตัวเต็มวัย ตรวจสอบผลการทดลอง 24 ชั่วโมงหลังทำการอบ

ตรวจวัดความชื้นในดอกคำฝอย เมล็ดผักชี และดอกเก็กฮวย และตรวจวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านออกซิเดชันในสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด โดยวิธี total phenol assay วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกเข้มข้น 0 - 100 ppm.

การทดลองที่ 3.2 การควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ

เตรียมตัวอย่างข้าวโพดสำหรับการทดลองให้มีความชื้นระหว่าง 12.00-13.00 เปอร์เซ็นต์

เตรียมตัวอย่างแมลงสำหรับทดลองโดยใช้ด้วงงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือกในการทดสอบ 4 ระยะ คือ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย

การทดสอบด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ7 กรรมวิธี คือ ระดับพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์ (540 วัตต์) และระดับพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) เมื่ออุณหภูมิถึง 50 องศาแล้ว เป็นเวลา 30, 60, 90วินาที และกรรมวิธีไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ (control)

นำข้าวโพด 450 กรัมที่มีแมลงแต่ละชนิดแต่ละระยะการเจริญเติบโต ใส่ในภาชนะทรงกระบอกแบนเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ให้เต็มแล้วปิดฝา นำเข้าไปไว้ในตู้แหล่งกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz เสียบเทอร์โมคัพเพิล (thermocouple) ไว้ระหว่างเมล็ด เปิดเครื่องควบคุมพลังงานตามระดับพลังงานที่กำหนด จนอุณหภูมิของเมล็ดขึ้นไปถึง 50 องศาเซลเซียส เริ่มจับเวลา 30, 60 และ 90 วินาที และปิดเครื่องเมื่อครบกำหนดเวลา หลังจากนั้นนำเมล็ดข้าวโพดใส่ในขวดแก้ว รอให้อุณหภูมิกลับเป็นปกติแล้วจึงปิดฝาและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อรอเวลาในการตรวจนับการมีชีวิตรอด เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดข้าวโพด โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวโพด 6 ประเภท คือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต และ พลังงาน

นำข้อมูลที่ได้ไปหาค่าประสิทธิภาพการควบคุม และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

การทดลองที่ 3.3 การปรับสภาพบรรยากาศเพื่อการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

เตรียมตัวอย่างแมลงสำหรับทดสอบ โดยทำการทดสอบกับแมลง 5 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด มอดข้าวเปลือก มอดฟันเลื่อย มอดหนวดยาว และมอดแป้ง โดยทดสอบกับแมลง 4 ระยะการเจริญเติบโต คือ ดักแด้ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย

การทดสอบด้วยก๊าซไนโตรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องปฏิบัติการ

แผนการทดลองแบบ 5x6 factorial in CRD มี 4 ซ้ำ โดยมีปัจจัยทดสอบ 2 ปัจจัย คือ

1) ส่วนผสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์:ไนโตรเจน 5 อัตรา คือ 0:99.9, 10: 90, 20: 80, 30: 70 และกรรมวิธีควบคุม (อากาศปกติ)

2) ระยะเวลาในการปล่อยก๊าซคือ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 วัน

ทดสอบกับแมลง ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด มอดข้าวเปลือก มอดฟันเลื่อย และมอดแป้ง โดยนำถ้วยพลาสติกที่มีแมลงแต่ละชนิดแต่ละระยะการเจริญเติบโต ใส่ในกล่องพลาสติกขนาด 22 x 34 x24 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่มีฝาปิดสนิท ด้านข้างของกล่องพลาสติกได้เจาะช่องสำหรับต่อท่อก๊าซ โดยแต่ละกล่องมี 2 ช่อง เป็นทางเข้าและทางออกของก๊าซ และทำการปล่อยก๊าซตามกรรมวิธีที่กำหนด

- การทดสอบด้วยก๊าซไนโตรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพการรม 1 ตัน

วางแผนการทดลองแบบ 2x2 factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีปัจจัยทดสอบ 2 ปัจจัย คือ 1) ก๊าซไนโตรเจน 2 ระดับคือ 99.9% และอากาศปรกติ 2) ระยะเวลาการรม 7 และ 12 วัน

นำกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงได้ดีจากการทดลองก่อนหน้านี้ คือการรมด้วยก๊าซไนโตรเจน 99.9% มาทดสอบกับแมลง 4 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดข้าวเปลือก และมอดหนวดยาว ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยจำลองสภาพการรมที่บรรจุข้าวสาร ขนาด 1 ตัน

การตรวจวัดผล

นำแมลงที่ผ่านการทดสอบมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อรอให้แต่ละระยะการเจริญเติบโตพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย แล้วจึงนำมาตรวจนับจำนวนตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้นในแต่ละกรรมวิธี โดยระยะตัวเต็มวัย ตรวจนับจำนวนแมลงที่รอดชีวิตหลังทำการทดสอบ 1 วัน ระยะดักแด้ 14 วัน ระยะหนอน 21 วัน และระยะไข่ 40 วัน

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปหาค่าประสิทธิภาพการควบคุม (control efficiency percentage) และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

การทดลองที่ 3.4 การใช้บรรจุภัณฑ์ร่วมกับก๊าซไนโตรเจนในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zaemais*)

การเตรียมตัวอย่างแมลงสำหรับทดสอบ โดยเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพด ให้ได้ 4 ระยะการเจริญเติบโต คือ ดักแด้ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย

1. ทดสอบการบรรจุและระยะเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดแมลง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ 9 กรรมวิธี คือ บรรจุในถุง 4 ชนิด คือ ถุงฟอยด์ ถุง PET ถุงลามิเนตชนิด KNY และถุงลามิเนตชนิด NY ร่วมกับการใส่ก๊าซ 2 กรรมวิธี คือ ใส่ก๊าซไนโตรเจน และไม่ใส่ก๊าซไนโตรเจน เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

(เลี้ยงแมลงในขวดเลี้ยง) โดยทั้ง 9 กรรมวิธีทำกรรมวิธีละ 4 ชุด เพื่อทดสอบระยะเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดแมลง โดยจะเก็บที่ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ โดยนำข้าวกล้อง 500 กรัม และแมลงแต่ละระยะ ใส่ในถุงพลาสติกตามกรรมวิธี ทำการปิดผนึกถุงให้มีรูเปิดขนาด 1 เซนตริเมตรเพื่อเป็นทางออกของก๊าซ จากนั้นบรรจุก๊าซไนโตรเจน เก็บในห้องเลี้ยงแมลงรอตรวจนับผล โดยตรวจนับจำนวนแมลงเป็นและตาย

2. การทดสอบผลของระยะเวลาการเก็บต่อปริมาณกักเก็บก๊าซและการเกิดสารพิษจากเชื้อรา วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ 5 กรรมวิธี คือ บรรจุในถุง 4 ชนิด คือ ถุงฟอยด์ ถุง PET ถุงลามิเนตชนิด KNY และถุงลามิเนตชนิด NY ร่วมกับการใส่ก๊าซไนโตรเจน และกรรมวิธีควบคุม (ถุงพลาสติก PE ที่ใช้บรรจุข้าวทั่วไป) ทั้ง 5 กรรมวิธี ทำกรรมวิธีละ 5 ชุด เพื่อเก็บในระยะเวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน นำข้าวสาร และข้าวกล้อง ชนิดละ 500 กรัม บรรจุตามกรรมวิธีที่กำหนด จากนั้นบรรจุก๊าซไนโตรเจนตามวิธีข้างต้น จากนั้นนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องตามระยะเวลาที่กำหนด โดยทำทั้งหมด 2 ชุด คือ เมื่อครบกำหนดทำการวัดก๊าซออกซิเจนก่อนการเปิดถุง จากนั้นทำการเปิดถุงนำข้าวไปตรวจหาปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน

การทดลองที่ 3.5 การศึกษาบรรจุภัณฑ์ร่วมกับการใช้สารดูดออกซิเจน และวิธีการ Vacuum ในการกำจัดแมลงศัตรูสมุนไพรอบแห้งทางการแพทย์

- วางแผนการทดลองแบบ Spit plot โดย Main plot คือ กรรมวิธี 9 กรรมวิธี คือ 2 ถุงชนิด ได้แก่ ถุง NY/LLDPE และถุง PET/CPP ร่วมกับวิธีการอื่น 4 วิธี วิธีการบรรจุแบบสุญญากาศ (vacuum) วิธีการปิดผนึก (seal) และ การใส่สารดูดซับออกซิเจน 2 อัตรา กรรมวิธีการทดลองในดอกคำฝอยใส่อัตรา 300 และ 400 ซี.ซี. ในเมล็ดผักชีใส่อัตรา 400 และ 450 ซี.ซี ในดอกเก็กฮวยใส่อัตรา 200 และ 250 ซี.ซี. และในชาใบหม่อน ใส่อัตรา 300 และ 400 ซี.ซี. โดยทุกกรรมวิธีเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (เลี้ยงในกล่องพลาสติก) ส่วน Sub plot คือ ระยะเวลาที่ทำการตรวจสอบ

- เลี้ยงเพิ่มปริมาณมอดยาสูบ และมอดสมุนไพร ให้ได้ 4 ระยะการเจริญเติบโต คือ ระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย

- วิธีการทดสอบ ชั่งสมุนไพรดังนี้ ดอกคำฝอย 100 กรัม เมล็ดผักชีปริมาณ 400 กรัม ดอกเก็กฮวยปริมาณ 100 กรัม และชาใบหม่อนปริมาณ 80 กรัม บรรจุในถุงและใส่สารดูดออกซิเจนหรือทำการบรรจุตามกรรมวิธีที่กำหนด จากนั้นนำถุงที่ได้เก็บไว้ในห้องเลี้ยงแมลง ตรวจสอบผลการทดลองในระยะเวลา 7 วัน 30 วัน และ 90 วัน หลังทำการทดลอง

- การตรวจสอบปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ โดยบรรจุสมุนไพรตามกรรมวิธีที่กำหนด จากนั้นนำถุงที่ได้เก็บไว้ในห้องเลี้ยงแมลง และทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในถุง ด้วยเครื่องวัดก๊าซออกซิเจน ยี่ห้อ PBI Dansensor ที่ระยะเวลา 7, 30 และ 90 วัน และในชาใบหม่อนตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ระยะเวลา 3, 5,7,30 และ 60 วัน

- การทดสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ ต่อการเจาะเข้าทำลายของแมลง นำถุง NY/LLDPE , ถุง PET/CPP และถุง ร้อน PP มาบรรจุดอกเก็กฮวยปริมาณ 100 กรัม พร้อมกับซีลปิดปากถุง จากนั้นนำถุงไปใส่ในกล่องเลี้ยงแมลงขนาด 18×25×9 เซ็นติเมตร พร้อมกับใส่ตัวเต็มวัย และหนอน ของมอดยาสูบ และมอด

สมุนไพร จำนวน 100 ตัว ลงในกล่อง ตรวจสอบการเจาะทำลายของแมลงบนถุงทุกๆวัน และทำการคัดแยกแมลงที่ตายออกพร้อมกับใส่แมลงเพิ่มทุก 7 วัน เป็นระยะเวลา 30 วัน

การทดลองที่ 3.6 ประสิทธิภาพของกับดักแสงไฟในการดักจับด้วงปีกตัดในกระเทียมหลังการเก็บเกี่ยว

วางแผนการทดลองแบบ CRD 6 ซ้ำ 3 กรรมวิธี คือ 1) ติดตั้งกับดักแสงไฟแบบตั้งพื้น มีพัดลมดูดแมลง 2) ติดตั้งกับดักแสงไฟแบบติดผนัง มีแผ่นกาวดักแมลง และ 3) กรรมวิธีควบคุม (ไม่ติดตั้งกับดัก)

วิธีการ

- ติดตั้งกับดักแสงไฟทั้ง2 ชนิด 15 ตารางเมตรต่อ 1 กับดักในโรงเก็บกระเทียม ทำการเปิดและปิดเครื่องพร้อมกัน
- เก็บตัวอย่างแมลงกรรมวิธีที่ 1 กับดักแสงไฟแบบตั้งพื้น มีพัดลมดูดแมลง เมื่อปิดเครื่อง นำถุงที่บรรจุแมลงเทแมลงใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุง ทำเครื่องหมาย

-เก็บแผ่นกาวดักแมลงของกรรมวิธีที่ 2 กับดักแสงไฟแบบติดผนัง ทำเครื่องหมาย

-สุ่มตัวอย่างกระเทียมที่คัดทิ้งถุงละ100 กรัม

-นับจำนวนด้วงปีกตัดจากกรรมวิธีต่างๆ

- วิเคราะห์ผลแตกต่างทางสถิติ

การทดลองที่ 4.1 การศึกษาชีววิทยา นิเวศวิทยา และการป้องกันกำจัดด้วงผลไม้แห้ง (*Carpophilus hemipterus*) ในลำไยอบแห้ง

1. การศึกษาวงจรชีวิต

สำรวจเก็บตัวอย่างด้วงผลไม้แห้งในแหล่งผลิตลำไยอบแห้ง วิเคราะห์ชนิด และศึกษาพฤติกรรมของแมลง และศึกษาวงจรชีวิตบนลำไยอบแห้ง และผลไม้แห้งชนิดอื่นได้แก่ มะม่วงหิมพานต์

2. การศึกษาระดับการติดตั้งกับดักแสงไฟ

ระดับการติดตั้งกับดักแสงไฟที่มีประสิทธิภาพในการดักด้วงผลไม้แห้งในโรงเก็บ

วางแผนการทดลองแบบ RCB 6 ซ้ำ 3 กรรมวิธี คือ

1. ติดตั้งกับดักแสงไฟหลอดแบล็คไลท์ กำลังไฟ 40 วัตต์แบบตั้งพื้น
2. ติดตั้งกับดักแสงไฟติดผนัง แบบมีกาวเหนียว ที่ผนังระดับ 2 เมตร
3. ติดตั้งกับดักแสงไฟติดผนัง แบบมีกาวเหนียว ที่ผนังระดับ 3 เมตร

-นับจำนวนแมลงที่พบในกับดักแสงไฟแต่ละกรรมวิธี แต่ละซ้ำโดยเก็บแมลงทุกวัน เป็นเวลา 6 วัน บันทึกจำนวนแมลงที่เก็บได้นำมาวิเคราะห์ผล

3. การศึกษาการป้องกันกำจัด : การใช้สารรม aluminium phosphide

วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ 4 กรรมวิธี คือ รมด้วย aluminium phosphide อัตรา 0, 1, 2 และ 3 tablets ระยะการรม 7 วัน

วิธีการ โดยเลี้ยงขยายด้วงผลไม้แห้งให้ได้ 4 ระยะการเจริญเติบโต คือ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย นำแมลงใส่ขวดเลี้ยงแมลงเพื่อใช้ในการทดลองแยกกันแต่ละระยะการเจริญเติบโต

เตรียมกองลำไยเพื่อทดสอบการรมโดย ปูพื้นด้วยผ้าพลาสติก กองลำไยแห้งขนาดพื้นที่ 1 ลูกบาศก์เมตร จากนั้นคลุมด้วยผ้าพลาสติกทาร์พอลิน ใส่ขวดแมลงที่เตรียมไว้ทุกระยะการเจริญเติบโต ไว้ด้านบนของกอง ใส่สารรมอะลูมิเนียมฟอสไฟด์บริเวณด้านล่างกอง ตามกรรมวิธีและทับชายผ้าพลาสติกด้วยถุงทราย สุ่มลำไยอบแห้งกรรมวิธีต่างๆ จำนวน 250 กรัมก่อนและหลังการทดลอง 2 ชุด เพื่อนับจำนวนแมลงและตรวจปริมาณน้ำตาล ทำการตรวจนับจำนวนแมลงที่พบในแต่ละกรรมวิธีและอัตราการตาย และค่าความหวานของลำไยอบแห้งจากกรรมวิธีต่างๆ

การทดลองที่ 4.2 การประเมินความสูญเสียของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวที่เกิดจากแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

การสำรวจชนิดและปริมาณแมลงในโรงเก็บ โดยสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดที่เก็บไว้ในสภาพโรงเก็บใน 7 จังหวัด ๆ ละ 5 ตัวอย่าง ๆ ละ 400 กรัม นำมาตรวจจำแนกชนิดและนับจำนวนแมลงศัตรูที่เข้าทำลาย ตรวจนับความเสียหายที่เกิดขึ้น วัดความชื้น เก็บตัวอย่างข้าวโพดไว้ในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 45 วัน เพื่อตรวจนับจำนวนแมลงรุ่นต่อไปที่อาจเกิดขึ้น

การศึกษาปริมาณความเสียหายเมื่อแมลงเข้าทำลายจำนวนแตกต่างกัน การทดสอบนี้ใช้แมลง 4 ชนิดคือ ด้วงงวงข้าวโพด มอดข้าวเปลือก มอดแป้ง และมอดหนวดยาว ซึ่งเก็บรวบรวมมาจากโรงสีข้าวและโกดังต่าง ๆ ในบริเวณภาคกลาง นำมาเลี้ยงขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณเพื่อให้ได้ตัวเต็มวัยแมลงทุกชนิดจำนวนมาก ใช้เมล็ดข้าวโพดเป็นอาหารสำหรับด้วงงวงข้าวโพด มอดข้าวเปลือก และมอดหนวดยาว และใช้รำสำหรับมอดแป้ง ปล่อยแมลงที่รวบรวมมาได้ 300 ตัวต่อข้าวโพด 200 กรัม ปิดปากขวดด้วยกระดาษซับแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องในสภาพห้องปฏิบัติการ เมื่อครบ 7 วันนำตัวเต็มวัยแมลงออกให้หมดและปิดปากขวดไว้เช่นเดิม หลังจากนั้น 45 วันจะได้ตัวเต็มวัยแมลงที่มีอายุประมาณ 10-14 วัน สำหรับนำไปใช้ศึกษาปริมาณความเสียหายที่เกิดจากแมลงชนิดต่างๆ ดังนี้

ด้วงงวงข้าวโพด นำเมล็ดข้าวโพดที่สะอาดปราศจากแมลงจำนวน 250 กรัมใส่ในขวดแก้ว ปล่อยตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดที่แยกเพศแล้วอายุ 10-14 วันลงในขวดแต่ละใบในจำนวนที่แตกต่างกัน คือ 1 คู่, 5 คู่, 10 คู่ และ 20 คู่ ปิดฝาด้วยกระดาษซับ แล้วเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง ปล่อยให้ด้วงงวงข้าวโพดทำลายข้าวโพดตามธรรมชาติเป็นระยะเวลา 1-6 เดือน ทดสอบทั้งหมด 4 ซ้ำ หลังจากนั้น 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน นำออกมาแยกแมลง นับจำนวนแมลง วัดความชื้น นับเมล็ดที่เสียหายจาก 500 เมล็ด ชั่งน้ำหนักเมล็ดที่เหลือส่วนใน มอดข้าวเปลือก มอดแป้ง และมอดหนวดยาว ทำการทดสอบเช่นเดียวกับด้วงงวงข้าวโพด เพียงแต่ใส่แมลงโดยไม่แยกเพศ และเพิ่มจำนวนเป็น 10, 20, 30 และ 40 ตัว

การทดลองที่ 5.1 การตรวจสอบความต้านทานของมอดแป้งต่อสารรมฟอสฟีน

ดำเนินการทดสอบความต้านทานตามกรรมวิธีของ FAO Method No.16 (FAO, 1975) ดังนี้ คือ

1. การสุ่มเก็บตัวอย่างแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรจากโรงเก็บผลิตผลเกษตร โดยตรวจสอบสถานที่ตั้งของโรงเก็บที่ไปสำรวจเก็บตัวอย่างในเขตจังหวัดในแต่ละภาค เพื่อใช้เป็นตัวแทนของโรงเก็บในแต่ละจังหวัด สุ่มตักผลิตผลเกษตรและร่อนหามอดแป้ง ใส่ในกล่องเลี้ยงแมลง เพื่อนำกลับมาเลี้ยงขยายต่อในห้องปฏิบัติการ

2. การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลง นับจำนวนมอดแป้งที่เก็บมาได้ใส่ลงในขวดแก้ว ที่ใส่รำข้าวจำนวน 50 กรัม ขวดละ 100 ตัว จดบันทึกแหล่งที่มาของแมลง และวันที่เก็บ หลัง 2 สัปดาห์ นำตัวเต็มวัยทั้งหมดออกจากอาหารที่เลี้ยง การเริ่มต้นการทดลองจะกระทำต่อเมื่อมีแมลงตัวเต็มวัยชุดใหม่ออกมา

3. การเตรียมก๊าซฟอสฟีน จากเม็ดฟอสฟีนในรูป tablet

4. การทดสอบความต้านทานสารรมฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

4.1 ขั้นตอนก่อนการทดสอบการรม คำนวณความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบ และเตรียมแมลงที่ใช้ในการทดสอบการรม ใส่แมลงลงในกระปุกพลาสติกขนาดเล็กมีฝาปิด โดยเจาะรูฝาปิดด้วยเข็มเพื่อให้อากาศสามารถผ่านเข้าออกได้ โดยใส่กระปุกละ 50 ตัว ทำเป็น 2 ซ้ำ ในการทดสอบทุกครั้งจะมีสายพันธุ์อ่อนแอเป็นหน่วยทดลองเปรียบเทียบทุกครั้ง

4.2 ขั้นตอนในการทดสอบการรม ดูดก๊าซฟอสฟีนที่ได้เตรียมไว้แล้ว โดยใช้ปริมาณของก๊าซตามที่คำนวณได้ ระยะเวลาในการทดสอบ 20 ชั่วโมง

4.3 ขั้นตอนหลังการทดสอบการรม

หลังสิ้นสุดการรมให้เปิดฝา desiccator ออก และปล่อยให้มีการระบายอากาศ หลังจากนั้นให้ย้ายกระปุกที่ใส่แมลงออกมา และใส่อาหารลงไปเล็กน้อย นำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง การวัดอัตราการตายให้ทำการตรวจสอบหลังเสร็จสิ้นการรม 14 วัน

4.4 การตรวจสอบความต้านทาน ใช้ค่าความเข้มข้นที่เรียกว่า discriminating dose ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่สามารถฆ่าแมลงพันธุ์อ่อนแอได้ ส่วนแมลงพันธุ์ที่ต้านทานจะรอดชีวิตที่ความเข้มข้นนี้ ณ ความเข้มข้นนี้สามารถใช้ในการทดสอบความต้านทานอย่างรวดเร็วได้ discriminating dose และระยะเวลาที่ใช้ในการรมสำหรับมอดแป้ง discriminating dose ที่ 20 ชั่วโมง คือ 0.04 (mg/L)

การทดลองที่ 5.2 การตรวจสอบความต้านทานของมอดหนวดยาว (*Cryptolestes pusillus* (Schonherr)) ต่อสารรมฟอสฟีนในประเทศไทย

ดำเนินการทดสอบความต้านทานตามกรรมวิธีของ FAO (Method No.16) ดังนี้ คือ

- ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมอดหนวดยาว เช่นเดียวกับมอดแป้ง จากนั้นนำกลับมาเลี้ยงเพิ่มปริมาณเช่นเดียวกัน สำหรับอาหารของเลี้ยงมอดหนวดยาว ใช้ข้าวโอ๊ตจำนวน 50 กรัม ผสมยีสต์ (yeast extract) 1 ช้อนชา หลัง 2 สัปดาห์ นำตัวเต็มวัยทั้งหมดออกจากอาหารที่เลี้ยง การเริ่มต้นการทดลองจะกระทำต่อเมื่อมีแมลงตัวเต็มวัยชุดใหม่ออกมา

- ทำการเตรียมก๊าซและการทดสอบ ทำเช่นเดียวกัน

- การตรวจสอบความต้านทาน ทำเช่นเดียวกัน สำหรับ discriminating dose และระยะเวลาที่ใช้ในการรมสำหรับมอดหนวดยาว discriminating dose ที่ 20 ชั่วโมง คือ 0.06 (mg/L)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลองที่ 1.1 การใช้สารรมฟอสฟีนในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพไซโล

1. การหาวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมสำหรับการรมในสภาพไซโล

การรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในไซโลขนาด 3,800 ตันด้วยฟอสฟีนอัตรา 3 เม็ด(tablets)/ลบ.ม. นาน 7 วัน ตามกรรมวิธีต่างๆ เพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง และมอดหนวดยาว ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่มีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซและมีระบบหมุนเวียนอากาศเป็นวิธีการที่ดีที่สุด เนื่องจากสามารถกำจัดด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งได้ทุกระยะการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะสามารถกำจัดด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งได้ แต่ไม่สามารถกำจัดมอดหนวดยาวได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยกำจัดได้เพียงระยะตัวเต็มวัยของมอดหนวดยาวเท่านั้น ไม่สามารถกำจัดระยะไข่ หนอน และดักแด้ได้ ส่วนกรรมวิธีอื่นๆ ไม่สามารถกำจัดแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต และผลการตรวจสอบแมลงที่ได้จากการสุ่มข้าวโพดหลังการรม พบมอดหนวดยาวรอดชีวิตรอดชีวิตในทุกกรรมวิธี

2. การหาอัตราและระยะเวลาที่เหมาะสมในการรมเพื่อกำจัดมอดหนวดยาว

ทำการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในไซโลขนาด 3,800 ตัน ด้วยฟอสฟีนอัตรา 4 และ 5 เม็ด(tablets)/ลบ.ม. นาน 7 และ 10 วัน โดยมีระบบหมุนเวียนอากาศและมีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ เพื่อกำจัดมอดหนวดยาว พบว่าการใช้ฟอสฟีนทุกอัตราและทุกระยะเวลามีประสิทธิภาพในการกำจัดมอดหนวดยาวที่ใช้ทดลองได้ทุกระยะการเจริญเติบโต แต่ผลการตรวจสอบแมลงที่ได้จากการสุ่มข้าวโพดหลังการรม พบมอดหนวดยาวรอดชีวิตในทุกกรรมวิธี ทั้งนี้เนื่องจากการวางแมลงทดสอบวางที่ด้านบนของไซโล ซึ่งเป็นจุดที่วางเม็ดฟอสฟีน ซึ่งมีเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนด้านบนสูงมาก จึงทำให้สามารถกำจัดมอดหนวดยาวได้ แต่การสุ่มตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะสุ่มจากทั้งด้านบนและด้านล่างของไซโล ซึ่งมอดหนวดยาวที่รอดชีวิตพบจากตัวอย่างที่สุ่มด้านล่างของไซโล

การทดลองที่ 1.2 การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

การรมมอดหัวป้อม ด้วยก๊าซฟอสฟีนอัตรา 100-650 ppm (0.12-0.78 mg/l) ที่ระยะเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน ผลการทดลองพบว่า การรมที่ระยะเวลา 1 วัน และ 3 วัน ที่ระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ 650 ppm ไม่สามารถกำจัดมอดหัวป้อมได้ทุกระยะการเจริญเติบโต การรมที่ระยะเวลา 5 และ 7 วัน สามารถกำจัดมอดหัวป้อมได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยใช้ระดับความเข้มข้น 450 และ 300 ppm ตามลำดับ

การรมด้วงงวงข้าวโพด ด้วยก๊าซฟอสฟีนอัตรา 50-600 ppm (0.06-0.72 mg/l) ที่ระยะเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน ผลการทดลองพบว่า การรมที่ระยะเวลา 1 วัน ระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ 600 ppm ไม่สามารถ

กำจัดด้วงงวงข้าวโพดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต การรมที่ระยะเวลา 3, 5 และ 7 วันสามารถกำจัดด้วงงวงข้าวโพดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยใช้ระดับความเข้มข้น 450, 200 และ 50 ppm ตามลำดับ

การรมมอดฟันเลื่อย ด้วยก๊าซฟอสฟีนอัตรา 50-600 ppm (0.06-0.72 mg/l) ที่ระยะเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน ผลการทดลองพบว่า การรมที่ระยะเวลา 1 วัน ระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ 600 ppm ไม่สามารถกำจัดมอดฟันเลื่อยได้ทุกระยะการเจริญเติบโต การรมที่ระยะเวลา 3, 5 และ 7 วันสามารถกำจัดมอดฟันเลื่อยได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยใช้ระดับความเข้มข้น 250, 250 และ 100 ppm ตามลำดับ

การรมมอดแป้ง ด้วยก๊าซฟอสฟีนอัตรา 25-500 ppm (0.03-0.60 mg/l) ที่ระยะเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน ผลการทดลองพบว่า การรมที่ระยะเวลา 1 วัน ระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ 500 ppm ไม่สามารถกำจัดระยะมอดแป้งได้ทุกระยะการเจริญเติบโต การรมที่ระยะเวลา 3, 5 และ 7 วัน สามารถกำจัดมอดแป้งได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยใช้ระดับความเข้มข้น 350, 75 และ 50 ppm ตามลำดับ

การรมมอดยาสูบ ก๊าซฟอสฟีนอัตรา 25-300 ppm (0.03-0.36 mg/l) ที่ระยะเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน ผลการทดลองพบว่า การรมที่ระยะเวลา 1 และ 3 วัน ระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ 300 ppm ไม่สามารถกำจัดมอดยาสูบได้ทุกระยะการเจริญเติบโต การรมที่ระยะเวลา 5 และ 7 วัน สามารถกำจัดมอดยาสูบได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยใช้ระดับความเข้มข้น 100 และ 75 ppm ตามลำดับ

จากผลการทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการรม ถ้าเวลาในการรมสั้น เช่น 1 และ 3 วัน ความเข้มข้นของฟอสฟีนที่สามารถฆ่าระยะไข่และดักแด้จะสูงกว่าระยะหนอนและตัวเต็มวัยมาก จะเห็นได้ว่าในแมลงชนิดเดียวกันแต่ระยะการเจริญเติบโตต่างกันจะมีความทนทานต่อก๊าซฟอสฟีนได้ไม่เท่ากัน โดยระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อก๊าซฟอสฟีนมากที่สุด ได้แก่ ไข่ และดักแด้ ความทนทานของแมลงต่อฟอสฟีนเกี่ยวข้องกับอัตราการหายใจเพราะเป็นตัวควบคุมปริมาณฟอสฟีนที่เข้าสู่ร่างกายและทำให้เกิดความเป็นพิษขึ้น นอกจากนี้พบว่าแมลงแต่ละชนิดมีความทนทานต่อก๊าซฟอสฟีนได้ไม่เท่ากัน โดยมอดหัวป้อมมีความทนทานต่อก๊าซฟอสฟีนมากที่สุด เพราะต้องใช้ความเข้มข้นสูงที่สุดในการทำให้แมลงตายทุกระยะการเจริญเติบโต ส่วนแมลงชนิดอื่นๆ มีความทนทานต่อฟอสฟีนไม่แตกต่างกันมากนัก

การทดลองที่ 1.3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารรมฟอสฟีนภายใต้ผ้าพลาสติกชนิดต่างๆ ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

ผลการทดลองพบว่าการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วย aluminium phosphide อัตรา 3 เม็ด (tablets)/ลบ.ม. ระยะเวลา 7 วัน ภายใต้ผ้าพลาสติกทุกชนิด มีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง ที่ใช้ทดสอบได้ทุกระยะการเจริญเติบโต เมื่อครบ 6 สัปดาห์นำแมลงทั้ง 2 ชนิดมาตรวจเช็คอีกครั้งเพื่อหา hidden infestation ไม่พบแมลงรอดชีวิต และผลการตรวจสอบชนิดและปริมาณการเข้าทำลายของแมลงศัตรูจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่มมา ก่อนการรมพบแมลงที่เข้าทำลายข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหนวดยาว ผีเสื้อข้าวสาร และเหาหนังสือ หลังเสร็จสิ้นการรมตรวจสอบการรอดชีวิตของแมลงจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่มมาไม่พบแมลงรอดชีวิต

การทดลองที่ 1.4 การป้องกันกำจัดด้วงกาแฟ (*Araecerus fasciculatus*) ในสภาพโรงเก็บด้วยวิธีผสมผสาน

การทดสอบประสิทธิภาพกับดักแสงไฟในการดักจับแมลงศัตรูกาแฟในโรงเก็บ ณ โรงเก็บกาแฟ จังหวดสมุทรปราการ พบมอดยาสูบเป็นแมลงที่ติดกับดักแสงไฟมากที่สุด โดยพบปริมาณสูงสุด 89.77 ตัวต่อกับดัก ในสัปดาห์ที่ 30 จากนั้นปริมาณก็ค่อยๆ ลดลง แมลงชนิดที่พบมากรองลงมาคือ มอดหนวดยาว โดยพบปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 26 จำนวน 53.75 ตัวต่อกับดัก ส่วนด้วงกาแฟและมอดแป้งพบติดกับดักในปริมาณที่น้อยมาก โดยด้วงกาแฟพบมากที่สุด 0.25 ตัวต่อกับดัก เพียง 2 ครั้ง

จำนวนแมลงที่ได้จากการสุ่มกาแฟจำนวน 250 กรัม 4 จุด จากโรงเก็บกาแฟที่ติดกับดักแสงไฟ และไม่ติดกับดักแสงไฟโดยสุ่มทุก 2 สัปดาห์ พบแมลง 4 ชนิด ได้แก่ มอดยาสูบ มอดหนวดยาวมอดแป้ง และเหาหนังสือ โดยพบในปริมาณน้อยไม่แตกต่างกัน ส่วนด้วงกาแฟพบ 0.25 ตัวต่อตัวอย่าง 1 ครั้ง ในโรงเก็บที่ไม่ติดกับดักแสงไฟ แมลงที่พบในกับดักแสงไฟ และจากการสุ่มตัวอย่าง มีเพียง 2 ชนิดที่เข้าทำลายสารกาแฟ ซึ่งก็คือด้วงกาแฟ และมอดยาสูบ ซึ่งผลจากการศึกษาประสิทธิภาพกับดักแสงไฟดังกล่าวไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมลงที่ได้จากกับดักแสงไฟกับแมลงที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง จึงไม่สามารถใช้กับดักแสงไฟในการพยากรณ์การระบาดของแมลงศัตรูได้จากการทดลองครั้งนี้

การจัดการแมลงศัตรูกาแฟหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีผสมผสาน

ใช้กับดักแสงไฟร่วมกับการสุ่มตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์เพื่อตรวจนับปริมาณแมลงถ้าพบการเข้าทำลายของด้วงกาแฟมากกว่า 1 ตัวต่อกาแฟ 250 กรัมต้องทำการรมด้วยสารรมฟอสฟีนอัตรา 1 tablet ต่อกาแฟ 1 ตัน ทำการทดลอง ณ โรงเก็บกาแฟศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร พบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 1-11 พบการระบาดของแมลงศัตรูกาแฟน้อยมาก จากนั้นประชากรของด้วงกาแฟที่ดักจับได้เริ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และสูงสุดในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลองพบ 169 ตัวต่อกับดัก ขณะเดียวกันก็พบมอดยาสูบในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับด้วงกาแฟ ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนแมลงที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างสารกาแฟ พบว่าโกดังที่ติดกับดักแสงไฟพบด้วงกาแฟจากตัวอย่างขนาด 250 กรัม สูงสุดเพียง 7.2 ตัวต่อตัวอย่างในสัปดาห์ที่ 20 ของการเก็บรักษา ขณะที่โกดังที่ไม่ติดตั้งกับดักแสงไฟพบด้วงกาแฟสูงสุด 241 ตัวต่อตัวอย่างในสัปดาห์ที่ 24 ส่วนมอดยาสูบพบเพียงเล็กน้อยทั้ง 2 กรรมวิธี โดยพบปริมาณสูงสุดเพียง 1 ตัวต่อตัวอย่าง แสดงว่าแมลงทั้ง 2 ชนิดมีการแข่งขันกันในธรรมชาติ ซึ่งในการทดลองกรรมวิธีผสมผสานได้ทำการรมกาแฟด้วยสารรมฟอสฟีน 2 ครั้ง เมื่อพบด้วงกาแฟมากกว่า 1 ตัวต่อตัวอย่าง และรมอีกครั้งหลังรมครั้งแรก 2 เดือน โดยตรวจนับความเสียหายของสารกาแฟในทั้ง 2 กรรมวิธีในเดือนที่ 5-8 ของการเก็บรักษา พบว่าน้ำหนักสารกาแฟ 500 เมล็ดของกรรมวิธีแบบผสมผสานสูงกว่ากรรมวิธีเปรียบเทียบในทุกเดือน และเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียในกรรมวิธีเปรียบเทียบสูงถึง 20.8 % ในเดือนที่ 8 ส่วนกรรมวิธีผสมผสานพบเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียสูงสุดเพียง 1% กาแฟในกรรมวิธีแบบผสมผสานเมื่อคัดเมล็ดเสียจากการเข้าทำลายของแมลงออกพบว่าได้ปริมาณเมล็ดดีสูงถึง 99% ส่วนกรรมวิธีควบคุมได้เมล็ดดีไม่ถึง 80% ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายในการป้องกันกำจัดสำหรับกรรมวิธีแบบผสมผสานระยะเวลาเก็บ 8 เดือน เสียค่าไฟฟ้าสำหรับกับดัก 250.48 บาท ค่าใช้จ่ายในการรมฟอสฟีนรม 2 ครั้ง เท่ากับ 20 บาทต่อตัน

การทดลองที่ 1.5 การใช้สารรมเมทิลโบรไมด์ในการกำจัดเพลี้ยไฟและแมลงหวี่ขาวในผักสดส่งออก

การทดสอบประสิทธิภาพของสารรมเมทิลโบรไมด์ที่ความเข้มข้น 18, 20, 22 และ 24 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาทีกับแมลงศัตรูพืชกักกัน 2 ชนิด คือ เพลี้ยไฟฝ้าย (ระยะไข่ ระยะตัวอ่อน และระยะตัวเต็มวัย) และแมลงหวี่ขาวยาสูบ (ระยะตัวอ่อน)

การทดลองในระยะไข่ของเพลี้ยไฟฝ้าย พบว่าสารรมเมทิลโบรไมด์ทุกความเข้มข้นสามารถพบตัวอ่อนเพลี้ยไฟฝ้ายฟักออกมาได้ และตัวอ่อนเพลี้ยไฟฝ้ายที่ฟักออกมาสามารถพัฒนาไปได้ถึงระยะดักแด้จึงจะตาย และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 24, 26, 28 และ 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที พบว่าที่ความเข้มข้นที่ 24, 26 และ 28 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม่สามารถกำจัดไข่ที่มีอายุ 0-2 วันของเพลี้ยไฟฝ้ายได้โดยพบว่ามีตัวอ่อนเพลี้ยไฟฝ้ายฟักออกมาจากไข่ได้ และตัวอ่อนที่ฟักออกมาก็สามารถพัฒนาเป็นไปได้ถึงระยะดักแด้เช่นเดียวกัน ในขณะที่สารรมเมทิลโบรไมด์ความเข้มข้นที่ 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที พบว่าสามารถกำจัดไข่เพลี้ยไฟฝ้ายที่มีอายุ 0-2 วันได้ทั้งหมด

ขณะที่ระยะตัวอ่อนของเพลี้ยไฟฝ้ายเมื่อทดสอบกับสารรมเมทิลโบรไมด์ที่ความเข้มข้น 18, 20, 22 และ 24 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที ไม่พบเพลี้ยไฟฝ้ายระยะตัวอ่อนรอดชีวิตในชั่วโมงที่ 5 การรมในทุกความเข้มข้นแสดงว่าสามารถกำจัดเพลี้ยไฟฝ้ายระยะตัวอ่อนได้ทั้งหมด

สำหรับเพลี้ยไฟฝ้ายระยะตัวเต็มวัยที่ทดสอบกับสารรมเมทิลโบรไมด์ที่ความเข้มข้น 18, 20, 22 และ 24 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที ในชั่วโมงที่ 5 หลังจากการทดลองพบว่าผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกับเพลี้ยไฟฝ้ายระยะตัวอ่อนคือ ไม่พบการรอดชีวิต

สำหรับผลการทดลองประสิทธิภาพของสารรมเมทิลโบรไมด์กับตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบพบว่าทุกความเข้มข้นของเมทิลโบรไมด์ คือ ความเข้มข้น 18, 20, 22 และ 24 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาทีไม่สามารถกำจัดตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบได้

การทดลองที่ 1.6 การใช้สารรมเมทิลโบรไมด์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในพริกสดส่งออก

จากการรมไข่ หนอนวัย 1, 2 และ 3 ของแมลงวันผลไม้พริกด้วยเมทิลโบรไมด์อัตรา 0, 24, 28, 30, 32 mg/l นาน 120 นาที ในห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองพบว่าไข่ของแมลงวันผลไม้พริกสามารถพัฒนาและฟักเป็นหนอนได้ 100, 86.7, 80.0, 73.4 และ 46.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยที่ 24 ชั่วโมงยังไม่มีไข่ฟัก ไข่จะฟักจำนวนมากเมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง ไข่จะฟักเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ที่ 120 และ 144 ชั่วโมง จะไม่พบการฟักของไข่ ส่วนอัตราการตายรวมของหนอนแมลงวันผลไม้หลังเสร็จสิ้นการรม 48 ชั่วโมงมีดังนี้ **หนอนวัย 1** 16.6, 77.2, 88.6, 92.3 และ 97.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ **หนอนวัย 2** 26.6, 73.3, 86.6, 83.3 และ 93.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ **หนอนวัย 3** 14.3, 68.2, 74.9, 79.5 และ 88.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเมื่อเช็คอัตราการตายหลังเสร็จสิ้นการรม 3 ชม. พบว่าหนอนของแมลงวันผลไม้ทั้ง 3 วัย ตายเพียง 10-30%

การทดลองที่ 1.7 การใช้สารรมอีโคฟูม (ECO_2 FUME) ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

1. การรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยสารรม ECO_2FUME

1.1 การรม ECO_2FUME อัตรา 25 กรัม/ลบ.ม. (ระดับความเข้มข้นที่กำหนด 350 ppm)

โดยจะทำการวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่ 1, 18, 24, 42, 48, 66, 72, 90, 96 และ 144 ชั่วโมง

การรมระยะเวลา 3 วัน วัดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนได้ 677, 302, 741, 420, 1,131 และ 553 ppm ตามลำดับ **การรมระยะเวลา 4 วัน** วัดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนได้ 682, 318, 677, 387, 1,521, 921, 917 และ 716 ppm ตามลำดับ **การรมระยะเวลา 5 วัน** วัดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนได้ 527, 282, 814, 380, 1,426, 598, 584, 432, 700 และ 398 ppm ตามลำดับ การเติม ECO_2FUME ที่การรมระยะเวลา 3 และ 4 วัน เติมจำนวน 2 ครั้ง ส่วนการรมที่ระยะเวลา 5 วัน เติม 3 ครั้ง

1.2 การรม ECO_2FUME อัตรา 50 กรัม/ลบ.ม. (ระดับความเข้มข้นที่กำหนด 700 ppm)

โดยจะทำการวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่ 1, 18, 24, 42, 48, 66, 72, และ 90 ชั่วโมง

การรมระยะเวลา 2 วัน วัดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนได้ 1,842, 764, 1,770 และ 847 ppm ตามลำดับ **การรมระยะเวลา 3 วัน** วัดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนได้ 995, 466, 1,398, 678, 1,880 และ 922 ppm ตามลำดับ **การรมระยะเวลา 4 วัน** วัดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนได้ 1,109, 593, 1,573, 872, 1,754, 990, 985 และ 794 ppm ตามลำดับ การเติม ECO_2FUME ที่การรมระยะเวลา 2 เติมจำนวน 1 ครั้ง ส่วนการรมที่ระยะเวลา 3 และ 4วัน เติม 2 ครั้ง

1.3 การรม ECO_2FUME อัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (ระดับความเข้มข้นที่กำหนด 1,000 ppm)

โดยจะทำการวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่ 1, 18, 24, 42, 48 และ 66 ชั่วโมง

การรมระยะเวลา 1 วัน วัดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนได้ 2,000 และ 1,118 ppm ตามลำดับ **การรมระยะเวลา 2 วัน** วัดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนได้ 1,968, 1,132, 1,128 และ 1,182 ppm ตามลำดับ **การรมระยะเวลา 3 วัน** วัดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนได้ 2,000, 1,071, 1,060, 1,298, 1,254 และ 1,093 ppm ตามลำดับ การเติม ECO_2FUME ที่การรมระยะเวลา 1 วัน ไม่มีการเติม ส่วนการรมที่ระยะเวลา 2 และ 3 วัน เติม 1 ครั้ง

2. ประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทดสอบ

ผลการทดลองพบว่าการรมด้วยสารรม ECO_2FUME อัตรา 25 กรัม/ลบ.ม. (350 ppm) ระยะเวลา 3, 4 และ 5 วัน อัตรา 50 กรัม/ลบ.ม. (700 ppm) ระยะเวลา 2, 3 และ 4 วัน และอัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (1,000 ppm) ระยะเวลา 1, 2 และ 3 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ทุกระยะการเจริญเติบโต เมื่อครบ 6 สัปดาห์นำแมลงทั้ง 2 ชนิดมาตรวจเช็คอีกครั้งเพื่อหา hidden infestation พบว่าการรมทุกอัตราและทุกระยะเวลาไม่มีแมลงรอดชีวิต

3. ประสิทธิภาพการกำจัดแมลงจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่ม

ก่อนการรมตรวจสอบชนิดและปริมาณการเข้าทำลายของแมลงศัตรูจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่มมา แมลงศัตรูที่พบเข้าทำลายข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหนวดยาว ผีเสื้อ

ข้าวสาร และเหาหนังสือ หลังเสร็จสิ้นการรมตรวจสอบการรอดชีวิตของแมลงจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่มมาพบว่าการรมทุกอัตราและทุกระยะเวลาไม่มีแมลงรอดชีวิต

การทดลองที่ 1.8 การใช้สารรมอีโคฟูม (ECO_2 FUME) ในการกำจัดเพลี้ยไฟ (*Thrips palmi*) ในกล้วยไม้เพื่อการส่งออก

จากการทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาอัตราที่เหมาะสมของสารรมอีโคฟูมในการกำจัดเพลี้ยไฟฝ้าย พบว่าไม่มีเพลี้ยไฟฝ้ายระยะตัวอ่อนและระยะตัวเต็มวัยรอดชีวิต ตั้งแต่ การใช้สารรมอีโคฟูมอัตรา 500 ppm นาน 72 ชั่วโมง ไปจนถึงอัตราสูงที่สุดคือ การใช้สารรมอีโคฟูมอัตรา 2000 ppm นาน 72 ชั่วโมง แต่ในระยะไข่กลับพบว่าไข่สามารถฟักออกมาเป็นตัวอ่อนระยะที่ 1 ได้ในทุกกรรมวิธี ยกเว้น อัตรา 2000 ppm นาน 48 และ 72 ชั่วโมง จึงได้ทำการวางแผนการทดลองโดยการเพิ่มอัตราเพื่อหาอัตราที่สามารถกำจัดระยะไข่ของเพลี้ยไฟฝ้ายได้ ซึ่งจากการทดสอบประสิทธิภาพของสารรมอีโคฟูม ที่ความอัตรา 2000, 2500 ppm นาน 24 ชั่วโมง และ การรมด้วยอีโคฟูม อัตรา 1500 ppm นาน 48 ชั่วโมง พบว่าในทุกอัตรา สามารถพบตัวอ่อนเพลี้ยไฟฝ้ายฟักออกมาจากไข่ได้ 10.1, 4.3 และ 2.1 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเพียงการรมด้วยสารรมอีโคฟูม ที่อัตรา 2000 ppm นาน 48 ชั่วโมงเท่านั้นที่ระยะไข่ไม่สามารถฟักออกมาเป็นระยะตัวอ่อนระยะที่ 1 ได้ ในขณะที่การรมเพลี้ยไฟฝ้ายด้วยสารรมอีโคฟูมทุกอัตราที่ได้ทำการทดลองไม่พบการรอดชีวิตของเพลี้ยไฟฝ้ายระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยในทุกกรรมวิธี

การทดลองที่ 2.1 การเก็บรักษาแตนเบียนผีเสื้อข้าวสาร (*Bracon hebetor* Say)ให้คงประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

ระดับอุณหภูมิที่มีผลต่อการฟักตัวของดักแด้ของแตนเบียนผีเสื้อข้าวสาร และประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณประชากรแตนเบียนในสภาพห้องปฏิบัติการ

หลังจากนำดักแด้แตนเบียนผีเสื้อข้าวสารเก็บที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 และ 20 ℃ เป็นเวลา 7, 14, 21 และ 30 วัน มาฟักเป็นตัวเต็มวัย พบว่าดักแด้ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 ℃ นาน 7 วัน มีปริมาณการฟัก 81.19% มีอัตราเพิ่มของรุ่นลูก 0.29 เท่า และประสิทธิภาพในการเพิ่ม 12.95 % ดักแด้ที่เก็บนาน 14 วัน มีปริมาณการฟักสูงสุด 92.54% มีอัตราเพิ่มของรุ่นลูก เฉลี่ย 0.31 ประสิทธิภาพในการเพิ่ม 13.83 % เมื่อเก็บดักแด้ ที่ 5℃ เป็นเวลา 21 วัน การเกิดเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 63.34 % มีอัตราเพิ่มเฉลี่ยเท่ากับ 0 คือหลังเก็บดักแด้ใส่ตู้ที่อุณหภูมิดังกล่าวหลังนำออกจากตู้มีตัวเต็มวัยแตนเบียนเกิด แต่เมื่อนำเพศเมียที่ผสมแล้วไปให้เบียนหนอนพบว่าไม่มีประสิทธิภาพในการเบียน ลูกรุ่น F1 ไม่เกิด หลังจากเก็บดักแด้ ที่ 5℃ เป็นเวลา 30 วันพบการเกิดเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 18.32 % แต่เป็นเพศผู้หมด

หลังการเก็บดักแด้แตนเบียนผีเสื้อข้าวสารที่อุณหภูมิ 10 ℃ ระยะเวลา 7 วันมีการเกิดเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 88.09 % อัตราเพิ่มของแตนเบียนเฉลี่ย 2.21 เท่า ประสิทธิภาพในการเพิ่ม 98.66% การเก็บนาน 14 วันการเกิดเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 52.12 % อัตราเพิ่มของแตนเบียนเฉลี่ย 1.18 ประสิทธิภาพในการเพิ่ม

52.67% เก็บนาน 21 และ 30 วันการเกิดเป็นตัวเต็มวัย 32.62 % และ 10.34 % ตามลำดับ อัตราเพิ่มของแตนเบียนเฉลี่ย 0.75 และ 0 ตามลำดับ

เก็บดักแด้แตนเบียนผีเสื้อข้าวสารที่อุณหภูมิ 15 ℃ ระยะเวลาเก็บ 7 วัน พบว่าการเกิดเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 80.42 % อัตราเพิ่มของแตนเบียนเฉลี่ย 1.24 ประสิทธิภาพในการเพิ่ม 96.12% เก็บนาน 14 วัน พบว่าการเกิดเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 84.59 % อัตราเพิ่มของแตนเบียนเฉลี่ย 0.28 ประสิทธิภาพในการเพิ่ม 32.55 % เก็บนาน 21 วัน พบว่าเกิดเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 83.91 % อัตราเพิ่มของแตนเบียนเฉลี่ย0.28 ประสิทธิภาพในการเพิ่ม 45.16 % เก็บนาน 30 วัน พบว่าเกิดเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 75.71 % อัตราเพิ่มของแตนเบียนเฉลี่ย 0.14 ประสิทธิภาพในการเพิ่ม 12.98 %

การเก็บดักแด้แตนเบียนผีเสื้อข้าวสารที่อุณหภูมิ 20 ℃ เป็นเวลา 7 วัน พบว่าเกิดเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 94.32 % แตนเบียนออกเป็นตัวเต็มวัยในระหว่างการเก็บ อัตราเพิ่มของแตนเบียนเฉลี่ย 1.19 ประสิทธิภาพในการเพิ่ม 50.42 % ที่ระยะเวลาการเก็บ 14 วันพบว่าเกิดเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 98.39 % อัตราเพิ่มของแตนเบียนเฉลี่ย 1.007 ประสิทธิภาพในการเพิ่ม 42.26 % เก็บดักแด้แตนเบียนไว้ 21 และ 30 วัน แตนเบียนเหล่านี้เกิดเป็นตัวก่อนที่จะนำออกมาจากตู้ที่เวลา 15 วัน เมื่อเก็บครบ 21 วัน ทำให้แตนเบียนตายในตู้บ้างและแตนเบียนที่เหลือหลังออกจากตู้อ่อนแอเกินกว่าจะสามารถผลิตรุ่นลูก ดังนั้นไม่ควรเก็บแตนเบียนที่ 20 ℃ ระยะเวลา 21 และ 30 วันไม่มีประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพในการทำลายแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพโรงเก็บ

คัดเลือกดักแด้แตนเบียนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ℃ ระยะเวลา 7 วัน และ 15 ℃ ระยะเวลา 7 วัน มาใช้ในการทดลอง พบว่าปล่อยแตนเบียนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ℃ ระยะเวลา 7 วันจำนวน 2,000 ตัวให้เบียน 7 วันในสภาพโรงเก็บ ตรวจนับหนอนผีเสื้อข้าวสารที่ตายพบว่าทำให้หนอนตายเฉลี่ย 39.82 % เทียบกับการปล่อย แตนเบียนที่ได้จากดักแด้ในอุณหภูมิปกติ (30 ℃) แตนเบียนทำให้หนอนตายเฉลี่ย 57.44 % ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (T –Test ,t = 0.09 ns) ประสิทธิภาพการเบียนลดลง 17.62 %

ปล่อยแตนเบียนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 ℃ ระยะเวลา 7 วันจำนวน 2,000 ตัวให้เบียน 7 วันในสภาพโรงสี ตรวจนับหนอนผีเสื้อข้าวสารที่ตายพบว่าทำให้หนอนตายเฉลี่ย 46.33% เทียบกับการปล่อย แตนเบียนที่ได้จากดักแด้ในอุณหภูมิปกติทำให้หนอนตายเฉลี่ย 61.96% ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ประสิทธิภาพการเบียนลดลง 14.63 %

การประเมินประสิทธิภาพของแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารในสภาพโรงเก็บ

ปล่อยแตนเบียนผีเสื้อข้าวสาร 2,000 ตัวในโรงเก็บข้าวสาร ทุกๆ 15 วันจำนวน 6 ครั้ง พบว่า ปริมาณหนอนผีเสื้อข้าวสาร เริ่มมีแนวโน้มลดลงหลังการปล่อยครั้งที่ 5 มีหนอนผีเสื้อข้าวสารเหลือเฉลี่ย 0.4 ตัว หนอนตายเฉลี่ย 3.2 ตัว หลังปล่อยครั้งที่ 6 จำนวนหนอนผีเสื้อข้าวสารเหลือเฉลี่ย 10 % ภายในระยะเวลา 3 เดือน แสดงให้เห็นประสิทธิภาพแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารในการป้องกันกำจัดหนอนผีเสื้อข้าวสารในการป้องกันกำจัดในสภาพโรงเก็บ

การทดลองที่ 2.2 การเก็บรักษาแตนเบียนมอด (*Anisopteromalus calandrae* (Howard)) ให้คงประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

การทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพห้องปฏิบัติการ

ค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงงวงข้าวโพดจากกล่องที่ปล่อยแตนเบียนมอดที่ได้จากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 92.7, 90.0, 147.3 และ 144.3 ตัว ส่วนค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงงวงข้าวโพดจากกล่องที่ปล่อยแตนเบียนมอดที่ไม่ได้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C ในกรรมวิธีควบคุม มีค่าเท่ากับ 30.3 ตัว แสดงว่า การเก็บรักษาแตนเบียนมอดที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ทำให้แตนเบียนมอดมีประสิทธิภาพลดลง

การทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพโรงเก็บ

ค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงงวงข้าวโพดจากถังที่ปล่อยแตนเบียนมอดที่ได้จากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 3.127, 3.226, 4.482 และ 6.965 ตัว ตามลำดับ แตกต่างกับค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงงวงข้าวโพดจากถังที่ปล่อยแตนเบียนมอดที่ไม่ได้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C ในกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.257 ตัว แสดงว่า การเก็บรักษาแตนเบียนมอดที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ก่อนการนำไปใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพโรงเก็บ จะทำให้แตนเบียนมอดมีประสิทธิภาพลดลงเช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาตามระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวสารขาวพบว่า ค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงงวงข้าวโพดจากถังที่ปล่อยแตนเบียนมอดที่ได้จากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 2.143, 2.809, 3.847 และ 6.447 ตัว ตามลำดับ จากตัวเลขที่สูงขึ้นในทุกเดือน และสูงที่สุดในเดือนที่ 4 แสดงว่ายิ่งเก็บนานแตนเบียนมอดจะมีความอ่อนแอและมีประสิทธิภาพในการเบียนด้วงงวงข้าวโพดลดลง

อย่างไรก็ดีหากมีความจำเป็นต้องเก็บรักษาแตนเบียนมอด เพื่อยืดอายุก่อนการนำไปใช้ในสภาพโรงเก็บ มีแนวโน้มที่จะสามารถเก็บรักษาไว้ได้เพียง 1 สัปดาห์เท่านั้น เนื่องจากภายหลังการเก็บรักษาแตนเบียนมอดจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรได้ไม่ดีเท่าที่ควร

การทดลองที่ 2.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการกินเหยื่อของมวนดำก้นลาย *Amphibolus venator* (Klug) (Reduviidae: Hemiptera)

1. การศึกษาวิธีการเพาะขยายพันธุ์มวนดำก้นลายโดยใช้มอดแป้งเป็นเหยื่อ

พบว่ามวนที่ได้รับดักแด้มอดแป้ง หนอนมอดแป้งอายุ 20-25 วัน และตัวเต็มวัยมอดแป้งเป็นอาหารใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 38.4, 39.0 และ 39.8 วัน ตามลำดับ ส่วนมวนที่ได้รับหนอนอายุ 7-10 วัน เป็นอาหารใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตนานที่สุด คือ 46.1 วัน ดังนั้นจึงเลือกหนอนมอดแป้งอายุ 20-25 วัน หรือหนอนที่อยู่ในวัย 4-5 มาเป็นอาหารในการเลี้ยงมวนต่อไป

การหาอัตราการเลี้ยงที่เหมาะสม พบว่าอัตราตัวเต็มวัยต่อกล่องเพื่อการผลิตไข่ โดยทำการจับคู่มวนที่อัตรา 1:1 พบว่า ค่าเฉลี่ยจำนวนไข่ต่อเพศเมีย 43.68 - 58.72 ฟองต่อเพศเมีย โดยมวนดำจำนวน 50 คู่ ให้ไข่จำนวนสูงสุด คือ 2,770 ฟอง

อัตราการเลี้ยงต่อกล่องที่เหมาะสม คือ ที่จำนวนเริ่มต้นเลี้ยง 100 ตัวต่อกล่อง ได้ตัวเต็มวัยจำนวน 90.0 ตัวต่อกล่อง และมีจำนวนตัวเต็มวัยที่ผิดปกติเพียง 4.0 ตัวต่อกล่อง

การหาอัตราการให้อาหารที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่ต้นทุนการผลิตมวนที่ต่ำที่สุด พบว่า การให้เหยื่อที่เหมาะสมคือการให้เหยื่อปริมาณ 2 กรัม ทุก 3 วันโดยได้ตัวเต็มวัย 90.0 ตัวต่อกล่อง

การหาต้นทุนการผลิตมวนดำก้นลาย การเลี้ยงมอดแป้งโดยใช้รำข้าว 50 กรัมต่อขวดต่อมอดแป้งตัวเต็มวัย 300 ตัว ปล่อยให้ตัวเต็มวัยไข่ 3 วัน ร่อนเอาตัวเต็มวัยออก ทิ้งไว้ 20-25 วัน จะได้มอดแป้งวัย 4-5 ปริมาณที่ได้เฉลี่ย 7 กรัมต่อขวด

มวนวัย 4 และตัวเต็มวัย ใช้เวลาในการเจริญเติบโต เท่ากับ 28.2 และ 39.0 วัน ซึ่งมวนวัย 4 จึงต้องให้อาหารทั้งหมด 10 ครั้ง ส่วนมวนตัวเต็มวัย ต้องให้อาหารทั้งหมด 13 ครั้ง

การคำนวณต้นทุนการผลิตมวนดำก้นลาย การผลิตมวนดำวัย 4 จำนวน 90 ตัว มีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 1.71 บาท ส่วนราคาต่อตัวอยู่ที่ 0.019 บาทต่อตัว ขณะที่การผลิตมวนตัวเต็มวัย จำนวน 90 ตัว มีต้นทุนอยู่ที่ราคา 2.23 บาท ส่วนราคาต่อตัวเท่ากับ 0.025 บาทต่อตัว

คำนวณระยะเวลาที่ใช้ในการผลิต ระยะเวลาในการผลิตเริ่มคิดตั้งแต่วันที่เลี้ยงมอดแป้งจนวันที่ได้มวนดำก้นลายวัยที่ต้องการ พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตมวนวัย 3 ประมาณ 51.2 ถึง 56.2 วัน ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตมวนตัวเต็มวัย ประมาณ 62.0 ถึง 67.0 วัน

2. การทดสอบประสิทธิภาพการกินเหยื่อของมวนดำก้นลาย

ทดสอบความสามารถของการกินมอดแป้งของมวนดำก้นลายวัยต่างๆ พบว่ามวนดำก้นลายวัย 4, 5 และตัวเต็มวัยเพศมีสามารถกินหนอนมอดแป้งวัย 4-5 ได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยสามารถกินได้วันละ 10.5-13.7 ตัวต่อวัน ซึ่งเป็นปริมาณการกินที่สูงกว่ามวนดำก้นลายวัยอื่นๆ มวนวัย 2, 3 และตัวเต็มวัยเพศผู้กินเหยื่อได้วันละ 5.2-5.3 ตัวต่อวัน

ผลของความหนาแน่นของเหยื่อต่อประสิทธิภาพการกินอาหารของมวนดำก้นลาย เมื่อให้เหยื่อในปริมาณที่แตกต่างกันตั้งแต่ 3-20 ตัวต่อมวนวัยต่างๆ จำนวน 1 ตัว ในพื้นที่กล่องที่เท่ากัน พบว่ายิ่งมีความหนาแน่นของเหยื่อมากมวนสามารถกินเหยื่อได้ปริมาณมากขึ้นด้วย เนื่องจากมวนสามารถค้นหาเหยื่อได้ง่าย

การทดสอบความสามารถในการกินเหยื่อชนิดต่างๆ ของมวนดำก้นลายตัวเต็มวัย การทดสอบแบบแยกชนิดเหยื่อ 4 ชนิด พบว่ามวนสามารถกินเหยื่อได้ทุกชนิด มอดหัวป้อมเป็นเหยื่อที่ถูกกินมากที่สุด เนื่องจากเป็นแมลงที่เคลื่อนไหวช้า ส่วนมอดฟันเลื่อยถูกกินน้อยที่สุดเนื่องจากตัวเล็กและเคลื่อนไหวรวดเร็ว ส่วนมอดแป้งและด้วงงวงข้าวโพดปริมาณการกินต่างกันเล็กน้อย

การทดสอบแบบรวมชนิดเหยื่อ 4 ชนิด ได้ผลการทดลองใกล้เคียงกับการแยกชนิดของเหยื่อ คือมวนเลือกกินมอดหัวป้อมมากที่สุด รองลงมาได้แก่มอดแป้ง และด้วงงวงข้าวโพด ส่วนมอดฟันเลื่อยจะถูกกินน้อยที่สุด แสดงว่ามวนดำก้นลายสามารถกินเหยื่อได้หลายชนิด และเลือกกินเหยื่อที่เคลื่อนไหวช้าจับกินได้ง่ายมากที่สุด

ทดสอบอัตราการปล่อยมวนดำก้นลายในการกำจัดเหยื่อในห้องปฏิบัติการ พบว่าการปล่อยมวนดำก้นลายจำนวน 3, 4 และ 5 คู่สามารถกำจัดมอดแป้ง 100 ตัวหมดภายใน 16, 15 และ13 วันตามลำดับ

ขณะที่การปล่อยมวนจำนวน 1 และ 2 คู่ ต้องใช้เวลา 33 และ 39 วันตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการปล่อยมวนในปริมาณ 1-3 คู่ใช้เวลาในการกำจัดมอดแป้ง 100 ตัวได้ดีกว่าการปล่อยมวน 1-2 คู่ ประมาณ 2 เท่าตัว

ทดสอบอัตราการปล่อยมวนดำก้นลายในการกำจัดเหยื่อในสภาพโรงเก็บจำลอง จากการปล่อยหนอนมอดแป้ง 500 ตัวในข้าวสาร 50 กิโลกรัม ในโรงเก็บสภาพปิด เมื่อปล่อยมวน 40 ตัว พบปริมาณมอดแป้งที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างลดลงอย่างรวดเร็ว ในสัปดาห์ที่ 8 ปริมาณมอดแป้งลดลงเหลือ 0.8±0.7 ตัวต่อข้าว 250 กรัม และลดลงเหลือ 0 ในสัปดาห์ที่ 10 ส่วนอัตราปล่อยที่ 30 ตัว พบปริมาณมอดแป้งที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างลดลงเช่นกัน และสามารถลดปริมาณมอดแป้งเหลือ 0.2±0.3 ตัวต่อข้าว 250 กรัม ในสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณมอดแป้งที่ตรวจพบในแต่ละสัปดาห์ พบว่าอัตราการปล่อยมวนดำก้นลายที่อัตรา 30 และ 40 ตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนอัตราปล่อย 10 และ 20 ตัว พบปริมาณมอดแป้งลดลงน้อยมาก เมื่อเวลาผ่านไป 12 สัปดาห์ ยังพบในปริมาณสูงถึง 24.2±4.9 และ 18.1±8.6 ตัวต่อข้าว 250 กรัมตามลำดับ

ทดสอบการใช้มวนดำก้นลายในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพโรงเก็บ การทดสอบปล่อยมวนดำก้นลายในสภาพโรงเก็บ โดยใช้ข้าวสาร 1 ตัน ปล่อยแมลง 4 ชนิด ได้แก่ มอดแป้ง ด้วงงวงข้าวโพด มอดฟันเลื่อย และมอดหัวป้อม ชนิดละ 1,000 ตัว จากนั้นปล่อยมวน 500 ตัวทุก 2 สัปดาห์ ในสภาพเปิด สุ่มตรวจนับปริมาณแมลงศัตรูทุก 2 สัปดาห์ การปล่อยมวนดำก้นลายในสภาพเปิดพบว่าการตรวจวัดประสิทธิภาพการเข้าทำลายเหยื่อของมวนทำได้ยาก เนื่องจากมวนดำก้นลายเมื่อเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยสามารถบินออกจากกองข้าวที่ใช้ทดลองเพื่อไปหาแหล่งอาหารใหม่ได้ ผลการตรวจนับแมลงศัตรูข้าวทั้ง 4 ชนิด ที่ได้จากการทดลองตั้งแต่สัปดาห์เริ่มต้น จนถึงสัปดาห์ที่ 6 จึงพบปริมาณแมลงรวมลดลงอย่างต่อเนื่องในปริมาณที่เล็กน้อย จากสัปดาห์แรก พบแมลง 8.0±3.7 ตัวต่อข้าว 250 กรัม ลดลงมาเหลือ 5.2±2.0 ตัวต่อข้าว 250 กรัม แม้ทำการปล่อยมวนดำก้นลายซ้ำทุก 2 สัปดาห์ก็ตาม ดังนั้นเพื่อการควบคุมที่ได้ผลดีและรวดเร็วความเพิ่มปริมาณมวนดำก้นลายที่ปล่อยให้มากขึ้น

การทดลองที่ 2.6 การจัดการเพลี้ยแป้งเงาะ (Ferrisia virgator) หลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้สารสกัดจากพืช
การทดสอบสารสกัดชนิดต่างๆกับเพลี้ยแป้งลาย

1.1 การทดสอบเพลี้ยแป้งลายกับสารสกัดจากพืชที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ (เอทานอล)

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจากพืช 8 กรรมวิธี ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการทดลอง 24 ชม. พบว่า เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยแป้งลายที่จุ่มในสารสกัดจากเปลือกมังคุดผสมกับสารสกัดจากใบยาสูบ และสารสกัดจากใบยาสูบ มีเปอร์เซ็นต์การตายสูงที่สุดคือ เท่ากับ 80.45 และ 79.53 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีอื่นมีเปอร์เซ็นต์การตาย 19.31-1.33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ 72 ชม. พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบ มีเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยแป้งลายสูงที่สุดคือ 93.52 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยสารสกัดจากเปลือกมังคุดผสมกับสารสกัดจากใบยาสูบ มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 82.87 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดจากใบยาสูบมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการกำจัดเพลี้ยแป้งลาย แต่เนื่องจากสารสกัดยาสูบต้องทำการละลายด้วยเอทานอล

ทำให้ขนและผิวเปลือกของเงาะมีสีเข้ม (ดำ) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำเปล่าหลังจากทดลอง 7 วัน

1.2 การทดสอบเพลี้ยแป้งลายกับสารสกัดจากพืชที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

การทดสอบเพลี้ยแป้งลายกับสารสกัดจากใบยาสูบ 2 พันธุ์ที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย พบว่า เปอร์เซ็นต์การตายหลังจากการทดลอง 72 ชม. ในสารสกัดใบยาสูบพันธุ์เบอรเลย์ ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที กับ สารสกัดใบยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียร์ ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที เท่ากับ 42.43 และ 44.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ส่วนผลของสารสกัดจากใบยาสูบผสม 2 พันธุ์ อัตราส่วน 1:1 ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที มีเปอร์เซ็นต์การตายมากที่สุดคือ 86.51 และ 93.89 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 45.86 และ 58.78 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการทดลอง 24 และ 72 ชม. ตามลำดับ

การตรวจสอบคุณภาพผลเงาะหลังจากจุ่มด้วยสารสกัดยาสูบผสม 2 พันธุ์ที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมื่อเก็บเงาะเป็นเวลา 7 วัน พบว่ามีค่าความสว่าง กับค่าสีเหลืองลดลงแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม และเมื่อเก็บไว้ที่ 14 วัน พบว่ามีค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง และค่าความแน่นเนื้อ (เปลือก) มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม แต่ค่าความหวาน ค่าความเป็นกรด วิตามินซี ความแน่นเนื้อ (เนื้อ) และการสูญเสียน้ำหนัก ไม่มีความแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม นั่นคือการจุ่มสารสกัดทำให้เปลือกเงาะเปลี่ยนเป็นสีดำเร็วมากกว่าการจุ่มผลเงาะด้วยน้ำเปล่าแต่คุณภาพภายในของผลเงาะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

การทดลองที่ 2.7 ประสิทธิภาพสารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และมอดหนวดยาว (*Cryptolestes pusillus*) ในโรงเก็บ

ประสิทธิภาพสารสกัดจากประยงค์ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดหนวดยาวในโรงเก็บ พบว่า โดยคลุกเมล็ดข้าวโพดด้วยสารสกัดจากประยงค์ที่ระดับความเข้มข้น 20, 25 และ 30 % พบด้วงงวงข้าวโพด 15.6, 27.9 และ 24.2 ตัว ตามลำดับ มากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่พบ 14.9 ตัว ส่วนในมอดหนวดยาวพบ 28, 30 และ 22 ตัว ตามลำดับ ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม ซึ่งพบ 30 ตัว แสดงว่า สารสกัดจากประยงค์ที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าว ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดหนวดยาวในโรงเก็บ

ประสิทธิภาพสารสกัดจากเลี่ยนในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดหนวดยาวในโรงเก็บ โดยคลุกด้วยสารสกัดจากเลี่ยนที่ระดับความเข้มข้น 20, 25 และ 30% พบด้วงงวงข้าวโพด 23.8, 20.3 และ 13.2 ตัว ตามลำดับ ซึ่งในกรรมวิธีควบคุมพบ 18.9 ตัว ส่วนในมอดหนวดยาวพบ 3, 5 และ 17 ตัว ตามลำดับ น้อยกว่าที่พบในกรรมวิธีควบคุม ซึ่งเท่ากับ 68 ตัว แสดงว่า สารสกัดจากเลี่ยนที่ระดับความเข้มข้น 20% เป็นต้นไปมีประสิทธิภาพในการควบคุมมอดหนวดยาวในโรงเก็บได้ดี ส่วนในด้วงงวงข้าวโพดควรใช้ที่เข้มข้น 30%

ประสิทธิภาพสารสกัดจากลางสาดในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดหนวดยาวในโรงเก็บ พบว่า ค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงงวงข้าวโพดที่พบในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ซึ่งคลุกด้วยสารสกัดจากลางสาดที่ระดับความ

เข้มข้น 20, 25 และ 30% คือ 7, 11.4 และ 20.3 ตัว ตามลำดับ มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงงวงข้าวโพดที่พบในกรรมวิธีควบคุม ซึ่งเท่ากับ 16.7 ตัว ส่วนในมอดหนวดยาวพบ 5, 5 และ 7 ตัว ตามลำดับ น้อยกว่าที่พบในกรรมวิธีควบคุมที่พบ15 ตัว แสดงว่า สารสกัดจากลางสาดมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดหนวดยาวในโรงเก็บได้

การคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดด้วยสารสกัดจากประยงค์และเลี่ยน ทำให้สีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเพียงเล็กน้อย แต่สีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่คลุกด้วยสารสกัดจากลางสาดไม่มีการเปลี่ยนแปลง และยังช่วยเพิ่มความเงางามให้กับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดอีกด้วย

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดโดยการทดสอบความงอก

ผลการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดโดยการทดสอบความงอก พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่คลุกด้วยสารสกัดจากประยงค์ เลี่ยน และลางสาดในทุกกรรมวิธี มีค่าอัตราการงอกของเมล็ดเท่ากับ 100 % แสดงว่า สารสกัดจากพืชทุกชนิดไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด

การทดลองที่ 2.8 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยลูกจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียว

1. สารสำคัญของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิง

สารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ ที่ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS พบสารสำคัญทั้งหมด 10 ชนิด โดยสาร sabinene, α-pinene และ Bicyclo (3.1.10heptane, 6,6-dimethyl-1-2methylene เป็นสารสำคัญที่พบมากที่สุด คือมี 38.74, 12.84 และ 10.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับสารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยข่าลิงมี 12 ชนิดโดยชนิดที่พบมากที่สุดคือ 1,8-cineole, β-pinene และ β-sesquiphellandrene (34.84, 14.77 และ 10.46 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ

2.การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดของผลจันทน์เทศและเหง้าข่าลิงในห้องปฏิบัติการ

2.1 ทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและข่าลิงในการเป็นการสัมผัสบนกระดาษกรอง

จากการทดลองการเป็นสารสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศต่อด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลือง พบว่าน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศที่ความเข้มข้น 2, 4, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ด้วงถั่วเขียวมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0, 2, 64.3 และ 77.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ด้วงถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 75.5, 95.7, 97.9 และ 100 เปอร์เซ็นต์หลังการทดลอง 72 ชั่วโมง โดยค่า LC_{50} ที่คำนวณได้พบว่า ค่า LC_{50} ของด้วงถั่วเขียวมีค่าเท่ากับ 4.6 มคล./ตร.ซม. และด้วงถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 1.2 มคล./ตร.ซม. จากค่า LC_{50} ที่คำนวณได้ทำให้ทราบว่าน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศมีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงถั่วเหลืองได้ดีกว่าด้วงถั่วเขียว

ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยข่าลิงต่อด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองพบว่าน้ำมันหอมระเหยข่าลิงที่ความเข้มข้น 2, 4, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ด้วงถั่วเขียวมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 20.2, 91.5, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับด้วงถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0, 4.9.3, 96.5 และ 100 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลอง 72 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาจากค่า LC_{50} ที่คำนวณได้พบว่า ค่า LC_{50} ของด้วงถั่วเขียวมีค่าเท่ากับ 1.7

มคล./ตร.ซม. และด้วงถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 2.5 มคล./ตร.ซม. จากค่า LC_{50} ที่คำนวณได้ทำให้ทราบว่าน้ำมันหอมระเหยข่าลิงมีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงถั่วเขียวได้ดีกว่าด้วงถั่วเหลือง

2.2 ทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยข่าลิงและจันทน์เทศในการเป็นสารรม

จากการทดลองการเป็นสารรมของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศต่อด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองพบว่าน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศที่ปริมาณ 0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 มคล. ด้วงถั่วเขียวมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0, 10, 10, 38.9, 85.6, 100, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ด้วงถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0, 0, 0.4, 0, 0, 55.7, 85.9 และ 100 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลอง 48 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาจากค่า LC_{50} ที่คำนวณได้พบว่า ค่า LC_{50} ของด้วงถั่วเขียวมีค่าเท่ากับ 57.7 มคล./ล. และด้วงถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 222.6 มคล./ล. จากค่า LC_{50} ที่คำนวณได้ทำให้ทราบว่าน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศมีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงถั่วเขียวได้ดีกว่าด้วงถั่วเหลือง

สำหรับน้ำมันหอมระเหยข่าลิงต่อด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองพบว่าน้ำมันหอมระเหยข่าลิงที่ปริมาณ 0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 มคล. ด้วงถั่วเขียวมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0, 0, 3.9, 0.6, 37.8, 73.5, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ด้วงถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0, 2.3, 0.4, 13.4, 99.0, 100, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลอง 48 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาจากค่า LC_{50} ที่คำนวณได้พบว่า ค่า LC_{50} ของด้วงถั่วเขียวมีค่าเท่ากับ 124.7 มคล./ล. และด้วงถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 74.1 มคล./ล.จากค่า LC_{50} ที่คำนวณได้ทำให้ทราบว่าน้ำมันหอมระเหยข่าลิงมีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงถั่วเหลืองได้ดีกว่าด้วงถั่วเขียว

2.3 ทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและข่าลิงต่อการวางไข่และการเกิดของแมลงศัตรูถั่วเขียว

จากการทดลองโดยการคลุกเมล็ดถั่วเขียวกับน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศที่ความเข้มข้น 2, 4, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ แล้วปล่อยตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียลงไปในเมล็ดที่คลุกน้ำมันหอมระเหยแล้ว จากการทดลองพบว่าด้วงถั่วเขียวมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0, 0, 55.0 และ 87.5 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนไข่ที่พบบนเมล็ดถั่วเขียวคือ 148.5, 149.0, 31.5 และ 3.0 ฟอง โดยตัวเต็มวัยใหม่ที่เกิดใหม่เท่ากับ 115.3, 75.0, 4.0 และ 0 ตัว ตามลำดับ

สำหรับประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศต่อด้วงถั่วเหลือง พบว่าด้วงถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0, 0, 17.5 และ 97.5 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนไข่ที่พบคือ 131.5, 128.5, 67.3 และ 2.3 ฟอง โดยตัวเต็มวัยใหม่ที่พบเท่ากับ 45.5, 13.8, 0 และ 0 ตัว จากข้อมูลที่ได้พบว่าที่น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์จะสามารถกำจัดตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองพร้อมกับควบคุมตัวเต็มวัยรุ่นลูกที่เกิดมาใหม่ได้อย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ

เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยข่าลิงต่อด้วงถั่วเขียวพบว่าด้วงถั่วเขียวมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0 ,2.5, 90.0 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนไข่ที่พบคือ 68.0, 24.8, 4.8 และ 5.3 ฟอง โดยตัวเต็มวัยใหม่ที่พบเท่ากับ 50.8, 15.0, 0 และ 0 ตัว ในขณะที่ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยข่าลิงต่อด้วงถั่วเหลือง พบว่าด้วงถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 0, 30.0, 95.5 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนไข่ที่พบคือ 149.5, 59.8, 9.5 และ 10.0 ฟอง โดยตัวเต็มวัยใหม่ที่พบเท่ากับ 134.8, 29.3, 0 และ 0 ตัว จากข้อมูล

ที่ได้พบว่าที่น้ำมันหอมระเหยข่าลิงที่ความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์จะสามารถกำจัดตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองพร้อมกับควบคุมตัวเต็มวัยรุ่นลูกที่เกิดมาใหม่ได้อย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ

3. ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงต่อแมลงศัตรูถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บ

จากผลการทดลองพบมีแมลงที่เข้าทำลายถั่วเขียวหลายชนิด และแมลงแต่ละชนิดสามารถเข้าทำลายถั่วเขียวที่คลุกน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงไม่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี โดยขณะที่ถั่วเขียวที่คลุกน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ จะพบศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวที่เข้าทำลายถั่วเขียว 9 ชนิด คือ ด้วงถั่วเขียว ด้วงงวงข้าวโพด มอดหัวป้อม มอดแป้ง เหาหนังสือ มอดยาสูบ ด้วงถั่วเหลือง ผีเสื้อข้าวโพด และด้วงดำ โดยมีเปอร์เซ็นต์ที่พบเฉลี่ย 1,777.0, 15.75, 8.25, 6.8, 6.5, 3.8, 2.8, 1.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และพบแมลงศัตรูธรรมชาติ 3 ชนิดด้วยกันคือ มวน *Xylocoris flavipes* แตนเบียนด้วง *Theocolax elegans* และแตนเบียน *Proconura* sp. โดยมีเปอร์เซ็นต์ที่พบเฉลี่ย 25.3, 65.5 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในขณะที่ถั่วเขียวที่คลุกน้ำมันหอมระเหยข่าลิง จะพบศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวที่เข้าทำลายถั่วเขียว 12 ชนิด คือ ด้วงถั่วเขียว เหาหนังสือ มอดยาสูบ ด้วงงวงข้าวโพด ผีเสื้อข้าวโพด มอดแป้ง มอดหัวป้อม มอดฟันเลื่อย ด้วงดำ มอดหนวดยาว ด้วงถั่วเหลือง และ ด้วง *Latheticus oryzae* โดยมีเปอร์เซ็นต์ที่พบเฉลี่ย 883.8, 44.3, 24.3, 9.8, 7.3, 2.8, 2.3, 1.3, 0.5, 0.5, 0.5 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ และพบแมลงศัตรูธรรมชาติ 4 ชนิดด้วยกันคือ มวน *Xylocoris flavipes* แตนเบียน *Proconura* sp. แตนเบียนมอด *Anisopteromalus calandrae* และแตนเบียนด้วง *Theocolax elegans* โดยมีเปอร์เซ็นต์ที่พบเฉลี่ย 46.3, 33.5, 4.5 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลองพบว่า ด้วงถั่วเขียวเข้าทำลายเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศที่ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ เดือนที่ 1 และที่ความเข้มข้น 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบด้วงถั่วเขียวเข้าทำลายตั้งแต่เดือนที่ 2 และในแต่ละเดือนจะพบจำนวนของด้วงถั่วเขียวเป็นจำนวนมาก (Figure 1, 2) ขณะที่เมล็ดถั่วเขียวที่คลุกน้ำมันหอมระเหยข่าลิงที่ความเข้มข้นต่างๆพบด้วงถั่วเขียวจำนวนไม่มากในเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 5 แต่จะพบด้วงถั่วเขียวเป็นจำนวนมากในเดือนที่ 6 หลังจากคลุกเมล็ดด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าลิง (Figure 2) จากการทดลองพบว่าน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงที่ความเข้มข้น 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพโรงเก็บไม่สามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียวได้ แต่มีแนวโน้มว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยข่าลิงจะสามารถป้องกันด้วงถั่วเขียวซึ่งเป็นศัตรูที่สำคัญของถั่วเขียวได้ดีกว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ

การทดลองที่ 2.9 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูสมุนไพร

1. สารสำคัญของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น

พบสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่ได้จากการสกัดจากผลสุกของตะไคร้ต้น ซึ่งทำการวิเคราะห์โดยวิธี GC-MS พบสารสำคัญทั้งหมด 10 ชนิด โดยสารสำคัญที่พบมากเป็นอันดับที่ 1 คือ E-citral (อีกชื่อคือ

citral A หรือ geranial) โดยพบ 49.99 % และอันดับ 2 คือ Z-citral (อีกชื่อคือ citral B หรือ neral) มี 35.2 % ซึ่งสารสำคัญทั้ง 2 ชนิดถือว่าพบในปริมาณมากเมื่อเทียบกับสารสำคัญชนิดอื่นที่พบอีก 8 ชนิด คือ D-limonene (1.95%), bicyclo(3.1.0)hex-2-ene, 4-methyl-1-(-methylethyl) (1.75%), L-linalool (1.0%), 6-octenal,3,7-dimethyl (1%), beta-myrcene (0.7%), geraniol (0.63%), 1,8-cineole (0.53%) และ (1R)-2,6,6,-trimethylbiciclo (3.1.1) het-2-ene (0.41%) ตามลำดับ

2. ความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นต่อแมลงศัตรูสมุนไพร

2.1 ทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นในการเป็นสารสัมผัสบนกระดาษกรอง

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นต่อตัวเต็มวัยของมอดยาสูบพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้น 0.16, 0.32, 0.64 และ 1.27 มคล./ตร.ซม. ไม่สามารถทำให้แมลงชนิดนี้เกิดการตายได้มากกว่า 50.0% มีเพียงที่ความเข้มข้นสูงสุด (2.54 มคล./ตร.ซม.) เท่านั้นที่สามารถทำให้มอดยาสูบตายเท่ากับ 58.0, 65.0, 67.0 และ 73.0% ตามลำดับซึ่งต่างกับกรรมวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นต่อตัวเต็มวัยของมอดสมุนไพร พบว่าการตายที่สูงกว่า 50% สามารถพบได้ที่ระดับความเข้มข้น 0.64 มคล./ตร.ซม. ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 หลังทำการทดสอบโดยการตายเท่ากับ 55.0% ในขณะที่ความเข้มข้น 1.27 มคล./ตร.ซม. ที่ 24 ชั่วโมง พบการตายเท่ากับ 58.9% สำหรับความเข้มข้นสูงสุด (2.54 มคล./ตร.ซม.) พบการตายที่สูงกว่า 50% ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 หลังการทดสอบคือ 53% และที่ 24 ชั่วโมงหลังการทดสอบในระดับความเข้มข้นเท่ากันนี้พบมีการตายของตัวเต็มวัยมอดสมุนไพรต่างจากกรรมวิธีอื่นๆคือ 83.3%

ค่า LC50 ที่ 6 และ 24 ชั่วโมงในมอดยาสูบมีค่า LC50 เท่ากับ 1.9 และ 1.6 มคล./ตร.ซม. โดยใน มอดสมุนไพรมีค่าเท่ากับ 1.2 และ 0.8 มคล./ตร.ซม. จากค่าที่ได้สามารถสรุปได้ว่า มอดสมุนไพรอ่อนแอต่อน้ำมันหอมระเหยจากผลสุกของตะไคร้ต้นมากกว่ามอดยาสูบ และพบว่ามอดสมุนไพรอ่อนแอต่อน้ำมันหอมระเหยชนิดนี้เป็น 2 เท่า (LC50= 0.8 มคล./ตร.ซม.) ของมอดยาสูบซึ่งมีค่า LC50= 1.6 มคล./ตร.ซม.ที่ 24 ชั่วโมง

2.2 ทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นในการเป็นสารรม

จากการทดสอบพบว่า เปอร์เซ็นต์การตายของมอดยาสูบตายหลังการทดสอบ 48 ชั่วโมง ที่ปริมาณ 60, 121 และ 242 มคล./ล. มีสูงกว่า 50% และไม่ต่างกัน คือ 52.9, 50.4 และ 53.3% ตามลำดับ

สำหรับมอดสมุนไพรพบว่าชั่วโมงที่ 6 หลังการทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่ 3 มคล./ล. โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 40.2% และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่ 242 มคล./ล. มอดสมุนไพรมีเปอร์เซ็นต์การตายสูงสุดคือ 92.0% สำหรับที่ 12, 24 และ 48 ชั่วโมงหลังการทดสอบพบว่าที่ปริมาณน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นตั้งแต่ 15 มคล./ล. จนถึง 242 มคล./ล. มีเปอร์เซ็นต์การตายของมอดสมุนไพรสูงกว่า 50% และมีเปอร์เซ็นต์การตายของมอดสมุนไพรไม่ต่างกัน

ค่า LC50 ของแมลงทั้งสองชนิดที่ 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า ไม่สามารถคำนวณค่า LC50 ที่ 24 ชั่วโมงของมอดยาสูบได้คือ มีค่า >242 มคล./ล. ในขณะที่มอดสมุนไพรมีค่า LC50 เท่ากับ 3.3 มคล./ล. สำหรับที่

48 ชั่วโมง ค่า LC50 ของมอดยาสูบและมอดสมุนไพรเท่ากับ 129.9 และ 2.9 มคล./ล. ซึ่งจะพิจารณาได้ว่ามอดสมุนไพรอ่อนแอต่อน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นมากกว่ามอดยาสูบถึง 43 เท่า

2.3ทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นในการเป็นสารไล่

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นพบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่ความเข้มข้น 0.08, 0.16, 0.31, 0.47 และ 0.63 มคล./ตร.ซม. สามารถไล่มอดยาสูบได้ 51.0-62.0, 53.0-77.0, 55.0-70.0, 79.0-81.0, 86.0-88.0% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแต่ละชั่วโมงหลังการทดสอบพบว่าจากชั่วโมงที่ 1 และ 2 ไม่สามารถสรุปผลได้แต่จะเริ่มเห็นแนวโน้มที่น่าจะเป็นไปได้ในการไล่ในชั่วโมงที่ 3, 4 และ 5 ที่พบว่า ความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด (0.08 มคล./ตร.ซม.) จะต่างจากความเข้มข้นที่สูงสุดคือ 0.63 มคล./ตร.ซม.

ในส่วนของมอดสมุนไพร พบว่า น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่ความเข้มข้น 0.08, 0.16, 0.31, 0.47 และ 0.63 มคล./ตร.ซม. มีอัตราการไล่ 57.0-74.0, 67.0-86.0, 72.0-84.0, 75.0-86.0 และ 85.0-93.0% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแต่ละชั่วโมงหลังการทดสอบพบว่าในชั่วโมงที่ 1 มีเพียงความเข้มข้นที่ 0.63 มคล./ตร.ซม. มีเปอร์เซ็นต์การไล่ต่างจากกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนชั่วโมงที่ 2, 3, 4 และ 5 ความเข้มข้นที่ 0.08 มคล./ตร.ซม. จะมีเปอร์เซ็นต์การไล่ที่ต่างจากความเข้มข้นที่สูงสุด (0.63 มคล./ตร.ซม.)

จากอัตราการไล่เฉลี่ยของมอดยาสูบและมอดสมุนไพร กล่าวได้ว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นสามารถไล่มอดสมุนไพร (78.4%) ได้ดีกว่ามอดยาสูบ

2.4 ทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่มีผลต่อระยะเวลาการเก็บรักษาพืชสมุนไพร

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่ความเข้มข้นต่างๆโดยคลุกเมล็ดผักชีไทยแล้วเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่างกัน เมื่อนำมาทดสอบกับเต็มวัยของมอดยาสูบและมอดสมุนไพร พบว่า น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นทุกความเข้มข้น ทำให้มอดยาสูบตายไม่ต่างจากกรรมวิธีควบคุม

เมื่อพิจารณาถึงตัวเต็มวัยรุ่นลูกที่เกิดใหม่ในมอดยาสูบ พบเมื่อปล่อยตัวเต็มวัย 1 ชั่วโมงหลังการคลุกเมล็ดที่ความเข้มข้น 30 และ 40% ให้ผลดีที่สุดคือพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ตัวเต็มวัยที่เกิดใหม่ (รุ่นลูก) เท่ากับ 26.2 และ 15.4 % ซึ่งต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และที่ความเข้มข้น 40% หลังการทดสอบ 1 สัปดาห์ มีตัวเต็มวัยที่เกิดใหม่ต่ำกว่ากรรมอื่นเท่ากับ 198.2% ส่วนระยะการเก็บรักษาที่ 2, 3 และ 4 สัปดาห์มีตัวเต็มวัยที่เกิดใหม่ของมอดยาสูบไม่ต่างกันในทุกกรรมวิธี

สำหรับมอดสมุนไพรพบว่าการปล่อยตัวเต็มวัยหลังจากคลุกเมล็ดที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด (40%) ที่ให้ผลดีที่สุด มีจำนวนตัวเต็มวัยเกิดใหม่เพียง 11.2% สำหรับจำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูกที่พบในเมล็ดผักชีที่คลุกน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นทุกความเข้มข้นหลังจากทดสอบ 2, 3, 4 สัปดาห์ มีจำนวนไม่ต่างจากกรรมวิธีควบคุม

การทดลองที่ 3.1 การศึกษาระดับอุณหภูมิความร้อนที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงศัตรูสมุนไพรอบแห้งทางการแพทย์

1. การทดสอบอุณหภูมิความร้อนในการกำจัดมอดยาสูบและมอดสมุนไพรในสมุนไพรอบแห้ง พบว่าอุณหภูมิที่สามารถกำจัดแมลงได้ทั้งหมด แตกต่างกันในสมุนไพรและแมลงแต่ละชนิด แต่ละระยะการเจริญเติบโต โดยได้ผลการทดลองดังนี้

การอบดอกคำฝอยปริมาณ 100 กรัม กรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพ คือ อบที่อุณหภูมิ ระดับอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2-3 ชั่วโมง สามารถควบคุมมอดยาสูบและมอดสมุนไพรได้ในทุกระยะการเจริญเติบโต และทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม

การอบเมล็ดผักชีปริมาณ 200 กรัม กรรมวิธีที่กำจัดมอดยาสูบได้ทั้งหมด คือที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง และระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2-3 ชั่วโมง ส่วนมอดสมุนไพรที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสระยะเวลา 2-3 ชั่วโมง ส่วนการอบดอกเก็กฮวยปริมาณ 100 กรัม กรรมวิธีที่กำจัดมอดยาสูบได้ทั้งหมด คือ ที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2-3 ชั่วโมง และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1-3 ชั่วโมง ส่วนมอดสมุนไพรกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพ คือ อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง และ 60-70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1-3 ชั่วโมง และทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม

การอบชาใบหม่อนปริมาณ 100 กรัม กรรมวิธีที่กำจัดมอดยาสูบได้ทั้งหมด คือ ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2-3 ชั่วโมง และระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1-3

พบว่าในมอดยาสูบจะทนทานต่อความร้อนได้มากกว่ามอดสมุนไพรซึ่งตรงกับ Dosland *et al.*(2006) รายงานว่าแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่ทนต่อความร้อนได้มากที่สุดคือ มอดยาสูบ และมอดหัวป้อม และจากการทดลองในครั้งนี้พบว่าระยะการเจริญเติบโต ที่ทนต่อความร้อนได้มากที่สุด คือ ระยะไข่ และระยะหนอน

2. ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านออกซิเดชันในสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด พบว่า การอบที่ระดับอุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1, 2 และ3 ชั่วโมง ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันลดลงในทุกผลิตภัณฑ์ ทุกกรรมวิธี โดยพบว่ายิ่งใช้อุณหภูมิในการอบสูง ระยะเวลานานมีผลทำให้ปริมาณสารสำคัญลดลงมากขึ้น

การทดลองที่ 3.2 การควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ

หลังจากทดสอบการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดทุกระยะการเจริญเติบโตด้วยคลื่นความถี่วิทยุพบว่า ที่พลังงานทั้งสองระดับ คือ ระดับพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์ (540 วัตต์) และ ระดับพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) เมื่อทำให้เมล็ดข้าวโพดมีอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30, 60 และ 90 วินาที สามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดทุกระยะการเจริญเติบโตได้ดี มีเปอร์เซ็นต์การควบคุมอยู่ระหว่าง 99-100 เปอร์เซ็นต์ในทุกระยะการเจริญเติบโต ยกเว้นระดับพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์ เวลา 30 วินาทีที่ควบคุมหนอนและตัวเต็มวัย

ได้ 97.37 และ 96.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่า ทุกระดับพลังงานและทุกระยะเวลาไม่สามารถควบคุมตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดได้อย่างสมบูรณ์ แสดงว่าตัวเต็มวัยมีความทนทานกว่าระยะอื่นเมื่อใช้วิธีนี้

เมื่อทดสอบกับมอดข้าวเปลือก พบว่าระดับพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 90 วินาที เป็นกรรมวิธีที่ดีที่สุดสำหรับระยะไข่และระยะหนอน สามารถควบคุมได้ 99.39 และ 94.59เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ระดับพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์ นาน 90 วินาที และระดับพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 และ 90 วินาที สามารถควบคุมระยะดักแด้และตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุมระหว่าง 98.00-99.87 ซึ่งทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีไม่ผ่านคลื่นและยังพบว่ามอดข้าวเปลือกมีความทนทานกว่าด้วงงวงข้าวโพด

ด้านคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหลังผ่านการทดสอบด้วยคลื่นความถี่วิทยุ พบว่าทั้งสองระดับพลังงานทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวโพดลดลง โดยระดับพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวโพดลดลงมากกว่าระดับพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดไม่เปลี่ยนแปลงทางสถิติ ไขมันเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยไม่แตกต่างทางสถิติ และคาร์โบไฮเดรต ที่พบในแต่ละกรรมวิธีแตกต่างกันเล็กน้อย ส่วนเส้นใยอาหารในเมล็ดข้าวโพดลดลง พลังงานที่ได้รับจากเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

การทดลองที่ 3.3 การปรับสภาพบรรยากาศเพื่อการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

จากการทดสอบประสิทธิภาพของก๊าซไนโตรเจนที่ความเข้มข้น 99.9% ก๊าซผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจน ในอัตราส่วน 10: 90, 20: 80 และ 30: 70 กับแมลง 4 ชนิดได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดข้าวเปลือก และมอดฟันเลื่อย ทั้ง 4 ระยะการเจริญเติบโตคือ ระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ระยะเวลาการปล่อยก๊าซ 1-6 วัน พบว่า ทุกกรรมวิธีที่ใช้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงระหว่าง 76.94-79.12 เปอร์เซ็นต์ แต่ระยะเวลาในการปล่อยก๊าซจะทำให้ประสิทธิภาพการควบคุมแมลงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวันแรกให้ผลการควบคุมแมลง 56.43 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เมื่อปล่อยก๊าซนานขึ้น เมื่อปล่อยก๊าซ 4-6 วันได้เปอร์เซ็นต์การควบคุมเท่ากับ 85.85, 87.68 และ 86.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับชนิดและระยะการเจริญเติบโตของแมลงต่างมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การควบคุมเช่นเดียวกับระยะเวลาการปล่อยก๊าซ โดยด้วงงวงข้าวโพดมีความทนทานที่สุด พบประสิทธิภาพการควบคุมเฉลี่ยเท่ากับ 39.88 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การควบคุมมอดแป้ง มอดข้าวเปลือก และมอดฟันเลื่อย เท่ากับ 94.28, 80.54 และ 96.86 ตามลำดับ ระยะตัวเต็มวัยเป็นระยะที่ควบคุมได้ง่ายที่สุด ควบคุมได้ 96.77 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ระยะไข่ และระยะดักแด้ที่ควบคุมได้ 83.37 และ 69.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระยะหนอนเป็นระยะที่มีความทนทานที่สุด สามารถควบคุมได้ 61.59 เปอร์เซ็นต์

การทดสอบประสิทธิภาพของก๊าซก๊าซไนโตรเจน 99.9% ในหน่วยทดลองปริมาตร 1 ตันในสภาพโรงเก็บ กับด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดข้าวเปลือก และมอดหนวดยาว ที่ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยเพิ่ม

ระยะเวลาการใช้ก๊าซเป็น 7 วัน และ 12 วัน ผลการทดสอบพบว่า ระยะเวลาการรมด้วยก๊าซไนโตรเจน มีผลต่อประสิทธิภาพการควบคุมแมลง เมื่อใช้เวลา 7 วันยังไม่สามารถควบคุมแมลงได้หมด แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 12 วันสามารถควบคุมแมลงได้อย่างสมบูรณ์ ชนิดและระยะการเจริญเติบโตต่างมีผลต่อประสิทธิภาพการควบคุม โดยด้วงงวงข้าวโพดเป็นแมลงที่มีความทนทานที่สุด แตกต่างทางสถิติจากแมลงอีก 3 ชนิด และระยะหนอนเป็นระยะที่ควบคุมได้ยากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากระยะการเจริญเติบโตอื่นๆ เมื่อรมด้วยก๊าซไนโตรเจน 99.9% เป็นเวลา 7 วัน สามารถควบคุมระยะหนอนของด้วงงวงข้าวโพดได้ 60.67% ในขณะที่สามารถควบคุมมอดแป้ง มอดข้าวเปลือก และมอดหนวดยาวได้หมด อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มระยะเวลาการรมเป็น 12 วัน สามารถควบคุมแมลงทุกชนิดที่ใช้ทดสอบและทุกระยะการเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์

การทดลองที่ 3.4 การใช้บรรจุภัณฑ์ร่วมกับก๊าซไนโตรเจนในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zaemais*)

ผลของการใช้บรรจุภัณฑ์ร่วมกับก๊าซไนโตรเจนในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* L.) พบว่าการบรรจุข้าวสารในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ถุงฟอยด์ ถุง KNY ถุง NY และถุง PET ทั้งที่ใส่ก๊าซไนโตรเจน และไม่ใส่ไนโตรเจน ทำให้ด้วงงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัยตายทั้งหมดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึงที่ 4 ของการบรรจุ สำหรับด้วงงวงระยะดักแด้ กรรมวิธีที่ใส่ก๊าซไนโตรเจน สามารถควบคุมด้วงงวงระยะดักแด้ได้ทั้งหมดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ของการบรรจุ ขณะที่การบรรจุโดยไม่ใส่ก๊าซไนโตรเจน ในสัปดาห์ที่ 3 สามารถควบคุมแมลงได้ทั้งหมด สำหรับในระยะหนอน พบว่า การบรรจุในถุง KNY ถุง NY และถุง PET พร้อมกับใส่ก๊าซไนโตรเจนสามารถควบคุมด้วงงวงได้ทั้งหมดในสัปดาห์แรกของการบรรจุ และการบรรจุโดยไม่ใส่ก๊าซไนโตรเจนพบหนอนด้วงงวงรอดชีวิตได้ปริมาณเล็กน้อยในสัปดาห์แรกของการบรรจุ และในสัปดาห์ต่อมาก็สามารถควบคุมแมลงได้ทั้งหมด สำหรับระยะไข่เป็นอีกระยะการเจริญเติบโตของแมลงที่มีความทนทานต่อสภาพออกซิเจนต่ำ พบว่า การบรรจุในถุงพร้อมกับใส่ก๊าซไนโตรเจนสามารถควบคุมแมลงได้ทั้งหมดใน 1 สัปดาห์ ส่วนการบรรจุโดยไม่ใส่ก๊าซไนโตรเจนพบต้องใช้เวลา 3 สัปดาห์จึงควบคุมด้วงงวงระยะไข่ได้ทั้งหมด

จากผลการรอดชีวิตของด้วงงวงข้าวโพดระยะต่างๆ พบว่าด้วงงวงระยะดักแด้และระยะไข่เป็นระยะที่ทนทานต่อสภาพออกซิเจนต่ำได้ดี ทำให้พบการรอดชีวิตของด้วงหลังการบรรจุโดยไม่ใส่ก๊าซไนโตรเจนที่ 1 และ 2 สัปดาห์ ขณะที่ระยะตัวเต็มวัยและระยะหนอนส่วนใหญ่ไม่พบการรอดชีวิต แต่เมื่อมีการใส่ก๊าซไนโตรเจนเข้าไปในถุงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงได้ดี โดยส่วนใหญ่ไม่พบการรอดชีวิตของด้วงงวงตั้งแต่สัปดาห์แรกของการบรรจุ การทดสอบผลของระยะเวลาการเก็บต่อปริมาณกักเก็บก๊าซและปริมาณสารพิษจากเชื้อรา จากการวัดก๊าซออกซิเจนที่เหลือในถุงทั้ง 4 ชนิดที่ใส่ก๊าซไนโตรเจน ก็พบก๊าซออกซิเจนเหลือในถุง 0.2-1.3 เปอร์เซ็นต์หลังการบรรจุ 1 เดือน แต่ก็พบปริมาณออกซิเจนเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยในแต่ละเดือน จนเดือนที่ 6 ของการบรรจุ พบว่าถุงฟอยด์สามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดีที่สุด รองลงมาคือถุง KNY ถุง PET และ ถุง NY

ผลของการบรรจุต่อปริมาณของสารพิษแอฟลาทอกซินที่เกิดขึ้นในผลิตผลเกษตร 2 ชนิด คือ ข้าวสาร และข้าวกล้อง พบว่าการบรรจุข้าวสาร และข้าวกล้องในถุงทั้ง 4 ชนิดพร้อมกับการใส่ก๊าซไนโตรเจนมีปริมาณแอฟลาทอกซินเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี และปริมาณของแอฟลาทอกซินที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม ซึ่งบรรจุในถุงข้าวปรกติ ซึ่งปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินที่พบสูงสุดในข้าวสารเท่ากับ 4.5 พีพีบี ในข้าวกล้องพบสูงสุด 8.1 พีพีบี ทั้งหมดไม่เกินมาตรฐานสหภาพยุโรป (10 พีพีบี) และมาตรฐานของไทย (20 พีพีบี)

การทดลองที่ 3.5 การศึกษาบรรจุภัณฑ์ร่วมกับการใช้สารดูดออกซิเจน และวิธีการ Vacuum ในการกำจัดแมลงศัตรูสมุนไพรอบแห้งทางการแพทย์

- ผลการทดลองการทดสอบสารดูดซับออกซิเจน และวิธีการ Vacuum ในการกำจัดมอดยาสูบและมอดสมุนไพร

<u>ในดอกคำฝอยอบแห้งปริมาณ 100 กรัม</u>

พบว่าถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ที่บรรจุดอกคำฝอย กรรมวิธีที่ใส่สารดูดซับออกซิเจนอัตรา 400 และ 300 ซี.ซี.มีประสิทธิภาพดี โดยไม่พบมอดยาสูบและมอดสมุนไพร รอดชีวิตในทุกระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะเวลา 7 และ 30 วัน ตามลำดับ กรรมวิธี vacuum ควบคุมแมลงทั้งหมดที่ระยะเวลาบรรจุตั้งแต่ 90 และ 30 วันตามลำดับ กรรมวิธีซีลปิดปากถุงเพียงอย่างเดียว ควบคุมแมลงทั้งหมดได้ที่ระยะเวลา 90 วัน

<u>ในเมล็ดผักชีปริมาณ 400 กรัม</u>

ผลการทดลองพบว่าถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ที่บรรจุเมล็ดผักชี กรรมวิธีที่ใส่สารดูดซับออกซิเจนอัตรา 400 และ 450 ซี.ซี.มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยที่ไม่พบมอดยาสูบและมอดสมุนไพร รอดชีวิตในทุกระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ระยะเวลาบรรจุ 7 วัน กรรมวิธี vacuum ควบคุมแมลงได้ทั้งหมดที่ระยะเวลา 30 วัน กรรมวิธีซีลปิดปากถุงเพียงอย่างเดียว ควบคุมแมลงได้ทั้งหมดที่ระยะเวลา 90 วัน เป็นต้นไป

<u>ในดอกเก็กฮวยปริมาณ 100 กรัม</u>

การบรรจุในถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP พบว่ากรรมวิธีที่ใส่สารดูดซับออกซิเจนอัตรา 250 และ 200 ซี.ซี. ไม่พบแมลงที่รอดชีวิตในทุกระยะการเจริญเติบโตของมอดยาสูบและมอดสมุนไพร ตั้งแต่ระยะเวลา 7 และ 30 วัน ตามลำดับ กรรมวิธี vacuum ควบคุมแมลงได้ทั้งหมดที่ระยะเวลาบรรจุ 90 วัน กรรมวิธีซีลปิดปากถุงเพียงอย่างเดียว ควบคุมแมลงได้ทั้งหมดที่ระยะเวลา 90 วัน

<u>ในชาใบหม่อนปริมาณ 80 กรัม</u>

การบรรจุในถุง NY/LLDPE ที่บรรจุชาใบหม่อน กรรมวิธีที่ใส่สารดูดซับออกซิเจนอัตรา 400 และ 300 ซี.ซี. ควบคุมแมลงได้ทั้งหมดที่ระยะเวลาการบรรจุตั้งแต่ 7 และ 60 วัน กรรมวิธี vacuum ควบคุมแมลงได้ทั้งหมดที่ระยะเวลา 30 วันเป็นต้นไป ส่วนกรรมวิธีซีลปิดปากถุงเพียงอย่างเดียว ควบคุมแมลงได้ทั้งหมดที่ระยะเวลา 60 วัน

การตรวจวัดการเข้าทำลายถุงพลาสติกชนิดต่างๆ ของหนอนของมอดยาสูบ และตัวเต็มวัยของมอดยาสูบและมอดสมุนไพร พบว่าแมลงที่ใช้ทดสอบไม่สามารถเจาะถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ได้ แต่ใน

ถุงร้อน PP หนอนของมอดยาสูบสามารถเจาะเข้าทำลายได้ โดยเริ่มเจาะทำลาย ในวันที่ 2 หลังทำการทดลอง และเข้าทำลายได้ตลอดระยะเวลา 30 วัน ส่วนตัวเต็มวัยมอดยาสูบ และ มอดสมุนไพรไม่พบการเจาะทำลายถุงร้อน PP

การทดลองที่ 3.6 ประสิทธิภาพของกับดักแสงไฟในการดักจับด้วงปีกตัดในกระเทียมหลังการเก็บเกี่ยว

การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดักจับด้วงปีกตัดของกับดักแสงไฟ 2 ชนิด ผลการทดลองชนิดของกับดักแสงไฟแบบติดผนัง มีแผ่นกาวดักจับแมลงอยู่ในเครื่อง มีประสิทธิภาพดีดักด้วงปีกตัดได้เฉลี่ย 46.27 ตัว เทียบกับกับดักแสงไฟแบบตั้งพื้น มีพัดลมดูดแมลงให้ลงไปอยู่ในถุงด้านล่าง ดักด้วงปีกตัดได้เฉลี่ย 4.55 ตัว มีความแตกต่างกันทางสถิติ (t = 4.45) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณด้วงปีกตัดที่ดักได้จากกับดัก 2 ชนิด และจำนวนด้วงปีกตัดที่พบในกระเทียมกลีบที่คัดทิ้ง พบว่าในช่วงเดือนธันวาคม 2553 จำนวนด้วงปีกตัดจากกับดักแสงไฟแบบติดผนังเฉลี่ย 154 ตัวต่อกับดัก จากกับดักแสงไฟแบบตั้งพื้นเฉลี่ย 7 ตัวต่อกับดักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในกระเทียมกลีบที่คัดทิ้งเฉลี่ย 5 ตัวต่อกับดัก ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2554 จำนวนด้วงปีกตัดจากกับดักแสงไฟแบบติดผนังเฉลี่ย 463 ตัวต่อกับดัก จำนวนด้วงปีกตัดจากกับดักแสงไฟแบบตั้งพื้นเฉลี่ย 62 ตัวต่อกับดักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจำนวนด้วงปีกตัดในกระเทียมกลีบที่คัดทิ้งเฉลี่ย 11 ตัวต่อกับดัก

ในช่วงเดือนมีนาคม 2554 จำนวนด้วงปีกตัดจากกับดักแสงไฟแบบติดผนังเฉลี่ย 216 ตัวต่อกับดัก จากกับดักแสงไฟแบบตั้งพื้นเฉลี่ย 8 ตัวต่อกับดักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในกระเทียมกลีบที่คัดทิ้งเฉลี่ย 45 ตัวต่อกับดัก

การจำแนกแมลงที่ติดกับดัก พบแมลงจำพวกด้วงปีกตัด (*Urophorus (Carpophilus) humeralis* (Fabricius)) จำนวนมากกว่าแมลงชนิดอื่น ในการจัดการแมลงในกระเทียมควรเลือกใช้กับดักแสงไฟแบบติดผนังมีแผ่นกาวดักจับแมลงอยู่ในเครื่อง เพราะดักได้จำนวนมาก และไม่ต้องพะวงเรื่องไฟฟ้าขัดข้อง เพราะแม้ไฟดับแมลงจะติดกับกาวไม่สามารถหนีออกมาได้ กับดักแสงไฟแบบตั้งพื้นถ้าไฟฟ้าขัดข้องพัดลมไม่ทำงานแมลงที่ติดในถุงด้านล่างจะบินออกมา

การทดลองที่ 4.1 การศึกษาชีววิทยา นิเวศวิทยา และการป้องกันกำจัดด้วงผลไม้แห้ง (*Carpophilus hemipterus*) ในลำไยอบแห้ง

ผลการสำรวจแมลงในลำไยอบแห้ง พบด้วงผลไม้แห้ง *Carpophilus hemipterus* เป็นด้วงอยู่ในวงศ์ Nitidulidae ชอบทำลายผลไม้แห้ง เป็นปัญหาสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมผลไม้แห้ง ทั้งตัวเต็มวัยและตัวหนอนร่วมกันทำลายผลไม้แห้งแต่หนอนจะทำลายมากกว่า ปีกคู่หน้าสั้นไม่คลุมส่วนท้อง โดยปีกคู่หน้าสีน้ำตาลมีจุดสีเหลืองจางๆที่มุมขอบบนและปลายปีกเป็นแถบสีเหลือง หนวดและขามีสีเหลือง จากการเลี้ยงด้วยลำไยแห้งมี วงจรชีวิต ระยะไข่ 3 – 5 วันเฉลี่ย 4.15 ± 0.81 วันระยะหนอน 15 – 20 วัน เฉลี่ย 17.30 ± 2.003 วัน ระยะดักแด้ 3 – 7 วันเฉลี่ย 4.85 ± 1.31 วัน ตัวเต็มวัยมีอายุนานมากกว่า 2 เดือน เมื่อเลี้ยงด้วยมะม่วงหิมพานต์แห้งจะมี ระยะไข่ 6 - 7 วันระยะหนอน 35 - 37 วัน ระยะดักแด้ 7 - 10 วัน ระยะตัวเต็มวัย

42-86 วัน ด้วงผลไม้แห้ง *C. hemipterus* จะไม่ทำลายผลผลิตที่มีความชื้นต่ำ ตัวเมียวางไข่ได้ 1,071 ฟอง ตัวเต็มวัยมีความว่องไว ทั้งกลางวัน และกลางคืน บินไม่เก่งแต่สามารถเคลื่อนย้ายได้ไกลมากกว่า 3 กิโลเมตร (Mason, 2004)

หนอนที่จะกินเนื้อลำไยแห้งทำให้เป็นขุยเศษอาหารและมูลของหนอน ดักแด้อยู่ภายในผลลำไยแห้ง ปฏิกิริยาการตอบสนองต่อแสงไฟ พบว่าตัวเต็มวัยสามารถบินได้ว่องไวแม้ในเวลากลางวัน บินออกจากแหล่งอาหารมาติดกับดักแสงไฟ

การลดการปนเปื้อนในผลผลิตโดยใช้กับดักแสงไฟ กาวเหนียว แบบติดผนัง ที่ระยะความสูง 2เมตร และ 3 เมตร พบว่าระดับการติดตั้งกับดักแสงไฟสูงจากพื้น 2 เมตร ดักจับด้วงผลไม้แห้งตัวเต็มวัยได้สูงสุดเฉลี่ย 17.58 ตัว แตกต่างจากระดับ 1 เมตรเฉลี่ย 6.25 ตัว และ 3 เมตรเฉลี่ย 8.08 ตัว

การทดลองการป้องกันกำจัดโดยใช้สารรม aluminium phosphide พบว่าอัตรา 1-3 tablets ต่อพื้นที่กองรม 1 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลารม 7 วัน สามารถกำจัดด้วงผลไม้แห้งได้ ทำให้ด้วงผลไม้แห้งตาย 100 % ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยรสชาติความหวานที่วัดได้เฉลี่ยเท่ากับ 29.90, 28.40 และ 30.35 brix ไม่แตกต่างจากลำไยแห้งจากกองที่ไม่ได้รมซึ่งมีระดับความหวานเฉลี่ย 32.75 brix

การทดลองที่ 4.2 การประเมินความสูญเสียของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวที่เกิดจากแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

1. การสำรวจชนิดและปริมาณแมลงในโรงเก็บ

พบว่า ในจำนวน 33 ตัวอย่างที่สำรวจ เป็นเมล็ดข้าวโพด 28 ตัวอย่าง งาดำ 2 ตัวอย่าง ถั่วเขียว ถั่วแดง และข้าวฟ่างชนิดละ 1 ตัวอย่าง โดยสำรวจจาก 7 จังหวัด คือ ลพบุรี นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ จันทบุรี แพร่ พะเยา และเลย การเก็บรักษาข้าวโพด ส่วนใหญ่จะกองกับพื้นปูน โดยแมลงที่พบมากได้แก่ มอดแป้ง และมอดหนวดยาว ซึ่งพบชนิดละ 17 ตัวอย่าง คิดเป็น 51.50 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างที่สำรวจ รองลงมาได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพดพบ 13 ตัวอย่าง คิดเป็น 39.40 เปอร์เซ็นต์ และพบมอดข้าวเปลือก 11 ตัวอย่าง เท่ากับ 33.33 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ในโรงเก็บเมล็ดข้าวโพดบางแหล่งยังพบมอดฟันเลื่อย และเหาหนังสือ ซึ่งแต่ละแหล่งนั้นมักพบแมลงหลายชนิดอาศัยอยู่ร่วมกัน พบมากที่สุดที่แมลงอาศัยอยู่ร่วมกัน 5 ชนิด จำนวน 1 ตัวอย่าง แมลงอาศัยอยู่ร่วมกัน 4 ชนิด จำนวน 2 ตัวอย่าง และตัวอย่างส่วนใหญ่พบแมลงอาศัยอยู่ร่วมกัน 2-3 ชนิด โดยพบจำนวน 9 และ 10 ตัวอย่างตามลำดับ

2. การศึกษาปริมาณความเสียหายเมื่อแมลงเข้าทำลายจำนวนแตกต่างกัน

ปริมาณความเสียหายจากด้วงงวงข้าวโพด พบว่าจำนวนด้วงงวงเพิ่มขึ้นตามจำนวนแมลงตั้งต้นที่ใส่เข้าไป และเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาด้วย โดยในเดือนที่ 6 ด้วงงวงข้าวโพด 1 คู่สามารถเพิ่มจำนวนเป็น 23.25 ตัว ด้วงงวง 5 คู่เพิ่มเป็น 290.50 ตัว ด้วงงวง 10 คู่เพิ่มเป็น 349.25 ตัว และด้วงงวง 20 คู่ เพิ่มเป็น 811.50 ตัว จะเห็นว่าในเดือนแรกจำนวนแมลงไม่เปลี่ยนแปลง ยังไม่พบตัวเต็มวัยเกิดใหม่ ในเดือนที่ 2 และ 3 จำนวนแมลงเพิ่มขึ้นประมาณ 3-8 เท่า ในเดือนที่ 6 จำนวนแมลงเพิ่มขึ้นเป็น 11-29 เท่าขึ้นอยู่กับจำนวนแมลงตั้งต้น ทั้งนี้เมื่อปล่อยด้วงงวงข้าวโพดจำนวน 5, 10 และ 20 คู่ แมลงที่เกิดใหม่เพิ่มมากที่สุดในเวลา 6 เดือนคือ 29 เท่า, 17 เท่า และ 20 เท่าตามลำดับ

ปริมาณความเสียหายจากมอดข้าวเปลือก พบปริมาณมอดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในเดือนที่ 3 เป็นต้นไป จากมอดข้าวเปลือกเริ่มต้น 10 ตัวเพิ่มขึ้นเป็น 28.00, 52.75, 62.00 และ 105.00 ตัวในเดือนที่ 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ เมื่อใส่มอดข้าวเปลือก 20 ตัว จำนวนมอดข้าวเปลือกเกิดใหม่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาจนสูงสุดในเดือนที่ 6 เช่นกัน แต่เมื่อใส่มอดข้าวเปลือก 30 ตัว มอดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงเดือนที่ 6 กลับลดลง ในขณะที่การใส่มอดข้าวเปลือก 40 ตัว มอดข้าวเปลือกเริ่มคงที่ในเดือนที่ 5

ปริมาณความเสียหายจากมอดแป้ง พบการเพิ่มปริมาณของมอดแป้งในเมล็ดข้าวโพดเพิ่มได้จำนวนเล็กน้อย เนื่องจากมอดแป้งเป็น secondary pest จะเข้าทำลายผลิตผลเกษตรก็ต่อเมื่อมีแมลงชนิดอื่นเข้าทำลายก่อนแล้ว เมล็ดข้าวโพดที่ใช้ทดสอบเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ ไม่มีรอยเจาะใด ๆ มอดแป้งจึงไม่สามารถเข้าทำลายได้โดยตรง

ปริมาณความเสียหายจากมอดหนวดยาว พบว่ามอดหนวดยาวสามารถเพิ่มปริมาณได้มากกว่ามอดแป้งทั้งที่เป็น secondary pest เช่นเดียวกัน โดยเพิ่มปริมาณตามจำนวนแมลงตั้งต้นและตามระยะเวลาที่นานขึ้น มอดหนวดยาว 10 และ 20 ตัวสามารถเพิ่มปริมาณเป็น 120 และ 170 ตัว ตามลำดับเมื่อผ่านไป 6 เดือน แต่เมื่อมอดหนวดยาวตั้งต้น 30 และ 40 ตัว ปริมาณมอดหนวดยาวกลับลดลงในเดือนที่ 5 ทั้งนี้เนื่องจากมีการปนเปื้อนของด้วงงวงข้าวโพดและเหาหนังสือมาก

ผลความสูญเสียน้ำหนัก พบว่าเมื่อแมลงตั้งต้นมากการสูญเสียน้ำหนักยิ่งมากขึ้น และยิ่งเก็บไว้นานก็จะสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักแปรผันตามปริมาณแมลงที่พบ

เมื่อเปรียบเทียบแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรทั้งสี่ชนิด พบว่าเมื่อใช้แมลงเริ่มต้น 10, 20 หรือ 40 ตัวเท่ากัน ด้วงงวงข้าวโพดสามารถเพิ่มจำนวนได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ มอดหนวดยาว มอดข้าวเปลือก และมอดแป้ง ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบความเสียหายที่เกิดจากแมลงแต่ละชนิด พบว่าความเสียหายของข้าวโพดเพิ่มขึ้นตามจำนวนแมลงที่เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือนที่จำนวนแมลงเริ่มต้น 10 และ 20 ตัวเท่ากัน มอดหนวดยาวทำความเสียหายได้มากที่สุด รองลงมาคือด้วงงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือก ส่วนมอดแป้งนั้นทำความเสียหายน้อยที่สุด เมื่อแมลงเริ่มต้น 40 ตัวเท่ากันความเสียหายที่เกิดจากด้วงงวงข้าวโพดมากที่สุด รองลงมาคือมอดข้าวเปลือกและมอดหนวดยาวตามลำดับ มอดแป้งยังคงทำความเสียหายให้น้อยที่สุด

การทดลองที่ 5.1 การตรวจสอบความต้านทานของมอดแป้งต่อสารรมฟอสฟีน

จากการทดสอบได้มอดแป้งทั้งหมดจาก 125 โรงสี 44 จังหวัด แบ่งเป็น ปี 2556 จำนวน 45 โรงสี ปี 2557 จำนวน 42 โรงสี และปี 2558 จำนวน 38 โรงสี เมื่อได้ข้อมูลจำนวนมอดแป้งที่ตายในแต่ละความเข้มข้นและนำมาคำนวณหาค่า LC50 ของมอดแป้งที่ได้จากแต่ละโรงสี พบว่า มอดแป้งจากโรงสี 121 โรงสี มีค่า LC50 ระหว่าง 4.93-30.43 µg/l โดยมอดแป้งที่มีค่า LC50 ต่ำสุดที่ 4.93 µg/l คือมอดแป้งจากโรงสีใน จ. ฉะเชิงเทรา และมอดแป้งที่มีค่า LC50 สูงสุดที่ 30.43 µg/l คือมอดแป้งจากโรงสีใน จ. พิษณุโลก มีเพียง 4 โรงสีที่พบว่ามอดแป้งมีค่า LC50 สูงมาก ซึ่งเมื่อนำค่า LC50 ของมอดแป้งจาก 121 โรงสี เปรียบเทียบกับค่า LC50 ของมอดแป้งสายพันธุ์อ่อนแอ (susceptible strain) ทั้งสายพันธุ์ของประเทศไทย และสายพันธุ์ของประเทศออสเตรเลีย โดยคำนวณค่า resistance ratio พบว่า มอดแป้งที่มีค่า resistance ratio มากที่สุด มี

ค่าเท่ากับ 2.8 คือมอดแป้งจาก โรงสีใน จ.พิษณุโลก ในขณะที่มอดแป้งจาก 4 โรงสีที่มีค่า LC50 สูง คือ โรงสีใน จ. เพชรบูรณ์ จำนวน 2 โรงสี จ. ลพบุรี 1 โรงสี และ จ. กาญจนบุรี 1 โรงสี มีค่า LC50 ระหว่าง 255.58-724.68 µg/l เมื่อคำนวณ resistance ratio แล้ว มีค่าระหว่าง 23.55-62.63 เมื่อเปรียบเทียบกับมอดแป้งสายพันธุ์อ่อนแอของไทย และมีค่าระหว่าง 20.41-78.68 เมื่อเปรียบเทียบกับมอดแป้งสายพันธุ์ของออสเตรเลีย

การทดลองที่ 5.2 การตรวจสอบความต้านทานของมอดหนวดยาว (*Cryptolestes pusillus* (Schonherr)) ต่อสารรมฟอสฟีนในประเทศไทย

จากตัวอย่างมอดหนวดยาวที่เก็บมาสามารถเลี้ยงขยายพันธุ์จนเพียงพอสำหรับการทดสอบจำนวน 47 แหล่ง จากทั้ง 4 ภาค 22 จังหวัด ผลการทดสอบพบมอดหนวดยาวต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 33 แหล่ง (table 36) คิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ของแมลงที่ทำการทดสอบ โดยพบมอดหนวดยาวสายพันธุ์ต้านทานกระจายตัวในทุกภาค และเกือบทุกจังหวัด ยกเว้นจังหวัดพิษณุโลก ขอนแก่น และพัทลุง

จากการสอบถามผู้ประกอบการโรงสีและโรงเก็บผลิตผลเกษตร พบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีการใช้สารรมในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บเพียงชนิดเดียว คือสารรมฟอสฟีน และมีการใช้สารรมเป็นบางครั้ง หรือไม่มีการรมในสถานประกอบการเลย ส่วนใหญ่ทำการรมบนรถบรรทุกเมื่อมีคำสั่งซื้อ ผู้ประกอบการหลายรายยังใช้สารรมไม่ถูกต้อง ข้อผิดพลาดที่พบ ได้แก่ ผ้าพลาสติกคลุมรมยาไม่ได้มาตรฐาน วิธีการคลุมกองไม่ปิดสนิท ระยะเวลาการรมไม่เป็นไปตามกำหนด (รมไม่ถึง 5-7 วัน) ซึ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุให้แมลงสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนได้ทั้งสิ้น

อัตราการตายของแมลงสายพันธุ์ต้านทานจากแหล่งต่างๆ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนขึ้นที่ละเท่าตัว จากมอดหนวดยาวสายพันธุ์ต้านทานที่ใช้ทดสอบ 33 แหล่ง มีมอดหนวดยาวที่แสดงความต้านทานรุนแรงเพียง 2 แหล่งจากทั้งหมด 33 แหล่ง (เท่ากับ 6 เปอร์เซ็นต์จากแมลงต้านทาน) ได้แก่ โรงเก็บข้าวโพด อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบมอดหนวดยาวมีอัตราการตาย 3.0 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 1.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (เท่ากับ 18 เท่าของ discriminating dose) และโรงสีข้าวอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ พบมอดหนวดยาวมีอัตราการตาย 29.4 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (เท่ากับ 16 เท่าของ discriminating dose) ซึ่งทั้ง 2 โรง เป็นโรงที่มีประวัติการใช้สารรมฟอสฟีนในการรมกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บเป็นประจำ การรมด้วยสารรมฟอสฟีนที่ไม่มีประสิทธิภาพ คือการรมที่ไม่สามารถกำจัดแมลงได้ทั้งหมดจะเป็นการคัดเลือกแมลงที่มีความทนทานต่อการสารรมไว้ ส่วนแมลงที่อ่อนแอต่อสารมก็จะถูกกำจัดไป ซึ่งต่อมาแมลงสายพันธุ์ทนทานก็จะผสมพันธุ์กันและออกลูกหลานต่อมาจนพัฒนาเป็นสานพันธุ์ต้านทานในที่สุด

ส่วนมอดหนวดยาวสายพันธ์ต้านทานจากโรงสีที่เหลืออีก 31 แหล่ง พบอัตราการตายของมอดหนวดยาวตั้งแต่ 32.4-98.8 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร (ระดับ discriminating dose) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนในการทดสอบ มอดหนวดยาวมีอัตราการตายเพิ่มขึ้นในทุกแหล่ง

มอดหนวดยาวที่มีแนวโน้มจะสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ มอดหนวดยาวที่เก็บจากอำเภอเมือง จังหวัดอุดร 1 แหล่ง อำเภอขานุวรลักษณ์บุรี จังหวัดกำแพงเพชร 3 แหล่ง และอำเภอ

หนองไผ่ จังหวัดกำแพงเพชร 2 แหล่ง เนื่องด้วยพบมอดหนวดยาวรอดชีวิต แม้เพิ่มอัตราการรมเป็น 10 เท่า จาก discriminating dose ก็ตาม ซึ่งด้วงที่รอดชีวิตมีแนวโน้มที่จะถ่ายทอดยีนส์ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนให้กับลูกหลานรุ่นต่อไปได้ ดังนั้นในแหล่งดังกล่าวควรเพิ่มความระมัดระวังในการใช้สารรมให้มากขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. วิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุดในการการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสภาพไซโล คือ การรมโดยมีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซและมีระบบหมุนเวียนอากาศ และการรมด้วยฟอสฟีนอัตรา 5 เม็ด(tablets)/ลบ.ม. นาน 10 วัน ซึ่งเป็นอัตราและระยะเวลาสูงสุดในการทดลองยังไม่สามารถกำจัดมอดหนวดยาวได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ดังนั้นจำเป็นต้องมีการทำการทดลองต่อเพื่อหาอัตราและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อกำจัดมอดหนวดยาวในสภาพไซโลต่อไป

2. จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนกับแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรทั้ง 4 ระยะการเจริญเติบโต พบว่าแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรแต่ละชนิดมีความทนทานต่อก๊าซฟอสฟีนได้แตกต่างกัน โดยมอดหัวป้อมมีความทนทานต่อก๊าซฟอสฟีนมากที่สุด ส่วนแมลงชนิดอื่นๆ มีความทนทานต่อฟอสฟีนไม่แตกต่างกันมากนัก และในแมลงชนิดเดียวกันถ้าระยะการเจริญเติบโตต่างกันก็จะมีความทนทานต่อก๊าซฟอสฟีนได้ต่างกัน ซึ่งระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อก๊าซฟอสฟีนมากที่สุด ได้แก่ ไข่ และดักแด้ ซึ่งเมื่อพบการแพร่ระบาดของมอดหัวป้อมแนะนำให้รมด้วยสารรมฟอสฟีนระยะเวลา 5 หรือ 7 วัน โดยต้องใช้ความเข้มข้น 450 และ 300 ppm ตามลำดับ หากไม่พบการระบาดของมอดหัวป้อมให้รมด้วยสารรมฟอสฟีนระยะเวลา 5 หรือ 7 วัน โดยใช้ความเข้มข้น 250 และ 100 ppm ตามลำดับ ไม่แนะนำให้รมด้วยสารรมฟอสฟีนในระยะเวลา 1 หรือ 3 วัน เนื่องจากไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง

3. จากการทดสอบผ้าพลาสติก 4 ชนิดได้แก่ ผ้าพลาสติก นีโอชีท (PE+ไนล่อน) หนา 0.06 มม. ผ้าพลาสติก (tarpaulin) หนา 0.05, 0.1 และ 0.2 มม. ต่อประสิทธิภาพของสารรมฟอสฟีน สรุปได้ว่าผ้าพลาสติกทุกชนิดที่ทำการทดสอบมีประสิทธิภาพในการกำจัด ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามแม้ว่าผ้าพลาสติกหนา 0.05 และ 0.1 มม. จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับผ้านีโอชีท และผ้าพลาสติกหนา 0.2 มม. แต่ต้องใช้ด้วยความระมัดระวังเนื่องจากฉีกขาดได้ง่าย และบริเวณรอยต่อของผ้าหลุดออกจากกันได้ง่าย

4. กับดักแสงไฟมีประสิทธิภาพในการดักจับแมลงศัตรูกาแฟในโรงเก็บได้ดี ทั้งด้วงกาแฟ และมอดยาสูบ เมื่อนำมาใช้ร่วมกับการรมด้วยสารรมฟอสฟีนเมื่อสุ่มตรวจนับแมลงแล้วพบแมลงมากกว่า 1 ตัวต่อกาแฟ 250 กรัม ในระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน ทำการรมทั้งหมด 2 ครั้ง พบว่ากับดักแสงไฟสามารถดักจับตัวเต็มวัยด้วงกาแฟได้สูงตลอดการทดลองและดักจับได้สูงสุด 169 ตัวต่อกับดัก เมื่อสุ่มนับแมลงจากสารกาแฟในกรรมวิธีผสมผสานพบด้วงกาแฟจากตัวอย่างขนาด สูงสุดเพียง 7.2 ตัวต่อกาแฟสาร 250 กรัม ส่วนกรรมวิธีควบคุมพบด้วงกาแฟสูงสุด 241 ตัวต่อกาแฟสาร 250 กรัม สำหรับความเสียหายในกรรมวิธีเปรียบเทียบพบเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียสูงถึง 20.8 % ส่วนกรรมวิธีผสมผสานพบเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียสูงสุดเพียง 1% ซึ่งใน

กรรมวิธีการป้องกันกำจัดแบบผสมผสานมีค่าใช้จ่าย 2 ส่วน คือค่าไฟฟ้าสำหรับกับดักแสงไฟตลอดการทดลอง 250.48 บาท และค่ารมฟอสฟีน 2 ครั้ง เท่ากับ 20 บาทต่อตัน ขณะที่กรรมวิธีเปรียบเทียบไม่มีค่าใช้จ่ายในการป้องกันกำจัด แต่เมื่อคัดเมล็ดดีเพื่อการจำหน่ายพบว่ากรรมวิธีได้ปริมาณเมล็ดดีสูงถึง 99% ส่วนกรรมวิธีควบคุมได้เมล็ดดีไม่ถึง 80%

5. สารรมเมทิลโบรไมด์ที่ความเข้มข้น 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาทีสามารถกำจัดเพลี้ยไฟฝ้ายในระยะไข่ที่มีอายุ 0-2 วันได้ แต่ในระยะตัวอ่อนและระยะตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟฝ้ายพบว่าที่ความเข้มข้น 18 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที สามารถกำจัดเพลี้ยไฟฝ้ายทั้ง 2 ระยะหลังจากการรมด้วยเมทิลโบรไมด์ในชั่วโมงที่ 5 หลังจากการทดลอง สำหรับตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบเมื่อทดสอบสารรมเมทิลโบรไมด์ความเข้มข้นสูงที่สุดในการทดลองครั้งนี้คือ 24 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาทีพบว่าไม่สามารถกำจัดตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบได้ ดังนั้นควรที่จะเพิ่มความเข้มข้นเพื่อที่จะหาความเข้มข้นที่สามารถกำจัดตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบให้ได้ 100 เปอร์เซ็นต์และเมื่อได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงทั้งสองชนิดแล้วต้องนำความเข้มข้นดังกล่าวมาทดสอบกับพืชผักส่งออกชนิดต่างๆที่มีการปนเปื้อนของแมลงทั้งสองชนิดนี้ว่าจะเกิดอาการไหม้ (phytotoxic) ที่มีอาจมีผลเกิดจากสารรมเมทิลโบรไมด์

6. การทดสอบประสิทธิภาพของสารรมเมทิลโบรไมด์ที่ความเข้มข้น 24, 28, 30 และ 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาทีกับแมลงวันผลไม้ในพริกสดเพื่อการส่ง พบว่าการรมเมทิลโบรไมด์ทุกอัตราที่ทดสอบไม่สามารถทำลายไข่และหนอนของแมลงวันผลไม้พริกได้ 100% ดังนั้นจึงเป็นอัตราที่ไม่มีประสิทธิภาพที่จะนำมาใช้ในการกำจัดแมลง เนื่องจากแมลงวันผลไม้พริกเป็นแมลงศัตรูพืชกักกันจำเป็นต้องกำจัดได้ 100% เท่านั้น ดังนั้นจำเป็นต้องทำการศึกษาเพื่อเติมเพื่อหาอัตราการรมที่เหมาะสมต่อไป

7. การรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ให้รมด้วย ECO_2FUME ที่อัตรา 25 กรัม/ลบ.ม. (350 ppm) ใช้ระยะเวลา 3 วัน อัตรา 50 กรัม/ลบ.ม. (700 ppm) ใช้ระยะเวลา 2 วัน และอัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (1,000 ppm) ใช้ระยะเวลา 1 วัน จะเห็นได้ว่าการรมด้วย ECO_2FUME มีข้อดี คือสามารถลดระยะเวลาการรมด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซได้ แต่สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ต้องควบคุมให้ความเข้มข้นของก๊าซคงอยู่ในระดับที่กำหนดตลอดระยะเวลาการรม และจากการทดลองครั้งนี้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับก๊าซฟอสฟีนเอาไว้จำนวนมาก ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซลดลงอย่างรวดเร็ว จึงต้องมีการเติม ECO_2FUME ทุกครั้งที่วัดความเข้มข้นแล้วพบว่าต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนด

8. การทดสอบประสิทธิภาพของสารรมอีโคฟูมต่อการกำจัดเพลี้ยไฟฝ้ายแมลงศัตรูกล้วยไม้ในห้องปฏิบัติการ พบว่าเพลี้ยไฟฝ้ายระยะไข่จะมีความทนทานต่อสารรมอีโคฟูมมากกว่าระยะตัวอ่อนและระยะตัวเต็มวัย โดยอัตราที่สามารถกำจัดแมลงได้ทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโตคือ อัตรา 2000 ppm นาน 48 ชั่วโมง ที่ อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส ในขณะที่สารรมเมทิลโบร์ไมด์อัตรา 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที ก็สามารถกำจัดเพลี้ยไฟฝ้ายได้ทุกระยะ ถึงแม้ว่าสารรมอีโคฟูมสามารถใช้กำจัดเพลี้ยไฟฝ้ายได้แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะเวลาที่ใช้ในการรมที่นานถึง 48 ชั่วโมง และอัตราที่มีประสิทธิภาพนั้น ต้องใช้อัตรา 2000 ppm ซึ่งเป็นอัตราที่ค่อนข้างสูงกว่าการใช้ป้องกันกำจัดแมลงชนิดอื่น ดังนั้นการนำสารรมอีโคฟูมมาใช้ทดแทนสารรม

เมทิลโบร์ไมด์จึงต้องคำนึงถึงระยะเวลาการขนส่งกล้วยไม้ และผลกระทบต่อคุณภาพของกล้วยไม้ อายุการปักแจกัน ที่ควรจะต้องทำการศึกษาต่อไป

9. การเก็บดักแด้แตนเบียนผีเสื้อข้าวสาร, *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) สามารถทำได้โดยเก็บที่อุณหภูมิ 10 หรือ 15 °C ได้เป็นระยะเวลา 7 วันโดยประสิทธิภาพในการทำให้หนอนตายไม่แตกต่างจากแตนเบียนที่เกิดจากดักแด้ในอุณหภูมิห้อง โดยมีการเกิดเป็นตัวเต็มวัยสูงคือ 88.09 และ 80.42 % ตามลำดับ และหลังเก็บดักแด้แตนเบียนไว้ที่ 10 °C มีอัตราการเพิ่มประชากร 2.21 เท่าหรือมีประสิทธิภาพในการเพิ่ม 98.66 % เมื่อเทียบกับตัวเต็มวัยที่เกิดจากดักแด้ในอุณหภูมิห้อง และที่ 15°C มีอัตราการเพิ่มประชากร 1.24 เท่า หรือมีประสิทธิภาพในการเพิ่ม 96.12 % เมื่อเทียบกับตัวเต็มวัยที่เกิดจากดักแด้ในอุณหภูมิห้อง เมื่อนำไปปล่อยให้เบียนหนอนผีเสื้อข้าวสารในโรงเก็บข้าวพบว่า หลังเก็บดักแด้แตนเบียนไว้ที่ 10 °C และ 15°C เป็นเวลา 7 วันแตนเบียนที่เกิด ทำให้หนอนผีเสื้อข้าวสารตายเฉลี่ย 39.82 และ 46.33 % ตามลำดับไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม และเมื่อทำปล่อยแตนเบียนครั้งละ 2,000 ตัวในโรงเก็บข้าวสาร ทุกๆ 15 วันจำนวน 6 ครั้ง ทำให้ปริมาณหนอนผีเสื้อข้าวสารเหลือเฉลี่ย 10 % ภายในระยะเวลา 3 เดือน

10. การเก็บรักษาแตนเบียนมอดที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ก่อนการนำไปใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเก็บ จะทำให้แตนเบียนมอดมีประสิทธิภาพลดลง ดังนั้นการเลือกใช้แตนเบียนมอดชนิดนี้ในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ควรเลี้ยงเพิ่มขยายพันธุ์ด้วยอุณหภูมิห้อง และนำไปใช้ประโยชน์ในทันที ไม่ควรเก็บรักษาไว้ เพื่อให้คงประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรได้ดีดังเดิม

11. การทดลองหาระยะของเหยื่อที่เหมาะสมในการนำมาเลี้ยงมวนดำก้นลาย พบว่ามวนที่ได้รับดักแด้หนอนอายุ 20-25 วัน และตัวเต็มวัยเป็นอาหารเป็นอาหาร มีระยะการเจริญเติบโตเท่ากับ 38.4, 39.0 และ 39.8 วัน ตามลำดับ ดังนั้นการเลือกใช้มอดแป้งเป็นเหยื่อให้มวนดำก้นลายควรใช้มอดแป้งอายุ 20-25 วันเป็นต้นไป การจับคู่มวนดำก้นลายเพื่อการผลิตไข่ควรใช้อัตรา เพศเมีย:เพศผู้ เท่ากับ 1:1 อัตราการเลี้ยงที่เหมาะสมต่อกล่องขนาด 25 x 17.5 x 9 ซม. แนะนำอัตรามวนวัย 1 อัตราเริ่มต้นเลี้ยงที่ 100 ตัวต่อกล่อง ได้ตัวเต็มวัยจำนวน 90.0 ตัวต่อกล่อง โดยให้เหยื่อปริมาณ 2 กรัมทุก 3 วัน การคำนวณต้นทุนการเพาะเลี้ยงมวนดำก้นลาย พบว่า มวนดำวัย 4 จำนวน 1 ตัวมีต้นทุนการผลิต 0.019 บาท ใช้เวลา 45.3 ถึง 49.3 วัน ส่วนมวนตัวเต็มวัยมีต้นทุนการผลิตต่อตัว เท่ากับ 0.025 บาท ใช้เวลา 62.0 ถึง 67.0 วัน การทดสอบประสิทธิภาพในการกินเหยื่อของมวนดำก้นลาย พบว่าประสิทธิภาพในการกินเหยื่อของมวนดำก้นลายขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่วัยของมวน ความหนาแน่นของเหยื่อ และพื้นที่การปล่อยเหยื่อ โดยพบว่ามวนวัย 4, 5 และตัวเต็มวัยเพศเมียเป็นวัยที่มีประสิทธิภาพในการกินเหยื่อสูง โดยสามารถกินได้วันละ 10.5-13.7 ตัวต่อวัน ความหนาแน่นของเหยื่อพบว่ายิ่งมีความหนาแน่นของเหยื่อมากมวนสามารถกินเหยื่อได้ปริมาณมากขึ้นด้วย มวนดำก้นลายสามารถกินเหยื่อได้หลายชนิด และเลือกกินเหยื่อที่เคลื่อนไหวช้าจับกินได้ง่ายมากที่สุด อัตราการปล่อยมวนดำก้นลายที่เหมาะสม สำหรับหนอนมอดแป้ง 100 ตัว พบว่าการปล่อยมวนดำก้นลายจำนวน 3, 4 และ 5 คู่ สามารถกำจัดมอดแป้งทั้งหมดภายใน 16, 15 และ13 วันตามลำดับ การทดสอบปล่อยมวนดำก้นลายใน

สภาพโรงเก็บจำลองระบบปิดที่มีข้าวสาร 50 กิโลกรัม มอดแป้ง 500 ตัว พบว่าอัตราปล่อยมวน 40 ตัว ปริมาณมอดแป้งลดลงอย่างรวดเร็ว และสามารถกำจัดได้หมดในสัปดาห์ที่ 10 และพบว่าอัตราการปล่อยมวนอัตรา 30 และ 40 ตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนอัตรา 10 และ 20 ตัว พบไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดมอดแป้งในสภาพโรงเก็บจำลอง การทดสอบการใช้มวนดำก้นลายในสภาพโรงเก็บโดยใช้ข้าวสาร 1 ตันในสภาพเปิด ปล่อยมวน 500 ตัวทุก 2 สัปดาห์ ผลการตรวจนับแมลงศัตรูตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 จนถึงสัปดาห์ที่ 6 จึงพบปริมาณแมลงรวมลดลงอย่างต่อเนื่องในปริมาณที่เล็กน้อย จากสัปดาห์แรก พบแมลง 8.0$\pm$3.7 ตัวต่อข้าว 250 กรัม ลดลงมาเหลือ 5.2$\pm$2.0 ตัวต่อข้าว 250 กรัม แม้ทำการปล่อยมวนดำก้นลายซ้ำทุก 2 สัปดาห์ก็ตาม ดังนั้นเพื่อการควบคุมที่ได้ผลดีและรวดเร็วความเพิ่มปริมาณมวนดำก้นลายที่ปล่อยให้มากขึ้น

12. การใช้สารสกัดจากเปลือกมังคุด สารสกัดจากผลน้ำเต้า และสารสกัดจากใบยาสูบที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่าผลเงาะที่จุ่มสารสกัดจากใบยาสูบที่ 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาทีมีประสิทธิภาพสูงที่สุด แต่เมื่อเก็บรักษาเงาะเป็นเวลา 7 วัน พบว่าสารสกัดจากใบยาสูบที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เปลือกเงาะเปลี่ยนเป็นสีดำมากเมื่อเปรียบเทียบกับการจุ่มผลเงาะด้วยน้ำ ดังนั้นจึงไม่สามารถนำสารสกัดที่ต้องละลายด้วยเอทานอลมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงบนผลเงาะได้ สำหรับสารสกัดจากใบยาสูบ 2 พันธุ์ ที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย (พันธุ์เบอร์เลย์ และพันธุ์เวอร์จิเนีย) ที่ความเข้มข้น 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 และ 60 นาที พบว่าไม่สามารถกำจัดเพลี้ยแป้งลายได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อนำเอาสารสกัดจากใบยาสูบทั้ง 2 สายพันธุ์มาผสมกัน ที่อัตราส่วน 1:1 กลับพบว่าสามารถกำจัดเพลี้ยแป้งลายได้มากถึง 93.89 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 3 หลังจากการทดลอง และเมื่อจุ่มผลเงาะลงในสารสกัดจากใบยาสูบพันธุ์เบอร์เลย์ที่ผสมกับพันธุ์เวอร์จิเนีย อัตราส่วน 1:1 ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาทีเพื่อศึกษาคุณภาพเงาะพบว่า สารสกัดจากใบยาสูบจะมีผลต่อค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองถึงค่าสีน้ำเงินบนเปลือกเงาะแต่จะไม่มีผลต่อคุณภาพด้านอื่นของเงาะ (ค่าความหวาน ค่าความเป็นกรด วิตามินซี ความแน่นเนื้อ และการสูญเสียน้ำหนัก)

13. การใช้สารสกัดจากประยงค์ เลี่ยน และลางสาด ที่ระดับความเข้มข้น 20, 25 และ 30 % คลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเก็บไว้ในโรงเก็บเป็นระยะเวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน สามารถนำมาใช้เพื่อควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดหนวดยาวในโรงเก็บได้ และไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด แต่ควรมีการควบคุมปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาดภายในโรงเก็บ และการโยกย้ายผลผลิตเข้าหรือออกจากโรงเก็บ เป็นต้น การเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากพืชก็เป็นอีกวิธีการหนึ่ง ซึ่งทำให้สารเหล่านี้สามารถควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บได้อย่างมีประสิทธิภาพ

14. สารสำคัญที่พบปริมาณมากที่สุดในน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงคือ sabinene และ 1,8-cineole สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงในการเป็นสารสัมผัสพบว่าน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศมีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงถั่วเหลือง (LC_{50}=1.2 มคล./ตร.ซม.) ได้ดีกว่าด้วงถั่วเขียว (LC_{50}=4.6 มคล./ตร.ซม.) แต่น้ำมันหอมระเหยข่าลิงสามารถกำจัดด้วงถั่วเขียว (LC_{50}=1.7 มคล./ตร.ซม.) ได้ดีกว่าด้วงถั่วเหลือง (LC_{50}=2.5 มคล./ตร.ซม.) หลังการทดสอบ 72 ชั่วโมง ในการทดสอบการเป็นสารรมพบว่าน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ สามารถกำจัดด้วงถั่วเขียว (LC_{50}= 57.7 มคล./ล.) ได้ดีกว่าด้วงถั่วเหลือง (LC_{50}=222.6 มคล./ล.) แต่น้ำมันหอมระเหยข่าลิงมีประสิทธิภาพในการ

กำจัดด้วงถั่วเหลือง (LC_{50}=74.1 มคล./ล.) ได้ดีกว่าด้วงถั่วเขียว (LC_{50}=124.7 มคล./ล.) หลังการทดสอบ 48 ชั่วโมง และน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงที่ความเข้มข้น 10 และ 8 เปอร์เซ็นต์ สามารถป้องกันการวางไข่และการเกิดเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกของด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองได้เป็นอย่างดีในห้องปฏิบัติการ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิดในสภาพโรงเก็บ พบว่ามีแมลงศัตรูถั่วเขียวเข้าทำลายเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด โดยพบด้วงถั่วเขียวเข้าทำลายในเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศมากกว่าเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าลิงและน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด ไม่สามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บได้

15. น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่สกัดจากผลสุกที่เก็บจากจังหวัดเชียงราย มีสารสำคัญทั้งหมด 10 ชนิด โดยพบ E-citral และ Z-citral เป็นสารสำคัญที่พบในปริมาณมากที่สุด การนำเอาน้ำมันหอมระเหยจากผลตะไคร้ต้นมาใช้ป้องกันกำจัดมอดยาสูบและมอดสมุนไพรจะสามารถป้องกันกำจัดมอดสมุนไพรได้ดีกว่ามอดยาสูบในทุกการทดสอบ ไม่ว่าจะใช้เป็นสารสัมผัส สารรม สารไล่ และการคลุกเมล็ดเพื่อการรักษาสมุนไพร แต่จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดในช่วงระยะเวลาสั้นเท่านั้น ดังนั้นในการนำเอาน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นไปใช้ จำเป็นต้องหาวิธีการที่ทำให้น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นมีประสิทธิภาพนานพอที่จะป้องกันกำจัดแมลงทั้งสองชนิดนี้ได้

16. การอบสมุนไพรเพื่อกำจัดทุกระยะการเจริญเติบมอดยาสูบ และมอดสมุนไพร โดยเกิดการสูญเสียคุณภาพ ต้องใช้ระดับความร้อนและระยะเวลาการอบที่แตกต่างกันดังนี้ ดอกคำฝอยต้องอบที่ระดับอุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง เมล็ดผักชีที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ดอกเก็กฮวยและชาใบหม่อนที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งการใช้อุณหภูมิสูงระยะเวลานานมีผลทำให้ปริมาณสารในสมุนไพรลดลง เกษตรกรหรือผู้ประกอบการสามารถนำระดับอุณหภูมิความร้อนและระยะเวลาการอบดังกล่าวไปใช้กำจัดมอดสมุนไพรและมอดยาสูบโดยที่ไม่ทำให้ดอกคำฝอย เมล็ดผักชี ดอกเก็กฮวย และชาใบหม่อน สูญเสียคุณภาพ และผู้บริโภคได้บริโภคสมุนไพรที่มีคุณภาพ สะอาด ปราศจากการทำลายของแมลง

17. การใช้คลื่นความถี่วิทยุควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บเป็นวิธีทางกายภาพวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพดี โดยต้องทำให้เมล็ดข้าวโพดมีอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาทีในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด และนานขึ้นกว่า 90 วินาที ในการควบคุมมอดข้าวเปลือก ซึ่งมีความทนทานมากกว่าด้วงงวงข้าวโพด แต่ทั้งนี้ระดับพลังงานหรือระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นต้องไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวโพด ด้วยระยะเวลาที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมแมลงค่อนข้างสั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการออกแบบเครื่องสำหรับการใช้คลื่นอย่างต่อเนื่องในระบบการผลิต ซึ่งสามารถควบคุมแมลงในผลผลิตที่มีปริมาณมากภายในเวลาอันรวดเร็ว ใช้ทดแทนการใช้ตู้อบความร้อนแบบเดิม สามารถลดต้นทุนด้านค่าแรงงาน ลดการใช้พื้นที่ และยังทำให้เกิดความเสียหายต่อสินค้าน้อยลงเนื่องจากลดขั้นตอนการขนย้าย ที่สำคัญสามารถทดแทนการใช้สารรมชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นสารพิษในผลิตผลเกษตรได้

18. ก๊าซไนโตรเจน 99.9% และก๊าซผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจน ในอัตราส่วน 10: 90, 20: 80 และ 30: 70 มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดข้าวเปลือก มอดฟันเลื่อย และมอดหนวดยาว แต่เนื่องจากชนิดและระยะการเจริญเติบโตของแมลง และระยะเวลาการรม มีผลต่อประสิทธิภาพการควบคุม ดังนั้นการนำวิธีการนี้ไปใช้ ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ อย่างไรก็ดีควรทำการทดสอบซ้ำโดยการใช้ก๊าซชนิดใดชนิดหนึ่ง เช่น ก๊าซไนโตรเจน หรือก๊าซคาร์บอนไดออกกไซด์ โดยไม่จำเป็นต้องผสมก๊าซ เพื่อหาระยะเวลาการรมที่สั้นที่สุด ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงทุกชนิดทุกระยะการเจริญเติบโต โดยเฉพาะด้วงงวงข้าวโพด ซึ่งเป็นแมลงที่มีความทนทานต่อการใช้ก๊าซที่สุด รวมถึงการขยายขนาดของการทดสอบในสภาพโรงเก็บให้ใหญ่ขึ้น เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของก๊าซในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร และสามารถนำวิธีการนี้ไปใช้ได้จริงในทางการค้าต่อไป

19. การศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์ร่วมกับก๊าซไนโตรเจนในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด พบว่าการใช้ถุงฟอยด์ ถุง KNY ถุง NY และถุง PET เพียงอย่างเดียวสามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัย ดักแด้ หนอน และไข่ได้ภายในระยะเวลาการบรรจุ 2 สัปดาห์ แต่เมื่อใช้ร่วมกับการใส่ก๊าซไนโตรเจนพบว่าสามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดทั้ง 4 ระยะได้ดีขึ้นสามารถควบคุมได้ภายใน 1 สัปดาห์ และพบว่าปริมาณของสารพิษแอฟลาทอกซินเพิ่มขึ้นน้อยมากที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

20. การบรรจุสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด ในถุง 2 ชนิด คือ NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ร่วมกับกรรมวิธีต่างๆที่เหมือนกันและระยะเวลาบรรจุเท่ากัน พบว่าอัตราการรอดชีวิตของมอดยาสูบและมอดสมุนไพร ทุกระยะการเจริญเติบโต ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าถุงทั้ง 2 ชนิดมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน และพบว่ากรรมวิธีการใส่สารดูดซับออกซิเจนมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการกำจัดแมลงในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งการบรรจุสมุนไพร 4 ชนิดในถุงทั้ง 2 ชนิดร่วมกับการใส่สารดูดออกซิเจนอัตราที่สามารถกำจัดมอดยาสูบและมอดสมุนไพรได้ในระยะเวลา 7 วัน มีความแตกต่างกันดังนี้ การบรรจุดอกคำฝอย ปริมาณ 100 กรัมต้องใส่สารดูดออกซิเจนอัตรา 400 ซี.ซี. เมล็ดผักชีปริมาณ 400 กรัมต้องใส่สารดูดออกซิเจนอัตรา 400 ซี.ซี. ดอกเก็กฮวย ปริมาณ 100 กรัมต้องใส่สารดูดออกซิเจนอัตรา 250 ซี.ซี. และชาใบหม่อนปริมาณ 80 กรัมต้องใส่สารดูดออกซิเจนอัตรา 400 ซี.ซี. โดยทั้ง มอดยาสูบ และมอดสมุนไพรไม่สามารถเจาะเข้าทำลายถุงทั้ง 2 ชนิดได้ การบรรจุสมุนไพรที่มีช่องว่างของอากาศมากควรเพิ่มขนาดบรรจุของสารดูดซับออกซิเจนให้มากกว่าที่คำนวณได้จึงจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง

21. การจำแนกแมลงที่ติดกับดัก พบแมลงจำพวกด้วงปีกตัด (*Urophorus (Carpophilus) humeralis* (Fabricius)) จำนวนมากกว่าแมลงชนิดอื่น ผลการทดลองประสิทธิภาพในการดักจับด้วงปีกตัดของกับดักแสงไฟ 2 ชนิด พบว่าเมื่อทำการทดลองเปิดพร้อมกัน ชนิดของกับดักแสงไฟแบบติดผนัง มีแผ่นกาวดักจับแมลงอยู่ในเครื่อง มีประสิทธิภาพดีดักด้วงปีกตัด ได้เฉลี่ย 46.27 ตัวต่อกับดัก เทียบกับกับดักแสงไฟแบบตั้งพื้น มีพัดลมดูดแมลงให้ลงไปอยู่ในถุงด้านล่าง ดักด้วงปีกตัดได้เฉลี่ย 4.55 ตัวต่อกับดัก มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิธีการจัดการแก้ปัญหาการปนเปื้อนของแมลงในกระเทียม เนื่องจากกระเทียมเป็นของสดมีการหายใจ การรมด้วยสารรมฟอสฟีนเพื่อฆ่าแมลงที่ปนเปื้อน ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 5 – 7 วัน การคลุมผ้าพลาสติกอย่างมาตรฐานการรมทำให้เกิดไอน้ำภายในกองรม และทำให้ผลิตผลเป็นเชื้อราตามมา

นอกเหนือจากการใช้สารรม ใช้วิธีการจัดการภายในโรงเก็บด้วยวิธีผสมผสาน คือ 1. หาแหล่งสะสมแมลงในโรงเก็บด้วยการสำรวจภายในและรอบรอบๆโรงงานหากพบกระเทียมเน่าเสีย เป็นเชื้อรา ตรวจดูพบแมลงบินอยู่เป็นจำนวนมาก แนะนำให้เก็บเศษกระเทียมที่ไม่ ใช้แล้วนำไปทิ้ง หรือเก็บใส่ถุงให้มิดชิด ภายในโรงเก็บที่เครื่องคัดขนาดกระเทียม ซึ่งมีการใช้งานตลอดนั้นมีการสะสมของกระเทียมเก่า(ขี้กระเทียม) เป็น แหล่งแพร่ขยายพันธุ์แมลง แนะนำให้มีการขูดทำความสะอาดเครื่อง และพื้น ที่มีขี้กระเทียมสะสม 2. ให้ผู้ประกอบการทำการคัดแยกกระเทียมที่เน่าเสีย ขึ้นราซึ่งช่วยในการลดปริมาณแมลงทีปนเปื้อนอย่างมากเพราะด้วงปีกตัดจะอาศัยอยู่ในกระเทียมที่เป็นเชื้อรา 3. แนะนำให้มีการติดกับดักแสงไฟแบบมีแผ่นกาวเพื่อลดจำนวนแมลง ไม่ให้ปนเปื้อนในผลิตผล และควรเปลี่ยนกระดาษเดือนละ 1 – 2 ครั้ง

22. การศึกษาชีววิทยา นิเวศวิทยา และการป้องกันกำจัดด้วงผลไม้แห้ง ในลำไยอบแห้ง โดยทำการสำรวจเก็บตัวอย่างแมลงในลำไยอบแห้ง พบด้วงผลไม้แห้ง *C. hemipterus* เป็นด้วงอยู่ในวงศ์ Nitidulidae ชอบ ทำลายผลไม้แห้ง เป็นปัญหาสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมผลไม้แห้ง ทั้งตัวเต็มวัยและตัวหนอนร่วมกันทำลายผลไม้แห้ง เลี้ยงด้วยลำไยแห้งมี วงจรชีวิต ระยะไข่เฉลี่ย 4.15 ± 0.81 วันระยะหนอนเฉลี่ย 17.30 ± 2.003 วัน ระยะดักแด้ เฉลี่ย 4.85 ± 1.31 วัน ตัวเต็มวัยมีอายุนานมากกว่า 2 เดือน จากการเลี้ยงด้วยมะม่วงหิมพานต์แห้งมี วงจรชีวิต ระยะไข่ 6 - 7 วันระยะหนอน 35 - 37 วัน ระยะดักแด้ 7 - 10 วัน ระยะตัวเต็มวัย 42 - 86 วัน หนอนที่เกิดใหม่จะกินเนื้อลำไยแห้งด้านในของผลเป็นส่วนใหญ่ สังเกตได้จากขุยเศษอาหารและมูลของหนอน บางครั้งอาศัยอยู่ตามผิวของผลลำไยแห้งที่ขรุขระด้านนอก ดักแด้จะไม่มีปลอกหุ้ม ดักแด้อยู่ภายในผลลำไยแห้ง ตัวเต็มวัยสามารถบินได้ว่องไวแม้ในเวลากลางวัน บินออกจากแหล่งอาหารมาติดกับดักแสงไฟ การใช้สารรม aluminium phosphide อัตรา 1 tablet ต่อพื้นที่กองรม 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถกำจัดด้วงผลไม้แห้งได้ โดยรสชาติความหวานไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนการลดการปนเปื้อนในโรงเก็บลำไยอบแห้งแบบโรงเรือนปิด การใช้กับดักแสงไฟแบบติดผนัง ช่วยดักจับตัวเต็มวัยด้วงผลไม้แห้งที่ปนเปื้อนอยู่ในผลผลิต จะช่วยลดการปนเปื้อนได้ โดยการติดตั้งที่ระยะสูงจากพื้น 2 เมตรจะดักด้วงได้สูงสุด

23. การศึกษาการประเมินความสูญเสียของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวที่เกิดจากแมลง พบว่าแมลงศัตรูข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวที่สำรวจจากข้าวโพด 33 ตัวอย่างนั้นพบแมลง 6 ชนิดเรียงตามลำดับจำนวนตัวอย่างที่พบจากมากไปหาน้อยดังนี้ มอดแป้งและมอดหนวดยาว พบในจำนวนเท่ากัน รองลงมาคือด้วงงวงข้าวโพด มอดข้าวเปลือก เหาหนังสือ และมอดฟันเลื่อย ซึ่งแต่ละแหล่งนั้นมักพบแมลงหลายชนิดอาศัยอยู่ร่วมกัน พบมากที่สุดที่แมลงอาศัยอยู่ร่วมกัน 5 ชนิด แต่ตัวอย่างส่วนใหญ่จะพบแมลงอยู่ร่วมกัน 2-3 ชนิด ด้วงงวงข้าวโพด 1 คู่ สามารถเพิ่มปริมาณได้ถึง 10 เท่าในเวลา 6 เดือนแต่อาจยังไม่เห็นความเสียหายได้ชัดเจน เช่นเดียวกับมอดแป้ง 10 ตัว แต่เมื่อพบด้วงงวงข้าวโพด มอดข้าวเปลือก และมอดหนวดยาว 10 ตัว พบว่าในเวลา 6 เดือนสามารถเพิ่มปริมาณแมลงและทำความเสียหายแก่เมล็ดข้าวโพดได้มาก ซึ่งต้องทำการควบคุมก่อนเกิดความเสียหายเพิ่มขึ้น ทั้งนี้นอกจากชนิดและปริมาณแมลงจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความสูญเสียแล้ว ปริมาณการสูญเสียน้ำหนักหรือการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตรยังขึ้นอยู่กับ สภาพแวดล้อมขณะที่เก็บ ระยะเวลาการเก็บ รวมไปถึงตัวผลิตผลเกษตรเองด้วย ดังนั้นผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาข้าวโพด หรือผลิตผลเกษตรอื่น

ควรหมั่นสำรวจโรงเก็บด้วยการสุ่มตัวอย่าง ตรวจนับชนิดและจำนวนแมลงอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการตัดสินใจในการดำเนินการควบคุมแมลงต่อไป

24. การสุ่มเก็บตัวอย่างมอดแป้ง ในโรงสีทั่วประเทศไทย จำนวน 125 โรงสี พบว่ามอดแป้งจาก 4 โรงสี มีความสามารถในการสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน คิดเป็น 3.20 เปอร์เซ็นต์ของโรงสีที่เก็บตัวอย่างมาทั้งหมด และมอดแป้งจาก 121 โรงสี ซึ่งคิดเป็น 96.8 เปอร์เซ็นต์ ยังไม่พบการสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน

25. จากตัวอย่างมอดหนวดยาวที่เก็บมาสามารถเลี้ยงขยายพันธุ์จนเพียงพอสำหรับการทดสอบจำนวน 47 แหล่ง จากทั้ง 4 ภาค 22 จังหวัด ผลการทดสอบพบมอดหนวดยาวต้านทาน 33 แหล่ง หรือ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยพบมอดหนวดยาวสายพันธุ์ต้านทานกระจายตัวในทุกภาค และเกือบทุกจังหวัด และจากสายพันธุ์ต้านทานพบมีมอดหนวดยาวที่แสดงความต้านทานรุนแรงเพียง 2 แหล่ง หรือ 6 เปอร์เซ็นต์

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการที่ 1 การวิจัยการจัดการโรคและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่ใช้สารเคมี

บทสรุป

1. การควบคุมโรคพืชและสารพิษจากเชื้อราด้วยเชื้อจุลินทรีย์

- พบว่าโรคผลเน่าของเงาะหลังการเก็บเกี่ยว มีสาเหตุจากเชื้อราหลายชนิด คือ *Lasiodiplodia theobromae, Gliocephalotrichum* spp., *Greeneria* sp., *Colletotrichum gloeosporioides, Pestalotiopsis* sp., *Phomopsis* sp. เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่คัดเลือกมา 3 สายพันธุ์ คือ DL9, PN10 และ DL7 มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคผลเน่าของเงาะ ไม่เป็นพิษต่อพืชปลูก (เมล็ดข้าวและเมล็ดถั่วเขียว) และไม่พบความเป็นพิษต่อเซลล์ไตลิง เมื่อจำแนกพบว่าเป็นเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtillis* หรือ *B. amyloliquefaciens* เมื่อใช้ผลิตเป็นชีวภัณฑ์โดยผสมกับแป้งข้าวเจ้า น้ำมันถั่วเหลืองและซูโครส พบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าของเงาะหลังการเก็บเกี่ยวได้ดี

- การใช้แบคทีเรียดินควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตร พบว่าแบคทีเรียดินที่คัดแยกได้ จำแนกได้เป็น *Bacillus tequilensis* และ *Bacillus subtilis sub sp. Inaquosorum* สามารถยับยั้งทั้งการเจริญของเชื้อราและการสร้างสารพิษแอฟลาทอกซิน สามารถลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนถั่วลิสงตามธรรมชาติ ได้มากกว่า 85.98 % ที่ 28 วัน หลังการเก็บรักษา โดยไม่มีความเป็นพิษต่อการงอกของเมล็ดข้าวเปลือกและถั่วเขียว

- ประสบความสำเร็จในการแยกเชื้อรา *A. flavus* สายพันธุ์ที่ไม่สร้างสารพิษจำนวน 1 สายพันธุ์คือ *A. flavus* (561) ซึ่งไม่มียีนสร้างสารพิษ Aflatoxin gene (*pks*A *afl*R และ *nor*A) เป็นเชื้อราสายพันธุ์ใหม่ที่พบในประเทศไทย มีประสิทธิภาพในการควบคุมการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตร และมี

ประสิทธิภาพในการเป็นปฏิปักษ์กับเชื้อราที่สร้างสารพิษ สามารถลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินในข้าวโพดได้ถึง 97.43 %

- การศึกษาสารสกัดออกฤทธิ์จากเชื้อรา *Macrocybe crassa* พบว่าสามารถควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผักกาดขาวได้

2. การศึกษาการควบคุมโรคพืชและสารพิษจากเชื้อราด้วยสารสกัดจากพืช

- พบว่า ข่า สารสกัดไพลและขมิ้นชันสามารถยับยั้งเชื้อรา *C. gloeosporioides C. capsici* และ *C. musae* ได้ ขณะที่การทดสอบบนผลพบว่าขมิ้นชันและไพลที่ความเข้มข้น 50,000 ppm มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคบนผลมะม่วงและมะละกอ สารสกัดจากขมิ้นชันความเข้มข้น 50,000 ppm ไพลความเข้มข้น 30,000 และ 20,000 ppm มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคบนผลกล้วยหอม การเตรียมตัวอย่างพืชด้วยวิธีการ freeze dry มีความเหมาะสมในการผลิตสารสกัดจากพืช และพบว่าสารสกัดไพลสามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อและสีเขียวบนผลมะม่วง มะละกอได้

- สารสกัดจากผงเปลือกผลทับทิมความเข้มข้น 12,000 ppm สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ลดการปนเปื้อนในผักสะระแหน่ระหว่างการเก็บรักษาได้ โดยยังคงฤทธิ์การควบคุมถึงช่วง 6 ชม.หลังการทดลอง สามารถควบคุมเชื้อได้ 81.90 % เป็นทางเลือกหนึ่งในการนำไปใช้ในโรงคัดบรรจุ หรือแม้แต่ประยุกต์ใช้ในแปลงเพื่อลดการปนเปื้อนตั้งต้นตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยวในการผลิตผักสด

- การควบคุมเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินด้วยสารสกัดจากพืชพบว่า สาร allicin ในน้ำคั้นที่สกัดจากหัวกระเทียมมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* สามารถป้องกันเชื้อราและลดการเกิดสารแอฟลาทอกซินได้ เก็บรักษาได้นานถึง 4 เดือน ลดการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินพริกแห้งและพริกป่นที่มีการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินสูงได้ 56.52 และ 76.67 % ตามลำดับ

- สารสกัดหยาบกระเทียม ไพล กระชายดำ ปุดสิงห์ และข่า ที่สกัดด้วยเอธานอล 95 % มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และการสร้างสารแอฟลาทอกซินได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำให้ *A. flavus* ผลิตเอนไซม์ที่จำเป็นในการสังเคราะห์สารแอฟลาทอกซินได้น้อยลง ควบคุมการเจริญของเชื้อ *A. flavus* บนถั่วลิสงหลังจากเคลือบเป็นเวลา 1 เดือน

3. การควบคุมโรคโดยใช้สารกลุ่ม GRAS

- พบว่า acetic acid และ oxalic acid สามารถควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum* spp ใน มะละกอ กล้วยหอม มะม่วง และแก้วมังกรที่ปลูกเชื้อได้ ขณะที่มีเพียง oxalic acid เท่านั้นที่ควบคุมโรคที่เกิดโดยธรรมชาติบนผลมะละกอ ส่วนการศึกษาการใช้กรดอินทรีย์ควบคุมโรคผลเน่าของมะม่วงพบว่า citric acid ที่ 3 % สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Dothiorella* sp. ในจานเลี้ยงเชื้อ แต่การทดลองบนผลมะม่วงกลับพบว่า sodium metabisulphite ที่ 1 % สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ดีกว่า

- การศึกษาการใช้สาร methyl salicylate พบว่าสารนี้มีศักยภาพในการควบคุมโรคผลเน่าของผลเงาะและลองกองที่เกิดจากเชื้อ *Phomopsis* sp. โดยให้ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับระดับการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ β -1,3 glucanase ที่สูงขึ้นในผลลองกองที่ได้รับสาร

- การทดสอบประสิทธิภาพของ propionic acid และ sodium carbonate ต่อโรคผลเน่าของแก้วมังกร พบว่าที่ความเข้มข้น 0.08 และ 3.0 % สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum* sp ซึ่งเป็นเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของแก้วมังกรได้ แต่กลับไม่สามารถควบคุมโรคในการทดลองบนผลแก้วมังกรได้

- การศึกษาวิธีการทางกายภาพในการควบคุมสารพิษจากเชื้อรา พบว่าการใช้เตาอบไมโครเวฟที่ระดับต่างๆ สามารถลดสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลและผลิตภัณฑ์ได้ คือ สามารถลดปริมาณโอคราทอกซินเอ ในตัวอย่างผลไม้อบแห้ง เช่น แครนเบอรรี่ และ ลูกเกดขาว ได้ 74.35 และ 84.56 % ตามลำดับ สามารถลดปริมาณแอฟลาทอกซินในงาดำได้ 26.81 % ลดสารพิษฟูโมนิซินในข้าวบาร์เลย์ และ คอร์นเฟลก (cornflake) ได้ 39.63 และ 41.71 % ตามลำดับ

- การศึกษาการลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ *E. coli* ในสะระแหน่ พบว่า citric acid ที่ 0.6 % สามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ *E. coli* ในการทดลองกับยอดสะระแหน่ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 $^{\circ}$C ขณะที่การทดลองที่ทำกับยอดสะระแหน่ที่เก็บเกี่ยวจากแปลงปลูก พบว่าการล้างด้วย citric acid ที่ 6 % และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 $^{\circ}$C สามารถควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ *E. coli* ได้นานถึง 3-24 ชม.

5. การควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราโดยวิธีทางกายภาพ

- การใช้เตาอบลมร้อน สามารถลดโอคลาทอกซินเอใน แครนเบอร์รี่อบแห้ง ลูกเกดขาว และ บลูเบอร์รี่อบแห้ง ได้ 83.59, 81.85 และ 43.30 % ตามลำดับ ลดแอฟลาทอกซินใน ถั่วลิสง ข้าวกล้อง งาดำ และข้าวเหนียวดำได้ 19.82, 47.05, 59.26 และ 69.73 ตามลำดับ

- นอกจากนี้ยังพบว่า การอาบแสงอัลตราไวโอเลตนาน 120 และ 90 นาทีลดการปนเปื้อนของสารพิษฟูโมนิซินในข้าวบาร์เลย์ ได้ 17.62 และ 17.47 % ตามลำดับ

5. การควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราโดยการประเมินโรคและการผสมผสานวิธีการ

- การศึกษาการใช้น้ำร้อนร่วมกับสาร GRAS พบว่า การใช้ ammonium carbonate ที่ 2-3 % และ potassium **carbonate** ที่ 2 % ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 ℃ นาน 5 นาที สามารถควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* และ *C. capsici* บนผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง มะละกอพันธุ์ปักไม้ลาย และมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ได้

- การศึกษาในผลพริกหวานพบว่า การใช้น้ำร้อนร่วมกับ potassium sorbate ที่ 500 mg/l. ยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* ผลพริกหวานได้ 91.45 % โดยไม่มีผลต่อคุณภาพของผลพริกหวาน

- การศึกษาการเก็บรักษาลองกองพบว่าการใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้น 500 ppm และ chitosan ที่ 0.25 % ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ หนา 40 ไมครอน สามารถชะลอการหลุดร่วง ลดการเกิดสีน้ำตาล และลดการเกิดโรคได้นาน 12 วัน

- การศึกษาการประเมินการเข้าทำลายโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่าการจุ่มผลมะม่วงในสารละลาย paraquat ที่ 2,000 ppm นาน 1 นาที สามารถกระตุ้นการแสดงอาการโรคที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ โดยแสดงอาการภายใน 72 ชม. หรือ 3 วัน สามารถใช้ในการประเมินการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรค

- การศึกษาความเสี่ยงในการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ในขั้นตอนการผลิตผักสะระแหน่ พบว่าขั้นตอนการล้างหลังจากเก็บเกี่ยวที่แปลงปลูกเป็นจุดที่มีความเสี่ยงสูงที่สุด รองลงมาคือขั้นตอนการล้างในโรงคัดบรรจุและการควบคุมอุณหภูมิในขณะขนส่ง จุดเสี่ยงในขั้นตอนเหล่านี้จำเป็นมีการการจัดการเพื่อควบคุมการปนเปื้อน

- พบเชื้อราที่แสดงปฏิกิริยาการเป็นปฏิปักษ์แบบ Antibiosis แต่ปริมาณผลผลิต secondary metabolites ต่อปริมาตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ต่ำมากจึงไม่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งาน และการให้รังสี UV แก่แง่งขิงร่วมกับการบ่มสมานบาดแผลในสภาพความชื้อสัมพัทธ์สูง (95 % RH.) สามารถเร่งการสมานบาดแผลได้ในเวลา 12-24 ชม. จากเดิมที่ใช้เวลา 48 ชม.ซึ่งช่วยลดระยะเวลาการสมานบาดแผลลงและเพิ่มความต้านทานโรคแก่แง่งขิง

- การสำรวจโรคในหัวพันธุ์ปทุมมา พบเชื้อสาเหตุโรคคือ *Fusarium* sp. *Curvularia* sp. และ *Alternaria* sp. เมื่อศึกษาการควบคุมโรคพบว่า การจุ่มหัวพันธุ์ด้วยจุ่มหัวพันธุ์ด้วยสารสกัดน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน สารสกัดน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม สารสกัดน้ำมันหอมระเหยกะเพรา และสารสกัดน้ำมันหอมระเหยกานพลู สามารถควบคุมโรคในหัวพันธุ์ปทุมมา จากเชื้อสาเหตุโรคคือ *Fusarium* sp. ได้

ข้อเสนอแนะ

ผลการทดลองภายใต้โครงการสามารถนำไปใช้เป็นวิธีการทางเลือกแก่ผู้ประกอบการนำไปใช้ควบคุมโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตร เพื่อให้เกิดความปลอดภัยทั้งแก่ผู้ผลิตและผู้บริโภค

โครงการที่ 2 การพัฒนาการจัดการศัตรูผลิตผลเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพ

บทสรุป

1. การใช้สารรมอย่างถูกต้องและเหมาะสม พบว่าการใช้สารรมฟอสฟีนที่เหมาะสมในสภาพไซโลต้องมีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซและมีระบบหมุนเวียนอากาศ ส่วนในสภาพกองรมพบว่าสามารถใช้ผ้าพลาสติกนีโอชีท (PE+ไนล่อน) หนา 0.06 มม. ซึ่งมีน้ำหนักเบาทดแทนผ้าพลาสติกหนา 0.2 มม.ที่เคยแนะนำไว้เดิม และการรมก๊าซฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพระยะในเวลาการรมเป็นส่วนสำคัญคือต้องรักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซไว้อย่างน้อย 5 วัน การจัดการแมลงศัตรูในโรงเก็บกาแฟและโรงเก็บลำไยอบแห้งสามารถใช้กับดักแสงไฟร่วมกับการรมด้วยสารรมฟอสฟีนเมื่อมีปริมาณแมลงเพิ่มมากขึ้น ด้านการใช้สารรมเมธิลโบร์ไมด์ในแมลงวันพริกควรใช้ที่อัตรามากกว่า 32 mg/l ส่วนการใช้สารรมอีโคฟูมได้อัตราและวิธีใช้ที่เหมาะสมในการรมแมลงศัตรูในโรงเก็บและกับเพลี้ยไฟกล้วยไม้ในระดับห้องปฏิบัติการ

2. การพัฒนาการใช้ชีวภัณฑ์ในการป้องกันกำจัดแมลง ได้วิธีการเก็บรักษาแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุแตนเบียนได้ 1 สัปดาห์ ได้เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงมวนดำก้นลายและทราบประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ ด้านการใช้สารสกัดจากพืช พบว่าสารสกัดใบยาสูบมี

ประสิทธิภาพดีในการกำจัดเพลี้ยแป้งเงาะ สารสกัดจากเลี่ยน น้ำมันหอมระเหยจากจันทน์ทศและข่าลิง สามารถควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บได้ดีในระดับห้องปฏิบัติการ

3. การใช้วิธีทางกายภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ด้านการใช้ความร้อนในการอบกำจัดแมลงได้ระดับของอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบเพื่อการกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บด้วยตู้อบรมร้อน และตู้อบแบบที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุ ด้านการใช้การปรับสภาพบรรยากาศในการกำจัดแมลงได้ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจน และระยะเวลาที่สามารถกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บได้อย่างสมบูรณ์ในสภาพกองรม รวมทั้งได้วิธีการบรรจุผลิตผลเกษตรที่สามารถกำจัดแมลงศัตรูอย่างได้ผล โดยการใช้บรรจุภัณฑ์ถุงถุงฟอยด์ ถุง PET/CPP ถุง NY/LLDPE และถุง KNY ร่วมกับการใส่ก๊าซไนโตรเจน หรือการใช้ร่วมกับการใส่สารดูดออกซิเจนในอัตราที่เหมาะสม ทั้งยังสามารถเก็บรักษาคุณภาพของผลิตผลเกษตรได้นานอย่างน้อย 6 เดือน

4. การศึกษาชีววิทยา นิเวศวิทยา และการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร พบว่าด้วงผลไม้แห้งชนิด *Carpophilus hemipterus* เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของลำไยอบแห้ และได้วิธีป้องกันกำจัดที่เหมาะสม ส่วนด้านการประเมินความเสียหายของผลิตผลเกษตรจากการเข้าทำลายของแมลง ได้ข้อมูลความเสียหายที่เกิดจากแมลงในโรงเก็บต่างชนิด ต่างจำนวน และระยะเวลาการเก็บที่แตกต่างกัน

5. การศึกษาความต้านทานฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ได้ข้อมูลความต้านทานของแมลง 2 ชนิด คือมอดแป้งและมอดหนวดยาวในประเทศไทย โดยจากตัวอย่างที่เก็บมาทดสอบพบมอดแป้งพบแมลงสร้างความต้านทาน 3.20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมอดหนวดยาวพบแมลงสร้างความต้านทานแล้ว 70 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

1. ในการใช้สารมที่ถูกต้อง คือต้องป้องกันการรั่วไหลของก๊าซให้ได้มากที่สุด ข้อสำคัญของการรมก๊าซฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพระยะในเวลาการรมเป็นส่วนสำคัญคือต้องรักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซไว้อย่างน้อย 5 วัน ซึ่งการรมที่มีประสิทธิภาพนอกจากจะสามารถกำจัดแมลงได้หมด ไม่สูญเสียผลผลิต ยังประหยัดค่าใช้จ่ายในการรมซ้ำ และแมลงสร้างความต้านทานต่อสารมฟอสฟีนน้อยลง

2. การจัดการแมลงศัตรูในโรงเก็บควรเป็นการจัดการแบบบูรนาการ เพื่อลดการใช้สารเคมี เช่นการใช้กับดักแสงไฟเพื่อการดักจับตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูเป็นการป้องกันการแพร่ขยายพันธุ์ และใช้สารมที่เหมาะสมตามความจำเป็น

3. นอกจากนั้นยังสามารถนำวิธีการทางกายภาพเข้ามาใช้ทดแทนการใช้สารเคมีได้ โดยเฉพาะในผลิตผลจำนวนไม่มาก การอบด้วยความร้อน วิธีการปรับสภาพบรรยากาศ และการใช้วิธีการบรรจุที่เหมาะสมสามารถกำจัดแมลงได้ทั้งหมด ทั้งยังสามารถคงคุณภาพของผลผลิตได้นาน

4. การใช้ชีวภัณฑ์ในการป้องกันกำจัดแมลง โดยเฉพาะตัวห้ำตัวเบียน เป็นวิธีการที่รักษาสมดุลย์ธรรมชาติ และสามารถใช้ได้ดีในสภาพโรงเรือนแบบปิด ส่วนการนำสมุนไพรมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงเป็นการนำพืชในธรรมชาติมาหาสารสำคัญและพบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ดีในระดับ

ห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กำจัดแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

5. การศึกษาความต้านทานฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร เป็นข้อมูลสำคัญในการจัดการด้านการใช้สารรมอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากระดับความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของแมลงในแต่ละแหล่งไม่เท่ากัน ดังนั้นการใช้สารรมฟอสฟีนในแหล่งที่มีระดับความต้านทานสูงควรใช้ในอัตราและระยะเวลาการรมที่สูงขึ้น หรือเปลี่ยนชนิดสารรม เพื่อการรมที่มีประสิทธิภาพและกำจัดแมลงได้สมบูรณ์

บรรณานุกรม

โครงการที่ 1 การจัดการโรคและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่ใช้สารเคมี

ฉวีวรรณ วีระเทศ 2541 ผลของสารสกัดจากพืชสมุนไพรบางชนิด (สะเดา แมงลักคาและตะไคร้หอม) *ใน* การควบคุมโรคแอนแทรคโนสของกล้วยหอม เอกสารการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 15 : เล่มที่ 1 สาขาพืชศาสตร์ 338 หน้า

ชวาลา บุรณศิริ. 2530. โรคพืชผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวและการป้องกันกำจัด. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

ทัศวรรณ ศรีวะอุไร. 2547. การคัดเลือกจุลินทรีย์ผิวพืชเพื่อการควบคุมรา *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) สาเหตุโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของเงาะพันธุ์โรงเรียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิกร. 2551. Essential Oil “สปาการันตี” นวัตกรรมใหม่สารไล่แมลงจาก Essential Oil ด้วยกรรมวิธีวิทยาศาสตร์ http://www.farmkaset.org/wb/postlist.aspx?forumid=9&topicid=552 17/06/2008

นิรนาม. 2552ก. อนาคตที่สดใสของการควบคุมโรค แอนแทรคโนสในพริก : สมุนไพรhttp://www.ku.ac.th/e-magazine/may50/agri/chilli.htm 29/08/2009

นิรนาม. 2552ข. พืชพรรณสมุนไพรไทย http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/health04/ 28/samunprithai/sec03p06. 27/8/2552

นิพนธ์ วิสารทานนท์. 2532. การป้องกันกำจัดโรคมะม่วงระยะแตกใบอ่อนและแทงช่อดอก. *วารสารเคหะการเกษตร* 13: 54-57.

นิพนธ์ วิสารทานนท์. 2535. ปัญหาการติดผลมะม่วงเขตแปดริ้ว. *เคหะการเกษตร* 16: 141-145.

นิพนธ์ วิสารทานนท์. 2542. โรคมะม่วง. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการหลักสูตร “หมอพืชไม้ผล” ฉบับที่ 6. หจก. เอ พลัส ทรี มีเดีย, กรุงเทพฯ. 45 น. 44 หน้า.

บูรณี พั่ววงษ์แพทย์. 2548. การควบคุมโรคเน่าราสีเขียวของส้มสายน้ำผึ้งที่เกิดจากรา *penicilium digitatum* ด้วยการใช้น้ำร้อนและสารควบคุมเชื้อรา imazalil หลังการเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 59 หน้า

ประวัติ ตันบุญเอก วัลลภา ธีรภาวะ ภคินี อัครเวสพงศ์ และดารา พวงสุวรรณ. 2521. โรคและวิธีการเก็บรักษาขิง. *ใน* รายงานประจำปี 2521. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ 394-402. น.

ปิ่มมาลา สุขมาก. 2520. การศึกษาโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฝ่ายข้อมูลวารสารเคหการเกษตร. 2537. การทำสวนทุเรียน-เงาะ และเทคนิคต่างๆ ที่เกี่ยวกับทุเรียน-เงาะ. *วารสารเคหการเกษตร* ฉบับพิเศษ. เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

วาริน อินทนา มนตรี อิสรไกรศีล ปัญจพร เลิศรัตน์ และประคอง เย็นจิตต์. 2548. การควบคุมโรคผลเน่าของเงาะที่เกิดจากเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* โดยใช้สารต่อต้านเชื้อราจากเชื้อรา *Trichoderma harzianum. ใน วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.* 36: 171-178.

วิไลรัตน์ ศรีนนท์ ธีรพล วันทิตย์ และเกษม สร้อยทอง. 2551. การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) สาเหตุโรคแอนแทรคโนสมะม่วงของสารสกัดจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 2

วิภาดา ทองทักษิณ เยาวลักษณ์ แลงทั่น ณัฐฏิมา โฆษิตเจริญกุล. 2550. การขยายหัวพันธุ์ปทุมมาปลอดเชื้อโรคหัวเน่าจากหัวย่อย. รายงานประจำปี 2550 สถาบันวิจัยพืชสวน. 11 หน้า.

สมศิริ จิ๋วสกุล. 2521. เซรุ่มวิทยาการถ่ายทอดทางเมล็ดของโรคแอนแทรคโนสของพริกและประสิทธิภาพของสารเคมีควบคุมโรคบนใบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมศิริ แสงโชติ. 2531. โรคภายหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วง. น. 34-43. *ใน* รวมเล่มเอกสารประกอบการอบรมเรื่องเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้เพื่อการส่งออก. ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี. สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์. เทคโนโลยีและพลังงาน.

สุชาติ วิจิตรานนท์ ขจรศักดิ์ ภวกุล และ ดารา พวงสุวรรณ. 2531. โรคของมะม่วง. น. 9-12 *ใน* มะม่วงเพื่อการส่งออก. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สุรีย์พร บัวอาจ. 2550. ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ในส่วนไรโบโซมอลดีเอ็นเอของเห็ดเรืองแสง และผลของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเห็ดต่อไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita* Chitwood). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาโรคพืชวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมศิริ แสงโชติ อุดม ฟ้ารุ่งสาง และ นวลวรรณ ฟ้ารุ่งสาง. 2540. การเข้าทำลายของผลเงาะก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวของเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคผลเน่า และการควบคุมโรคผลเน่าภายหลังการเก็บเกี่ยว. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการครั้งที่ 35 สาขาพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ : 108-116.

อมรา ชินภูติ ศุภรา อัคคะสาระกุล อรุณศรี วงษ์อุไร ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์ พรทิพย์ วิสารทานนท์ และไพศาล รัตนเสถียร. 2551. การควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และยับยั้งการสร้างสารแอฟลาทอกซินโดยใช้พืชสมุนไพร. ผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี 2551 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 1-15

อมรา ชินภูติ ศุภรา อัคคะสาระกุล และชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์. 2553. การใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมและลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินในเมล็ดข้าวโพดและถั่วลิสง. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2552. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 218-230.

อมรา ชินภูติ ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์ อรุณศรี วงษ์อุไร รัตตา สุทธยาคม วิชชุดา รัตนากาญจน์ และ จิรากร โกศัยเสวี. 2549. โครงการทดสอบประสิทธิภาพชุดตรวจสอบสารแอฟลาทอกซินสำเร็จรูปเพื่อขยาย

ผลการใช้งานสู่เกษตรกรและผู้ประกอบการส่งออก. รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็ม กองทุนสนับสนุนงานวิจัยด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 109 หน้า

อรุณี พวงมี. 2533. การควบคุมโรคเน่าของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ระยะก่อนและหลังเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อินทิรา แถมพยัคฆ์. 2541. ความหลากหลายทางเชื้อราในการสร้างสารพิษแอฟลาทอกซินบนอาหารจำพวกเมล็ดพืชแห้งเพื่อการส่งออก. สถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยรังสิต. ปทุมธานี

อังสุมา ชัยสมบัติ. 2530. โรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. และการควบคุม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อังสุมา ชัยสมบัติ และ สมศิริ แสงโชติ. 2526. โรคผลเน่าของเงาะที่เกิดจากเชื้อรา *Botryodiplodia theobromae* pat, *ใน* รายงานการประชุมวิชาการครั้งที่ 21 สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Aish, J. L., Rippon, E. H., Barlow, T. and Hatersley, S. L. 2004. Ochratoxin A. *In* Mycotoxins in Food: Detection and Control (N. Magan and M. Olsen, eds.), pp 307-308 Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd.

Alvindia, D. G. and Natsuaki, K. T. 2007. Control of crown rot-causing fungal pathogens of banana by inorganic salts and a surfactant. *Crop Protection* 26, 1667-1673.

Barkai-golan, R. 2001. Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables Development and Control. Elsevier Amsterdam-London-New York-Oxford-Paris-Shannon-Tokyo. 418 pp.

Boehlendorf, B., S. Neff., T. C. Schuez., L. P. Molleyres, T. Winkler, M. Dobler and Y. Huang. 2004. Isolation and characterization of compounds obtained from a fungal microorganism and preparation of some derivatives thereof. Brit. UK Patent Application.

Brackett, R. E. 1999. Incidence, contributing factors and control of bacterial pathogens in produce. *Postharvest Biological and Technology* 15, 305-311.

Burnett, S. L. and Beuchat, L. R. 2001. Food-borne pathogens: human pathogens associated with raw produce and unpasteurized juices and difficulties in decontamination. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 27, 107-110.

Caccioni, D. R. L., Tonini, G. and Guizzardi, M. 1995. Antifungal activity of stone fruit aroma compounds against *Monilinia laxa* (Aderh. Et Ruhl.) Honey and *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.): *In vivo* trials. *J. Plant. Dis. Prot*. 102: 518-525

Chu, F. S. 1983. Immuno Chemical methods for mycotoxin analysis. pp. 177-194. *In*.Troc, Int. Symp. Mycotoxins.

Conway, W. S., Leverentz, B., Janisiewicz, W. J., Saftner R. A. and Camp, M. J. 2005. Improving biocontrol using antagonist mixtures with heat and/or sodium bicarbonate to control postharvest decay of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology* 36, 235-244.

Couey, H. M., Alvarez, A. M., Nelson and M. G. 1984. Conparison of hot water spay and immersion treatments for control of postharvest decay of papaya. *Plant Dis*. 68, 436-437.

Couey, M. H. 1989. Heat treatment for control of postharvest disease and insect pests of fruit. *HortSci*. 24: 198-202.

Dodd, J. C. R. Bugante, I. Koomen, P. Jeffries and M. J. Jeger. 1991a. Pre-and post-harvest control of mango anthracnose in the Philippines. *Plant Pathol*. 40: 576-583.

Djioua, T., F. Charles, F. Lopez-Lauri, H. Filgueiras, A. Coudret, M. F. Jr, M.-N. Ducamp-Collin and H. Sallanon. 2009. Improving the storage of minimally processed mangoes (*Mangifera indica* L.) by hot water treatments. *Posthrvest Biol. Technol*. 52(2): 221-226

Emery, K. M., Michailides, T. J. and Scherm, H. 2000. Incidence of quiescent infection of immature peach fruit by *Monilinia fructicola* and relationship to brown rot in Georgia. *Plant Dis*. 84:853-857.

Escopalao, W. M., and J. C. Silvestre. 1996. Evaluation of 15 medicinal plant extracts for fungicidal property against *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. causing anthracnose on mango fruits. Philippine Phytopatholo. 32 p. 130. Agris. Accession no. 1999-051475.

Estrada, A. B. and L. L. Ilag. 1990. Effect of temperature and humidity on germination and infection of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. on corabao mango. Bacolod City (Philippines). Agris. Accession no. 92-004326.

Estrada, A. B., J. C. Dodd and P. Jeffries. 2000. Effect of humidity and temperature on conidial germination and appressorium development of the Philippine isolates of the mango anthracnose pathogen, *Colletotrichum gloeosporioides*. Plant Pathol. 49: 608-618. CAB Abstracts. Accession no. 20003011312.

European Commission. 2005. Commission Regulation EC No. 257/2005 of 26 January 2005 (EC) No. 466/2001 aamending setting maximums regards ochratoxin AA official J. Eur. Union., L25, 3-5

Fitzell, R. D. and C. M. Peak. 1984. The epidemiology of anthracnose disease of mango: inoculums sources spore production and dispersal. Annals of Applied Biology 104: 53-59. CAB Abstracts. Accession no. 841397228.

Flaishman, M. A., C. S. Hwang and R. E. Kdattukudy. 1995. Involvement of protein phosphorylation in the induction of appressorium formation in *Colletotrichum gloeosporioides* by its host surface wax and ethylene. *Physio. Mol. Plant Pathol*. 47: 103-117.

Gamagae, S. U., Sivakumar, D. and Wijesundera, R. L.C. 2004, Evaluation of Post-harvest application of sodium bicarbonate- incorporated wax formulation and *Candida oleophila* for the control of anthracnose of papaya. *Crop Protection*. 23, 575-579.

Gonzalez-Aguilar, G. A., R. Cruz, M. Granados, R. Baez. 1997. Hot water dips and film packaging extend the shelf-life of bell peppers. Postharvest Horticulture Series - Department of Pomology, University of California. Pp: 66-72. source : www.phtnet.org (11 August 2008)

Gonyalery-Aguilar, Buta, J. G., and Wang, C. Y. 2003. Methyl jasmonate and modified atmosphere Packaging (MAP) reduce decay and maintain Postharvest quality of papaya Sunrise. *Postharvest.Boil. Technol*. 28 (3): 361-370

Hsu, I. C., Metcalf, R. A., Sun, T., Welsh, J. A. Wang, N. J. and Harris, C. C. 1991. Mutational hotspot in the *P53* gene in human hepatocellular carcinomas. Nature 350: 427-428

Hulland, E. D. 1980. Hygienic handling and the influence of raw material condition, pp. 143-153. *In* : Jowitt, R. (Editor), Hygienic Design and Operation of Food Plant. Westport: The AVI Publishing Company, Inc.

Ishikawa, Seiju. 2003. Method to diagnose latent infection by *Glomerella cingulata* in strawberry plants using ethanol. *J Gen Plant Pathol* (2003) 69:372–377.

Jeger, M. J., R. A. Plumpley, C. Prior. and C. Persad. 1987. SS2-Post-harvest aspects of crop protection. Manila (Philippines). Agris. Accession no. 90-086360.

Kim, Choong Hoe, Jong Mun Yang, Sung Seok Yang, C. H. Kim, J. M. Yang and S. S. Yang. 1998. Identification and pathogenicity of microorganisms associated with seed-rhizome rot of ginger in underground storage caves. *Korean Journal of Plant Pathology* 14: 484-490.

Korpraditskul, V., C. Rattanakreetakul and R. Korpraditskul. 1991. Control of anthracnose of mango fruits by plant crude [*Rhinacanthus nasutus*, *Premna herbasco*, *Bauhinia purpurea*, *Acorus colamus*]. pp. 307-317. Proceedings of the 29th kasetsart university:

plant science. Kasetsart univ., Bangkok (Thailand) CAB Abstract. Accession no. 97-147639.

Kumar, H., Roy, A. N., 1990. Occurrence of fungal rot of turmeric (*Curcuma longa*) rhizomes in Delhi market. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. Vol: 60 Issue: 3. 189-191.

Lana, M. M., V. W. D. Casali, F. L. Finger and F. P. Reis. 1993. Evaluation of postharvest storage of ginger rhizomes. *Horticultura Brasileira* 11: 139-141.

Lock, E. A. and Hard, G. C. 2004. Chemically induced renal tubule tumors in laboratory rat and mouse: review of the NCI/NTP database and categorization of renal carcinogens based on mechanistic information. Crit. Revv.Toxicol., 34. 211-299

Lonsdale, J. H. 1993. Strategies for the control of post-harvest diseases of mango. Yearbook South African Mango Growers Association 13:109-116.

McDonald, F. D. 1992. Management of post-harvest diseases of tropical fruits and ornamentals in the Caribbean region. Walmsley, D. Caribbean Agricultural Research and Development Inst. p. 113-120. Agris. Accession no. 2000-057645.

Mecteau, M. R., Arul, J. Tweddell, R. J. 2002. Effect of organic and inorganic salts on the growth and development of *Fusarium sambucinum*, a causal agent of potato dry rot. *Mycol. Res*. 106 (6), 688-696

Mehrotra, B. S. 1952. *Fusarium roseum* Link. And *Sclerotium rolfsii* Sacc. on ginger rhizome. Indian *Phytopathology* 5: 53-55.

Mishra B. and G. C. Rath. 1988. *Geotrichum* rot of stored ginger. *Indian Journal of Mycology and Plant Pathology* 18: 213.

Miraglia, M. and Brera, C. 2002. Assessment of dietary intake of ochratoxin A by the population of EU member states. Reports on Tasks for Scientific Cooperation. Reports of Expert Participating in SCOOP task 3.2.7 .Roman. Italy: Directorate- General Health and Comsummer protection.

Mohamed, H. and A. Saad. 2009. The biocontrol of postharvest disease (*Botryodiplodia theobromae*) of guava (*Psidium guajava* L.) by the application of yeast strains. *Posthrvest Biol. Technol.* 53(3): 123-130

Moline, H. E., Buta, J. G., Saftner, R. A., Maas, J. C. 1997.Comparison of three volatile natural products for the reduction of postharvest diseases in strawberries. *Adv. Strawberry Res*. 16, 43-48

Muirhead, I. F. 1976. Post-harvest control of mango anthracnose with benomyl and hot water. Aust. J. exp. Agric. Anim. Husb. 16: 600-603. CAB Abstracts. Accession no. 760347344.

National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods (NACMCF). 1999. Microbiological safety evaluations and recommendations on fresh produce. Food Control 10, 117-143.

Natvig, E. E., Ingham, S. C., Ingham, B. H., Cooperband, L. R. and Roper, T. R. 2002. *Salmonella enterica* serovars *typhimurim* and *Escherichia coli* contamination of root and leaf vegetables grown in soils with incorporated bovine manure. *Applied and Environmental Microbiology* 68, 2737-2744.

Om-Prahash, B. K. Pandey and O. Prakash. 2000. Control of mango anthracnose by hot water and fungicide treatment. Indian Phytopathol. 53: 92-94. CAB Abstracts. Accession no. 20001006425.

Pak, D. L. 1993. Controlling Aflatoxin in food and feed. Food Technology. October: 92-96

Palou, L., Smilanick, J. L., Usall, J. and Vinas, I., 2001. Control of postharvest blue and green molds of oranges by hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate. *Plant dis*. 85, 371-376.

Palou, L., Smilanick, J. L., Usall, J. and Vinas, I. 2002. Hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate for the control of postharvest green and blue molds of Clementine mandarins. *Postharvest Biology and Technology* 24, 93-96.

Prusky, D. and N.T. Keen. 1993. Involvement of preformed antifungal compounds in the resistance of subtropical fruits to fungal decay. *Plant. Dis*. 77: 114-119.

Punnawich, Y., M. Issarakraisila., W. Intana and K. Chantrapromma. 2010. Fungicidal Activity of Compounds Extracted from the Pericarp of *Areca catechu* against *Colletotrichum gloeosporides in vitro* and in Mango Fruit. Postharvest Biol. Technol. 55(2) : 129-132.

Quimio, A. J. and J. H. Quimio. 1974. Postharvest control of Philippine mango anthracnose by benomyl. *Philipping Agriculturist* 58: 147-155.

Reddy K. R. N., Reddy C. S. and Muralidharan K. 2009. Potential of botanicals and biocontrol agents on growth and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* infecting rice grains. Food Control 20(2): 173-178.

Sampaio, V. R., C. G. B. Demetrio and D. Barbin. 1979. Heat treatment of mango. I. Variation in temperature and time of immersion. Anais-da-Escola-Superior-de-Agricultura- Luiz-de-Queiroz 36:659-669. CAB Abstracts. Accession no. 801369738.

Sanders, G.M., L. Korsten and F.C. Wehner. 2000. Survey of fungicide sensitivity in *Colletotrichum gloeosporioides* from different avocado and mango production areas in

Sangchote, S. 1989. Relationship between the physiological state of mangoes and the incidence of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.). *ASEAN Food Journal* 4: 123-124.

Sarma, Y. R. and K. K. N. Nambier. 1974. Dry rot of ginger caused by *Macrophomina phaseolina*. *Current Science* 43: 487-488.

Schirra, M., G. D'hallewin, S. Ben-Yehoshoua and E. Fallik. 2000. Host-Pathogen Interaction Modulated by Heat Treatment. *Poatharvest Biology and Technology* 21: 71-85.

Sharma, N. D. and L. K. Joshi. 1976. Tree new storage diseases of ginger. *Science and Culture* 42: 176-178.

Sivakumas D., Hewarathgamagae N.K., Wijeratnam R.S.W. and Wijesundera R.L.C., 2002. Effect of ammonium carbonate and sodium bicarbonate on anthracnse of papaya. *Phytoparasitica* 30 (5), 486-492.

Smilanick, J. L., D.A. Margosan and D.J. Henson. 1995. Evalotion of Heated Solution of Sulfur Dioxide, Ethanol and Hydrogen Peroxide to Control Postharvest Green Mold of Lemons. *Plant Disease*. 79: 742-747.

Spalding, D. H. and W. F. Reeder. 1972. Postharvest disorders of mango as affected by fungicides and heat treatment. *Plant. Dis. Rep*. 56: 751-753.

Spalding, D. H. and W. F. Reeder. 1978. Controlling market diseases of mango with heated benomyl. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 91: 186-187. CAB Abstracts. Accession no. 790379314.

Swarts, D. H. and T. Bezuidenhout. 1992. Storage requirements of fresh ginger. *In ligtings bulletin No*. 235: 21-24.

Sholberg, P. L, Shephard, T., Randall, P. and Moyls L. 2004. Use of measured concentrations of acetic acid vapour to control postharvest decay in d' Anjon pears. *Postharvest Biol. Techno*.32: 89-98

Sholberg, P. L. 1998. Fumigation of fruit with short-chain organic acids to reduce the potential of postharvest decay. *Plant Dis*. 82:689-693

Singh, N., Singh R. K., Bhunia A. K. and Stroshine R. L. 2002. Effect of inoculation and washing methods on the efficacy of different sanitizers against *Eshcerichia coli* O157:H7. *Food Microbiology* 19, 183-193.

Sivakumar D., R. S. W. Wijeratnam, R. L. C. Wijeratnam, F. M. T. Marikar and M. Abeyesekere. 2000. Antagonistic Effect of *Trichoderma harzianum* on Postharvest Pathogens of Rambutan (*Nephelium lappaceum*). *Phytoparasitica*. 28: 240-247.

Tauxe, R. V. 1997. Emerging food borne diseases: an evolving public health challenge. Special issue: Emerging Infectious Diseases 3, 425-434.

Tripathi, P and Dubey, N.K. 2004. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruits and vegetables. *Postharvest. Biol.Technol*. 32: 235-245

Wang, C. Y. and Buta, J. G. 2003. Maintaining quality of fresh-cut kiwifruit with volatile compounds. *Postharvest. Biol. Technol*. 28: 181-186

Wilson, C. L., Franklin, J. D. and Otto, B. E., 1987. Fruit volatiles inhibitory to *Monilinia fructicola* and *Botrytis cinera*. *Plant. Dis.*71:316-319

Xu, L. 1999. Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Food Technology* 53, 58-63.

Yenchai, C., Prasanphen. K., Doodee. S. 2004. Bioactive flavonoids from *Kaempferia parvifor*. Fitoterapia 75(1): 89-92.

Zagory, D. 1999. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. *Postharvest Biology and Technology* 15, 313-321.

Zheng, X., Tain, S., Gidley, M. J., Yue, H., and Li, B. 2007. Effects of exogenous oxalic acid on ripening and decay incidence in mango fruit during storage at room temperature. *Postharvest Biol. Techno*. 45: 281-284

โครงการที่ 2 การพัฒนาการจัดการศัตรูผลิตผลเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพ

กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม ดวงสมร สุทธิสุทธิ์ และภาวินี หนูชนะภัย. 2552. การจัดการแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว. หน้า 33-46. ใน : รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ประจำปี 2552. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

ดวงสมร สุทธิสุทธิ์ Paul Fields และ อังศุมาลย์ จันทราปัตย์. 2554. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลขิงในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)). แก่นเกษตร 39: 345-358.

Champ, B.R., Dyte, C.E., 1976. FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests. FAO Plant Protect. Bull. 25: 49–67.

Chaudhry, M.Q. 2000. Phosphine resistance. *In* Pesticide Outlook. June 2000. pp. 88-91.

Collins, P.J. 1998. Resistance to grain protectants and fumigants in insect pests of stored products in Australia. *In* Stored grain in Australia. Proc. Australian Post-harvest Technical Conference, (Edited by Banks, H.J., Wright, E.J. and Damcevski, K.A.) 1998. Canberra, Australia, 55-57.

Collins, P.J., G.J. Daglish, M.K. Nayak, P.R. Ebert, D. Schlipalius, W. Chen, H. Pavic, T.M. Lambkin, R. Kopittke and B.W. Bridgeman. 2001. Combating resistance to phosphine in Australia. *In* Donahaye, E.J., S. Navarro and J.G. Leesch [Eds.] (2001) Proc. Int. Conf. Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Fresno, CA. 29 Oct. – 3 Nov. 2000. pp. 593-607.

Daglish, G.J. and M. Bengston, 1998. Phosphine resistance in Asia. *In* Stored grain in Australia. Proc. Australian Post-harvest Technical Conference, (Edited by Banks, H.J., Wright, E.J. and Damcevski, K.A.) 1998. Canberra, Australia, 58-60.

Dosland, O., Bh. Subramanyam., G. Sheppard. And R. Mahroof. 2006. Temperature modification for insect control. Pages 89-103. *In* Insect Management for Food Storage and Proccessing, second Edition, American Association of Cereal Chemists International, St. Paul, MN.

Food and Agriculture Organization of The United Nations. 1975. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Tentative method for adults of some major species of stored cereals with methyl brominde and phosphine – FAO method No. 16. FAO Plant Protectio Bulletin. 23 (1): 12-24.

Huang, Y., Tan, J., Kini, R.M., Ho, S.H., 1997. Toxic and antifeedant action of nutmeg oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. Journal of Stored Products Research. 33, 289-298.

Ko, K., W. Juntarajumnong and A. Chandrapatya. 2009. Repellency, fumigant and contact toxicities of Litsea cubeba (Lour.) Persoon against Sitophilus zeamais Motschulsky and Tribolium castaneum (Herbst). Kasetsart J. (Nat. Sci.) 43: 56-63.

Mason, L.J. 2004. Dried fruit beetle (*Carpophilus hemipterus* (L.)) and corn sap beetle (*Carpophilus dimidiatus* (L.)) Family Nitidulidae. Stored Product Pests. Department of Entomology Purdue Extension. Purdue University. E-229-W 2p.

Nayak, M.K., P.J. Collins, H. Pavic and Y. Cao. 2003. Developments in phosphine resistance in China and possible implications for Australia. *In* E.J. Wright, M.C. Webb and E. Highley,

ed., Stored grain in Annis, P.C. and Jan van S. Graver. 1991. Suggested Recommendation for the fumigation of grain in Australia 2003. Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference, Canberra, 25-27 June 2003. CSIRO Stored Grain Research Laboratory, Canberra.

Rajendran, S. and K.S. Narasimhan. 1994. *In* Stored Product Protection. Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection, 1994 eds. E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, pp. 148-152, Canberra, Australia.

Ren, Y.L., I.G O'Brien and C.P. Whittle. 1994. Studies on the effect of carbon dioxide in insect treatment with phosphine. *In* Stored Product Protection. Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection, 1994 eds. E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, pp. 148-152, Canberra, Australia.

Sayaboc, P.D. and A.J.G. Gibe. 1997. Resistance of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae) to phosphine in the Philippines. *In* Donahaye, E.J., S. Navarro and A. Varnava [Eds.] (1996) Proc. Int. Conf. Controlled Atmosphere and Storage in Stored Products, Cyprus. pp. 513-518.

Suthisut, D., Fields, P.G., Chandrapatya, A., 2011a. Fumigant toxicity of essential oils from three Thai plants (Zingiberaceae) and their major compounds against *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* and two parasitoids. Journal of Stored Products Research. 47, 222-230.

Suthisut, D., Fields, P.G., Chandrapatya, A., 2011b. Contact toxicity, feeding reduction, and repellency of essential oils from three plants from the ginger family (Zingiberaceae) and their major components against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*. Journal of Economic Entomology. 104, 1445-1454.

Williams, P., Ryan, R., 2001. $ECO_2FUME^{®}$ for postharvest disinfestation of horticulture