รายงานโครงการวิจัย

การพัฒนาการจัดการศัตรูผลิตผลเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพ

Post-harvest Pest Management for Quality Control

หัวหน้าโครงการวิจัย

นางกรรณิการ์ เพ็งคุ้ม

Mrs. Kannikar Pengkum

ปี พ.ศ. 2558

รายงานโครงการวิจัย

การพัฒนาการจัดการศัตรูผลิตผลเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพ

Post-harvest Pest Management for Quality Control

หัวหน้าโครงการวิจัย

นางกรรณิการ์ เพ็งคุ้ม

Mrs. Kannikar Pengkum

ปี พ.ศ. 2558

สารบัญ

หน้า

การพัฒนาการจัดการศัตรูผลิตผลเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพ	1
ชื่อคณะผู้วิจัยผู้วิจัย	1
บทนำ	1
Abstract	2
บทคัดย่อ	4
กิจกรรมงานวิจัยที่ 1 การใช้สารรมอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ	7
ชื่อผู้วิจัย	7
Abstract	7
บทคัดย่อ	10
บทนำ	13
ระเบียบวิธีการวิจัย	14
ผลการวิจัย	19
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	27
กิจกรรมงานวิจัยที่ 2 การพัฒนาการผลิตชีวภัณฑ์และการนำไปใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร	29
ชื่อผู้วิจัย	29
Abstract	29
บทคัดย่อ	32
บทนำ	36
ระเบียบวิธีการวิจัย	35
ผลการวิจัย	44
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง	57
กิจกรรมงานวิจัยที่ 3 การใช้วิธีทางกายภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร	58
ชื่อผู้วิจัย	58
Abstract	58

บทคัดย่อ 60
บทนำ 62
ระเบียบวิธีการวิจัย 62
ผลการวิจัย 67
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 71
เอกสารอ้างอิง 74

หน้า
กิจกรรมงานวิจัยที่ 4 การศึกษาชีววิทยา นิเวศวิทยา และการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร 75
ชื่อผู้วิจัย 75
Abstract 75
บทคัดย่อ 76
บทนำ 77
ระเบียบวิธีการวิจัย 77
ผลการวิจัย 79
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 81
เอกสารอ้างอิง 81
กิจกรรมงานวิจัยที่ 5 การศึกษาความต้านทานฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร 82
ชื่อผู้วิจัย 82
Abstract 82
บทคัดย่อ 82
บทนำ 83
ระเบียบวิธีการวิจัย 84
ผลการวิจัย 85
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 86
เอกสารอ้างอิง 87
บทสรุปและข้อเสนอแนะ 89
ภาคผนวก 91

สารบัญตาราง

หน้า

Table 1 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง และมอดหนวดยาว หลังการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วย aluminium phosphide อัตรา 3 tablets/ตัน ระยะเวลาการรม 7 วัน ด้วยวิธีการปฏิบัติต่างๆ 91

Table 2 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของมอดหนวดยาวหลังการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วย aluminium phosphide อัตราและระยะเวลาต่างๆ 92

Table 3 Efficiency of *Bracon* in stored rice house after releasing to control the rice moth larvae in 100 kg of rice per replication (7 days after treatment)in the year 2012. 92

Table 4 Efficiency of *Bracon* in stored rice house after releasing to control the rice mothlarvae (3 months after treatment) in the year 2012. 93

Table 5 ค่าเฉลี่ยจำนวนมอดยาสูบและมอดสมุนไพรที่รอดชีวิต ในระยะไข่, หนอน, ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในดอกคำฝอยแห้ง อบที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C เวลา 1, 2 และ 3 ชม. 95

Table 6 ค่าเฉลี่ยจำนวนมอดยาสูบและมอดสมุนไพรที่รอดชีวิต ในระยะไข่, หนอน, ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในเมล็ดผักชี อบที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C เวลา 1, 2 และ 3 ชม. 96

Table 7 ค่าเฉลี่ยจำนวนมอดยาสูบและมอดสมุนไพรที่รอดชีวิต ในระยะไข่, หนอน, ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในดอกเก็กฮวย อบที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C เวลา 1, 2 และ 3 ชม. 97

Table 8 ค่าเฉลี่ยจำนวนมอดยาสูบที่รอดชีวิต ในระยะไข่, หนอน, ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในชาใบหม่อน อบที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C เวลา 1, 2 และ 3 ชม. 98

Table 9 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันในสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด อบที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C เวลา 1, 2 และ 3 ชม. 99

Table 10 Control efficiency percentage of *Sitophilus zeamais* at different developmental stage after treatment by radio frequency 100

Table 11 Control efficiency percentage of Rhyzopertha dominica at different developmental stage after treatment by radio frequency 100

Table 12 Maize quality before and after treatment by radio frequency at two levels and various time 101

หน้า

Table 13 Control efficiency percentage of *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum, Rhyzopertha dominica* and *Oryzaephilus surinamensis* at different developmental stage after treatment by nitrogen and carbon dioxide, October 2010-September 2013, Department of Agriculture (1st experiment) 102

Table 14 Control efficiency percentage of *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum, Rhyzopertha dominica* and *Cryptolestes* sp. at different developmental stage after treatment by nitrogen 99.9% in one ton of rice, October 2010-September 2013, Department of Agriculture 103

Table 15 Control efficiency percentage of each insect at different developmental stage after treatment by nitrogen 99.9% in one ton of rice, October 2010-September 2013, Department of Agriculture (3rd experiment) 104

Table 16 Effect of Nitrogen gas with Plastic bag on survival of adult stage of *Sitophilus zeamais* Motschulsky after kept at 1 -4 weeks. 104

Table 17 Effect of Nitrogen gas with Plastic bag on survival of pupa stage of *Sitophilus zeamais* Motschulsky after kept at 1 -4 weeks. 105

Table 18 Effect of Nitrogen gas with Plastic bag on survival of larva stage of *Sitophilus zeamais* Motschulsky after kept at 1 -4 weeks. 105

Table 19 Effect of Nitrogen gas with Plastic bag on survival of egg stage of *Sitophilus zeamais* Motschulsky after kept at 1 -4 weeks. 106

Table 20 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในดอกคำฝอยอบแห้งที่บรรจุในถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP 108

ในกรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 7, 30 และ 90 วัน
Table 21 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดสมุนไพรที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในดอกคำฝอยอบแห้งที่บรรจุในถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ในกรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 7, 30 และ 90วัน 109
Table 22 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในเมล็ดผักชีที่บรรจุในถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ในกรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 7, 30 และ 90วัน 110
Table 23 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ หนอน ดักแด้ และ ตัวเต็มวัย ในเมล็ดผักชี ที่บรรจุในถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ในกรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 7, 30 และ 90วัน 111
Table 24 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในดอกเก็กฮวย ที่บรรจุในถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ในกรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 7, 30 และ 90วัน 112

หน้า

Table 25 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในดอกเก็กฮวยที่บรรจุในถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ในกรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 7, 30 และ 90วัน 113
Table 26 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ และ หนอน ในชาใบหม่อนที่บรรจุในถุง NY/LLDPEในกรรมวิธีต่างๆที่ระยะเวลา 3, 5, 7, 30 และ 60 วัน 114
Table 27 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ดักแด้ และ ตัวเต็มวัย ในชาใบหม่อน ที่บรรจุในถุง NY/LLDPE ในกรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 3, 5, 7, 30 และ 60 วัน 115
Table 28 Number of pineapple beetles found in different kinds of light traps and in damaged discarded garlics each lot of garlics 116
Table 29 Number of pineapple beetle,*Urophorus humeralis* found in different kinds of light traps and in damaged discarded garlics in stored house 117
Table 30 Species and number of insect pests found in grain sampling 118
Table 31 Number of each insect found after releasing insects at various initiated numbers 120
Table 32 Percentage of maize losses caused by each insect 121

Table 33 Resistance Test of *Tribolium castaneum* to phosphine in year 2013 122

Table 34 Resistance Test of *Tribolium castaneum* to phosphine in year 2014 124

Table 35 Resistance Test of *Tribolium castaneum* to phosphine in year 2015 126

Table 36. Resistance to phosphine (PH_3) of *Cryptolestes* spp. In Thailand on the year 2013-2015. 128

Table 37. Response of resistance populations of *Cryptolestes* spp. to increased concentration of phosphine (PH_3) . 129

สารบัญภาพ

หน้า

Figure 1 The number of Callosobruchus maculatus adults were found on mung bean that mixed with Myristicafragrans oils, different concentrations at warehouse of Lopburi Agricultural Research and Development Center. 94

Figure 2 The number of *Callosobruchus maculatus* adults were found on mung bean that mixed with *Alpiniaconchigera* oils, different concentrations at warehouse of Lopburi Agricultural Research and Development Center. 94

Figure 3 Oxygen volume in different packaging throughout packaging period of 6 months. 106

Figure 4 Amount of Aflatoxin in milled rice throughout retention period of 6 months. 107

Figure 5 Amount of Aflatoxin in brown rice throughout retention period of 6 months. 107

การพัฒนาการจัดการศัตรูผลิตผลเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพ

Post-harvest Pest Management for Quality Control

นางกรรณิการ์ เพ็งคุ้ม
นางใจทิพย์ อุไรชื่น
นางสาวภาวินี หนูชนะภัย
นายณัฐวัฒน์ แย้มยิ้ม
นางอัจฉรา เพชรโชติ
นางสาวรังสิมา เก่งการพานิช
นางสาวดวงสมร สุทธิสุทธิ์
นางสาวพนัญญา พบสุข
นางพรทิพย์ วิสารทานนท์

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, C*ryptolestes 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 จำเป็นต้องทำการป้องกันกำจัด เพื่อป้องกันการปนเปื้อน สูญเสียคุณภาพ การสูญเสียน้ำหนัก แก่ผลิตผลเกษตรเหล่านั้น นอกจากนี้หากเป็นสินค้าที่ส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศอาจถูกส่งกลับ ทำให้ประเทศสูญเสียรายได้และชื่อเสียง การป้องกันกำจัดแมลงหลังการเก็บเกี่ยวในปัจจุบันมักใช้สารรมเป็นส่วนใหญ่ และสารรมที่ใช้กับผลิตผลเกษตรในประเทศส่วนใหญ่ คือสารรมฟอสฟีน สำหรับในไม้ดอก ผัก และผลไม้ คือสารรมเมธิลโบรไมด์ ซึ่งสารรมเมธิลโบรไมด์อนุญาตให้ใช้กับผลผลิตเพื่อการส่งออกเท่านั้น เนื่องจากแก๊สชนิดนี้มีผลทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ

ดังนั้นเพื่อการรักษาคุณภาพของผลิตผลเกษตรให้ปลอดจากการเข้าทำลายของแมลง จำเป็นต้องหาวิธีการอื่น เข้ามาทดแทนการใช้สารรม หรือพัฒนาการใช้สารรมที่มีอยู่ทั้งสารรมเมธิล

โบรไมด์ และฟอสฟีน ให้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด หรือศึกษาการใช้สารรมชนิดใหม่ ได้แก่ สารมอีโคฟูม เพื่อใช้ทดแทนสารรมเดิม วิธีการการป้องกันกำจัดแมลงที่มีแนวโน้มที่สามารถนำมาพัฒนาการใช้ ได้แก่ การใช้วิธีทางกายภาพ เช่นการใช้ความร้อนในการอบฆ่าแมลง 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

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 เกิดความสูญเสียได้มากสาเหตุจากการเข้าทำลายหรือการปนเปื้อนของแมลง 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 ผ้าพลาสติกที่ใช้ในการรมสามารถใช้ได้ทั้งผ้าพลาสติกนีโอซีท (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 นั้นสามารถลดระยะเวลาการรมด้วยการเพิ่มอัตรา

ความเข้มข้นได้การรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวโพด 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)) การเก็บที่ 10 องศาเซลเซียสยังไม่เหมาะสม สำหรับมวนดำก้นลายก้นลาย (*Amphibolus venator* (Klug)) ได้เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงและสามารถนำไปปล่อยเพื่อควบคุมแมลงในโรงเก็บได้ 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 คือ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ส่วนเมล็ดผักชี คือ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง การทดสอบการใช้คลื่นความถี่วิทยุในเมล็ดข้าวโพด พบว่าระดับพลังงานที่ทำให้ข้าวโพดมีอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที สามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือกได้ดี และทำให้คุณภาพของข้าวโพดเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย การทดสอบการรมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่สำคัญ ด้วยก๊าซไนโตรเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในสภาพก๊าซหมุนเวียน พบว่าการรมโดยใช้ก๊าซไนโตรเจน 99.9% เป็นเวลา 12 วัน สามารถควบคุมแมลงด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดข้าวเปลือก และมอดฟันเลื่อย ที่ใช้ทดสอบได้หมดอย่างสมบูรณ์ และเมื่อทดสอบการใช้ก๊าซไนโตรเจนในบรรจุภัณฑ์ พบว่า การใส่ก๊าซไนโตรเจนในถุงฟอยด์ ถุง PET ถุง KNY และถุง NY สามารถควบคุม

ด้วงงวงข้าวโพดได้ภายใน 1 สัปดาห์ โดยถุงทั้ง 4 สามารถกักเก็บก๊าซได้ดี และพบปริมาณของสารพิษแอฟลาทอกซินเพิ่มขึ้นน้อยมากที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน การทดสอบการบรรจุสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่ 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 เปอร์เซ็นต์ ยังไม่พบการสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน ผลการการทดสอบในมอดหนวดยาวจากโรงสีและโรงเก็บข้าวโพดจำนวน 47 แหล่ง จากทั้ง 4 ภาค 22 จังหวัด ผลการทดสอบพบมอดหนวดยาวต้านทาน 33 แหล่ง หรือ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยพบมอดหนวดยาวสายพันธุ์ต้านทานกระจายตัวในทุกภาค และจากสายพันธุ์ต้านทานพบมีมอดหนวดยาวที่แสดงความต้านทานรุนแรงเพียง 2 แหล่ง หรือ 6 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การจัดการศัตรูผลิตผลเกษตร ศัตรูผลิตผลเกษตร

กิจกรรมงานวิจัยที่ 1

การใช้สารรมอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

Proper Fumigation Practice and Good Efficacy of Fumigation

ชื่อผู้วิจัย

นางสาวรังสิมา เก่งการพานิช	นางสาวดวงสมร สุทธิสุทธิ์
นางกรรณิการ์ เพ็งคุ้ม	นางสาวภาวินี หนูชนะภัย
นางสาวพนัญญา พบสุข	นายณัฐวัฒน์ แย้มยิ้ม
นางพรทิพย์ วิสารทานนท์	นางอัจฉรา เพชรโชติ

Abstract

Fumigation is the most effective technique used for rapid controlling the pests on grain, fruit and vegetable. Fumigation is carried out mainly with two types of fumigants, methyl bromide and phosphine. Whilst $ECO_2FUME^{®}$, the new fumigant in Thailand, is effective in controlling insects. But all fumigants must be find a proper rate with kind of insect pests and commodity before using. For this project to find out the proper fumigation practice and the good efficacy of fumigation for controlling insect pests.

Fumigation of maize in the silos of 3,800 tons with a phosphine rate of 3 tablets/m exposure times in 7-day to control 3 pests of maize, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* and *Crytolestes ferrugineus* was studied.The results showed that the preventing the leakage of gas and air circulation system in silo is the best method for controlling insects. it could control the *S. zeamais*, *T. castaneum* in all growth stage. However, it could not eliminate all of the *C. ferrugineus*.

The study of phosphine concentrations to control stored product insect pests was determined using phosphine concentrations and exposure times against all stages of *S. zeamais*, *Rhyzopertha dominica*, *T. castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis* and *Lasioderma serricorne* Fabricius. Tests were conducted with phosphine concentrations ranging from 25-650 ppm (0.03-0.78 mg/l) depended on insect species and exposure times 1, 3, 5 and 7 days. It was clear throughout the present tests that the exposure time was very important. The effectiveness of phosphine concentration depended on

exposure times. The exposure time for 1 or 3 days, egg and pupa were all killed at the higher phosphine concentration than larva and adult. In the same species, the most tolerant stages were eggs and pupae. When the exposure time was extended to 5 or 7 days, the use of lower phosphine concentration was effective to control insects. Because egg would became larva and pupa would turn into adult which were susceptible to phosphine. Therefore, the use of phosphine could increase the exposure period without increasing the amount of fumigant. The results on toxicity of phosphine concentration and exposure time of all species showed that stored product insect pests varied in their tolerance to phosphine. *R. dominica* was the most tolerant to phosphine whilst the tolerance of the other insects were not much different.

The efficacy on pest control of phosphine fumigation under the different 3 types of gas proof sheet as 1) Neo sheet (PE+Nylon) thickness 0.06 mm 2) Tarpaulin sheet thickness 0.05 mm 3) Tarpaulin sheet thickness 0.1 mm was studied. Maize was fumigated with aluminium phosphide as 3 tablets/m^3 under the different types of gas proof sheet which the period of fumigation was 7 days and the efficacies on pest control, *S. zeamais* . and *T. castaneum* were investigated. The result showed that the fumigation under all types of gas proof sheet could control both insects in every stage. Although the efficacies of fumigation under gas proof sheet thickness as 0.05 and 0.1 mm to all stages of insects were as same as Neo sheet and gas-proof sheet thickness as 0.2 mm but it was carefully used because it could be easily torn and the joint of the sheet would slip.

Integrated pest management (IPM) has been applied to control the coffee bean weevil, *Araecerus fasciculatus* De Geer and the tobacco beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius) in green coffee. IPM treatment focused on the use of light traps in conjunction with the use of phosphine fumigation if necessary by comparing with farmer process (not control insects). The results showed that the IPM treatment could control insect infestation better than another treatment. It was found that the light trap to trap adult of coffee bean weevil high throughout the experiment. For the loss of coffee bean from the insect, it was found the high number of damaged grains reached 20.8% for comparing treatment while the IPM treatment showed only 1%.

The efficacy of methyl bromide to control *Thrips palmi* and *Bemisia tabaci* were investigated at 18, 20, 22, 24 26, 28 and 30 g/m^3 g/m^3 for 90 minutes, under laboratory. The results showed that at the different concentration of methyl bromide at 18, 20, 22 and 24 g/m^3 for 90 minutes, the eggs of *T. palmi* could hatch to larvae as 17.6, 0.4, 0.4 and 1.1%, respectively. The hatched eggs were found at the concentration of methyl bromide as 24, 26, 28 g/m^3 which the percentages of survival on larvae were 2.0, 2.4 and 2.4%, respectively. But these larvae could not develop into adults. The percentage of survival on larva was not founded at 30 g/m^3 for 90 minutes. However, at the concentration of methyl bromide as 18, 20, 22 and 24 g/m^3 for 90 minutes, the percentages of survival on larvae and adults of *T. palmi* were not presented after exposure five hours. However, methyl bromide was not effective to control larva of *B. tabaci* because it could not completely eliminate this insect. When the concentrations of methyl bromide were 18, 20, 22 and 24 g/m^3 for 90 minutes, the percentages of survival were 3.3, 6.6, 3.3 and 6.6%, respectively.

The experiment was done to study the effect of methyl bromide fumigation for controlling the egg and larva stages of Solanum fruit fly (*Bactrocera latifrons* (Hendel)) which is a quarantine pest of fresh chili. The dosages of methyl bromide were 0, 24, 28, 30 and 32 mg/l in 0.25 liter flask for 120 minutes and the fumigation was done under laboratory condition. According to these dosages, egg could develop and hatch as 100, 86.7, 80.0, 73.4 and 46.7%, respectively. The mortalities of Solanum fruit fly on the first instar larvae were 16.6, 77.2, 88.6, 92.3 and 97.5% respectively. Whilst the mortalities on the second instar larvae were 26.6, 73.3, 86.6, 83.3 and 93.3% and on the third instar larvae were 14.3, 68.2, 74.9, 79.5 and 88.9%, respectively. The mortalities of Solanum fruit fly on all instar larva at three hours fumigation of every dosage were 10-30%. The result showed that every dosages of methyl bromide fumigation could not totally kill egg and lava of Solanum fruit fly thus these dosages were not effective to control the insect.

ECO_2FUME fumigation in stacks of maize under gas proof sheets was carried out to study the optimal dosages and times of ECO_2FUME fumigation against all stages of *S. zeamais* and *T. castaneum*. The experimental design was CRD, with 3 replications and 4 treatments. The experiments were divided into three sub-groups (1) The treatment was applied with 25 g/m^3 (350 ppm) of ECO_2FUME for 3, 4, 5 days

and control treatment. (2) Applied with 50 g/m^3 (700 ppm) of ECO_2FUME for 2, 3, 4 days and control treatment. (3) Applied with 70 g/m^3 (1,000 ppm) of ECO_2FUME for 1, 2, 3 days and control treatment. Phosphine concentration was stably controlled as specify dosage during the period of fumigation. The results on the optimal dosages and times of ECO_2FUME in maize fumigation showed that no insect of any stage was alive at all dosages and times. These experiments showed that fumigation with ECO_2FUME could reduce the period of fumigation by increasing the concentration therefore the fumigation on maize against all stages of *S. zeamais* and *T. castaneum* was fumigated byECO_2FUMEdosage25 g/m^3 (350 ppm) of ECO_2FUME for 3days, dosage50 g/m^3(700 ppm) for 2 days and dosage 70 g/m^3 (1,000 ppm) for 1days. The concentration of phosphine must be controlled as the specified level throughout the period of fumigation which could eradicate all stages of the insects.

The experiment of ECO_2FUME® on *Thrips palmi* was set up under laboratory condition.The concentrations of ECO_2FUME® were varied from 500 ppm until 2500 ppm and tested with eggs, larvae and adults stages of *T. palmi*. The research indicated that the lowest concentration of ECO_2FUME® 500 ppm for 72 h at 6 °C could control the larvae and adults stage of *T. palmi* but the egg stage of *T. palmi* could be controlled by ECO_2FUME® 2,000 ppm for 48 h at 6 °C. Although, the first instar larvae of *T. palmi* could be found when fumigated with ECO_2FUME® 2,000 ppm for 24 h at 6 °C, ECO_2FUME® 2,500 ppm for 24 h at 6 °C and ECO_2FUME® 1,500 ppm for 48 h at 6 °C which the percentages of survival were 10.14, 4.34 and 2.08 %, respectively but those larvae could not completely develop to adults.

Keywords: fumigation practice, efficacy of fumigation

บทคัดย่อ

การใช้สารรมในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในเมล็ดธัญพืช ในผักและผลไม้ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและให้ผลรวดเร็ว สารรมที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจุบันมี 2 ชนิด คือ เมธิลโบรไมด์ และฟอสฟีน สำหรับอีโคฟูมเป็นสารรมที่มีประสิทธิภาพดีอีกชนิดหนึ่งที่เพิ่งมีการนำเข้ามาในประเทศไทย สารทั้งหมดต้องมีการศึกษาหาความอัตราที่เหมาะสมในการนำไปใช้ควบคุมแมลงแต่ละชนิด และในการนำไปใช้กับผลิตผลเกษตร สำหรับโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่ประสิทธิภาพที่ดีในการควบคุมแมลงศัตรู

การรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในไซโลขนาด 3,800 ตันด้วยฟอสฟีนอัตรา 3 เม็ด (tablets)/ลบ.ม. นาน 7 วัน ตามกรรมวิธีต่างๆ เพื่อกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญ 3 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) มอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) และมอดหนวดยาว (*Crytolestes ferrugineus*) ผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 1 การรมโดยมีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซและมีระบบหมุนเวียนอากาศเป็นวิธีการที่ดีที่สุด เนื่องจากสามารถกำจัดด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งได้ทุกระยะการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามไม่สามารถกำจัดมอดหนวดยาวได้ทุกระยะการเจริญเติบโต

การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่สำคัญ 5 ชนิด ได้แก่ มอดหัวป้อมหรือมอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าวโพด มอดฟันเลื่อย มอดแป้ง และมอดยาสูบ รมด้วยก๊าซฟอสฟีนอัตรา 25-650 ppm (0.03-0.78 mg/l) โดยอัตราการใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของแมลง ระยะเวลาในการรม 1, 3, 5 และ 7 วัน ผลการทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรนั้น ขึ้นอยู่กับระยะในเวลาการรม การรมที่ระยะเวลา 1 หรือ 3 วัน ความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่สามารถฆ่าระยะไข่และดักแด้จะสูงกว่าระยะหนอนและตัวเต็มวัยมาก จะเห็นได้ว่าในแมลงชนิดเดียวกันแต่ละระยะการเจริญเติบโตมีความทนทานต่อก๊าซฟอสฟีนได้ไม่เท่ากัน โดยระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อก๊าซฟอสฟีนมากที่สุด ได้แก่ ไข่ และดักแด้ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการรมให้นานขึ้นเป็น 5 หรือ 7 วัน ความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่ใช้จะลดลงแต่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงเช่นเดียวกัน เนื่องจากระยะไข่ได้กลายเป็นหนอน และดักแด้กลายเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งอ่อนแอต่อก๊าซฟอสฟีน ดังนั้นการใช้ก๊าซฟอสฟีนควรเพิ่มระยะเวลาในการรมโดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณสารรม นอกจากนี้พบว่าแมลงแต่ละชนิดมีความทนทานต่อก๊าซฟอสฟีนได้ไม่เท่ากัน โดยมอดหัวป้อมมีความทนทานต่อก๊าซฟอสฟีนมากที่สุด ส่วนแมลงชนิดอื่นๆ มีความทนทานต่อก๊าซฟอสฟีนไม่แตกต่างกันมากนัก

การศึกษาประสิทธิภาพของสารรมฟอสฟีนภายใต้ผ้าพลาสติก 3 ชนิด คือ 1) ผ้าพลาสติกนีโอชีท (PE+ไนล่อน) หนา 0.06 มม. 2) ผ้าพลาสติก (tarpaulin) หนา 0.05 มม. 3) ผ้าพลาสติก (tarpaulin) หนา 0.1 มม. และ 4) ผ้าพลาสติก (tarpaulin) หนา 0.2 มม. เพื่อกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรทำการทดลองโดยรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วย aluminium phosphide อัตรา 3 เม็ด (tablets)/ลบ.ม. ศึกษากับแมลง 2 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง การทดลองพบว่าการรมฟอสฟีนภายใต้ผ้าพลาสติกทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทั้ง 2 ชนิดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามแม้ว่าผ้าพลาสติกหนา 0.05 และ 0.1 มม. จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับผ้านีโอชีท และผ้าพลาสติกหนา 0.2 มม. แต่ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากฉีกขาดได้ง่าย และบริเวณรอยต่อของผ้าหลุดออกจากกันได้ง่าย

การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูกาแฟในโรงเก็บด้วยวิธีผสมผสานเพื่อควบคุมแมลงศัตรู 2 ชนิด ได้แก่ ด้วงกาแฟ (*Araecerus fasciculatus* De Geer) และมอดยาสูบ (*Lasioderma serricorne*

(Fabricius)) โดยกรรมวิธีแบบผสมสานที่เน้นการใช้การใช้กับดักแสงไฟร่วมกับการใช้สารรมฟอสฟีนเมื่อจำเป็น เปรียบเทียบกรรมวิธีของเกษตรกรซึ่งไม่มีการควบคุมแมลงเลย ผลการทดลองพบว่า ในระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน กรรมวิธีแบบผสมผสานสามารถควบคุมการเข้าทำลายของแมลงได้ดีกว่ากรรมวิธีเปรียบเทียบโดยพบว่ากับดักแสงไฟสามารถดักจับตัวเต็มวัยด้วงกาแฟได้สูงตลอดการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสีย พบว่ากรรมวิธีเปรียบเทียบมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียสูงถึง 20.8 % ส่วนกรรมวิธีผสมผสานพบเพียง 1%

การศึกษาประสิทธิภาพของสารรมเมทิลโบรไมด์ เพื่อกำจัดเพลี้ยไฟฝ้าย และตัวอ่อนแมลงหวี่ขาว ที่ความเข้มข้น 18, 20, 22, 24, 26, 28 และ 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที ในสภาวะห้องปฏิบัติการ จากการศึกษาพบว่า เมื่อนำระยะไข่ของเพลี้ยไฟฝ้ายที่มีอายุ 1-2 วัน มาทดสอบที่ความเข้มข้น18, 20, 22, 24 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที พบว่า ไข่ของเพลี้ยไฟฝ้ายสามารถฟักออกมาเป็นตัวอ่อนได้ 17.6, 0.4, 0.4 และ 1.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ความเข้มข้นที่ 24, 26, 28 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที มีตัวอ่อนเพลี้ยไฟฝ้ายฟักออกมาคือ 2.0, 2.4 และ 2.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เพลี้ยไฟฝ้ายที่ฟักออกมาไม่สามารถเจริญเติบโตไปสู่ระยะตัวเต็มวัยได้ สำหรับสารรมเมทิลโบรไมด์ที่ความเข้มข้น 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที พบว่าไข่ของเพลี้ยไฟฝ้ายไม่สามารถฟักออกมาเป็นตัวอ่อนเพลี้ยไฟได้ ขณะที่ระยะตัวอ่อนและระยะตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟฝ้ายที่ทดสอบในความเข้มข้นความเข้มข้น 18, 20, 22 และ 24 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที พบว่าทุกความเข้มข้นไม่มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเพลี้ยไฟฝ้ายระยะตัวอ่อนและระยะตัวเต็มวัยหลังการทดลอง 5 ชั่วโมง สำหรับตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวยาสูบที่ทดสอบกับสารรมเมทิลโบรไมด์ที่ทดสอบที่อัตราความเข้มข้น 18, 20, 22 และ 24 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที พบว่าตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบยังคงมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตในทุกความเข้มข้น คือ 3.3, 6.6, 3.3 and 6.6 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาการใช้สารรมเมทิลโบรไมด์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้พริก (*Bactrocera latifrons* (Hendel)) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูพืชกักกันของพริกสดที่ส่งออก โดยการรมด้วยก๊าซเมทิลโบรไมด์อัตรา 0, 24, 28, 30, 32 mg/l ในขวดรูปชมพู่ขนาด 0.25 ลิตร นาน 120 นาที ในห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองพบว่าไข่ของแมลงวันผลไม้พริกสามารถพัฒนาและฟักเป็นหนอนได้ 100, 86.7, 80.0, 73.4 และ 46.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนอัตราการตายของหนอนแมลงวันผลไม้หลังเสร็จสิ้นการรม 48 ชั่วโมง มีดังนี้ 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% สรุปได้ว่าการรมเมทิลโบรไมด์ทุกอัตราที่ทดลองใน

ห้องปฏิบัติการไม่สามารถกำจัดไข่และหนอนของแมลงวันผลไม้พริกได้ 100% ดังนั้นจึงเป็นอัตราที่ไม่มีประสิทธิภาพที่จะนำมาใช้ในการกำจัดแมลง

การใช้สารรม ECO_2FUME ในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ทำการทดลองโดยรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วย ECO_2FUME ภายใต้ผ้าพลาสติก (gas-proof sheet) เพื่อหาอัตราและระยะเวลาที่เหมาะสมของ ECO_2FUME ในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร 2 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ 4 กรรมวิธี แบ่งเป็น 3 การทดลองย่อย คือ (1) รมด้วย ECO_2FUME อัตรา 25 กรัม/ลบ.ม. (350 ppm) ระยะเวลาในการรม 3, 4 และ 5 วัน และไม่ใช้สารรม (2) รมด้วย ECO_2FUME อัตรา 50 กรัม/ลบ.ม. (700 ppm) ระยะเวลาในการรม 2, 3 และ 4 วัน และไม่ใช้สารรม (3) รมด้วย ECO_2FUME อัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (1,000 ppm) ระยะเวลาในการรม 1, 2 และ 3 วัน และไม่ใช้สารรม โดยควบคุมความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนให้อยู่ในระดับที่กำหนดตลอดระยะเวลาการรม ผลการทดลองพบว่าการรมทุกอัตราและทุกระยะเวลาการรมมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทั้ง 2 ชนิดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต จากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการรมด้วย ECO_2FUME นั้นสามารถลดระยะเวลาการรมด้วยการเพิ่มอัตราความเข้มข้นได้ ดังนั้นการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวโพด 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 ก็จะสามารถกำจัดแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต การศึกษาประสิทธิภาพของสารรมอีโคฟูมต่อการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟฝ้ายภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยได้ทำการทดลองสารรมอีโคฟูมตั้งแต่ความเข้มข้น 500 ppm จนถึง 2500 ppm จากการศึกษาพบว่าสารรมอีโคฟูมที่อัตรา 500 ppm นาน 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส สามารถกำจัดเพลี้ยไฟฝ้ายระยะตัวอ่อนและระยะตัวเต็มวัยได้ แต่ในระยะไข่ของเพลี้ยไฟฝ้ายต้องใช้สารรมอีโคฟูมอัตรา 2000 ppm 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส จะสามารถกำจัดเพลี้ยไฟระยะไข่ได้ ถึงแม้ว่าจะสามารถพบเพลี้ยไฟฝ้ายระยะตัวอ่อนในการทดลองที่ใช้สารรมอีโคฟูม อัตรา 2000 ppm นาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส, อัตรา 2500 ppm นาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส และอัตรา 1500 ppm นาน 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส โดยเพลี้ยไฟฝ้ายมีเปอร์เซ็นต์การรอดเท่ากับ 10.14, 4.34 และ 2.08 เปอร์เซ็นต์ แต่ระยะตัวอ่อนของเพลี้ยไฟฝ้ายทั้งหมดที่ฟักออกมาจากระยะไข่ไม่สามารถพัฒนาไปเป็นระยะตัวเต็มวัยได้

คำสำคัญ: การใช้สารรม

บทนำ

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* ซึ่งเป็นศัตรูพืชของแอปเปิลได้ สารรมชนิดนี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้ป้องกันกำจัดแมลงเพื่อทดแทนการใช้สารรมเมทิลโบร์ไมด์ที่มีข้อจำกัดในการใช้

ระเบียบวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1.1 การใช้สารรมฟอสฟีนในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพไซโล

เตรียมแมลงที่ใช้ทดสอบ 3 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) มอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) และมอดหนวดยาว (*Crytolestes ferrugineus*) ชนิดละ 4 ระยะ คือ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย นำไปวางด้านบนของไซโลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยกดลงไปในกองข้าวโพดลึก 1 เมตร ทำการรมด้วยสารรมฟอสฟีน ตรวจเช็คอัตราการรอดชีวิตของแมลง หลังเสร็จสิ้นการรม 1 วัน และ 6 สัปดาห์ ซึ่งการทดลองนี้แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. หาวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมสำหรับการรมในสภาพไซโล

โดยรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในไซโลขนาด 3,800 ตันด้วยฟอสฟีนอัตรา 3 เม็ด(tablets)/ลบ.ม. นาน 7 วัน ด้วยระบบการรมตามกรรมวิธี ดังนี้

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำมี 5 กรรมวิธี คือ รมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยมีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ และมีระบบหมุนเวียนอากาศ, มีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซแต่ไม่มีระบบหมุนเวียนอากาศ, ไม่มีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซแต่มีระบบหมุนเวียนอากาศ และไม่มีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซและไม่มีระบบหมุนเวียนอากาศ โดยมีกรรมวิธีไม่ใช้สารรมเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ

2. หาอัตราและระยะเวลาที่เหมาะสมในการรมเพื่อกำจัดมอดหนวดยาว

รมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในไซโลขนาด 3,800 ตันด้วยฟอสฟีนอัตราและระยะเวลาต่างๆ ดังนี้

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำมี 5 กรรมวิธี คือการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยฟอสฟีนอัตรา 4 และ 5 เม็ด (tablets)/ลบ.ม. ระยะเวลา 7 และ 10 วัน เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารรม

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2553 – สิ้นสุด กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ไซโลเก็บข้าวโพดของเอกชน จ.ลพบุรี

การทดลองที่ 1.2 การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

ศึกษาอัตราการใช้สารรมกับแมลงศัตรูโรงเก็บชนิดต่างๆ ดังนี้

-มอดหัวป้อม รมด้วยก๊าซฟอสฟีน อัตรา 100 - 650 ppm (0.12-0.78 mg/l)

-ด้วงงวงข้าวโพด รมด้วยก๊าซฟอสฟีน อัตรา 50 - 600 ppm (0.06-0.72 mg/l)

-มอดฟันเลื่อย รมด้วยก๊าซฟอสฟีน อัตรา 50 - 600 ppm (0.06-0.72 mg/l)

-มอดแป้ง รมด้วยก๊าซฟอสฟีน อัตรา 25 - 500 ppm (0.03-0.60 mg/l)

-มอดยาสูบ รมด้วยก๊าซฟอสฟีน อัตรา 25 - 300 ppm (0.03-0.36 mg/l)

วิธีดำเนินการ

เตรียมแมลงทดสอบ 5 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) มอดหัวป้อมหรือมอดข้าวเปลือก (*Rhyzopertha dominica*) มอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) มอดฟันเลื่อย (*Oryzaephilus surinamensis*) และมอดยาสูบ (*Lasioderma serricorne* Fabricius) ชนิดละ 4 ระยะ คือ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ดำเนินการรม ฉีดก๊าซฟอสฟีนในโหลแก้วสุญญากาศขนาดความจุประมาณ 22 ลิตร ตามอัตราที่กำหนดในแมลงแต่ละชนิด ระยะเวลาในการรม 1, 3, 5 และ 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30$\pm$5 ℃ หลังสิ้นสุดการรมเปิดฝาโหลแก้วสุญญากาศปล่อยให้ระบายอากาศ ตรวจเช็คอัตราการตายของแมลง โดยระยะตัวเต็มวัยตรวจเช็คหลังเสร็จสิ้นการรม 1 วัน ส่วนแมลงระยะอื่นๆ ให้ตรวจเช็คหลังเสร็จสิ้นการรมแล้ว 1-5 สัปดาห์

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2553 – สิ้นสุด กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ไซโลเก็บข้าวโพดของเอกชน จ.ลพบุรี

การทดลองที่ 1.3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารรมฟอสฟีนภายใต้ผ้าพลาสติกชนิดต่างๆ ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี คือ ผ้าพลาสติกนีโอซีท (PE+ไนล่อน) หนา 0.06 มม. ผ้าพลาสติก (tarpaulin) หนา 0.05, 0.1 และ 0.2 มม. และมีกรรมวิธีไม่ใช้สารรมเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ

เตรียมแมลงทดสอบ 2 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) ชนิดละ 4 ระยะ คือ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ดำเนินการรมดังนี้ ทำความสะอาดพื้นโรงเก็บและปูผ้ารองพื้น วางกระสอบจัมโบ้บรรจุข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กระสอบละประมาณ 1,000 กก. โดย 1 กองประกอบด้วยกระสอบจัมโบ้จำนวน 8 กระสอบ วัดขนาดของกองเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณสารรม โดยกองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาตรอยู่ระหว่าง 6.67-7.5 ลบ.ม. นำแมลงทดสอบวางด้านบน ด้านล่าง และกึ่งกลางของกอง จำนวน 3 จุด คลุมกองด้วยผ้าพลาสติกชนิดต่างๆ ตามกรรมวิธีที่กำหนด ปิดชายผ้าพลาสติกกับผ้ารองพื้นให้มิดชิดด้วยถุงทราย ใส่สารรมฟอสฟีน อัตรา 3 เม็ด (tablets)/ลบ.ม. ระยะเวลาในการรม 7 วัน ตรวจสอบประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทดสอบ โดยนับอัตราการรอดชีวิตของแมลงทดสอบ หลังเสร็จสิ้นการรม และตรวจเช็คอีกครั้งหลัง 6 สัปดาห์ และตรวจสอบประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่มกองละ 3 จุด ๆ ละ 250 กรัม ตรวจสอบชนิดและปริมาณการเข้าทำลายของแมลง และหลังเสร็จสิ้น

การรมและตรวจเช็คอีกครั้งหลัง 6 สัปดาห์เพื่อหา hidden infestation และ การวัดความชื้นภายในกองเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ก่อน

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2553 – สิ้นสุด กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ไซโลเก็บข้าวโพดของเอกชน จ.ลพบุรี

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 ทำการสุ่มตัวอย่างกาแฟสารจำนวน 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

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2553 สิ้นสุดกันยายน 2555 ระยะเวลา 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ โรงเก็บกาแฟสาร 2 แห่งคือ บริษัท ศรีเมืองคลังสินค้า จำกัด จังหวัดสมุทรปราการ และโรงเก็บสารกาแฟ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.5 การใช้สารรมเมทิลโบรไมด์ในการกำจัดเพลี้ยไฟและแมลงหวี่ขาวในผักสดส่งออก

การทดสอบกับเพลี้ยไฟฝ้าย และแมลงหวี่ขาวยาสูบ กับสารรมเมทิลโบรไมด์

1. 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

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

วิธีการ

เตรียมแมลงสำหรับการทดสอบ 2 ชนิดคือ เพลี้ยไฟฝ้าย (*Thrips palmi* Karny) และแมลงหวี่ขาวยาสูบ โดยเลี้ยงขยายพันธุ์เพลี้ยไฟฝ้าย เตรียมเพลี้ยไฟฝ้ายระยะไข่ (อายุ 0-2 วัน) ระยะตัวอ่อน และระยะตัวเต็มวัย การเตรียมตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบสำหรับการทดลอง จำนวน 10 ตัว/ซ้ำ

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

การทดสอบกับแมลงหวี่ขาวยาสูบระยะตัวอ่อนที่พบบนผักชีฝรั่ง โดยนำผักชีฝรั่งที่มีตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบที่ตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็กๆ นำมาวางในขวดแก้วลูกชมพู่จำนวน 10 ตัวต่อขวดแก้ว/ซ้ำ ดูดก๊าซเมทิลโบรไมด์จากถุงเก็บกับก๊าซโดยใช้หลอดเก็บกักก๊าซมาใส่ในขวดลูกชมพู่ตามกรรมวิธีที่กำหนดเมื่อครบ 90 นาที เปิดขวดแก้วลูกชมพู่ เพื่อระบายอากาศ นาน 30 นาที ทำการตรวจนับการรอดชีวิตของตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบภายใต้กล้องจุลทรรศน์หลังการทดลอง 3 ชั่วโมง

ระยะเวลา: เริ่มต้น ตุลาคม 2555-กันยายน 2557

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

การทดลองที่ 1.6 การใช้สารรมเมทิลโบรไมด์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในพริกสดส่งออก

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

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

การทดสอบกับพริกสดและแมลงวันผลไม้ระยะไข่ และหนอน ในตู้รม โดยเก็บเกี่ยวพริกขี้หนูจากแปลงเกษตรกร สุ่มนับจำนวนแมลงวันผลไม้ที่ติดมาจากแปลง คัดส่วนที่เน่าเสียทิ้งจากนั้นล้างทำความสะอาดและผึ่งให้แห้ง บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู นำพริกที่จะทดสอบใส่ในตู้รม ขนาด 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 ทำการรมด้วยเมทิลโบรไมด์อัตราที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงวันผลไม้ที่คัดเลือกจากการทดลองข้อ 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

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2555 ถึง กันยายน 2557

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.7 การใช้สารรมอีโคฟูม(ECO_2 FUME)ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ 4 กรรมวิธี โดยแบ่งเป็น 3 การทดลองย่อย ดังนี้

1 รมด้วย ECO_2FUME อัตรา 25 กรัม/ลบ.ม. (350 ppm) ระยะเวลา 3, 4 และ 5 วัน และไม่ใช้สารรม

2 รมด้วย ECO_2FUME อัตรา 50 กรัม/ลบ.ม. (700 ppm) ระยะเวลา 2, 3 และ 4 วัน และไม่ใช้สารรม

3 รมด้วย ECO_2FUME อัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (1,000 ppm) ระยะเวลา 1, 2 และ 3 วัน และไม่ใช้สารรม

- เตรียมแมลงทดสอบ 2 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) ชนิดละ 4 ระยะ คือ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ดำเนินการรมดังนี้ ทำความสะอาดพื้นโรงเก็บและปูผ้ารองพื้น วางกระสอบจัมโบ้บรรจุข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กระสอบละประมาณ 1,000 กก. โดย 1 กองประกอบด้วยกระสอบจัมโบ้จำนวน 8 กระสอบ วัดขนาดของกองเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณสารรม โดยกองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาตรอยู่ระหว่าง 6.67-7.5 ลบ.ม. นำแมลงทดสอบวางด้านบน ด้านล่าง และกึ่งกลางของกอง จำนวน 3 จุด คลุมกองด้วยผ้าพลาสติกชนิดต่างๆ ตามกรรมวิธีที่กำหนด 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

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2556 ถึง กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

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 ปล่อยให้ตัวเต็มวัยวางไข่เป็นเวลา 2 วันหลังจากนั้นนำตัวเต็มวัยออกให้หมดและนำดอกกล้วยไม้ที่มีไข่ของเพลี้ยไฟเหล่านั้นมาทดลอง เพลี้ยไฟวัย 2 และตัวเต็มวัยโดยทำการดูดเพลี้ยไฟฝ้ายจำนวน 30 ตัว/1 หลอดแก้ว/ 1 ซ้ำ ปิดด้วยพาลาฟิลม์ และเจาะรูขนาดเล็กจำนวน 15 รู เพื่อใช้ในการทดลองใส่สารรมอีโคฟูมตามกรรมวิธีที่กำหนดตรวจวัดความเข้มข้นของอีโคฟูมโดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ (GC) และนำโหลแก้วไปเก็บที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เมื่อครบระยะที่กำหนดเปิดโหลแก้วเพื่อระบายอากาศนาน 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

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2556 – กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย

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 (Table 1) และผลการตรวจสอบแมลงที่ได้จากการสุ่มข้าวโพดหลังการรม พบมอดหนวดยาวรอดชีวิตรอดชีวิตในทุกกรรมวิธี

2. การหาอัตราและระยะเวลาที่เหมาะสมในการรมเพื่อกำจัดมอดหนวดยาว

ทำการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในไซโลขนาด 3,800 ตัน ด้วยฟอสฟีนอัตรา 4 และ 5 เม็ด (tablets)/ลบ.ม. นาน 7 และ 10 วัน โดยมีระบบหมุนเวียนอากาศและมีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ เพื่อกำจัดมอดหนวดยาว พบว่าการใช้ฟอสฟีนทุกอัตราและทุกระยะเวลามีประสิทธิภาพในการกำจัดมอดหนวดยาวที่ใช้ทดลองได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (Table 2) และผลการตรวจสอบแมลงที่ได้จากการสุ่มข้าวโพดหลังการรม พบมอดหนวดยาวระยะตัวอ่อนรอดชีวิตรอดชีวิตในทุกกรรมวิธี

แม้ว่าทุกกรรมวิธีที่ทำการทดลองจะสามารถกำจัดมอดหนวดยาวที่ใช้เป็นแมลงทดสอบได้ทั้งหมด แต่เมื่อตรวจเช็คจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่มมาพบว่ายังมีมอดหนวดยาวรอดชีวิต เนื่องจากการวางแมลงทดสอบวางที่ด้านบนของไซโล ซึ่งเป็นจุดที่วางเม็ดฟอสฟีน ซึ่งมีเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนด้านบนสูงมาก จึงทำให้สามารถกำจัดมอดหนวดยาวได้ แต่การสุ่มตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะสุ่มจากทั้งด้านบนและด้านล่างของไซโล ซึ่งมอดหนวดยาวที่รอดชีวิตพบจากตัวอย่างที่สุ่มด้านล่างของไซโล

การทดลองที่ 1.2 การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

การรมมอดหัวป้อม

จากการรมมอดหัวป้อมด้วยก๊าซฟอสฟีนอัตรา 100-650 ppm (0.12-0.78 mg/l) ที่ระยะเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน ผลการทดลองพบว่า การรมที่ระยะเวลา 1 วัน ระดับความเข้มข้นที่สามารถกำจัดหนอน และตัวเต็มวัย ได้แก่ 100 และ 400 ppm ส่วน ระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ 650 ppm ยังไม่สามารถกำจัดระยะไข่และดักแด้ได้ การรมที่ระยะเวลา 3 วัน ระดับความเข้มข้นที่สามารถกำจัดไข่ หนอน และตัวเต็มวัย ได้แก่ 600, 650 และ 400 ppm ส่วน ระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ 650 ppm ไม่สามารถกำจัดระยะดักแด้ได้ การรมที่ระยะเวลา 5 และ 7 วัน สามารถกำจัดมอดหัวป้อมได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยระดับความเข้มข้นที่สามารถกำจัดไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย เมื่อรมที่ระยะเวลา 5 วัน ได้แก่ 100, 350, 400 และ 450 ppm เมื่อรมที่ระยะเวลา 7 วัน ได้แก่ 100, 250, 100 และ 300 ppm

การรมด้วงงวงข้าวโพด

จากการรมด้วงงวงข้าวโพดด้วยก๊าซฟอสฟีนอัตรา 50-600 ppm (0.06-0.72 mg/l) ที่ระยะเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน ผลการทดลองพบว่า การรมที่ระยะเวลา 1 วัน ระดับความเข้มข้นที่สามารถกำจัดตัวเต็มวัย และหนอน ได้แก่ 50 และ 600 ppm ตามลำดับ ส่วนระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ 600 ppm ไม่สามารถกำจัดระยะไข่ และดักแด้ได้ การรมที่ระยะเวลา 3, 5 และ 7 วันสามารถกำจัดด้วงงวงข้าวโพดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยระดับความเข้มข้นที่สามารถกำจัดไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย เมื่อรมที่ระยะเวลา 3 วัน ได้แก่ 50, 100, 450 และ 50 ppm เมื่อเมื่อรมที่ระยะเวลา 5 วัน ได้แก่ 100, 100, 200 และ 50 ppm เมื่อรมที่ระยะเวลา 7 วัน ได้แก่ 50, 50, 50 และ 50 ppm

การรมมอดฟันเลื่อย

จากการรมมอดฟันเลื่อยด้วยก๊าซฟอสฟีนอัตรา 50-600 ppm (0.06-0.72 mg/l) ที่ระยะเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน ผลการทดลองพบว่า การรมที่ระยะเวลา 1 วัน ระดับความเข้มข้นที่สามารถกำจัดหนอน และ ตัวเต็มวัย ได้แก่ 350 และ 450 ppm ส่วน ระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ 600 ppm ไม่สามารถกำจัดระยะไข่ และดักแด้ได้ การรมที่ระยะเวลา 3, 5 และ 7 วันสามารถกำจัดมอดฟันเลื่อยได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยระดับความเข้มข้นที่สามารถกำจัดไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย เมื่อรมที่ระยะเวลา 3 วัน ได้แก่ 250, 250, 150 และ 100 ppm เมื่อเมื่อรมที่ระยะเวลา 5 วัน ได้แก่ 250, 100, 100 และ 100 ppm เมื่อรมที่ระยะเวลา 7 วัน ได้แก่ 50, 100, 50 และ 100 ppm

การรมมอดแป้ง

จากการรมมอดแป้งด้วยก๊าซฟอสฟีนอัตรา 25-500 ppm (0.03-0.60 mg/l) ที่ระยะเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน ผลการทดลองพบว่า การรมที่ระยะเวลา 1 วัน ระดับความเข้มข้นที่สามารถกำจัดหนอน

และตัวเต็มวัย ได้แก่ 200 และ 300 ppm ส่วน ระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ 500 ppm ไม่สามารถกำจัดระยะไข่ และดักแด้ได้ การรมที่ระยะเวลา 3, 5 และ 7 วัน สามารถกำจัดมอดแป้งได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยะดับความเข้มข้นที่สามารถกำจัดไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย เมื่อรมที่ระยะเวลา 3 วัน ได้แก่ 350, 50, 200 และ 50 ppm เมื่อรมที่ระยะเวลา 5 วัน ได้แก่ 75, 25, 25 และ 50 ppm เมื่อรมที่ระยะเวลา 7 วัน ได้แก่ 50, 25, 25 และ 50 ppm

การรมมอดยาสูบ

จากการรมมอดยาสูบด้วยก๊าซฟอสฟีนอัตรา 25-300 ppm (0.03-0.36 mg/l) ที่ระยะเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน ผลการทดลองพบว่า การรมที่ระยะเวลา 1 วัน ระดับความเข้มข้นที่สามารถกำจัดหนอนและตัวเต็มวัย ได้แก่ 125 และ 125 ppm ส่วนระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ 300 ppm ไม่สามารถกำจัดระยะไข่ และ ดักแด้ ได้ การรมที่ระยะเวลา 3 วัน ระดับความเข้มข้นที่สามารถกำจัดหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ได้แก่ 50, 125 และ 25 ppm ส่วนระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ 300 ppm ไม่สามารถกำจัดระยะไข่ได้ การรมที่ระยะเวลา 5 และ 7 วัน สามารถกำจัดมอดยาสูบได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยระดับความเข้มข้นที่สามารถกำจัดไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย เมื่อรมที่ระยะเวลา 5 วัน ได้แก่ 75, 75, 100 และ 25 ppm เมื่อรมที่ระยะเวลา 7 วัน ได้แก่ 75, 75, 50 และ 25 ppm

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 มีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ที่ใช้ทดสอบได้ทุกระยะการเจริญเติบโต เมื่อครบ 6 สัปดาห์นำแมลงทั้ง 2 ชนิด มาตรวจเช็คอีกครั้งเพื่อหา hidden infestation ไม่พบแมลงรอดชีวิต และผลการตรวจสอบชนิดและปริมาณการเข้าทำลายของแมลงศัตรูจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่มมา ก่อนการรมพบแมลงที่เข้าทำลายข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหนวดยาว ผีเสื้อข้าวสาร และเหา

หนังสือ หลังเสร็จสิ้นการรมตรวจสอบการรอดชีวิตของแมลงจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่มมาไม่พบแมลงรอดชีวิต

การตรวจสอบความชื้นภายในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ก่อนการรมและหลังการรม พบว่าความชื้นภายในเมล็ดใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 12.0-13.0% ส่วนอุณหภูมิและความพื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บระหว่างช่วงเวลาที่ทำการม อยู่ระหว่าง 29.8-36.9 องศาเซลเซียส และ 46.1-65.2% ตามลำดับ

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 จากโรงเก็บกาแฟที่ติดกับดักแสงไฟและไม่ติดกับดักแสงไฟโดยสุ่มทุก 2 สัปดาห์ พบแมลง 4 ชนิด ได้แก่ มอดยาสูบ มอดหนวดยาวมอดแป้ง และเหาหนังสือ โดยพบในปริมาณน้อยไม่แตกต่างกัน ส่วนด้วงกาแฟพบ 0.25 ตัวต่อตัวอย่าง 1 ครั้ง ในโรงเก็บที่ไม่ติดกับดักแสงไฟ แมลงที่พบในกับดักแสงไฟ และจากการสุ่มตัวอย่าง มีเพียง 2 ชนิด ที่เข้าทำลายสารกาแฟ ซึ่งก็คือ ด้วงกาแฟ 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 ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนแมลงที่ได้จากการสุ่ม

ตัวอย่างสารกาแฟ 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% ผลการคำนวนค่าใช้จ่ายในการป้องกันกำจัดสำหรับกรรมวิธีแบบผสมผสาน ระยะเวลาเก็บ 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 17.6, 0.4, 0.4 และ 1.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ตัวอ่อนเพลี้ยไฟฝ้ายที่ฟักออกมาไม่สามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้โดยจะตายในระยะดักแด้ทั้งหมด และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 24, 26, 28 และ 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาที พบว่าที่ความเข้มข้นที่ 24, 26 และ 28 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม่สามารถกำจัดไข่ที่มีอายุ 0-2 วันของเพลี้ยไฟฝ้ายได้โดยพบว่ามีตัวอ่อนเพลี้ยไฟฝ้ายฟักออกมาจากไข่จำนวน 2.0, 2.4 และ 2.4 เปอร์เซ็นต์ และตัวอ่อนที่ฟักออกมาก็ไม่สามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้เหมือนกับการทดลองขั้นต้น โดยเพลี้ยไฟฝ้ายจะตายในระยะดักแด้ทั้งหมด 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 ไม่พบเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต

สำหรับผลการทดลองประสิทธิภาพของสารรมเมทิลโบรไมด์กับตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบ พบว่าทุกความเข้มข้นของเมทิลโบรไมด์ คือ ความเข้มข้น 18, 20, 22 และ 24 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาทีไม่สามารถกำจัดตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบได้โดยพบเปอร์เซ็นต์การรอดเท่ากับ 3.3, 6.6, 6.6 และ 3.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังจากการรม 3 ชั่วโมง โดยเปอร์เซ็นต์การรอดของแมลงหวี่ขาวยาสูบในแต่ละความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

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 มอด

หนวดยาว ผีเสื้อข้าวสาร 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 ยกเว้นอัตรา 2000 ppm นาน 48 และ 72 ชั่วโมง จึงได้ทำการวางแผนการทดลองโดยการเพิ่มอัตราเพื่อหาอัตราที่สามารถกำจัดระยะไข่ของเพลี้ยไฟฝ้ายได้ ซึ่งจากการทดสอบประสิทธิภาพของสารรมอีโคฟูมที่ความอัตรา 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

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทดลองที่ 1.1 การใช้สารรมฟอสฟีนในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพไซโล

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

การทดลองที่ 1.2 การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

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

การทดลองที่ 1.3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารรมฟอสฟีนภายใต้ผ้าพลาสติกชนิดต่างๆ ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

จากการทดสอบผ้าพลาสติก 4 ชนิดได้แก่ ผ้าพลาสติก นีโอซีท (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. จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับผ้านีโอซีท และผ้าพลาสติกหนา 0.2 มม. แต่ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากฉีกขาดได้ง่าย และบริเวณรอยต่อของผ้าหลุดออกจากกันได้ง่าย

การทดลองที่ 1.4 การป้องกันกำจัดด้วงกาแฟ (*Araecerus fasciculatus*) ในสภาพโรงเก็บด้วยวิธีผสมผสาน

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% ซึ่งในกรรมวิธีการป้องกันกำจัดแบบผสมผสานมีค่าใช้จ่าย 2 ส่วน คือค่าไฟฟ้าสำหรับกับดักแสงไฟตลอดการทดลอง 250.48 บาท และค่ารมฟอสฟีน 2 ครั้ง เท่ากับ 20 บาทต่อตัน ขณะที่กรรมวิธีเปรียบเทียบไม่มีค่าใช้จ่ายในการป้องกันกำจัด แต่เมื่อ

คัดเมล็ดดีเพื่อการจำหน่ายพบว่ากรรมวิธีได้ปริมาณเมล็ดดีสูงถึง 99% ส่วนกรรมวิธีควบคุมได้เมล็ดดีไม่ถึง 80%

การทดลองที่ 1.5 การใช้สารรมเมทิลโบรไมด์ในการกำจัดเพลี้ยไฟและแมลงหวี่ขาวในผักสดส่งออก

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

การทดลองที่ 1.6 การใช้สารรมเมทิลโบรไมด์ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในพริกสดส่งออก

การทดสอบประสิทธิภาพของสารรมเมทิลโบรไมด์ที่ความเข้มข้น 18, 20, 22, 24, 26, 28 และ 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร นาน 90 นาทีกับแมลงศัตรูพืชกักกัน 2 ชนิด คือ เพลี้ยไฟฝ้าย และแมลงหวี่ขาวยาสูบ พบว่าการรมเมทิลโบรไมด์ทุกอัตราที่ทดสอบไม่สามารถทำลายไข่และหนอนของแมลงวันผลไม้พริกได้ 100% ดังนั้นจึงเป็นอัตราที่ไม่มีประสิทธิภาพที่จะนำมาใช้ในการกำจัดแมลง เนื่องจากแมลงวันผลไม้พริกเป็นแมลงศัตรูพืชกักกันจำเป็นต้องกำจัดได้ 100% เท่านั้น ดังนั้นจำเป็นต้องทำการศึกษาเพื่อเติมเพื่อหาอัตราการรมที่เหมาะสมต่อไป

การทดลองที่ 1.7 การใช้สารรมอีโคฟูม (ECO_2 FUME) ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

จากการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวโพด 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 คือ สามารถลดระยะเวลาการรมด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซได้ แต่สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ต้องควบคุมให้ความเข้มข้นของก๊าซคงอยู่ในระดับที่กำหนด

ตลอดระยะเวลาการรม และจากการทดลองครั้งนี้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับก๊าซฟอสฟีนเอาไว้จำนวนมาก ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซลดลงอย่างรวดเร็ว จึงต้องมีการเติม ECO_2FUME ทุกครั้งที่วัดความเข้มข้นแล้วพบว่าต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนด

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

การทดสอบประสิทธิภาพของสารรมอีโคฟูมต่อการกำจัดเพลี้ยไฟฝ้ายแมลงศัตรูนกล้วยไม้ในห้องปฏิบัติการ 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 ดังนั้นการนำสารรมอีโคฟูมมาใช้ทดแทนสารรมเมทิลโบร์ไมด์จึงต้องคำนึงถึงระยะเวลาการขนส่งกล้วยไม้ และผลกระทบต่อคุณภาพของกล้วยไม้ อายุการปักแจกัน ที่ควรจะต้องทำการศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

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

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

กิจกรรมงานวิจัยที่ 2

การพัฒนาการผลิตชีวภัณฑ์และการนำไปใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

Biological agent development and its application of stored product insect control

ชื่อผู้วิจัย

นางพรรณเพ็ญ ชโยภาส นางสาวดวงสมร สุทธิสุทธิ์

นางกรรณิการ์ เพ็งคุ้ม นางสาวภาวินี หนูชนะภัย

นางอัจฉรา เพชรโชติ นางสาวรังสิมา เก่งการพานิช

นายณัฐวัฒน์ แย้มยิ้ม นางพรทิพย์ วิสารทานนท์

Abstract

Biological control method is the way to reduce the use of insecticides and to maintain the natural balance in storage room. The aim of this project was focus in developing technology of using of natural enemies and plant extracts to control stored product insect. The results were as follows:

The experiment was conducted to study the appropriate condition particularly temperature and time used for keeping rice moth parasitoids, *Bracon hebetor* Say with the sustention of effectiveness in controlling insect pests in stored house. The parasitoid pupae of rice moth parasitoids were kept in 5, 10, 15 and 20°C for 7, 14, 21 and 30 days at each level of temperature. The treatment of 10°C and 15°C for 7 days showed good results in both high percentage of emergence 88.09 and 80.42 % and high efficiency in the produce of offsprings 98.66 % and 96.12% respectively. There was also a study of their efficiency in the stored house by releasing of 2,000 parasitoid pupae, kept in 10 and 15°C for 7 days, every 15 days to decrease the population of rice moth. There were no significant results between treatment and control (pupae from room temperature). The rice moth mortality in treatment of 10 and 15°C were 39.72 % and 46.63 % respectively while the control treatment was 57.44 and 61.96 % respectively. The release of 2,000 parasitoids every 15 days were carried out for 6 times in stored house. The average amount of rice moths dropped to 0.4 larva per 100 kg rice bag after the fifth release. Finally, after

the sixth release of parasitoids (90 days) the rice moth larvae were left in the rice bags only 10 % in average.

Study to storing of *Anisopteromalus calandrae* (Howard) for maintaining the efficiency on controlling stored product insects was done by storing *A. calandrae* pupae at the condition 10°C by various the time to keeping at 1, 2, 3 and 4 weeks. The results showed that the average number of new born of *Sitophilus zeamais* when controlled by *A. calandrae* stored at 10°C for 1, 2, 3 and 4 weeks were 92.7, 90.0, 147.3 and 144.3 respectively. These numbers were significantly higher than the control experiment which was 30.3. For the results from field storage investigation, the average number of new born of *S. zeamais* when controlled by *A. calandrae* stored at 10°C for 1, 2, 3 and 4 weeks were 3.127, 3.226, 4.482 and 6.965 respectively. These numbers were again significantly higher than the control experiment, which was 1.257. It can be concluded from the investigation that *A. calandrae* stored at 10 °C for 1, 2, 3 and 4 weeks have less efficiency to control *S. zeamais* both in laboratory environment and in field storage environment than that of the control treatment.

Mass-rearing method of *Amphibolus venator* (Klung) used red flour beetle, *Tribolium castaneum* as prey. It was found that the predator attacked all tested stages (larval to adult) of the prey. The optimum stage of prey was at least 20-25 days old. The optimal ratio of *A. venator* adult for producing egg was 1:1. The fifty couple of female and male could produce 2,770 eggs. The density of 100 bugs per box was suitable and the larva can develop to be the normal adult 90 %. The producing cost per bug was 0.017 Baht of fourth stage and 0.025 Baht of adult stage taking 45.3-49.3 and 62-67.0 days of rearing, respectively. The predatory efficacy test of *A. venator* was found that the fourth, the fifth and the female adult stage of bug could consume many preys. They could consume the number of *T. castaneum* as 10.5 to 13.7 per day. The good rate of predator releasing to control 100 *T. castaneum* was 3, 4 and 5 couples of *A. venetor*. It could control all preys within 16, 15 and 13 day respectively. For the test in close condition, 50 kilogram of milled rice in close sac, found that 40 *A. venator* could control all 500 *T. castaneum* within 10 weeks. However efficacy of releasing 40 *A. venator* was not significant difference for releasing 30 *A. venator* for controlling *T. castaneum.* For the study in storage room condition with 1 ton of milled rice and

releasing 500 *A. venator* every 2 weeks interval was showed that the number of stored product insects were slowly declining in 6 weeks.

The contamination of *Ferrisia virgata* (Cockerell) usually occurs in post-harvested rambutan. Therefore, the objective of this study was to determine the plant extracts for controlling *F. virgata.* The research studied on the treatment of mangosteen extract, bottle gourd extract, tobacco extract, mangosteen extract+bottle gourd extract, mangosteen extract+tobacco extract and bottle gourd extract+tobacco extract by using 10% ethanol as solvent for 5 min. The result showed that the mortality of *F. virgate* were 1.33, 10.39, 93.52, 22.46, 82.87 and 2.91%, respectively. Moreover, the tobacco extracts (Burley and Virginia) were used by dissolving with water. Then the mixed tobacco extract was applied at the ratio of Burley:Virginia as 1:1 which the concentrations were 15 and 20% for 30 and 60 minutes. It was found that 20% of mixed tobacco extract for 60 minutes was more effective than other treatments. The mortality of *F. virgate* was 86.51 and 93.89% at 24 and 72 h after exposure, respectively. The quality of rambutan was compared between the treatment of water and mixed tobacco extract (Burley+Virginia) at 20% for 60 min. The brightness and yellowness of the tobacco extract treated rambutan was significantly different from the water treated rambutan after 7 days. The brightness, yellowness and firmness (peel) were different at 14 days after exposure. However, redness, TSS, TA, Vitamin C, firmness and weight loss were not different between two treatments.

The efficiency test of herb extracts on controlling *Sitophilus zeamais* and *Cryptolestes pusillus* in field storage was investigated on 3 kinds of medicinal plant (*Aglaia odorata*, *Melia azadirach*, and *Lansium domesticum*). The experiments were conducted by mixing corn seeds with the herb extract and stored in field storage for a period of 1, 2, 3, 4, 5 and 6 months. The mixing of corn seeds and the herb extract were done at 3 different concentration levels; 20, 25 and 30 percentage. The results showed that the extracts from *A. odorata*at all three concentration levels were not effective in controlling *S. zeamais* and had a low efficiency against *C. pusillus*. The extract from *M. azadirach* at 30% concentration showed the most effective in controlling *S. zeamais*. The extract from *L. domesticum* at 20% and 25% concentration levels showed good efficiency in controlling *S. zeamais*. The extracts

from *M. azadirach* and *L. domesticum* at all concentration levels showed good efficiency in controlling *C. pusillus*. The extracts from the 3 plants did not affect germination of the corn seeds.

Efficacy test of essential oils of *Myristica fragrans* and *Alpinia conchigera* oils were evaluated against *Callosobruchus maculatus, Callosobruchus chinensis.* It was found 10 and 12 constitutes on *M. fragrans* and *A. conchigera* oils. The major component of *M. fragrans* and *A. conchigera* oils were sabinene and 1,8-cineole, respectively. Contact toxicity assay on filter paper of both essential oils and the LC_{50} value of *C. maculatus* and *C. chinensis* adults when treated with *M.fragrans* oil at 72 h were 4.6 and 1.2μL/cm^2 while 1.7 and 2.5 μL/cm^2 for *A. conchigera* oil. Therefore, the *C. chinensis* adult was more susceptible to *M. fragrans* oil than *C. maculatus* adult which was more susceptible to *A.conchigera* oil than *C. chinensis.* For fumigation experiment, the LC_{50} values of *C. maculatus* and *C. chinensis* adult at 24 h were 57.7 and 222.6 μL/L, for *M. fragrans* oil and 124.7 and74.1 μL/L, for *A. conchigera* oil, respectively. Then, *C. maculatus* adult was more susceptible to *M. fragrans* oil than *C. chinensis* and the *C. chinensis* adult was more susceptible to *A. conchigera* oil than *C. maculatus* adult by fumigation toxicity. Furthermore, the number of laid egg and adult progeny production of *C. maculatus* and *C. chinensis* were inhibited by treated with *M. fragrans* and *A. conchigera* oils at 10 and 8% under laboratory condition. In additions, the efficacies of both essential oils were conducted for 6 months at warehouse. The results showed that insect pests and natural enemies were more found in the mung bean treated with *M. fragrans* oil than *A. conchigera* oil and *C. maculatus* was the major pest. Therefore, *M. fragrans* and *A. conchigera* oil could not use to control insect in the warehouse.

Research on bioactivities of essential oil extracted from *Litsea cubeba* for controlling cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* (F.)) and drugstore beetle (*Stegobium paniceum* (L.)) adults were done. The compounds from *L. cubeba* oil were E-citral (49.99%), Z-citral (35.2%), D-limonene (1.95%), bicyclo (3.1.0) hex-2-ene, 4-methyl-1-(-methylethyl) (1.75%), L-linalool (1%), 6-octenal,3,7-dimethyl (1%), beta-myrcene (0.7%), geraniol (0.63%), 1,8-cineole (0.53%) and (1R)-2,6,6 -trimethylbiciclo (3.1.1) het-2-ene (0.41%). The LC_{50} of *L. serricorne* and *S. paniceum* adults at 6 h were 1.9, 1.2 μl/cm^2 and 1.6, 0.8 μl/cm^2 at 24 h by contact toxicity on filter paper,

respectively. In fumigation trial, LC_{50} of*L. serricorne* and *S. paniceum* adults at 24 h were >242, 3.3 µl/l in air and 129.9, 2.9 µl/l in air at 48 h after exposure, respectively. At the highest concentration (0.63 µl/cm^2) on repellency assays, *L. cubeba* oil did not completely repel *L. serricorne* and *S. paniceum* adults. Percentages of repellency (PR) of both insect species were 69.7 and 78.4%. In addition, the efficiency of *L. cubeba* oil on preserving the quality and quantity of coriander seeds (*Coriandrumsativum* L.) was investigated by coating coriander seeds at different times. The results showed that the *L. cubeba* oil could not control the adults of *L. serricorne* while *S. paniceum* adults were highly susceptible. Furthermore, effectiveness of *L. cubeba* oil in reducing the insect progeny production of *L. serricorne* and *S. paniceum* were found at only 30 and 40% concentration after 1 hour exposure for *L. serricorne*; while for *S. paniceum,* the concentrations were 20, 30, 40% after 1 hour and 40% after 1 week exposure.

Keywords: Biological agent, stored product insect control

บทคัดย่อ

การใช้ชีวภัณฑ์ เพื่อลดการใช้สารฆ่าแมลง รักษาสมดุลธรรมชาติในโรงเก็บ ในโครงการการพัฒนาการผลิตชีวภัณฑ์และการนำไปใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร มีการศึกษาพัฒนาการนำเอาศัตรูธรรมชาติและสารสกัดจากพืชมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ดังนี้

ศึกษาการเก็บรักษาแตนเบียนผีเสื้อข้าวสาร (*Bracon hebetor* Say) ให้คงประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร โดยเก็บดักแด้แตนเบียนที่อุณหภูมิ 5, 10 ,15 และ 20 $^{\circ}$C แต่ละอุณหภูมิเป็นเวลา 7, 14, 21 และ 30 วัน พบว่าดักแด้ที่เก็บในอุณหภูมิ 10 และ15 $^{\circ}$C เป็นเวลา 7 วัน มีดักแด้เกิดเป็นแตนเบียน 88.09 และ 80.42 % มีประสิทธิภาพการเพิ่มประชากร 98.66 และ 96.12 % เมื่อนำไปปล่อยในโรงเก็บ สามารถเบียนหนอนผีเสื้อข้าวสารได้ 39.72 และ46.63 % ตามลำดับ การปล่อยแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารจำนวน 2,000 ตัวทุก 15 วันจำนวน 6 ครั้งในโรงเก็บข้าวสารที่มีการระบาดของหนอนผีเสื้อข้าวสาร หลังการปล่อยครั้งที่ 5 พบว่า หนอนมีปริมาณลดลงเหลือเฉลี่ย 0.4 ตัวต่อกระสอบข้าว 100 กิโลกรัม และหลังปล่อยแตนเบียน 6 ครั้ง (90 วัน)จำนวนหนอนผีเสื้อข้าวสารเหลือเฉลี่ย 10 %

ศึกษาการเก็บรักษาแตนเบียนมอด (*Anisopteromalus calandrae* (Howard)) ให้คงประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร โดยเก็บรักษาแตนเบียนมอดระยะดักแด้ที่อุณหภูมิ 10 $^{\circ}$C เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเก็บ พบว่าแตนเบียนมอดมีประสิทธิภาพลดลง

โดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบ ค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงงวงข้าวโพดจากกล่องที่ปล่อยแตนเบียนมอดที่ได้จากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C มีค่าเท่ากับ 90.0-147.3 ตัว ส่วนกรรมวิธีควบคุมพบ 30.3 ตัว ในโรงเก็บพบ ค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงงวงข้าวโพดจากถังที่ปล่อยแตนเบียนมอดที่ได้จากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C มีค่าเท่ากับ 3.127- 6.965 ตัว ส่วนกรรมวิธีควบคุมพบ 1.257 ตัว

การศึกษาวิธีการเพาะขยายพันธุ์มวนดำก้นลาย พบว่าควรใช้หนอนมอดแป้งอายุ 20-25 วัน เป็นอาหาร การจับคู่ผสมพันธุ์ควรใช้มวนที่อัตรา 1:1 โดยมวนดำก้นลาย 50 คู่ สามารถผลิตไข่ได้ 2,770 ฟอง สำหรับอัตราการเลี้ยงที่เหมาะสมต่อกล่อง พบว่าการเลี้ยงที่ 100 ตัวต่อกล่อง ได้ตัวเต็มวัยปกติ 90.0% การคำนวณต้นทุนการเพาะเลี้ยงมวน พบว่ามวนวัย 4 ราคา 0.017 บาทต่อตัว ใช้ระยะเวลา 45.3 ถึง 49.3 วัน ส่วนมวนตัวเต็มวัย ราคา 0.025 บาทต่อตัว ใช้ระยะเวลา 62.0 ถึง 67.0 วัน ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพในการกินเหยื่อของมวนดำก้นลาย พบว่ามวนวัย 4, 5 และตัวเต็มวัยเพศเมียเป็นวัยที่มีประสิทธิภาพในการกินเหยื่อสูง โดยสามารถกินได้วันละ 10.5-13.7 ตัวต่อวัน การปล่อยมวนดำก้นลายตัวเต็มวัยจำนวน 3, 4 และ 5 คู่สามารถกำจัดมอดแป้งจำนวน 100 ตัว หมดภายใน 16, 15 และ13 วันตามลำดับ การทดสอบปล่อยมวนดำก้นลายในสภาพโรงเก็บจำลองระบบปิดที่มีข้าวสาร 50 กิโลกรัมและมอดแป้ง 500 ตัว พบว่าอัตราปล่อยมวน 40 ตัว สามารถลดปริมาณมอดแป้งลดลงอย่างรวดเร็ว และกำจัดได้หมดในสัปดาห์ที่ 10 และพบว่าอัตราการปล่อยมวนอัตรา 30 และ 40 ตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการปล่อยมวนดำก้นลายในโรงเก็บสภาพเปิด โดยใช้ข้าวสาร 1 ตัน อัตราปล่อยมวน 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

การจัดการเพลี้ยแป้งเงาะ (*Ferrisia virgator*) หลังการเก็บเกี่ยวโดยการแช่เงาะในสารสกัดจากพืช 6 กรรมวิธี คือ สารสกัดจากเปลือกมังคุด, สารสกัดจากผลน้ำเต้า, สารสกัดจากใบยาสูบ, สารสกัดจากเปลือกมังคุด+สารสกัดจากน้ำเต้า, สารสกัดจากเปลือกมังคุด+สารสกัดจากใบยาสูบ และสารสกัดจากน้ำเต้า+สารสกัดจากใบยาสูบโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ แช่นานเป็นเวลา 5 นาทีพบมีเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยแป้งเท่ากับ 1.33, 10.39, 93.52, 22.46, 82.87 และ 2.91 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และแอลกอฮอทำให้ผลเงาะดำ ส่วนการทดสอบกับสารสกัดจากใบยาสูบพันธุ์เบอรเลย์ และพันธุ์เวอร์จิเนียที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย พบการจุ่มผลเงาะในสารสกัดจากใบยาสูบพันธุ์เบอรเลย์ที่ผสมกับพันธุ์เวอร์จิเนีย อัตราส่วน 1:1 ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพลี้ยแป้งลายมากที่สุดคือ มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 86.51 และ 93.89 เปอร์เซ็นต์ที่ 24 และ 72 ชั่วโมงหลังการทดลอง สำหรับการทดสอบคุณภาพเงาะพบว่าความสว่าง ค่าการเปลี่ยนแปลงสีน้ำเงิน-สีเหลือง และความแน่นเนื้อ (เปลือก) มีความแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมอย่างไรก็ตาม ค่าการเปลี่ยนแปลงสีในช่วงสีเขียว-สีแดง ค่าความหวาน ค่าความ

เป็นกรด วิตามินซี ค่าความแน่นเนื้อ และค่าน้ำหนักที่สูญเสีย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่าง 2 กรรมวิธี

ศึกษาประสิทธิภาพสารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และมอดหนวดยาว (*Cryptolestes pusillus*) ในโรงเก็บ โดยคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดด้วยสารสกัดจากพืชสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ประยงค์ เลี่ยน และลางสาด ที่ระดับความเข้มข้น 20, 25 และ 30 % แล้วเก็บไว้ในโรงเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเป็นระยะเวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน พบว่าสารสกัดจากประยงค์ที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าว ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมีประสิทธิภาพน้อยต่อมอดหนวดยาว สารสกัดจากเลี่ยนที่ระดับความเข้มข้น 30 % มีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดได้ดีที่สุด สารสกัดจากลางสาดที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 25 % มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด สารสกัดจากเลี่ยนและลางสาดที่ทุกระดับความเข้มข้นสามารถควบคุมมอดหนวดยาวได้ดี และสารสกัดจากพืชทั้ง 3 ชนิดไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยลูกจันทร์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียว พบสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศมี 10 ชนิด โดยมี sabinene เป็นสาระสำคัญ และสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยข่าลิงมี 12 ชนิด และมี 1,8-cineole เป็นสาระสำคัญ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารสัมผัสต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลือง ของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศ พบค่า LC_{50}ที่ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 4.6และ 1.2 มคล./ตร.ซม.ของน้ำมันหอมระเหยข่าลิง พบค่า LC_{50}ที่ 72 ชั่วโมง เท่ากับ1.7 และ 2.5 มคล./ตร.ซม.ดังนั้นตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลืองมีความอ่อนแอต่อน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศมากกว่าตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเขียวมีความอ่อนแอต่อน้ำมันหอมระเหยข่าลิงมากกว่าด้วงถั่วเหลือง เมื่อทดสอบการเป็นสารรมของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด พบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศในการเป็นสารรมต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองมีค่า LC_{50}ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 57.7 และ 222.6 มคล./ล. และ ค่า LC_{50}ที่ 24 ชั่วโมง ของน้ำมันหอมระเหยข่าลิง เท่ากับ 124.7 และ 74.1 มคล./ล.ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อทดสอบการเป็นสารรมของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด พบว่าด้วงถั่วเขียวมีความอ่อนแอต่อน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศมากกว่าด้วงถั่วเหลืองและด้วงถั่วเหลืองมีความอ่อนแอต่อน้ำมันหอมระเหยข่าลิงมากกว่าด้วงถั่วเขียว และเมื่อทดสอบน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงต่อการวางไข่และการเกิดเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกของด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองพบว่าน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงที่ความเข้มข้น 10 และ 8 เปอร์เซ็นต์ สามารถป้องกันการวางไข่และการเกิดเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกของด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองได้เป็นอย่างดีในสภาพห้องปฏิบัติการ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิดในสภาพโรงเก็บเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่ามีแมลงศัตรูถั่วเขียวและแมลงศัตรูธรรมชาติในเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด โดยด้วงถั่วเขียวเป็นแมลงที่พบได้มากที่สุด และพบว่าด้วงถั่วเขียวเข้า

ทำลายในเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศมากกว่าเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าลิง ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงไม่สามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บได้

การศึกษาทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูสมุนไพรพบสารสำคัญในน้ำมัน หอมระเหยตะไคร้ต้นคือ E-citral (49.99 %), Z-citral (35.2%), D-limonene (1.95%), bicyclo (3.1.0) hex-2-ene, 4-methyl-1-(-methylethyl) (1.75%), L-linalool (1%), 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%) การทดสอบการเป็นสารสัมผัสต่อมอดยาสูบและมอดสมุนไพรพบว่า มีค่า LC_{50} ที่ 6 ชั่วโมง เท่ากับ 1.9 และ 1.6 มคล./ตร.ซม. และ LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 1.2 และ 0.8 มคล./ตร.ซม. ตามลำดับ สำหรับการทดสอบการเป็นสารรมค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง มีค่า > 242 และ 3.3 มคล./ล. และ LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 129.9 และ 2.9 มคล./ล.ตามลำดับ สำหรับการทดสอบการเป็นสารไล่ พบว่า น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่ความเข้มข้นสูงที่สุดที่ศึกษา (0.63 มคล./ตร.ซม.) ไม่สามารถไล่แมลงทั้ง 2 ชนิดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเปอร์เซ็นต์การไล่เฉลี่ยเท่ากับ 69.7 และ 78.4 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการใช้คลุกเมล็ดผักชีไทยพบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดมอดยาสูบ แต่มีประสิทธิภาพในการกำจัดในมอดสมุนไพร นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นสามารถยับยั้งการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกของมอดสมุนไพรได้เมื่อคลุกเมล็ดผักชีไทยด้วยน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่ความเข้มข้น 20, 30 และ 40% ส่วนมอดยาสูบต้องใช้อัตรา 30 และ 40%

คำสำคัญ: การผลิตชีวภัณฑ์ แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

บทนำ

การใช้ชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรนับเป็นวิธีการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและเป็นการหลีกเลี่ยงการใช้สารฆ่าแมลง เนื่องจากเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากมาย ทั้งด้านคุณภาพและความสมดุลของสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ อีกทั้งสารเคมียังต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาสูง ชีวภัณฑ์ในที่นี้หมายถึง แมลงศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร และสารสกัดจากสมุนไพรต่างๆ มีแมลงศัตรูธรรมชาติหลายชนิดที่มีแนวโน้มสามารถนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ได้แก่ แตนเบียนผีเสื้อข้าวสาร (*Bracon hebetors*) เป็นแตนเบียนที่สำคัญมากในการเข้าทำลายหนอนผีเสื้อศัตรูผลิตผลเกษตรในโรงเก็บหลายชนิด โดยแตนเบียนเพศเมียจะต่อยเหยื่อให้เป็นอัมพาต จากนั้นจะวางไข่ติดอยู่ที่ลำตัวของเหยื่อ เมื่อหนอนแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารฟักออกจากไข่จะเริ่มดูดกินของเหลวที่อยู่ในตัวเหยื่อและเข้าดักแด้อยู่ภายนอกตัวเหยื่อ แตนเบียนมอด *Anisopteromalus calandrae* (Howard) เป็นแตนเบียนที่สำคัญมากในการ

เข้าทำลายระยะหนอนและระยะดักแด้ของด้วงและมอดหลายชนิดที่เข้าทำลายอยู่ภายในเมล็ด โดยตัวเต็มวัยเพศเมียจะใช้หนวดทำการสำรวจตรวจสอบการเคลื่อนไหวของเหยื่อ ซึ่งทำลายอยู่ภายในเมล็ดพืช หลังจากนั้นจะใช้อวัยวะวางไข่แทงผ่านเมล็ดพืชสู่เหยื่อ และปล่อยสารพิษทำให้เหยื่อเป็นอัมพาต แล้วจึงวางไข่ติดอยู่ที่ด้านนอกของลำตัวเหยื่อ 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 แต่ยังขาดข้อมูลสำคัญบางประการ ได้แก่ การทดสอบประสิทธิภาพกับแมลงศัตรูในโรงเก็บ การเก็บรักษา และการนำไปใช้ จึงควรมีการวิจัยและพัฒนาต่อเพื่อนำไปใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรร่วมกับวิธีอื่นๆ

ระเบียบวิธีการวิจัย

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 เปรียบเทียบกับแตนผีเสื้อข้าวสารที่เกิดจากดักแด้เก็บที่อุณหภูมิห้อง 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

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 องศา

เซลเซียส 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

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 เลี้ยงในกล่องพาสติกแล้วให้เหยื่อตามอัตราที่กำหนดทุก 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 ให้เหยื่อตามกรรมวิธีที่กำหนด 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 บันทึกจำนวนเหยื่อที่ถูกมวนดูดกินและจำนวนเหยื่อที่เหลือทุกวันจนกว่าเหยื่อจะหมด

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 ชนิดไก้แก่ 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

สถานที่ดำเนินการ ห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร
โกดังเก็บข้าวสาร จังหวัดปทุมธานี

การทดลองที่ 2.4 ผลของสารสกัดจากพืชที่มีต่อแตนเบียนด้วง (*Theocolax elegans*)

ยกเลิกการทดลอง

การทดลองที่ 2.5 การใช้แตนเบียนด้วงร่วมกับสารสกัดจากพืชในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

ยกเลิกการทดลอง

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 ผงใบยาสูบแห้ง 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. การตรวจสอบคุณภาพผลเงาะหลังจากจุ่มด้วยสารสกัดยาสูบผสม 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

ระยะเวลา ตุลาคม 2555 – กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

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 เก็บไว้ในโรงเก็บเมล็ดข้าวโพดเป็นเวลา 6 เดือน ตรวจสอบโดยทำการสุ่มเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดจากกระสอบป่านตัวอย่างละ 250 กรัม มาตรวจนับจำนวนด้วงงวงข้าวโพดและมอดหนวดยาวที่เข้าทำลายเดือนละ 1 ครั้ง ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดโดยการทดสอบความงอก

ระยะเวลา ตุลาคม 2553 – กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิตลพบุรี

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 ไมโครลิตรเพียงอย่างเดียวปล่อยให้กระดาษแห้งประมาณ 2 นาที แล้วนำกระดาษกรองแต่ละแผ่นวางลงในด้านล่างของจานแก้ว จากนั้นปล่อยตัวเต็มวัยที่มีอายุ 0-24 ชั่วโมง ลงบนกระดาษกรองในจานแก้วแล้วปิดฝา (กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ/ ซ้ำละ 20 ตัว) หลังจากนั้นทำการบันทึกจำนวนแมลงที่ตายและแมลงที่มีชีวิตหลังจากการทดสอบที่ 24 และ 72 ชั่วโมง

-ทดสอบฤทธิ์การเป็นสารรม โดยนำน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและข่าลิงในปริมาณที่ต่างกัน คือ 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 นำน้ำมันหอมระเหยแต่ละ

ชนิดมาคลุกกับเมล็ดถั่วเขียว 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

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2554-กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรลพบุรี กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2.9 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูสมุนไพร

เลี้ยงขยายพันธุ์มอดยาสูบและมอดสมุนไพรจนได้ตัวเต็มวัย และสกัดน้ำมันหอมระเหยจากผลสุกของตะไคร้ต้น วิเคราะห์องค์ประกอบหรือสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด

ทดสอบความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นต่อแมลงศัตรูสมุนไพร

วางแผนการทดลองแบบ CRD 5 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ตัว มีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

-ทดสอบฤทธิ์การเป็นสารสัมผัสบนกระดาษกรอง โดยนำน้ำมันตะไคร้ต้นละลายในเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 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 สำหรับกรรมวิธีควบคุมหยดเอทานอล 1000 ไมโครลิตรเพียงอย่างเดียวปล่อยให้กระดาษแห้งประมาณ 10 นาที แล้วนำกระดาษกรองแต่ละแผ่นวางลงในด้านล่างของจานแก้ว จากนั้นปล่อยตัวเต็มวัยของมอดยาสูบและมอดสมุนไพรลงบนกระดาษกรองในจานแก้วแล้วปิดฝา 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

ระยะเวลา ตุลาคม 2554 – กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่
กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผลการวิจัย

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°C เป็นเวลา 21 วัน การเกิดเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 63.34 % มีอัตราเพิ่มเฉลี่ยเท่ากับ 0 คือหลังเก็บดักแด้ใส่ตู้ที่อุณหภูมิดังกล่าวหลังนำออกจากตู้มีตัวเต็มวัยแตนเบียนเกิด แต่เมื่อนำเพศเมียที่ผสมแล้วไปให้เบียนหนอนพบว่าไม่มีประสิทธิภาพในการเบียน ลูกรุ่น F1 ไม่เกิด หลังจากเก็บดักแด้ ที่ 5°C 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 พบว่า การเกิดเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 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 % อัตราเพิ่มของแตนเบียนเฉลี่ย0.14 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 เมื่อเก็บ

ครบ 21 วัน ทำให้แตนเบียนตายในตู้บ้างและแตนเบียนที่เหลือหลังออกจากตู้อ่อนแอเกินกว่าจะสามารถผลิตรุ่นลูก ดังนั้นไม่ควรเก็บแตนเบียนที่ 20 ℃ ระยะเวลา 21 และ 30 วันไม่มีประสิทธิภาพ

3. 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 % (Table 3)

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

4. การประเมินประสิทธิภาพของแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารในสภาพโรงเก็บ

ปล่อยแตนเบียนผีเสื้อข้าวสาร 2,000 ตัวในโรงเก็บข้าวสาร ทุกๆ 15 วันจำนวน 6 ครั้ง พบว่าปริมาณหนอนผีเสื้อข้าวสาร เริ่มมีแนวโน้มลดลงหลังการปล่อยครั้งที่ 5 มีหนอนผีเสื้อข้าวสารเหลือเฉลี่ย 0.4 ตัว หนอนตายเฉลี่ย 3.2 ตัว หลังปล่อยครั้งที่ 6 จำนวนหนอนผีเสื้อข้าวสารเหลือเฉลี่ย 10 % ภายในระยะเวลา 3 เดือน (Table 4) แสดงให้เห็นประสิทธิภาพแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารในการป้องกันกำจัดหนอนผีเสื้อข้าวสารในการป้องกันกำจัดในสภาพโรงเก็บ

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

การทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพห้องปฏิบัติการ

ค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงงวงข้าวโพดจากกล่องที่ปล่อยแตนเบียนมอดที่ได้จากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 $^{\circ}$C เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 92.7, 90.0, 147.3 และ 144.3 ตัว ส่วนค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงงวงข้าวโพดจากกล่องที่ปล่อยแตนเบียนมอดที่ไม่ได้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 $^{\circ}$C ในกรรมวิธีควบคุม มีค่าเท่ากับ 30.3 ตัว แสดงว่า การเก็บรักษาแตนเบียนมอดที่อุณหภูมิ 10 $^{\circ}$C เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ทำให้แตนเบียนมอดมีประสิทธิภาพลดลง

การทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในสภาพโรงเก็บ

ค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงงวงข้าวโพดจากถังที่ปล่อยแตนเบียนมอดที่ได้จากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 $^{\circ}$C เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 3.127, 3.226, 4.482 และ 6.965 ตัว ตามลำดับ แตกต่างกับค่าเฉลี่ยจำนวนด้วงงวงข้าวโพดจากถังที่ปล่อยแตนเบียนมอดที่ไม่ได้เก็บรักษาที่

อุณหภูมิ 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 ดังนั้นจึงเลือก หนอนมอดแป้งอายุ 20-25 วัน หรือหนอนที่อยู่ในวัย 4-5 มาเป็นอาหารในการเลี้ยงมวนต่อไป

การหาอัตราการเลี้ยงที่เหมาะสม

พบว่าอัตราตัวเต็มวัยต่อกล่องเพื่อการผลิตไข่ โดยทำการจับคู่มวนที่อัตรา 1:1 พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนไข่ต่อเพศเมีย 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 ส่วนมอดฟันเลื่อยถูกกินน้อยที่สุด เนื่องจากตัวเล็กและเคลื่อนไหวรวดเร็ว ส่วนมอดแป้งและด้วงงวงข้าวโพดปริมาณการกินต่างกันเล็กน้อย

การทดสอบแบบรวมชนิดเหยื่อ 4 ชนิด ได้ผลการทดลองใกล้เคียงกับการแยกชนิดของเหยื่อ คือมวนเลือกกินมอดหัวป้อมมากที่สุด รองลงมาได้แก่มอดแป้ง และด้วงงวงข้าวโพด ส่วนมอดฟัน

เลื่อยจะถูกกินน้อยที่สุด 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$\pm$0.7 ตัวต่อข้าว 250 กรัม และลดลงเหลือ 0 ในสัปดาห์ที่ 10 ส่วนอัตราปล่อยที่ 30 ตัว พบปริมาณมอดแป้งที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างลดลงเช่นกัน และสามารถลดปริมาณมอดแป้งเหลือ 0.2$\pm$0.3 ตัวต่อข้าว 250 กรัม ในสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณมอดแป้งที่ตรวจพบในแต่ละสัปดาห์ พบว่าอัตราการปล่อยมวนดำก้นลายที่อัตรา 30 และ 40 ตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนอัตราปล่อย 10 และ 20 ตัว พบปริมาณมอดแป้งลดลงน้อยมาก เมื่อเวลาผ่านไป 12 สัปดาห์ ยังพบในปริมาณสูงถึง 24.2$\pm$4.9 และ 18.1$\pm$8.6 ตัวต่อข้าว 250 กรัมตามลำดับ

2.6 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 ที่ได้จากการทดลองตั้งแต่สัปดาห์เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 6 จึงพบปริมาณแมลงรวมลดลงอย่างต่อเนื่องในปริมาณที่เล็กน้อย จากสัปดาห์แรกพบแมลง 8.0$\pm$3.7 ตัวต่อข้าว 250 กรัม ลดลงมาเหลือ 5.2$\pm$2.0 ตัวต่อข้าว 250 กรัม แม้ทำการปล่อยมวนดำก้นลายซ้ำทุก 2 สัปดาห์ก็ตาม ดังนั้นเพื่อการควบคุมที่ได้ผลดีและรวดเร็วความเพิ่มปริมาณมวนดำก้นลายที่ปล่อยให้มากขึ้น

การทดลองที่ 2.4 ผลของสารสกัดจากพืชที่มีต่อแตนเบียนด้วง (*Theocolax elegans*)

ยกเลิกการทดลอง

การทดลองที่ 2.5 การใช้แตนเบียนด้วงร่วมกับสารสกัดจากพืชในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

ยกเลิกการทดลอง

การทดลองที่ 2.6 การจัดการเพลี้ยแป้งเงาะ (Ferrisia virgator) หลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้สารสกัดจากพืช

การทดสอบสารสกัดชนิดต่างๆกับเพลี้ยแป้งลาย

1.1 การทดสอบเพลี้ยแป้งลายกับสารสกัดจากพืชที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ (เอทานอล)

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจากพืช 8 กรรมวิธี ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการทดลอง 24 ชม. พบว่า เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยแป้งลายที่จุ่มในสารสกัดจากเปลือกมังคุดผสมกับสารสกัดจากใบยาสูบ และสารสกัดจากใบยาสูบ มีเปอร์เซ็นต์การตายสูงที่สุด คือ 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 พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายหลังจากการทดลอง 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 กับค่าสีเหลือง

ลดลงแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม 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 ซึ่งคลุกด้วยสารสกัดจากลางสาดที่ระดับความเข้มข้น 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

จากการทดลองการเป็นสารสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศต่อด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองพบว่าน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศที่ความเข้มข้น 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 จากข้อมูลที่ได้พบว่าที่น้ำมันหอมระเหยข่าลิงที่ความเข้มข้น 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

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นต่อตัวเต็มวัยของมอดยาสูบ พบว่า 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

2.2ทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นในการเป็นสารรม

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. ซึ่งจะพิจารณาได้ว่า มอดสมุนไพรอ่อนแอต่อน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นมากกว่ามอดยาสูบถึง 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

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. การเก็บดักแด้แตนเบียนผีเสื้อข้าวสาร, *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) สามารถทำได้โดยเก็บที่อุณหภูมิ 10 หรือ 15 ℃ ได้เป็นระยะเวลา 7 วันโดยประสิทธิภาพในการทำให้หนอนตายไม่แตกต่างจากแตนเบียนที่เกิดจากดักแด้ในอุณหภูมิห้อง โดยมีการเกิดเป็นตัวเต็มวัยสูงคือ 88.09 และ80.42 % ตามลำดับ และหลังเก็บดักแด้แตนเบียนไว้ที่ 10 ℃ มีอัตราการเพิ่มประชากร 2.21 เท่าหรือมีประสิทธิภาพในการเพิ่ม 98.66 % เมื่อเทียบกับตัวเต็มวัยที่เกิดจากดักแด้ในอุณหภูมิห้อง และที่ 15℃ มีอัตราการเพิ่มประชากร 1.24 เท่า หรือมีประสิทธิภาพในการเพิ่ม 96.12 % เมื่อเทียบกับตัวเต็มวัยที่เกิดจากดักแด้ในอุณหภูมิห้อง เมื่อนำไปปล่อยให้เบียนหนอนผีเสื้อข้าวสารในโรงเก็บข้าวพบว่า หลังเก็บดักแด้แตนเบียนไว้ที่ 10 ℃ และ 15℃ เป็นเวลา 7 วันแตนเบียนที่เกิดทำให้หนอนผีเสื้อข้าวสารตายเฉลี่ย 39.82 และ 46.33 % ตามลำดับไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม และเมื่อทำปล่อยแตนเบียนครั้งละ 2,000 ตัวในโรงเก็บข้าวสาร ทุกๆ 15 วันจำนวน 6 ครั้ง ทำให้ปริมาณหนอนผีเสื้อข้าวสารเหลือเฉลี่ย 10 % ภายในระยะเวลา 3 เดือน

2. การเก็บรักษาแตนเบียนมอดที่อุณหภูมิ 10 $^{\circ}$C เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ก่อนการนำไปใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเก็บ จะทำให้แตนเบียนมอดมีประสิทธิภาพลดลง ดังนั้นการเลือกใช้แตนเบียนมอดชนิดนี้ในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ควรเลี้ยงเพิ่มขยายพันธุ์ด้วยอุณหภูมิห้อง และนำไปใช้ประโยชน์ในทันที ไม่ควรเก็บรักษาไว้ เพื่อให้คงประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรได้ดีดังเดิม

3. 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 ส่วนมวนตัวเต็มวัยมีต้นทุนการผลิตต่อตัวเท่ากับ 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 คู่สามารถกำจัดมอดแป้งทั้งหมดภายใน 16, 15 และ13 วันตามลำดับ การทดสอบปล่อยมวนดำก้นลายในสภาพโรงเก็บจำลองระบบปิดที่มีข้าวสาร 50 กิโลกรัม มอดแป้ง 500 ตัว พบว่าอัตราปล่อยมวน 40 ตัว ปริมาณมอดแป้งลดลงอย่างรวดเร็ว และสามารถกำจัดได้หมดในสัปดาห์ที่ 10 และพบว่าอัตราการปล่อยมวนอัตรา 30 และ 40 ตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนอัตรา 10 และ 20 ตัว พบไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดมอดแป้งในสภาพโรงเก็บจำลอง การทดสอบการใช้มวนดำก้นลายในสภาพโรงเก็บโดยใช้ข้าวสาร 1 ตัน ในสภาพเปิด 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

4. 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 พบว่าไม่สามารถกำจัดเพลี้ยแป้ง

ลายได้ถึง 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)

5. 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

6. สารสำคัญที่พบปริมาณมากที่สุดในน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิง คือ 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.) แต่น้ำมันหอมระเหยข่าลิงมีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงถั่วเหลือง (LC_{50}= 74.1 มคล./ล.) ได้ดีกว่าด้วงถั่วเขียว (LC_{50}=124.7 มคล./ล.) หลังการทดสอบ 48 ชั่วโมง และน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงที่ความเข้มข้น 10 และ 8 เปอร์เซ็นต์ สามารถป้องกันการวางไข่และการเกิดเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกของด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองได้เป็นอย่างดีในห้องปฏิบัติการ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิดในสภาพโรงเก็บพบว่ามีแมลงศัตรูถั่วเขียวเข้าทำลายเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด โดยพบด้วงถั่วเขียวเข้าทำลายในเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศมากกว่าเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าลิงและน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด ไม่สามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บได้

7. น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นที่สกัดจากผลสุกที่เก็บจากจังหวัดเชียงราย มีสารสำคัญทั้งหมด 10 ชนิด โดยพบ E-citral และ Z-citral เป็นสารสำคัญที่พบในปริมาณมากที่สุด การนำเอาน้ำมันหอมระเหยจากผลตะไคร้ต้นมาใช้ป้องกันกำจัดมอดยาสูบและมอดสมุนไพรจะสามารถป้องกันกำจัดมอดสมุนไพรได้ดีกว่ามอดยาสูบในทุกการทดสอบ ไม่ว่าจะใช้เป็นสารสัมผัส สารรม สารไล่ และการ

คลุกเมล็ดเพื่อการรักษาสมุนไพร แต่จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดในช่วงระยะเวลาสั้นเท่านั้น ดังนั้นในการนำเอาน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นไปใช้ จำเป็นต้องหาวิธีการที่ทำให้น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ต้นมีประสิทธิภาพนานพอที่จะป้องกันกำจัดแมลงทั้งสองชนิดนี้ได้

เอกสารอ้างอิง

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

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.

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.

กิจกรรมงานวิจัยที่ 3

การใช้วิธีทางกายภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

Physical Methods to stored product insect control

ชื่อผู้วิจัย

นางใจทิพย์ อุไรชื่น
นางกรรณิการ์ เพ็งคุ้ม
นางสาวรังสิมา เก่งการพานิช
นายณัฐวัฒน์ แย้มยิ้ม
นางพรทิพย์ วิสารทานนท์
นางสาวภาวินี หนูชนะภัย
นางพรรณเพ็ญ ชโยภาส
นางสาวดวงสมร สุทธิสุทธิ์
นางอัจฉรา เพชรโชติ

Abstract

Physical methods have been used as an alternative treatment to fumigation of pest control in grain and commodity. At present the use of fumigants, including phosphine and methyl bromide, in grain stored is the progressively several restrictions on the use of these chemicals. The proper physical control involves the manipulation of physical factors to eliminate pests or reduce their populations but also the quality in grains and commodities. The study of physical methods to stored product insect control was included heat treatment in herbs, radio frequency (RF) heat treatment in grains, modified atmospheres method in grain storage, rice packaging with nitrogen gas, herbs packaging with oxygen absorber, and the light trap use in garlic storage.

The use of heat to control the insects in dried herbs were studied to control *Lasioderma serricorne* (Fabricius) and *Stegobium paniceum* (Linnaeus) in the herbs. The results showed that the effective conditions to control two kinds of insect in 100 percent in dried safflower without causing the quality loss were using the temperatures at 60 and 70 $^{\circ}$C for 2 hours. For coriander seed, the effective heating conditions were 60 $^{\circ}$C for 3 hours and 70 $^{\circ}$C 2 hours. For dried chrysanthemum and dried mulberry leaves, the effective heating conditions were 60 $^{\circ}$C for 2 hours and 70 $^{\circ}$C for 1 hour.

Maize samples which separately infested by *Sitophilus zeamais* and *Rhyzopertha dominica* were treated with radio frequency (RF) heat treatment application unit, which has been developed and situated at Chiang Mai University . The unit has a variable power supply and operates at 27.12 MHz. The input power 20% (540 watts) and 25% (670 watts) under the target temperature over 50°C for 30, 60 and 90 seconds, were selected as treatments. All developmental stage of maize weevil could be controlled by both power level which control efficiency percentage reached 99-100. The most efficient treatment for controlling lesser grain borer was 25% of power level (670 watts), after holding maize's temperature over 50°C for 90 seconds. Lesser grain borer was also found more tolerant than maize weevil. After all treatments the quality of maize had slightly change

The study of modified atmospheres with carbon dioxide (CO_2) and nitrogen (N_2) were chosen in four treatments to apply: 99.9% N_2, 10% CO_2 and 90% N_2, 20% CO_2 and 80% N_2, and 30% CO_2 and 70% N_2 which continue release gas method. Four species tested in the first experiment were *S. zeamais*, *Tribolium castaneum*, *R. dominica* and *Oryzaephilus surinamensis.* For each treatment, the control efficiency was not different. However, the exposure time, species of insects and developmental stages of insects had the effect on the control efficiency. *S. zeamais* was the most tolerant to treatments. Egg and adult stages were controlled easier than larval and pupal stages. *S. zeamais* was re-tested in the second experiment; the control efficiency of each treatment was 57.34-61.04%. When 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, all insects were completely controlled at 12 days.

The rice packaging was studied by using four kind of bags (foil bags, PET bags, KNY bags and NY bags) filled with the nitrogen gas and no gas. The result was found that packing with four kinds of the bags without nitrogen gas could control all of *S. zaemais* L within 2 weeks of packing. However, when using the four packages with nitrogen gas could better control the four growth stages of insect within 1 week. Moreover, the four kinds of bags could store nitrogen gas well. Additionally, the amount of the aflatoxin increased very little throughout retention period of 6 months.

The storage of four dried herbs (safflower, coriander seed, chrysanthemum and mulberry tea) were studied by packing in NY/LLDPE bag and PET/CPP bag size 200x280 mm and thickness 0.001 mm. with the oxygen absorber. It was showed that One hundred gram safflower, 400 grams of coriander seed and 80 grams of mulberry tea with the dosage of oxygen absorber 400 and One hundred gram chrysanthemum with the dosage of oxygen absorber 250 had the most effectiveness to control every stage of *Lasioderma serricorne* (Fabricius) and *Stegobium paniceum* (Linnaeus) for 100 percent in 7 days. There was no surviving insect in every condition at 90 days of the experiment. The treatment with oxygen absorber would minimize and stabilize the oxygen remaining in the package which the package containing coriander and oxygen absorber had the least oxygen remaining in the bag. For the infestation, the result showed that *L. serricorne* (Fabricius) and *S. paniceum* (Linnaeus) could not infest NY/LLDPE bag and PET/CPP bag but the larva of *L. serricorne* (Fabricius) could infest the PP bag after 2 days of the experiment.

The efficacy of light trap in dried garlic stored was studied in two kinds of light traps, sticky wall light trap and stand with fan light trap. The most insects that were collected by the traps was the important insect, pineapple beetle; *Urophorus (Carpophilus) humeralis* (Fabricius). The result was showed that the sticky wall light trap was more efficacy than the stand with fan light trap. the number of pineapple beetle that were collected by the sticky wall light trap was 46.27 while the number of pineapple beetle that collected by the stand with fan light trap was 4.55.

Key word: physical control, stored product insect

บทคัดย่อ

การควบคุมแมลงในโรงเก็บโดยวิธีการทางกายภาพเป็นทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ทดแทนวิธีการใช้สารรมได้ ปัจจุบันการใช้สารรมทั้งฟอสฟีนและเมธิลโบร์ไมด์มีข้อจำกัดมากขึ้น การใช้วิธีการทางกายภาพที่เหมาะสมต้องคำนึงถึงผลในการควบคุมแมลงและผลต่อคุณภาพของเมล็ดและผลิตภัณฑ์ด้วย ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ความร้อนในการอบสมุนไพร การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อให้ความร้อนในเมล็ด การปรับสภาพบรรยากาศในการเก็บรักษาเมล็ด การบรรจุข้าวสารร่วมกับการใส่ก๊าซไนโตรเจน การบรรจุสมุนไปร่วมกับการใส่สารดูดออกซิเจน และการใช้กับดักแสงไฟในโรงเก็บกระเทียม

การใช้ความร้อนในการกำจัดแมลงในสมุนไพรอบแห้ง ทำการศึกษากับมอดยาสูบ และมอดสมุนไพร ในสมุนไพร ผลการทดลองพบว่าระดับอุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพสามารถควบคุมทุกระยะการเติบโตของมอดยาสูบและมอดสมุนไพรได้ 100 เปอร์เซ็นต์โดยที่ไม่ทำให้ดอกคำฝอยสูญเสียคุณภาพคืออุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง, เมล็ดผักชีอบที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง, ดอกเก็กฮวยและชาใบหม่อน อบที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

การทดสอบการใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือกทุกระยะการเจริญเติบโตที่เข้าทำลายเมล็ดข้าวโพด ด้วยคลื่นความถี่ 27.12 MHz โดยได้รับความร่วมมือจากสำนักเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือใช้ระดับพลังงาน 2 ระดับคือ 20 เปอร์เซ็นต์ (540 วัตต์) และ 25 เปอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) ผลการทดสอบพบว่าที่พลังงานทั้งสองระดับ เมื่อทำให้เมล็ดข้าวโพดมีอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30, 60 และ 90 วินาที สามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดได้ดี มีเปอร์เซ็นต์การควบคุม 99-100 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) เป็นเวลา 90 วินาที เป็นกรรมวิธีที่ดีที่สุดสำหรับระยะไข่และระยะหนอนของมอดข้าวเปลือก สามารถควบคุมได้ 99.39 และ 94.59เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ระดับพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์ (540 วัตต์) นาน 90 วินาที และระดับพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) เป็นเวลา 60 และ 90 วินาที สามารถควบคุมมอดข้าวเปลือกได้เกือบทั้งหมดโดยทำให้คุณภาพของข้าวโพดเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย

การทดสอบประสิทธิภาพการรมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่สำคัญ ด้วยก๊าซไนโตรเจน และก๊าซผสมระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจน เป็นการปล่อยก๊าซอย่างต่อเนื่อง ให้ผ่านเข้าไปในภาชนะปิดที่มีทางเข้าออกของก๊าซ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงผลของการปรับสภาพบรรยากาศ ที่มีต่อการอยู่รอดของแมลงที่เป็นศัตรูผลิตผลเกษตรหลังเก็บเกี่ยว โดยการทดลองแรกได้ทดสอบกับแมลงศัตรู 4 ชนิด ประกอบด้วย ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดข้าวเปลือก และมอดฟันเลื่อย การใช้ก๊าซผสมคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจน ทุกอัตราให้ผลการควบคุมแมลงไม่แตกต่างกัน แต่ระยะเวลาการรม ชนิดและระยะการเจริญเติบโตของแมลงมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การควบคุม โดยเมื่อเพิ่มระยะเวลาการรมให้นานขึ้น สามารถควบคุมแมลงได้มากขึ้น ซึ่งด้วงงวงข้าวโพดเป็นแมลงที่มีความทนทานต่อก๊าซที่ใช้ทดสอบที่สุด ทั้งนี้ก๊าซที่ใช้ สามารถควบคุมระยะตัวเต็มวัยและระยะไข่ได้ง่ายกว่าระยะหนอนและระยะดักแด้ การทดลองที่สอง ได้ทดสอบกับด้วงงวงข้าวโพดอีกครั้งหนึ่ง ผลการควบคุม พบว่า ทุกกรรมวิธีสามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดได้ 57.34-61.04 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาการรมและระยะการเจริญเติบโตของแมลงมีผลต่อการควบคุม ระยะหนอนและระยะดักแด้เป็นระยะที่ควบคุมได้ยากกว่าระยะไข่และระยะตัวเต็มวัย เมื่อทดสอบกับข้าวสารปริมาณ 1 ตันใน

การทดลองสุดท้ายพบว่า การรมโดยใช้ก๊าซไนโตรเจน 99.9% เป็นเวลา 12 วัน สามารถควบคุมแมลงทุกชนิดที่ใช้ทดสอบได้หมดอย่างสมบูรณ์

การใช้บรรจุภัณฑ์ร่วมกับก๊าซไนโตรเจนในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด โดยทดสอบบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติก 4 ชนิด ได้แก่ ถุงฟอยด์ ถุง PET ถุง KNY และถุง NY ร่วมกับการใส่ก๊าซไนโตรเจนเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ก๊าซ ทดสอบกับด้วงงวงข้าวโพด ทั้ง 4 ระยะการเจริญเติบโต คือ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย พบว่าการใช้ถุงฟอยด์ ถุง KNY ถุง NY และถุง PET เพียงอย่างเดียวสามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัย ดักแด้ หนอน และไข่ได้ภายในระยะเวลาการบรรจุ 2 สัปดาห์ แต่เมื่อใช้ร่วมกับการใส่ก๊าซไนโตรเจนพบว่าสามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดทั้ง 4 ระยะได้ดีขึ้น สามารถควบคุมได้ภายใน 1 สัปดาห์ โดยถุงทั้ง 4 สามารถกักเก็บก๊าซได้ดี และพบปริมาณของสารพิษแอฟลาทอกซินเพิ่มขึ้นน้อยมากที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

การบรรจุสมุนไพร 4 ชนิดได้แก่ ดอกคำฝอย เมล็ดผักชี ดอกเก็กฮวย และชาใบหม่อน โดยบรรจุดอกคำฝอยและดอกเก็กฮวย 100 กรัม เมล็ดผักชี 400 กรัม และ ชาใบหม่อน 80 กรัม ลงในถุง NY/LLDPE และถุง PET/CPP ขนาด 200×280 มิลลิเมตร หนา 0.01 มิลลิเมตร พร้อมกับใส่สารดูดออกซับออกซิเจน พบว่าในดอกคำฝอย เมล็ดผักชี และชาใบหม่อน การใส่สารดูดซับออกซิเจนอัตรา 400 และในดอกเก็กฮวยอัตรา 250 มีประสิทธิภาพดีที่สุดสามารถควบคุมทุกระยะการเติบโตของมอดยาสูบและมอดสมุนไพรได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 7 วัน และ ที่ระยะเวลา 90 วัน ทุกๆ กรรมวิธี ไม่พบแมลงรอดชีวิตในทุกระยะการเติบโต และผลการวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด กรรมวิธีที่ใส่สารดูดซับออกซิเจนมีก๊าซออกซิเจนน้อยที่สุด โดยในบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุเมล็ดผักชีมีปริมาณออกซิเจนน้อยที่สุด และปริมาณออกซิเจนคงที่ตลอดการทดลอง ส่วนผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเจาะทำลายของแมลงพบว่า ถุง NY/LLDPE และถุง PET/CPP มอดยาสูบและมอดสมุนไพรไม่สามารถเจาะทำลายได้ แต่ถุงร้อน PP หนอนของมอดยาสูบสามาถเจาะทำลายได้ในวันที่ 2 ของการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้กับดักแสงไฟในโรงเก็บกระเทียมแห้ง โดยเปรียบเทียบกับดัก 2 ชนิดคือกับดักแสงไฟแบบติดผนัง มีแผ่นกาว กับกับดักแสงไฟแบบตั้งพื้น มีพัดลมดูดแมลงให้ลงไปอยู่ในถุงด้านล่าง จากการทดลองพบว่า แมลงสำคัญที่เก็บได้จากกับดัก คือ ด้วงปีกตัด (pineapple beetle; *Urophorus (Carpophilus) humeralis* (Fabricius)) กับดักแสงไฟแบบติดผนังมีประสิทธิภาพดีกว่ากับดักแสงไฟแบบตั้งพื้น โดยกับดักแสงไฟแบบติดผนังดักจับดักด้วงปีกตัดได้เฉลี่ย 46.27 ตัว ส่วนกับดักแสงไฟแบบตั้งพื้น ดักด้วงปีกตัดได้เฉลี่ย 4.55 ตัว

คำสำคัญ: วิธีทางกายภาพ แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

บทนำ

ความเสียหายที่เกิดกับผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว สาเหตุสำคัญที่สุดเกิดจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ ซึ่งการป้องกันกำจัดแมลงเหล่านี้สามารถใช้การรมด้วยสารรม แต่สำหรับผลิตผลเกษตรบางชนิดที่ไม่ต้องการใช้สารรมก็สามารถใช้วิธีการทางกายภาพที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงเหล่านี้ได้ การกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บด้วยวิธีการทางกายภาพที่สำคัญได้แก่ การใช้ความร้อนในการอบ โดยเฉพาะกับพืชสมุนไพรที่มีราคาแพงและตลาดไม่นิยมการใช้สารรม แต่การใช้ความร้อนเพื่อกำจัดแมลงในพืชสมุนไพรมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงหลายประการ เช่น ต้องมีระสิทธิภาพในการกำจัดแมลง โดยไม่ทำให้คุณภาพและสารสำคัญในผลิตภัณฑ์เสียหาย

นอกจากนั้นในตลาดผลิตผลเกษตรอินทรีย์ซึ่งต้องหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี ในสามารถเลือกใช้วิธีการเปลี่ยนหรือดัดแปลงสภาพแวดล้อมของแมลง ซึ่งทำให้แมลงไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ การปรับสภาพบรรยากาศให้แตกต่างจากสภาพบรรยากาศปกติด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน หรือ ลดปริมาณออกซิเจน ก็สามารถฆ่าแมลงได้ แต่จำเป็นต้องศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของก๊าซแต่ละชนิดที่มีผลทำให้แมลงตาย และระยะเวลาที่ใช้รมที่เหมาะสม

การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถกักเก็บก๊าซได้ดีร่วมกับวิธีการอื่น เช่นการใส่สารดูดออกซิเจน การเติมก๊าซอื่น หรือการบรรจุแบบสุญญากาศ เพื่อลดปริมาณออกซิเจน เป็นอีกวิธีที่สามารถนำมาใช้ได้ แต่ต้องทำการศึกษาเพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของผลิตผลเกษตร และสามารถกำจัดแมลงอย่างได้ผล

ระเบียบวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 3.1 การศึกษาระดับอุณหภูมิความร้อนที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงศัตรูสมุนไพรอบแห้งทางการแพทย์

วางแผนการทดลอง RCB มี 3 ซ้ำ10 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 และตัวเต็มวัย แยกใส่ในขวดที่เตรียมไว้แต่ละระยะการเติบโต โดยระยะตัวเต็ม

วัยใส่แมลงจำนวน 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.

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2554 - กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

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) และ ระดับพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) เมื่ออุณหภูมิถึง 50 องศาแล้ว เป็นเวลา 30, 60, 90วินาที และกรรมวิธีไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ (control)

นำข้าวโพด 450 กรัมที่มีแมลงแต่ละชนิดแต่ละระยะการเจริญเติบโต ใส่ในภาชนะทรงกระบอกแบน เส้นผ่านศูนย์กลาง 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

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2553 - กันยายน 2555

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

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 โดยระยะตัวเต็มวัยตรวจนับจำนวนแมลงที่รอดชีวิตหลังทำการทดสอบ 1 วัน ระยะดักแด้ 14 วัน ระยะหนอน 21 วัน และระยะไข่ 40 วัน

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปหาค่าประสิทธิภาพการควบคุม (control efficiency percentage) และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2553 - กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

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 เซนติเมตรเพื่อเป็นทางออกของก๊าซ 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

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2554 - กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

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 ระยะไข่หนอน 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 และมอดสมุนไพร จำนวน 100 ตัว ลงในกล่อง ตรวจสอบการเจาะทำลายของแมลงบนถุงทุกๆวัน และทำการคัดแยกแมลงที่ตายออกพร้อมกับใส่แมลงเพิ่มทุก 7 วัน เป็นระยะเวลา 30 วัน

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2553 - กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

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

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2553 - กันยายน 2554

สถานที่ดำเนินการ โรงเก็บกระเทียมจังหวัดปทุมธานี
กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผลการวิจัย

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 (Table 5) และทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม

การอบเมล็ดผักชีปริมาณ 200 กรัม กรรมวิธีที่กำจัดมอดยาสูบได้ทั้งหมด คือที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง และระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2-3 ชั่วโมง ส่วนมอดสมุนไพรที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสระยะเวลา 2-3 ชั่วโมง (Table 6) ส่วนการอบ

ดอกเก็กฮวยปริมาณ 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 (Table 7) และทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม

การอบชาใบหม่อนปริมาณ 100 กรัม กรรมวิธีที่กำจัดมอดยาสูบได้ทั้งหมด คือ ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2-3 ชั่วโมง และระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1-3 (Table 8)

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 (Table 9)

การทดลองที่ 3.2 การควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ

หลังจากทดสอบการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดทุกระยะการเจริญเติบโตด้วยคลื่นความถี่วิทยุพบว่าที่พลังงานทั้งสองระดับ 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(Table 10) ยกเว้นระดับพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์ เวลา 30 วินาทีที่ควบคุมหนอนและตัวเต็มวัยได้ 97.37 และ 96.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่า ทุกระดับพลังงานและทุกระยะเวลาไม่สามารถควบคุมตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดได้อย่างสมบูรณ์ แสดงว่าตัวเต็มวัยมีความทนทานกว่าระยะอื่นเมื่อใช้วิธีนี้

เมื่อทดสอบกับมอดข้าวเปลือก พบว่าระดับพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 90 วินาที เป็นกรรมวิธีที่ดีที่สุดสำหรับระยะไข่และระยะหนอน สามารถควบคุมได้ 99.39 และ 94.59เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 11) ระดับพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์ นาน 90 วินาที และระดับพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 และ 90 วินาที สามารถควบคุมระยะดักแด้และตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุมระหว่าง 98.00-99.87 ซึ่งทุกกรรมวิธีมี

ความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีไม่ผ่านคลื่น และยังพบว่ามอดข้าวเปลือกมีความทนทานกว่าด้วงงวงข้าวโพด

ด้านคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหลังผ่านการทดสอบด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Table 12) 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 (Table 13) 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 และระยะดักแด้ ที่ควบคุมได้ 83.37 และ 69.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระยะหนอนเป็นระยะที่มีความทนทานที่สุด สามารถควบคุมได้ 61.59 เปอร์เซ็นต์

การทดสอบประสิทธิภาพของก๊าซก๊าซไนโตรเจน 99.9% ในหน่วยทดลองปริมาตร 1 ตันในสภาพโรงเก็บ กับด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดข้าวเปลือก และมอดหนวดยาว ที่ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยเพิ่มระยะเวลาการใช้ก๊าซเป็น 7 วัน และ 12 วัน ผลการทดสอบพบว่า ระยะเวลาการรมด้วยก๊าซไนโตรเจน มีผลต่อประสิทธิภาพการควบคุมแมลง เมื่อใช้เวลา 7 วันยังไม่สามารถควบคุมแมลงได้หมด (Table 14) แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 12 วันสามารถควบคุมแมลงได้อย่างสมบูรณ์ ชนิดและระยะการเจริญเติบโตต่างมีผลต่อประสิทธิภาพการควบคุม โดยด้วงงวงข้าวโพดเป็น

แมลงที่มีความทนทานที่สุด แตกต่างทางสถิติจากแมลงอีก 3 ชนิด และระยะหนอนเป็นระยะที่ควบคุมได้ยากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากระยะการเจริญเติบโตอื่นๆ เมื่อรมด้วยก๊าซไนโตรเจน 99.9% เป็นเวลา 7 วัน สามารถควบคุมระยะหนอนของด้วงงวงข้าวโพดได้ 60.67% (Table 15) 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 (Table 16) สำหรับด้วงงวงระยะดักแด้ กรรมวิธีที่ใส่ก๊าซไนโตรเจน สามารถควบคุมด้วงงวงระยะดักแด้ได้ทั้งหมดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ของการบรรจุ ขณะที่การบรรจุโดยไม่ใส่ก๊าซไนโตรเจน ในสัปดาห์ที่ 3 สามารถควบคุมแมลงได้ทั้งหมด (Table 17) สำหรับในระยะหนอน พบว่า การบรรจุในถุง KNY ถุง NY และถุง PET พร้อมกับใส่ก๊าซไนโตรเจนสามารถควบคุมด้วงงวงได้ทั้งหมดในสัปดาห์แรกของการบรรจุ และการบรรจุโดยไม่ใส่ก๊าซไนโตรเจนพบหนอนด้วงงวงรอดชีวิตได้ปริมาณเล็กน้อยในสัปดาห์แรกของการบรรจุ และในสัปดาห์ต่อมาก็สามารถควบคุมแมลงได้ทั้งหมด (Table 18) สำหรับระยะไข่เป็นอีกระยะการเจริญเติบโตของแมลงที่มีความทนทานต่อสภาพออกซิเจนต่ำ พบว่า การบรรจุในถุงพร้อมกับใส่ก๊าซไนโตรเจนสามารถควบคุมแมลงได้ทั้งหมดใน 1 สัปดาห์ ส่วนการบรรจุโดยไม่ใส่ก๊าซไนโตรเจนพบต้องใช้เวลา 3 สัปดาห์จึงควบคุมด้วงงวงระยะไข่ได้ทั้งหมด (Table 19)

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 (Figure 3)

ผลของการบรรจุต่อปริมาณของสารพิษแอฟลาทอกซินที่เกิดขึ้นในผลิตผลเกษตร 2 ชนิด คือ ข้าวสารและข้าวกล้อง พบว่าการบรรจุข้าวสาร และข้าวกล้องในถุงทั้ง 4 ชนิดพร้อมกับการใส่ก๊าซไนโตรเจนมีปริมาณแอฟลาทอกซินเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี และปริมาณของแอฟลาทอกซินที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมซึ่งบรรจุในถุงข้าวปรกติ ซึ่งปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินที่พบสูงสุดในข้าวสารเท่ากับ 4.5 พีพีบี ในข้าวกล้องพบสูงสุด 8.1 พีพีบี ทั้งหมดไม่เกินมาตรฐานสหภาพยุโรป (10 พีพีบี) และมาตรฐานของไทย (20 พีพีบี) (Figure 4 and 5)

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 (Table 20, 21)

<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 (Table 22, 23)

<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 (Table 24, 25)

<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 (Table 26, 27)

การตรวจวัดการเข้าทำลายถุงพลาสติกชนิดต่างๆ ของหนอนของมอดยาสูบ และตัวเต็มวัยของมอดยาสูบและมอดสมุนไพร พบว่าแมลงที่ใช้ทดสอบไม่สามารถเจาะถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ได้ แต่ในถุงร้อน PP หนอนของมอดยาสูบสามารถเจาะเข้าทำลายได้ โดยเริ่มเจาะทำลายในวันที่ 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% (Table 28)

ปริมาณด้วงปีกตัดที่ดักได้จากกับดัก 2 ชนิด และจำนวนด้วงปีกตัดที่พบในกระเทียมกลีบที่คัดทิ้งพบว่าในช่วงเดือนธันวาคม 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 (Table 29)

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

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทดลองที่ 3.1 การศึกษาระดับอุณหภูมิความร้อนที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงศัตรูสมุนไพรอบแห้งทางการแพทย์

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

การทดลองที่ 3.2 การควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ

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

การทดลองที่ 3.3 การปรับสภาพบรรยากาศเพื่อการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

ก๊าซไนโตรเจน 99.9% และก๊าซผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจน ในอัตราส่วน 10: 90, 20: 80 และ 30: 70 มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดข้าวเปลือก มอดฟันเลื่อย และมอดหนวดยาว แต่เนื่องจากชนิดและระยะการเจริญเติบโตของแมลงและระยะเวลาการรม มีผลต่อประสิทธิภาพการควบคุม ดังนั้นการนำวิธีการนี้ไปใช้ ต้องคำนึงถึงปัจจัย

ต่าง ๆ เหล่านี้ อย่างไรก็ดีควรทำการทดสอบซ้ำโดยการใช้ก๊าซชนิดใดชนิดหนึ่ง เช่น ก๊าซไนโตรเจน หรือก๊าซคาร์บอนไดออกกไซด์ โดยไม่จำเป็นต้องผสมก๊าซ เพื่อหาระยะเวลาการรมที่สั้นที่สุด ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงทุกชนิดทุกระยะการเจริญเติบโต โดยเฉพาะด้วงงวงข้าวโพด ซึ่งเป็นแมลงที่มีความทนทานต่อการใช้ก๊าซที่สุด รวมถึงการขยายขนาดของการทดสอบในสภาพโรงเก็บให้ใหญ่ขึ้น เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของก๊าซในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร และสามารถนำวิธีการนี้ไปใช้ได้จริงในทางการค้าต่อไป

การทดลองที่ 3.4 การใช้บรรจุภัณฑ์ร่วมกับก๊าซไนโตรเจนในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*)

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

การนำผลงานไปใช้ประโยชน์

การใช้ก๊าซไนโตรเจนร่วมกับบรรจุภัณฑ์สามารถแนะนำให้ผู้ประกอบการทั้งรายเล็กและรายใหญ่นำไปใช้ในการบรรจุผลิตผลเกษตรเพื่อป้องกันการสูญเสียที่เกิดจากแมลงและเชื้อราได้ โดยเพิ่มค่าใช้จ่าย โดยค่าถุงทั้ง 4 ชนิด ประมาณ 2.00-2.50 บาท ส่วนก๊าซไนโตรเจนขนาด 50 กิโลกรัม ราคา 250 บาท และการบรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจนทำให้ถุงผลิตภัณฑ์มีลักษณะนิ่มง่ายต่อการวางซ้อนกันของสินค้า

การทดลองที่ 3.5 การศึกษาบรรจุภัณฑ์ร่วมกับการใช้สารดูดออกซิเจน และวิธีการ Vacuum ในการกำจัดแมลงศัตรูสมุนไพรอบแห้งทางการแพทย์

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. ดอกเก็กฮวยปริมาณ 100 กรัมต้องใส่สารดูดออกซิเจนอัตรา 250 ซี.ซี. และชาใบหม่อนปริมาณ 80 กรัมต้องใส่สารดูดออกซิเจนอัตรา 400 ซี.ซี. โดยทั้ง

มอดยาสูบ และมอดสมุนไพรไม่สามารถเจาะเข้าทำลายถุงทั้ง 2 ชนิดได้ การบรรจุสมุนไพรที่มีช่องว่างของอากาศมากควรเพิ่มขนาดบรรจุของสารดูดซับออกซิเจนให้มากกว่าที่คำนวณได้ จึงจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง

การทดลองที่ 3.6 ประสิทธิภาพของกับดักแสงไฟในการดักจับด้วงปีกตัดในกระเทียมหลังการเก็บเกี่ยว

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 ใช้วิธีการจัดการภายในโรงเก็บด้วยวิธีผสมผสานคือ

1. หาแหล่งสะสมแมลงในโรงเก็บด้วยการสำรวจภายในและรอบรอบๆโรงงานหากพบกระเทียมเน่าเสีย เป็นเชื้อรา ตรวจดูพบแมลงบินอยู่เป็นจำนวนมาก แนะนำให้เก็บเศษกระเทียมที่ไม่ ใช้แล้วนำไปทิ้ง หรือเก็บใส่ถุงให้มิดชิด ภายในโรงเก็บที่เครื่องคัดขนาดกระเทียม ซึ่งมีการใช้งานตลอดนั้นมีการสะสมของกระเทียมเก่า(ขี้กระเทียม) เป็น แหล่งแพร่ขยายพันธุ์แมลง แนะนำให้มีการขูดทำความสะอาดเครื่อง และพื้น ที่มีขี้กระเทียมสะสม

2. ให้ผู้ประกอบการทำการคัดแยกกระเทียมที่เน่าเสีย ขึ้นราซึ่งช่วยในการลดปริมาณแมลงที่ปนเปื้อนอย่างมากเพราะด้วงปีกตัดจะอาศัยอยู่ในกระเทียมที่เป็นเชื้อรา

3. แนะนำให้มีการติดกับดักแสงไฟแบบมีแผ่นกาวเพื่อลดจำนวนแมลง ไม่ให้ปนเปื้อนในผลิตผล และควรเปลี่ยนกระดาษเดือนละ 1 – 2 ครั้ง

เอกสารอ้างอิง

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.

กิจกรรมงานวิจัยที่ 4 การศึกษาชีววิทยา นิเวศวิทยา และการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

Biology and ecology of stored product insects and controlling them

ชื่อผู้วิจัย

นางพรรณเพ็ญ ชโยภาส
นางกรรณิการ์ เพ็งคุ้ม
นางสาวดวงสมร สุทธิสุทธิ์
นายณัฐวัฒน์ แย้มยิ้ม
นางพรทิพย์ วิสารทานนท์
นางใจทิพย์ อุไรชื่น
นางสาวภาวินี หนูชนะภัย
นางสาวรังสิมา เก่งการพานิช
นางอัจฉรา เพชรโชติ

Aabstract

Ecology and biology of stored product insects and losses assessment of agricultural products caused by insects is important information for planning prevention of product losses caused by the infestation of insects. The surveying of dried longan insects in storage house was found that dry fruit beetle*; Carpophilus hemipterus* Linn. (Coleoptera :Nitidulidae) was found damage in dry fruit production industry. Their adults and larvae could damage the dried fruit. The study on life cycle reared with dried longan were the egg stage took 4.15 ± 0.81 days while larval stage and pupal stage took 17.30 ± 2.003 and 4.85 ± 1.31 days respectively. The longivity of adult took more than 2 months. The newly hatch larvae started to damage at the inner of the fruit and then they consumed the pulp of dried longans and they would pupae inside the dry fruits. The adult could fly as well. The wall type light trap at the level 2 meters from the ground was the most appropriate level to get more adults. the study of fumigation of the dried longans were carried on with the result 1 tablet of aluminium phosphide per 1 cubic meter area caused 100 % mortality of every stage of dry fruit beetle with no changeable of their sweetness.

Thirty-three samples of maize were collected from 7 provinces. Six species of stored product insect pests were detected. Red flour beetles and flat grain beetles were the most pests found in this experiment followed by maize weevils, lesser grain borers, book lices and saw-toothed beetles, respectively. There were 2-3 insect species coexisted in each source. The losses of stored maize which were artificially

infested with maize weevil, lesser grain borer, red flour beetle and flat grain beetle at several initiated numbers of each insect were assessed under experimental storage conditions at certain intervals. A pair of maize weevil increased in number by 10 times in six months but substantial loss was not detected. Increase of number of red flour beetle from ten adults was observed. However, ten adults of each group of maize weevil, lesser grain borer and flat grain beetle considerably multiply in quantity and massively caused weight loss in stored maize. This data could enhance all stakeholders to understand the loss during storage caused by insect pest and concern in pest control management to protect their stored products at appropriate time.

Keywords: biology, ecology, stored product insects, insect control

บทคัดย่อ

ชีววิทยา นิเวศวิทยาของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร และการประเมินความสูญเสียของผลิตผลเกษตรที่เกิดจากแมลง เป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการวางแผนการป้องกันความสูญเสียที่จะเกิดกับผลิตผลเกษตรที่มีสาเหตุจากการเข้าทำลายของแมลง โดยจากการสำรวจเก็บตัวอย่างแมลงในลำไยอบแห้ง พบด้วงผลไม้แห้ง, Dry fruit beetle; *Carpophilus hemipterus* Linn. ซึ่งเป็นด้วงอยู่ในวงศ์ Nitidulidae ทำลายผลไม้แห้ง เป็นปัญหาสำคัญในอุตสาหกรรมผลไม้แห้ง การศึกษาชีววิทยานิเวศวิทยาของแมลงชนิดนี้พบว่า ทั้งตัวเต็มวัยและตัวหนอนร่วมกันทำลายผลไม้แห้ง เมื่อเลี้ยงด้วยลำไยแห้ง มีวงจรชีวิต ระยะไข่เฉลี่ย 4.15 ± 0.81 วันระยะหนอน เฉลี่ย 17.30 ± 2.003 วัน ระยะดักแด้ เฉลี่ย 4.85 ± 1.31 วัน ตัวเต็มวัยมีอายุนานมากกว่า 2 เดือน หนอนจะกินเนื้อลำไยแห้งและเข้าดักแด้อยู่ด้านในของผล ตัวเต็มวัยสามารถบินได้ว่องไว กับดักแสงไฟแบบติดผนังระยะสูงจากพื้น 2 เมตรจะดักด้วงได้สูงสุด การป้องกันกำจัดใช้สารรม aluminium phosphide อัตรา 1 tablet ต่อพื้นที่กองรม 1 ลูกบาศก์เมตร กำจัดด้วงผลไม้แห้งได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยรสชาติความหวานไม่เปลี่ยนแปลง

สำรวจแมลงศัตรูในโรงเก็บของเมล็ดข้าวโพดจำนวน 33 ตัวอย่าง จาก 7 จังหวัด พบแมลงศัตรูข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยว 6 ชนิดเรียงตามลำดับจำนวนตัวอย่างที่พบจากมากไปหาน้อยดังนี้ มอดแป้งและมอดหนวดยาว พบในจำนวนเท่ากัน รองลงมาคือด้วงงวงข้าวโพด มอดข้าวเปลือก เหาหนังสือ และมอดฟันเลื่อย ซึ่งแต่ละแหล่งนั้นมักพบแมลงหลายชนิดอาศัยอยู่ร่วมกัน พบมากที่สุดที่

แมลงอาศัยอยู่ร่วมกัน 5 ชนิด แต่ตัวอย่างส่วนใหญ่จะพบแมลงอยู่ร่วมกัน 2-3 ชนิด การศึกษาการประเมินความสูญเสียของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวที่เกิดจากแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรทำการศึกษากับแมลง 4 ชนิด ในห้องปฏิบัติการ พบว่าด้วงงวงข้าวโพด 1 คู่ สามารถเพิ่มปริมาณได้ถึง 10 เท่าในเวลา 6 เดือนแต่อาจยังไม่เห็นความเสียหายได้ชัดเจน เช่นเดียวกับมอดแป้ง 10 ตัว แต่เมื่อทดสอบกับด้วงงวงข้าวโพด มอดข้าวเปลือก และมอดหนวดยาว 10 ตัว พบว่าในเวลา 6 เดือนสามารถเพิ่มปริมาณแมลงและทำความเสียหายแก่เมล็ดข้าวโพดได้มาก ซึ่งต้องทำการควบคุมก่อนเกิดความเสียหายเพิ่มขึ้น ข้อมูลจำนวนแมลงและความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการศึกษานี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งที่จะช่วยให้ผู้ประกอบการหรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาข้าวโพดได้เห็นความสำคัญของการเข้าทำลายผลิตผลเกษตรของแมลงและการควบคุมแมลง และสามารถตัดสินใจจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อถึงเวลาที่เหมาะสม

คำสำคัญ: ชีววิทยา นิเวศวิทยา การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตสินค้าเกษตรเป็นจำนวนมาก สินค้าเกษตรเหล่านี้ ตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนถึงมือผู้บริโภค มีการสูญเสียอย่างมากเนื่องจากสาเหตุทางธรรมชาติซึ่งยากที่จะป้องกันในโรงเก็บต่าง ๆ ทั้งคุณภาพและปริมาณของเมล็ดพืช แมลงศัตรูในโรงเก็บเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดความสูญเสียแก่ผลิตผลเกษตรเกษตรเหล่านี้ การจัดการปัญหาด้านแมลงศัตรูให้ประสบความสำเร็จ จำเป็นต้องมีข้อมูลพื้นฐานของแมลงนั้นๆ ทั้งทางด้านชีววิทยา นิเวศวิทยา และด้านความรุนแรงของการเข้าทำลายของแมลงแต่ละชนิด เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและวางแผนในการป้องกันกำจัดได้อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะเรื่องของการประเมินความสูญเสียของผลิตผลเกษตรที่เกิดจากแมลงจำเป็นต้องมีการศึกษาอย่างละเอียด ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการป้องกันกำจัดที่เหมาะสมและทันท่วงที

ระเบียบวิธีการวิจัย

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

1. การศึกษาวงจรชีวิต

- สำรวจเก็บตัวอย่างด้วงผลไม้แห้งในแหล่งผลิตลำไยอบแห้ง วิเคราะห์ชนิด และศึกษาพฤติกรรมของแมลง

- ศึกษาวงจรชีวิตบนลำไยอบแห้ง 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

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2555 - กันยายน 2557

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
โรงเก็บลำไยของเกษตรกร จังหวัดลำพูน

การทดลองที่ 4.2 การประเมินความสูญเสียของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวที่เกิดจากแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

การสำรวจชนิดและปริมาณแมลงในโรงเก็บ โดยสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดที่เก็บไว้ในสภาพโรงเก็บ ใน 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 ชั่งน้ำหนักเมล็ดที่เหลือ ส่วนใน มอดข้าวเปลือก มอดแป้ง และมอดหนวดยาว ทำการทดสอบเช่นเดียวกับด้วงงวงข้าวโพด เพียงแต่ใส่แมลงโดยไม่แยกเพศ และเพิ่มจำนวนเป็น 10, 20, 30 และ 40 ตัว

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2553 - กันยายน 2555

สถานที่ดำเนินการ กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
โรงเก็บเมล็ด โรงสีเอกชน ในจังหวัดต่าง ๆ

ผลการวิจัย

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 พบว่าตัวเต็มวัยสามารถบินได้ว่องไวแม้ในเวลากลางวันบินออกจากแหล่งอาหารมาติดกับดักแสงไฟ

การลดการปนเปื้อนในผลผลิตโดยใช้กับดักแสงไฟ กาวเหนียว แบบติดผนัง ที่ระยะความสูง 2เมตรและ 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

การสำรวจชนิดและปริมาณแมลงในโรงเก็บ

พบว่า ในจำนวน 33 ตัวอย่างที่สำรวจ เป็นเมล็ดข้าวโพด 28 ตัวอย่าง งาดำ 2 ตัวอย่าง ถั่วเขียว ถั่วแดงและข้าวฟ่างชนิดละ 1 ตัวอย่าง โดยสำรวจจาก 7 จังหวัด คือ ลพบุรี นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ จันทบุรี แพร่ พะเยา และเลย (Table 30) การเก็บรักษาข้าวโพด ส่วนใหญ่จะกองกับพื้น

ปูน 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

การศึกษาปริมาณความเสียหายเมื่อแมลงเข้าทำลายจำนวนแตกต่างกัน โดยจำนวนแมลงที่เพิ่มขึ้นแสดงผลใน Table 31 ส่วนการสูญเสียน้ำหนักแสดงผลใน Table 32 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

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 ยังไม่พบตัวเต็มวัยเกิดใหม่ในเดือนที่ 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 และมอดแป้งตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบความเสียหายที่เกิดจากแมลงแต่ละชนิด พบว่าความเสียหายของข้าวโพดเพิ่มขึ้นตามจำนวนแมลงที่เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือนที่จำนวนแมลงเริ่มต้น 10 และ 20 ตัวเท่ากัน มอดหนวดยาวทำความเสียหายได้มากที่สุด รองลงมาคือด้วงงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือก ส่วนมอดแป้งนั้นทำความเสียหายน้อยที่สุด เมื่อแมลงเริ่มต้น 40 ตัวเท่ากันความเสียหายที่เกิดจากด้วงงวงข้าวโพดมากที่สุด รองลงมาคือมอดข้าวเปลือกและมอดหนวดยาวตามลำดับ มอดแป้งยังคงทำความเสียหายให้น้อยที่สุด

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาชีววิทยา นิเวศวิทยา และการป้องกันกำจัดด้วงผลไม้แห้ง ในลำไยอบแห้ง โดยทำการสำรวจเก็บตัวอย่างแมลงในลำไยอบแห้ง พบด้วงผลไม้แห้ง *C. hemipterus* เป็นด้วงอยู่ในวงศ์ Nitidulidae ชอบ ทำลายผลไม้แห้ง เป็นปัญหาสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมผลไม้แห้ง ทั้งตัวเต็มวัยและตัวหนอนร่วมกันทำลายผลไม้แห้ง เลี้ยงด้วยลำไยแห้งมี วงจรชีวิต ระยะไข่เฉลี่ย 4.15 ± 0.81 วัน ระยะหนอน เฉลี่ย 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

2. การศึกษาการประเมินความสูญเสียของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวที่เกิดจากแมลง พบว่าแมลงศัตรูข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวที่สำรวจจากข้าวโพด 33 ตัวอย่างนั้นพบแมลง 6 ชนิดเรียงตามลำดับจำนวนตัวอย่างที่พบจากมากไปหาน้อยดังนี้ มอดแป้งและมอดหนวดยาว พบในจำนวนเท่ากัน รองลงมาคือด้วงงวงข้าวโพด มอดข้าวเปลือก เหาหนังสือ และมอดฟันเลื่อย ซึ่งแต่ละแหล่งนั้นมักพบแมลงหลายชนิดอาศัยอยู่ร่วมกัน พบมากที่สุดที่แมลงอาศัยอยู่ร่วมกัน 5 ชนิด แต่ตัวอย่างส่วนใหญ่จะ

พบแมลงอยู่ร่วมกัน 2-3 ชนิด ด้วงงวงข้าวโพด 1 คู่ สามารถเพิ่มปริมาณได้ถึง 10 เท่าในเวลา 6 เดือน แต่อาจยังไม่เห็นความเสียหายได้ชัดเจน เช่นเดียวกับมอดแป้ง 10 ตัว แต่เมื่อพบด้วงงวงข้าวโพด มอดข้าวเปลือก และมอดหนวดยาว 10 ตัว พบว่าในเวลา 6 เดือนสามารถเพิ่มปริมาณแมลงและทำความเสียหายแก่เมล็ดข้าวโพดได้มาก ซึ่งต้องทำการควบคุมก่อนเกิดความเสียหายเพิ่มขึ้น ทั้งนี้นอกจากชนิดและปริมาณแมลงจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความสูญเสียแล้ว ปริมาณการสูญเสียน้ำหนักหรือการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลเกษตรยังขึ้นอยู่กับ สภาพแวดล้อมขณะที่เก็บ ระยะเวลาการเก็บ รวมไปถึงตัวผลิตผลเกษตรเองด้วย ดังนั้นผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาข้าวโพด หรือผลิตผลเกษตรอื่น ควรหมั่นสำรวจโรงเก็บด้วยการสุ่มตัวอย่าง ตรวจนับชนิดและจำนวนแมลงอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการตัดสินใจในการดำเนินการควบคุมแมลงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

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.

กิจกรรมงานวิจัยที่ 5 การศึกษาความต้านทานฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร
Study of Stored Product Insect Resistance to Phosphine

ชื่อผู้วิจัย

นางใจทิพย์ อุไรชื่น นางกรรณิการ์ เพ็งคุ้ม
นางสาวภาวินี หนูชนะภัย นางสาวดวงสมร สุทธิสุทธิ์
นางสาวรังสิมา เก่งการพานิช นายณัฐวัฒน์ แย้มยิ้ม

Abstract

Stored product Insect resistance to phosphine is increasingly. This is the result that phosphine fumigation could not control all insect on commodity in some area. This study was to evaluate the present status of resistance to phosphine in the field population of stored product insect in Thailand for being effective protection management. The study of insect resistance to two types of red flour beetle, *Tribolium castaneum* and flat grain beetles, *Cryptolestes* spp. in the years 2556-2558

Resistance tests were conducted according to the FAO Method No.16. The sampling population of red flour beetle from 125 rice mills found that 4 insect populations showed resistance (was 3.20 percentage of the total sample populations) and 121 insect populations showed nonresistance (representing 96.8 percentage of the total sample populations). The results of tests on the flat grain beetles of 47 rice mills and grain storages from the 4 regions, 22 provinces showed flat grain beetles resistance 33 locations (was 70 percentage of the total sample populations) by found the flat grain beetles resistant strains spreading in all regions. The resistant strains found flat grain beetles had shown a strong resistance only 2 locations (was 6 percentage of the total sample populations).
Keywords: Stored Product Insect, Resistance, Phosphine

บทคัดย่อ

ปัญหาความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรมีมากขึ้นในปัจจุบัน ทำให้การรมด้วยสารรมฟอสฟีนในผลิตผลเกษตรในบางพื้นที่ไม่สามารถกำจัดแมลงได้ทั้งหมด จึงต้องทำการศึกษาความต้านทานของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่สำคัญ เพื่อเป็นแนวทางการจัดการป้องกันกำจัดที่มีประสิทธิภาพ โดยได้ศึกษาความต้านทานกับแมลง 2 ชนิด คือ มอดแป้ง และมอดหนวดยาว ในปี 2556-2558 ดำเนินการทดสอบความต้านทานตามกรรมวิธีของ FAO (Method No.16) ผลการสุ่มเก็บตัวอย่างมอดแป้ง ในโรงสีทั่วประเทศไทย จำนวน 125 โรงสี พบว่ามอดแป้งจาก 4 โรงสี ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน คิดเป็น 3.20 เปอร์เซ็นต์ของโรงสีที่เก็บตัวอย่างมาทั้งหมด และมอดแป้งจาก 121 โรงสี คิดเป็น 96.8 เปอร์เซ็นต์ ยังไม่พบการสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน ผลการการทดสอบในมอดหนวดยาวจากโรงสีและโรงเก็บข้าวโพดจำนวน 47 แหล่ง จากทั้ง 4 ภาค 22 จังหวัด ผลการทดสอบพบมอดหนวดยาวต้านทาน 33 แหล่ง หรือ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยพบมอดหนวดยาวสายพันธุ์ต้านทานกระจายตัวในทุกภาค และจากสายพันธุ์ต้านทานพบมีมอดหนวดยาวที่แสดงความต้านทานรุนแรงเพียง 2 แหล่ง หรือ 6 เปอร์เซ็นต์
คำสำคัญ: ความต้านทาน ฟอสฟีน แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

บทนำ

การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรโดยการใช้สารมฟอสฟีนเป็นวิธีการที่นิยมกันอย่างกว้างขวาง มากกว่า 40 ปีที่มีการนำสารรมฟอสฟีนมาใช้เพื่อการกำจัดแมลงศัตรูในผลิตผลเกษตรชนิด

ต่าง 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 โดยเฉพาะมอดแป้งและมอดหนวดยาวซึ่งเป็นแมลงที่มีขนาดเล็กมาก และเริ่มมีรายงานการต้านทานมากขึ้น

ระเบียบวิธีการวิจัย

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)

ระยะเวลา เริ่มต้น ปี 2556 สิ้นสุด ปี 2558

สถานที่ดำเนินการ โรงสี หรือโกดังเก็บผลิตผลทางการเกษตรในภาคต่างๆ
กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

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)

ระยะเวลา เริ่มต้น ปี 2556 สิ้นสุด ปี 2558

สถานที่ดำเนินการ โรงสี หรือโกดังเก็บผลิตผลทางการเกษตรในภาคต่างๆ
กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 5.1 การตรวจสอบความต้านทานของมอดแป้งต่อสารรมฟอสฟีน

จากการทดสอบได้มอดแป้งทั้งหมดจาก 125 โรงสี 44 จังหวัด แบ่งเป็น ปี 2556 จำนวน 45 โรงสี (Table 33) ปี 2557 จำนวน 42 โรงสี (Table 34) และปี 2558 จำนวน 38 โรงสี (Table 35) 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 มีค่าเท่ากับ 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 ผลการทดสอบพบมอดหนวดยาวต้านทานต่อสารรม

ฟอสฟีน 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 แสดงไว้ใน Table 37 พบว่า จากมอดหนวดยาวสายพันธุ์ต้านทานที่ใช้ทดสอบ 33 แหล่ง มีมอดหนวดยาวที่แสดงความต้านทานรุนแรงเพียง 2 แหล่งจากทั้งหมด 33 แหล่ง (เท่ากับ 6 เปอร์เซ็นต์จากแมลงต้านทาน) ได้แก่ โรงเก็บข้าวโพดอำเภอเมือง 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 และอำเภอหนองไผ่ จังหวัดกำแพงเพชร 2 แหล่ง เนื่องด้วยพบมอดหนวดยาวรอดชีวิต แม้เพิ่มอัตราการรมเป็น 10 เท่าจาก discriminating dose ก็ตาม ซึ่งด้วงที่รอดชีวิตมีแนวโน้มที่จะถ่ายทอดยีนส์ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนให้กับลูกหลานรุ่นต่อไปได้ ดังนั้นในแหล่งดังกล่าวควรเพิ่มความระมัดระวังในการใช้สารรมให้มากขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

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

จากตัวอย่างมอดหนวดยาวที่เก็บมาสามารถเลี้ยงขยายพันธุ์จนเพียงพอสำหรับการทดสอบ จำนวน 47 แหล่ง จากทั้ง 4 ภาค 22 จังหวัด ผลการทดสอบพบมอดหนวดยาวต้านทาน 33 แหล่ง หรือ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยพบมอดหนวดยาวสายพันธุ์ต้านทานกระจายตัวในทุกภาค และเกือบทุกจังหวัด และจากสายพันธุ์ต้านทานพบมีมอดหนวดยาวที่แสดงความต้านทานรุนแรงเพียง 2 แหล่ง หรือ 6 เปอร์เซ็นต์

การรมด้วยสารรมฟอสฟีนที่ไม่มีประสิทธิภาพ คือการรมที่ไม่สามารถกำจัดแมลงได้ทั้งหมด จะเป็นการคัดเลือกแมลงที่มีความทนทานต่อการสารรมไว้ ส่วนแมลงที่อ่อนแอต่อสารมก็จะถูกกำจัดไป ซึ่งต่อมาแมลงสายพันธุ์ทนทานก็จะผสมพันธุ์กันและออกลูกหลานต่อมาจนพัฒนาเป็นสานพันธุ์ต้านทานในที่สุด ทั้งนี้ควรมีการติดตามและเก็บตัวอย่างแมลงมาทดสอบอย่างต่อเนื่องต่อไป เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากขึ้น ครอบคลุมโรงสีทั่วทุกภาค รวมถึงการถ่ายทอดข้อมูล และให้คำแนะนำการรมผลิตผลเกษตรด้วยสารรมฟอสฟีนอย่างถูกต้อง เพื่อให้การรมฟอสฟีนยังคงมีประสิทธิภาพดีต่อไป และเป็นการป้องกันหรือชะลอการสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของมอดแป้งที่อาจเกิดขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

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.

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.

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.

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1. จากการดำเนินการศึกษาวิจัยของโครงการการพัฒนาการจัดการศัตรูผลิตผลเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพทำให้ได้เทคโนโลยีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว ทั้งแมลงศัตรูในโรงเก็บ และแมลงศัตรูที่ติดไปกับผัก ผลไม้ และไม้ดอก ที่คำนึงถึงคุณภาพของผลิตผลเกษตร ดังต่อไปนี้

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

กิจกรรมการพัฒนาการใช้ชีวภัณฑ์ในการป้องกันกำจัดแมลง ได้วิธีการเก็บรักษาแตนเบียนผีเสื้อข้าวสารที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุแตนเบียนได้ 1 สัปดาห์ ได้เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงมวนดำก้นลายและทราบประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ ด้านการใช้สารสกัดจากพืช พบว่าสารสกัดใบยาสูบมีประสิทธิภาพดีในการกำจัดเพลี้ยแป้งเงาะ สารสกัดจากเลี่ยน น้ำมันหอมระเหยจากจันทน์ทศและข่าลิงสามารถควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บได้ดีในระดับห้องปฏิบัติการ

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

กิจกรรมการศึกษาชีววิทยา นิเวศวิทยา และการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร พบว่าด้วงผลไม้แห้งชนิด *Carpophilus hemipterus* เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของลำไยอบแห้ และได้วิธีป้องกันกำจัดที่เหมาะสม ส่วนด้านการประเมินความเสียหายของผลิตผลเกษตรจากการเข้าทำลายของแมลงได้ข้อมูลความเสียหายที่เกิดจากแมลงในโรงเก็บต่างชนิด ต่างจำนวน และระยะเวลาการเก็บที่แตกต่างกัน

กิจกรรมการศึกษาความต้านทานฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ได้ข้อมูลความต้านทานของแมลง 2 ชนิด คือมอดแป้งและมอดหนวดยาวในประเทศไทย โดยจากตัวอย่างที่เก็บมาทดสอบพบมอดแป้งพบแมลงสร้างความต้านทาน 3.20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมอดหนวดยาวพบแมลงสร้างความต้านทานแล้ว 70 เปอร์เซ็นต์

2. ข้อเสนอแนะที่ได้จากโครงการ คือ ในการใช้สารมที่ถูกต้อง คือต้องป้องกันการรั่วไหลของก๊าซให้ได้มากที่สุด ข้อสำคัญของการรมก๊าซฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพระยะในเวลาการรมเป็นส่วนสำคัญคือต้องรักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซไว้อย่างน้อย 5 วัน ซึ่งการรมที่มีประสิทธิภาพนอกจากจะสามารถกำจัดแมลงได้หมด ไม่สูญเสียผลผลิต ยังประหยัดค่าใช้จ่ายในการรมซ้ำ และแมลงสร้างความต้านทานต่อสารมฟอสฟีนน้อยลง

การจัดการแมลงศัตรูในโรงเก็บควรเป็นการจัดการแบบบูรนาการ เพื่อลดการใช้สารเคมี เช่นการใช้กับดักแสงไฟเพื่อการดักจับตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูเป็นการป้องกันการแพร่ขยายพันธุ์ และใช้สารมที่เหมาะสมตามความจำเป็น

นอกจากนั้นยังสามารถนำวิธีการทางกายภาพเข้ามาใช้ทดแทนการใช้สารเคมีได้ โดยเฉพาะในผลิตผลจำนวนไม่มาก การอบด้วยความร้อน วิธีการปรับสภาพบรรยากาศ และการใช้วิธีการบรรจุที่เหมาะสมสามารถกำจัดแมลงได้ทั้งหมด ทั้งยังสามารถคงคุณภาพของผลผลิตได้นาน

การใช้ชีวภัณฑ์ในการป้องกันกำจัดแมลง โดยเฉพาะตัวห้ำตัวเบียน เป็นวิธีการที่รักษาสมดุลย์ธรรมชาติ และสามารถใช้ได้ดีในสภาพโรงเรือนแบบปิด ส่วนการนำสมุนไพรมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงเป็นการนำพืชในธรรมชาติมาหาสารสำคัญและพบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ดีในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กำจัดแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การศึกษาความต้านทานฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร เป็นข้อมูลสำคัญในการจัดการด้านการใช้สารรมอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากระดับความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของแมลงในแต่ละแหล่งไม่เท่ากัน ดังนั้นการใช้สารรมฟอสฟีนในแหล่งที่มีระดับความต้านทานสูงควรใช้ในอัตราและระยะเวลาการรมที่สูงขึ้น หรือเปลี่ยนชนิดสารรม เพื่อการรมที่มีประสิทธิภาพและกำจัดแมลงได้สมบูรณ์

ภาคผนวก

กิจกรรมที่ 1 การใช้สารรมอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

Table 1 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง และมอดหนวดยาวหลังการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วย aluminium phosphide อัตรา 3 tablets/ตัน ระยะเวลาการรม 7 วัน ด้วยวิธีการปฏิบัติต่างๆ

กรรมวิธี	% การรอดชีวิตของด้วงงวงข้าวโพด[1/]				% การรอดชีวิตของมอดแป้ง[1/]				% การรอดชีวิตของมอดหนวดยาว[1/]			
	ไข่	หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย	ไข่	หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย	ไข่	หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย
T_1 : มีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซและมีระบบหมุนเวียนอากาศ	0	0	0	0	0	0	0	0	14.7	0.6	17.4	0
T_2 : มีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซแต่ไม่มีระบบหมุนเวียนอากาศ	1.5	0	0.9	0	3.6	0	2.6	0	26.6	8.5	30.1	1.3
T_3 : ไม่มีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซแต่มีระบบหมุนเวียนอากาศ	21.9	0	17.7	0	19.1	0	16.1	0	59.5	20.9	51.3	17.6
T_4 : ไม่มีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซและไม่มีระบบหมุนเวียนอากาศ	45.7	0	35.5	0	42.9	0	33.9	0	64.3	22.8	58.8	21.9
T_5 : ไม่ใช้สารรม (control)	98.7	95.1	87.6	99.3	95.7	88.1	92.4	91.3	78.4	81.2	79.5	89.3

[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

Table 2 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของมอดหนวดยาวหลังการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วย aluminium phosphide อัตราและระยะเวลาต่างๆ

อัตรา	% การรอดชีวิตของมอดหนวดยาว[1/]			
	ไข่	หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย
T_1 : 4 เม็ด นาน 7 วัน	0	0	0	0
T_2 : 4 เม็ด นาน 10 วัน	0	0	0	0
T_3 : 5 เม็ด นาน 7 วัน	0	0	0	0
T_4 : 5 เม็ด นาน 10 วัน	0	0	0	0
T_5 : ไม่ใช้สารรม (control)	79.2	84.9	86.5	94.3

[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

กิจกรรมที่ 2 การพัฒนาการผลิตชีวภัณฑ์และการนำไปใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

Table 3 Efficiency of *Bracon* in stored rice house after releasing to control the rice moth larvae in 100 kg of rice per replication (7 days after treatment)in the year 2012.

Temp. (˚C)	Time kept (day)	mortality of rice moth larvae (parasitized by *Bracon*) (%) 7 days after treatment						T-Test	parasitized decrease (%)
		R1	R2	R3	R4	R5	Average		
10	7	35.51	26.87	40.33	34.95	61.15	39.82	0.09ns	17.72
control		39.25	61	58.25	47.93	80.97	57.44		
15	7	37.67	48.67	38.33	53.33	53.33	46.33	0.07ns	14.46
control		63.33	70.53	38.33	61.48	70	61.96		

Table 4 Efficiency of *Bracon* in stored rice house after releasing to control the rice mothlarvae (3 months after treatment) in the year 2012.

No. Released [1/]	number of rice moth larvae (parasitised by *Bracon*)(RL) and number of parasitoid(PA) (alive/dead) found[2/]										Average RL (alive/ dead)	Note
	R1		R2		R3		R4		R5			
	RL	PA	RL	PA	RL	PA	RL	PA	RL	PA		
1st	0/3	0	0/0	0/0	0/4	0/2	0/3	0/0	0/3	0/1	0/3.6	Sampling 250 g/bag
2nd	1/5	0	1/1	0/0	0/0	0/0	2/3	0/0	5/0	0/0	1.8/1.8	
3rd	6/1	0	1/2	0/0	2/0	0/0	7/3	0/0	0/3	0/0	3.2/1.8	
4th	2/7	0	1/7	1/1	3/8	0/0	1/5	2/0	1/9	0/0	2.2/7.4	
5th	0/0	2/2	1/3	0/0	0/6	0/0	1/4	1/0	0/3	1/0	0.4/3.2	
6th [3/]	32/ 760	0/0	37/ 965	0/0	13/ 109 6	4/1	49/ 658	1/0	19/ 700	3/1	30/835	Count all of RL and PA

[1/] release 2,000 parasitoids 15 days interval

[2/] from 250 grams sampling unit of rice (4 times) in each replication

[3/] count all of rice moth larvae and parasitoid in the bag (Start simulate 300 rice moth larvae per bag)

R = replication; RL = rice moth larvae ; PA = parasitoid (*B. hebetor*)adult

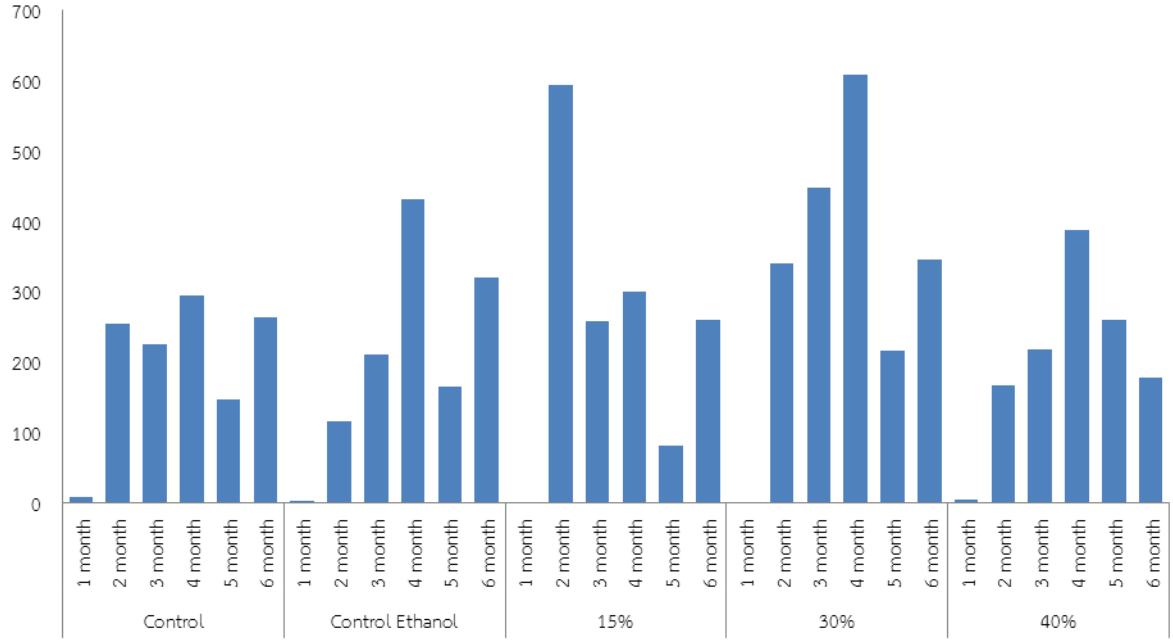

Figure 1 The number of *Callosobruchus maculatus* adults were found on mung bean that mixed with *Myristicafragrans* oils, different concentrations at warehouse of Lopburi Agricultural Research and Development Center.

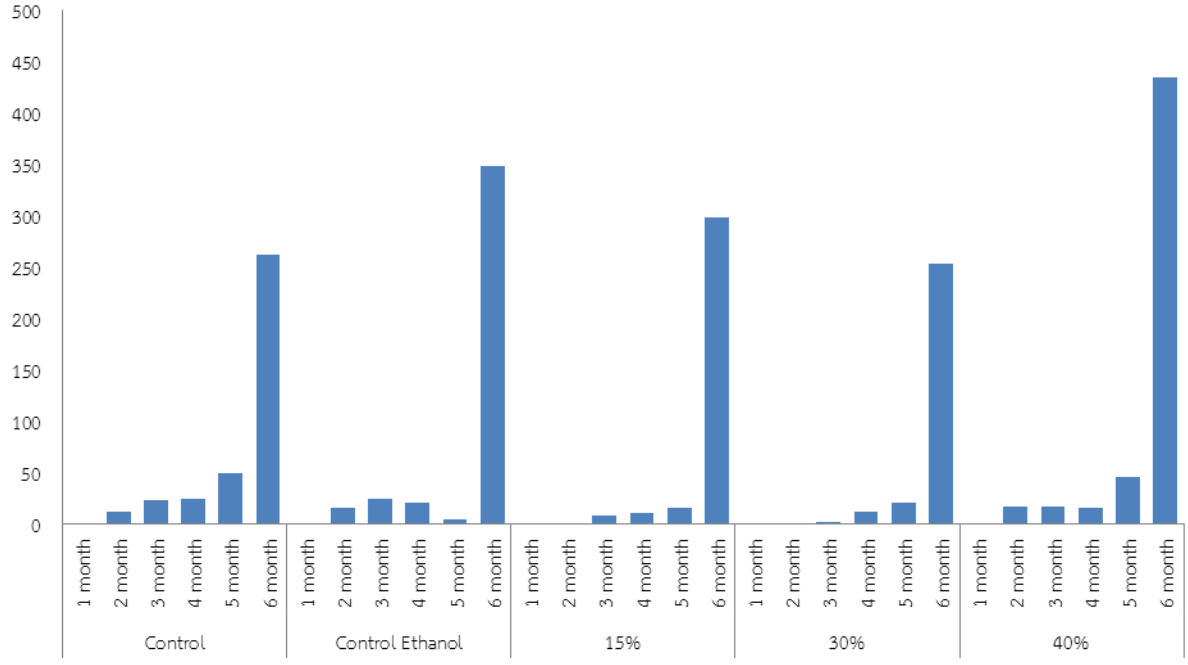

Figure 2 The number of *Callosobruchus maculatus* adults were found on mung bean that mixed with *Alpiniaconchigera* oils, different concentrations at warehouse of

กิจกรรมที่ 3 การใช้วิธีทางกายภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

Table 5 ค่าเฉลี่ยจำนวนมอดยาสูบและมอดสมุนไพรที่รอดชีวิต ในระยะไข่, หนอน, ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในดอกคำฝอยแห้ง อบที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C เวลา 1, 2 และ 3 ชม.

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชม.)	ค่าเฉลี่ยของมอดยาสูบที่รอดในแต่ละยะระการเติบโต (ตัว)				ค่าเฉลี่ยของมอดสมุนไพรที่รอดในแต่ละยะระการเติบโต (ตัว)			
		ไข่	หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย	ไข่	หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย
50	1	290.5 bc	196.8 d	196.1 de	46.3 d	205.3 b	214.0 b	105.0 b	76.6 b
	2	284.0 bc	188.3 c	194.6 d	38.5 c	2.0 a	18.67 a	6.5 a	1.1 a
	3	265.6 bc	176.5 b	188.8 c	5.3 b	1.0 a	0.0 a	2.8 a	0.0 a
60	1	286.5 bc	0.0 a	95.1 de	98.8 e	0.5 a	0.0 a	8.8 a	0.0 a
	2	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
	3	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
70	1	222.5 b	0.0 a	37.5 b	0.0 a	0.0 a	0.0 a	7.1 a	0.0 a
	2	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
	3	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
ไม่ผ่านการอบ		309.6 c	209.0 d	197.0 e	99.8 e	206.5 b	235.1 b	130.3 c	99.6 c
C.V.		28.56	9.80	5.56	8.25	42.70	25.30	47.05	10.00
F-test		**	**	**	**	**	**	**	**

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

Table 6 ค่าเฉลี่ยจำนวนมอดยาสูบและมอดสมุนไพรที่รอดชีวิต ในระยะไข่, หนอน, ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในเมล็ดผักชี อบที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C เวลา 1, 2 และ 3 ชม.

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชม.)	ค่าเฉลี่ยของมอดยาสูบที่รอดในแต่ละยะระการเติบโต (ตัว)				ค่าเฉลี่ยของมอดสมุนไพรที่รอดในแต่ละยะระการเติบโต (ตัว)			
		ไข่	หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย	ไข่	หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย
50	1	525.8 def	84.1 c	93.5 de	95.1 cd	187.3 b	233.6 c	224.8 d	98.1 d
	2	276.2 bcd	82.1 c	87.1 cd	90.6 bc	7.1 a	42.1 a	122.8 c	68.8 c
	3	62.2 ab	80.1 c	78.8 b	90.1 bc	0.0 a	0.0 a	51.1 b	0.0 a
60	1	426.7 def	82.5 c	92.5 cd	88.1 bc	20.0 a	109.6 b	32.6 b	55.6 b
	2	76.8 abc	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
	3	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
70	1	320.2 cde	57.1 b	86.1 c	85.6 b	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
	2	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
	3	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
ไม่ผ่านการอบ		561.8 f	97.8 d	114.0 e	99 d	207.8 b	259.5 c	240.1 d	100.0 d
C.V.		71.32	10.56	8.57	7.79	41.81	45.58	39.17	11.66
F-test		**	**	**	**	**	**	**	**

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

Table 7 ค่าเฉลี่ยจำนวนมอดยาสูบและมอดสมุนไพรที่รอดชีวิต ในระยะไข่, หนอน, ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในดอกเก็กฮวย อบที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C เวลา 1, 2 และ 3 ชม.

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชม.)	ค่าเฉลี่ยของมอดยาสูบที่รอดในแต่ละยะระการเติบโต (ตัว)				ค่าเฉลี่ยของมอดสมุนไพรที่รอดในแต่ละยะระการเติบโต (ตัว)			
		ไข่	หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย	ไข่	หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย
50	1	149.6 b	147.0 cd	62.0 b	99.0 c	153.0 c	51.0 b	38.6 b	52.3 b
	2	156.3 bc	118.0 c	62.3 b	99.0 c	54.6 b	0.3 a	0.0 a	0.0 a
	3	156.3 bc	119.3 c	59.0 b	90.6 b	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
60	1	182.0 c	41.0 b	0.0 a	1.3 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
	2	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
	3	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
70	1	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
	2	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
	3	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
ไม่ผ่านการอบ		237.0 d	154.3 d	179.3 c	99.6 c	176.3 c	189.6 c	130.3 c	99.6 c
C.V.		20.90	33.99	39.60	3.97	45.10	44.18	43.30	46.47
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

Table 8 ค่าเฉลี่ยจำนวนมอดยาสูบที่รอดชีวิต ในระยะไข่, หนอน, ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในชาใบหม่อน อบที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C เวลา 1, 2 และ 3 ชม.

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชม.)	ค่าเฉลี่ยของมอดยาสูบที่รอดในแต่ละยะระการเติบโต (ตัว)			
		ไข่	หนอน	ดักแด้	ตัวเต็มวัย
50	1	148.6 d	171.3 d	125.3 c	91.3 c
	2	148.6 d	136.0 cd	82.0 b	88.6 c
	3	88.3 c	129.0 c	76.3 b	88.3 c
60	1	38.6 b	41.3 b	19.6 d	12.3 b
	2	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
	3	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
70	1	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
	2	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
	3	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
ไม่ผ่านการอบ		167.6 e	271.6 e	210.6 d	99.67 d
C.V.		37.20	29.46	35.09	5.84
F-test		**	**	**	**

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

Table 9 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันในสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด อบที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C เวลา 1, 2 และ 3 ชม.

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชม.)	% ความชื้น			ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัม)				คุณสมบัติการต้านออกซิเดชัน (มิลลิกรัม)			
		ดอกคำฝอย	เมล็ดผักชี	ดอกเก็กฮวย	ดอกคำฝอย	เมล็ดผักชี	ดอกเก็กฮวย	ชาใบหม่อน	ดอกคำฝอย	เมล็ดผักชี	ดอกเก็กฮวย	ชาใบหม่อน
50	1	4.56 a	3.56 a	4.53 a	1428.6 b	191.65 b	2275.7 b	668.73 ab	567.45 ab	186.73 ab	2228.8 ab	693.99 ab
	2	4.43 a	3.43 ab	4.56 a	1401.8 b	186.23 bc	2163.2 bc	635.84 bcd	548.25 ab	175.20 bc	2225.6 ab	668.08 bc
	3	4.20 a	3.46 ab	4.36 ab	1399.6 b	183.07 c	2012.2 cde	627.58 bcd	513.88 bc	157.33 d	2230.8 ab	640.79 cd
60	1	4.43 a	3.16 abc	4.36 ab	1415.1 b	183.84 bc	2132.8 bcd	654.07 abc	554.01 ab	171.41 c	2179.0 b	681.07 abc
	2	4.33 a	3.13 abc	3.90 bc	1394.3 b	179.72 cd	2070.4 cde	639.66 bcd	537.04 b	164.58 cd	2017.6 d	663.02 bc
	3	4.20 a	2.83 cd	3.83 bc	1277.2 cd	172.21 de	1991.2 de	611.57 de	521.04 bc	155.40 d	1991.0 d	633.66 cd
70	1	4.43 a	3.16 abc	4.26 ab	1410.6 b	172.61 de	2109.7 cde	649.23 bcd	550.31 ab	155.40 d	2141.0 bc	679.85 abc
	2	4.26 a	3.03 bc	3.90 bc	1334.2 bc	170.03 ef	1959.9 ef	617.39 cde	532.45 bc	155.40 d	2050.7 d	643.13 cd
	3	4.13 a	2.50 d	3.53 c	1213.4 d	162.09 f	1801.6 f	579.39 e	480.51 c	156.90 d	1967.9 d	608.85 d
ไม่ผ่านการอบ		4.63 a	3.60 a	4.50 a	1555.9 a	221.64 a	2442.6 a	692.78 a	596.46 a	196.81 a	2329.0 a	726.20 a
C.V.		9.28	8.58	7.49	4.08	2.55	4.55	3.85	6.07	4.30	3.07	4.34
F-test		ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

Table 10 Control efficiency percentage of *Sitophilus zeamais* at different developmental stage after treatment by radio frequency[1/]

Power level	Time (min)	Egg	Larva	Pupa	Adult
20% (540 watts)	30	99.17a[2/]	97.37b	99.57a	96.50b
	60	100.00a	100.00a	99.72a	99.61a
	90	100.00a	100.00a	100.00a	99.74a
25% (670 watts)	30	100.00a	99.87a	99.86a	99.35a
	60	100.00a	100.00a	100.00a	99.87a
	90	100.00a	100.00a	100.00a	99.87a
Untreated		0b	0c	0b	0c
C.V. (%)		7.86	7.86	7.86	7.86

[1/]Means averaged from 4 replications.

[2/]Means followed by same letters in columns are not significantly different by DMRT (P<0.05)

Table 11 Control efficiency percentage of *Rhyzopertha dominica* at different developmental stage after treatment by radio frequency[1/]

Power level	Time (min)	Egg	Larva	Pupa	Adult
20% (540 watts)	30	77.68bc[2/]	81.01bc	85.09b	88.67c
	60	90.91a	83.47abc	91.65ab	96.27ab
	90	88.69ab	91.91ab	98.33a	99.47a
25% (670 watts)	30	67.07c	75.81c	85.95b	95.07b
	60	89.80ab	89.73ab	98.16a	98.00ab
	90	99.39a	94.59a	98.56a	99.87a
Untreated		0d	0d	0c	0d
C.V. (%)		8.46	8.20	8.03	7.91

[1/]Means averaged from 4 replications.

[2/]Means followed by same letters in columns are not significantly different by DMRT (P<0.05)

Table 12 Maize quality before and after treatment by radio frequency at two levels and various time[1/]

Power level	Time (min)	moisture (g/100 g)	crude protein[ns] (g/100 g)	crude fat (g/100 g)	ash (g/100 g)	crude fiber (g/100 g)	carbohydrate (g/100 g)	energy (kcal/100g)
20% (540 watts)	30	11.99bc[2/]	9.13	4.86c	1.25b	1.95a	70.83ab	363.56e
	60	11.93b	9.17	4.55bc	1.18ab	1.84a	71.33b	362.95de
	90	11.76a	9.03	4.27ab	1.25b	2.82d	70.88ab	358.06b
25% (670 watts)	30	12.34e	9.00	4.34ab	1.14a	1.96a	71.24ab	359.97bc
	60	12.17d	9.10	4.54bc	1.21ab	2.01a	70.97ab	361.17cd
	90	12.05c	8.97	4.41ab	1.16ab	2.34b	71.09ab	359.89bc
Untreated		12.61f	8.97	4.10a	1.21ab	2.57c	70.55a	354.94a
C.V. (%)		0.42	0.29	1.41	1.07	3.15	0.13	0.16

[1/] Means averaged from 4 replications.

[2/] Means followed by same letters in columns are not significantly different by DMRT ($P<0.05$)

[ns] non significantly difference

Table 13 Control efficiency percentage of *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum, Rhyzopertha dominica* and *Oryzaephilus surinamensis* at different developmental stage after treatment by nitrogen and carbon dioxide, October 2010-September 2013, Department of Agriculture (1st experiment)

Treatment	Number of samples	Control efficiency percentage
N_2 99.9%	384	77.48
CO_2: N_2 =10:90	384	76.94
CO_2: N_2 =20:80	384	79.12
CO_2: N_2 =30:70	384	78.02
Exposure time	**Number of samples**	**Control efficiency percentage**
1 day	256	56.43d[1/]
2 days	256	72.14c
3 days	256	79.24b
4 days	256	85.85a
5 days	256	87.68a
6 days	256	86.00a
Tested insects	**Number of samples**	**Control efficiency percentage**
Sitophilus zeamais	384	39.88c
Tribolium castaneum	384	94.28a
Rhyzopertha dominica	384	80.54b
Oryzaephilus surinamensis	384	96.86a
Insect Stages	**Number of samples**	**Control efficiency percentage**
Egg	384	83.37b
Larva	384	61.59d
pupa	384	69.82c
Adult	384	96.77a

[1/] Means followed by same letters in columns are not significantly different by DMRT P<0.05)

Table 14 Control efficiency percentage of *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum, Rhyzopertha dominica* and *Cryptolestes* sp. at different developmental stage after treatment by nitrogen 99.9% in one ton of rice, October 2010-September 2013, Department of Agriculture

Exposure time	Number of samples	Control efficiency percentage
7 day	64	96.99b[1/]
12 days	64	100.00a
Tested insects	**Number of samples**	**Control efficiency percentage**
Sitophilus zeamais	32	93.98b
Tribolium castaneum	32	99.98a
Rhyzopertha dominica	32	100.00a
Cryptolestes sp.	32	100.00a
Insect Stages	**Number of samples**	**Control efficiency percentage**
Egg		100.00a
Larva		95.07b
pupa		98.90a
Adult		100.00a

[1/] Means followed by same letters in columns are not significantly different by DMRT P<0.05)

Table 15 Control efficiency percentage of each insect at different developmental stage after treatment by nitrogen 99.9% in one ton of rice, October 2010-September 2013, Department of Agriculture (3rd experiment)

Exposure time		7 days			
Insects		*Sitophilus zeamais*	*Tribolium castaneum*	*Rhyzopertha dominica*	*Cryptolestes* sp.
N2 99.9%	Egg	100.00	100.00	100.00	100.00
	Larva	60.67	100.00	100.00	100.00
	Pupa	91.16	100.00	100.00	100.00
	Adult	100.00	100.00	100.00	100.00
Exposure time		12 days			
N2 99.9%	Egg	100.00	100.00	100.00	100.00
	Larva	100.00	100.00	100.00	100.00
	Pupa	100.00	100.00	100.00	100.00
	Adult	100.00	100.00	100.00	100.00

Table 16 Effect of Nitrogen gas with Plastic bag on survival of adult stage of *Sitophilus zeamais* Motschulsky after kept at 1 -4 weeks.

	Average number of living insects			
	1 week	**2 weeks**	**3 weeks**	**4 weeks**
Nitrogen + Foil	0.0	0.0	0.0	0.0
Nitrogen + KNY	0.0	0.0	0.0	0.0
Nitrogen + NY	0.0	0.0	0.0	0.0
Nitrogen + PET	0.0	0.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + Foil	0.0	0.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + KNY	0.0	0.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + NY	0.0	0.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + PET	0.0	0.0	0.0	0.0
control	100.0	100.0	100.0	100.0

Table 17 Effect of Nitrogen gas with Plastic bag on survival of pupa stage of *Sitophilus zeamais* Motschulsky after kept at 1 -4 weeks.

	Average number of living insects			
	1 week	**2 weeks**	**3 weeks**	**4 weeks**
Nitrogen + Foil	0.0	0.0	0.0	0.0
Nitrogen + KNY	0.0	0.0	0.0	0.0
Nitrogen + NY	0.0	0.0	0.0	0.0
Nitrogen + PET	0.0	0.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + Foil	16.3	0.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + KNY	10.3	0.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + NY	3.7	0.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + PET	5.7	1.7	0.0	0.0
control	657.0	727.3	690.5	1,023.0

Table 18 Effect of Nitrogen gas with Plastic bag on survival of larva stage of *Sitophilus zeamais* Motschulsky after kept at 1 -4 weeks.

	Average number of living insects			
	1 week	**2 weeks**	**3 weeks**	**4 weeks**
Nitrogen + Foil	0.7	8.3	0.0	0.0
Nitrogen + KNY	0.0	0.0	0.0	0.0
Nitrogen + NY	0.0	0.0	0.0	0.0
Nitrogen + PET	0.0	0.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + Foil	1.7	0.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + KNY	0.3	0.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + NY	2.0	0.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + PET	0.5	0.0	0.0	0.0
control	344.3	364.3	298.7	502.3

Table 19 Effect of Nitrogen gas with Plastic bag on survival of egg stage of *Sitophilus zeamais* Motschulsky after kept at 1 -4 weeks.

	Average number of living insects			
	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks
Nitrogen + Foil	2.0	0.0	0.0	0.0
Nitrogen + KNY	0.0	0.0	0.0	0.0
Nitrogen + NY	0.0	0.0	0.0	0.0
Nitrogen + PET	0.0	0.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + Foil	399.3	52.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + KNY	445.7	28.0	0.0	0.0
Without Nitrogen + NY	497.0	65.3	0.0	0.0
Without Nitrogen + PET	239.3	46	0.0	0.0
control	244.3	354.3	465.7	328.3

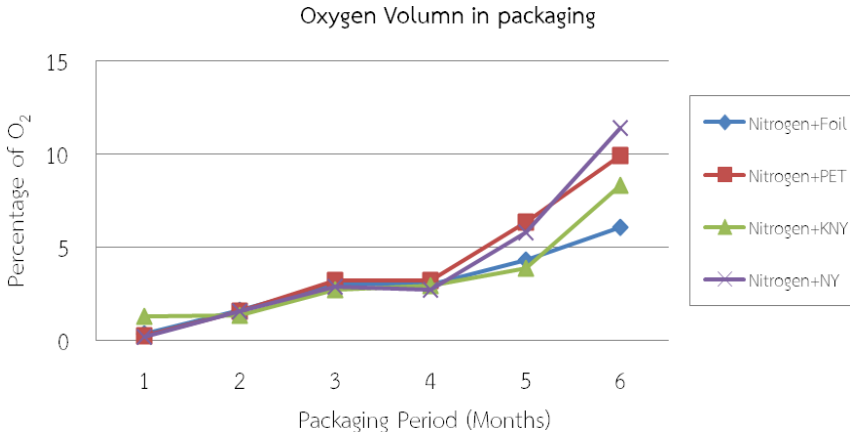

Figure 3 Oxygen volume in different packaging throughout packaging period of 6 months.

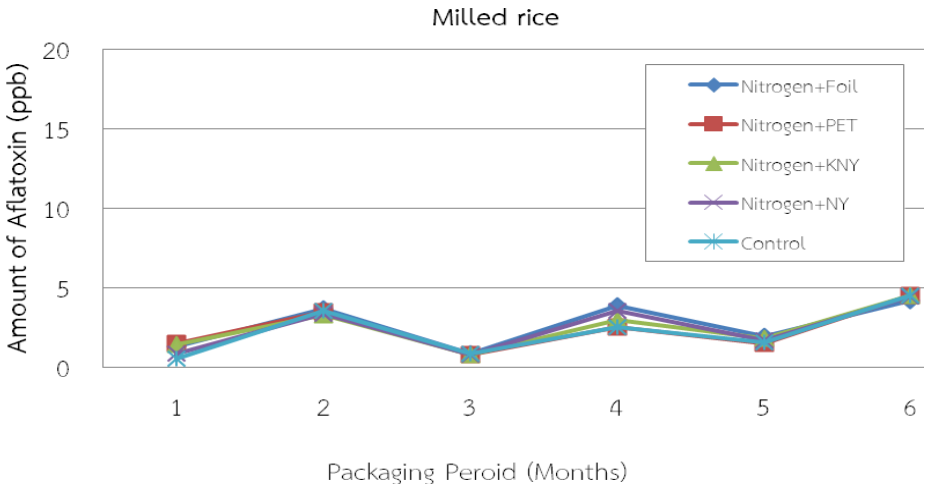

Figure 4 Amount of Aflatoxin in milled rice throughout retention period of 6 months.

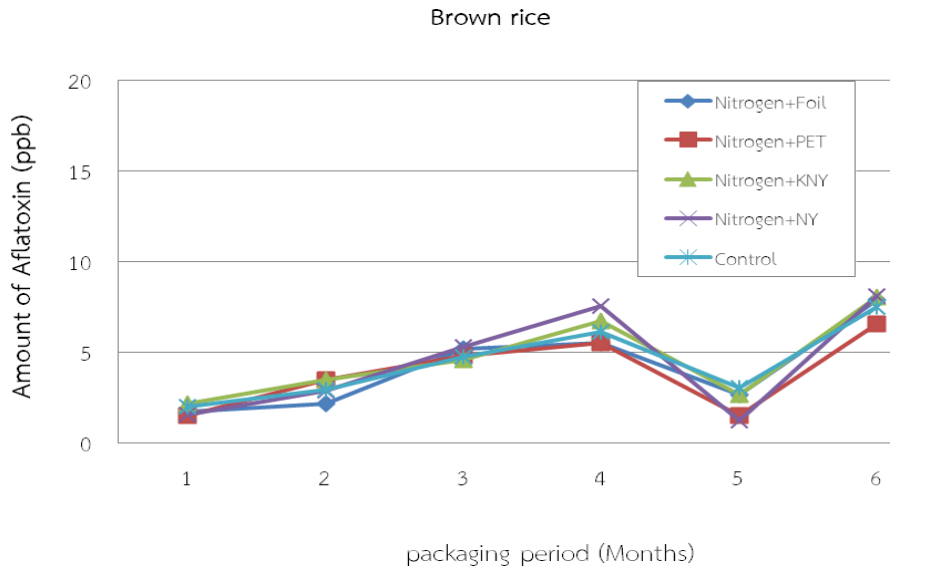

Figure 5 Amount of Aflatoxin in brown rice throughout retention period of 6 months.

Table 20 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ หนอน ดักแด้ และ ตัวเต็มวัย ในดอกคำฝอยอบแห้งที่บรรจุในถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP กรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 7, 30 และ 90 วัน

กรรมวิธี	จำนวนมอดยาสูบที่รอดชีวิต (ตัว)											
	ระยะไข่			ระยะหนอน			ระยะดักแด้			ระยะตัวเต็มวัย		
	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน
1. ถุง NY+O_2 300 ซี.ซี.	62.2ab x	0.0 a x	0.0 a x	9.2 a x	0.0 a x	0.0 a x	3.7 a x	0.0 a x	0.0 a x	5.5 a x	0.0 a x	0.0 a x
2. ถุง NY+ O_2 400 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
3. ถุง NY+vacuum	10.7 a x	0.0 a x	0.0 a x	16.2 a x	2.2 a x	0.0 a x	13.2 a x	0.0 a x	0.0 a x	30.0 ab x	0.0 a x	0.0 a x
4. ถุง NY+seal	123.5 bc y	21.5 a x	0.0 a x	43.7 a x	5.7 a x	0.0 a x	133.0 b y	0.0 a x	0.0 a x	62.5 cd x	22.75 a x	0.0 a x
5. ถุง PET+O_2 300 ซี.ซี.	76.7 abc y	0.0 a x	0.0 a x	13.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	6.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	8.7 a x	0.0 a x	0.0 a x
6. ถุง PET + O_2 400 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
7. ถุง PET +vacuum	17.7 a x	0.0 a x	0.0 a x	21.2 a x	8.5 a x	0.0 a x	7.7 a x	1.5 a x	0.0 a x	38.2 ab x	0.0 a x	0.0 a x
8. ถุง PET +seal	149.2 c y	29.5 a x	0.0 a x	43.5 a x	12.2 a x	0.0 a x	130.0 b y	1.0 a x	0.0 a x	72.2 cd y	29.0 a x	0.0 a x
9. กรรมวิธีควบคุม	257.5 d x	354.7 b y	978.0 b z	202.7 b x	400.5 b y	1122.0 b z	219.7 c x	328.7 b y	1270.0 b z	99.2 d x	354.5 b y	1073.8 b z
C.V. a (%)	75.2			36.3			35.8			44.5		
C.V. b (%)	68.3			48.0			51.1			43.9		

- ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (a, b, c) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
- ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (x, y, z,) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

Table 21 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดสมุนไพรที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในดอกคำฝอยอบแห้งที่บรรจุในถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ในกรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 7, 30 และ 90วัน

กรรมวิธี	จำนวนตัวเต็มวัยของมอดสมุนไพร ที่รอดชีวิต (ตัว)											
	ระยะไข่			ระยะหนอน			ระยะดักแด้			ระยะตัวเต็มวัย		
	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน
1. ถุง NY+O_2 300 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.7 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	1.7 a x	0.0 a x	0.0 a x
2. ถุง NY+ O_2 400 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
3. ถุง NY+vacuum	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	4.2 a x	0.0 a x	0.0 a x
4. ถุง NY+seal	39.2 ab x	7.7 a x	0.0 a x	55.5 b x	19.2 b x	0.0 a x	68.7 b y	0.5 a x	0.0 a x	9.7 a x	0.0 a x	0.0 a x
5. ถุง PET+O_2 300 ซี.ซี.	2.2 a x	0.0 a x	0.0 a x	2.2 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	4.7 a x	0.0 a x	0.0 a x
6. ถุง PET + O_2 400 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
7. ถุง PET +vacuum	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	2.5 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	1.5 a x	0.0 a x	4.7 a x	0.0 a x	0.0 a x
8. ถุง PET +seal	44.0 ab x	6.2 a x	0.0 a x	78.2 b x	26.5 a x	0.0 a x	99.7 b y	1.0 a x	0.0 a x	11.7 a x	0.0 a x	0.0 a x
9. กรรมวิธีควบคุม	94.2 b x	238.2 b y	789.2 b z	123.5 c x	328.0 b y	1019.3 b z	166.5 c x	328.7 b y	1087.8 b z	99.7 b x	331.7 b y	1235.5 b z
C.V. a (%)	64.31			26.6			46.2			38.0		
C.V. b (%)	50.81			43.8			35.0			30.3		

- ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (a, b, c) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
- ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (x, y, z,) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

Table 22 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ หนอน ดักแด้ และ ตัวเต็มวัย ในเมล็ดผักชีที่บรรจุในถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ในกรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 7, 30 และ 90วัน

กรรมวิธี	จำนวนมอดยาสูบที่รอดชีวิต (ตัว)											
	ระยะไข่			ระยะหนอน			ระยะดักแด้			ระยะตัวเต็มวัย		
	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน
1. ถุง NY+O_2 400 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
2. ถุง NY+ O_2 450 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
3. ถุง NY+vacuum	47.2 a x	0.0 a x	0.0 a x	16.2 a x	0.0 a x	0.0 a x	20.2 a	0.0 a x	0.0 a x	29.5 ab y	0.0 a x	0.0 a x
4. ถุง NY+seal	166.5 b y	2.2 a x	0.0 a x	153.0 b y	21.7 a x	0.0 a x	159.7 b	67.5 b y	0.0 a x	75.2 c z	27.7 a y	0.0 a x
5. ถุง PET+O_2 400 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
6. ถุง PET + O_2 450 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
7. ถุง PET +vacuum	51.7 a x	3.7 a x	0.0 a x	18.2 a x	0.0 a x	0.0 a x	33.0 a	5.0 a x	0.0 a x	33.5 b y	2.0 a x	0.0 a x
8. ถุง PET +seal	168.5 b y	4.5 a x	0.0 a x	181.5 b y	32.5 a x	0.0 a x	164.0 b	80.2 b y	0.0 a x	75.0 c z	31.2 b y	0.0 a x
9. กรรมวิธีควบคุม	223.0 c x	272.2 b y	1438.0 b z	236.7 b x	467.5 b y	1088.3 b z	213.0 c x	358.2 c y	1163.2 b z	99.7 c x	380.7 c y	1377.0 b z
C.V. a (%)	30.5			48.7			36.4			32.8		
C.V. b (%)	44.2			49.3			50.8			21.8		

- ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (a, b, c) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
- ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (x, y, z,) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

Table 23 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ หนอน ดักแด้ และ ตัวเต็มวัย ในเมล็ดผักชี ที่บรรจุในถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ในกรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 7, 30 และ 90วัน

กรรมวิธี	จำนวนมอดยาสูบที่รอดชีวิต (ตัว)											
	ระยะไข่			ระยะหนอน			ระยะดักแด้			ระยะตัวเต็มวัย		
	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน
1. ถุง NY+O_2 400 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
2. ถุง NY+ O_2 450 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
3. ถุง NY+vacuum	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	1.2 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.7 a x	0.0 a x	0.0 a x	4.7 a x	0.0 a x	0.0 a x
4. ถุง NY+seal	88.5 b y	38.7 a y	0.0 a x	160.2 b y	0.0 a x	0.0 a x	140.7 b y	0.0 a x	0.0 a x	49.2 b y	0.0 a x	0.0 a x
5. ถุง PET+O_2 400 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
6. ถุง PET + O_2 450 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
7. ถุง PET +vacuum	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	2.2 a x	0.0 a x	0.0 a x	4.2 a x	0.0 a x	0.0 a x	5.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
8. ถุง PET +seal	90.5 b y	44.0 a y	0.0 a x	173.7 b y	0.0 a x	0.0 a x	105.5 b y	0.0 a x	0.0 a x	53.7 b y	0.0 a x	0.0 a x
9. กรรมวิธีควบคุม	172.0 c x	266.7 b y	896.0 b z	192.0 b x	369.7 b y	1072.8 b z	243.0 c x	483.0 b y	1076.0 b z	99.5 c x	522.7 b y	928.0 b z
C.V. a (%)	61.9			50.0			26.4			46.0		
C.V. b (%)	81.2			37.4			53.0			38.4		

- ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (a, b, c) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
- ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (x, y, z,) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

Table 24 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ หนอน ดักแด้ และ ตัวเต็มวัย ในดอกเก็กฮวย ที่บรรจุในถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ใน กรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 7, 30 และ 90วัน

กรรมวิธี	จำนวนมอดยาสูบที่รอดชีวิต (ตัว)											
	ระยะไข่			ระยะหนอน			ระยะดักแด้			ระยะตัวเต็มวัย		
	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน
1. ถุง NY+O_2 200 ซี.ซี.	1.75 a x	0.0 a x	0.0 a x	17.5 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.5 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
2. ถุง NY+ O_2 250 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
3. ถุง NY+vacuum	26.5 ab x	11.0 a x	0.0 a x	20.5 a x	2.2 a x	0.0 a x	8.0 ab x	0.0 a x	0.0 a x	1.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
4. ถุง NY+seal	88.5 c y	15.2 a x	0.0 a x	28.2 a x	8.0 a x	1.2 a x	52.7 c z	41.5 b y	0.0 a x	21.5 a x	3.7 a x	0.0 a x
5. ถุง PET+O_2 200 ซี.ซี.	7.7 b x	0.0 a x	0.0 a x	18.5 a x	0.0 a x	0.0 a x	1.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
6. ถุง PET + O_2 250 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
7. ถุง PET +vacuum	35.2 b y	12.2 a x	0.0 a x	21.2 a x	4.2 a x	0.0 a x	14.2 b x	0.0 a x	0.0 a x	13.2 a x	0.7 a x	0.0 a x
8. ถุง PET +seal	78.7 c y	17.2 a x	0.0 a x	32.0 a x	9.0 a x	2.0 a x	60.0 c z	44.7 b y	0.0 a x	22.5 a x	13.7 a x	0.0 a x
9. กรรมวิธีควบคุม	203.2 d x	446.2 b y	665.0 b z	174.7 b x	305.5 b y	478.5 b z	154.0 d x	244.5 c y	485.2 b z	99.7 b x	464.5 b y	913.7 b z
C.V. a (%)	39.4			26.2			17.2			34.7		
C.V. b (%)	32.0			41.3			38.1			56.9		

- ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (a, b, c, d) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
- ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (x, y, z,) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

Table 25 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ หนอน ดักแด้ และ ตัวเต็มวัย ในดอกเก็กฮวยที่บรรจุในถุง NY/LLDPE และ ถุง PET/CPP ใน กรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 7, 30 และ 90วัน

กรรมวิธี	จำนวนมอดยาสูบที่รอดชีวิต (ตัว)											
	ระยะไข่			ระยะหนอน			ระยะดักแด้			ระยะตัวเต็มวัย		
	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน	7 วัน	30 วัน	90 วัน
1. ถุง NY+O_2 200 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
2. ถุง NY+ O_2 250 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
3. ถุง NY+vacuum	16.7 ab x	8.2 a x	0.0 a x	7.5 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	1.2 a x	0.0 a x	0.0 a x
4. ถุง NY+seal	18.0 ab x	12.7 a x	0.0 a x	128.0 b y	0.0 a x	0.0 a x	90.7 b y	0.0 a x	0.0 a x	2.5 a x	0.0 a x	0.0 a x
5. ถุง PET+O_2 200 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	10.5 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
6. ถุง PET + O_2 250 ซี.ซี.	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	1.2 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
7. ถุง PET +vacuum	17.5 ab x	9.5 a x	0.0 a x	9.7 a x	0.0 a x	0.0 a x	1.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	2.2 ax	0.0 a x	0.0 a x
8. ถุง PET +seal	25.0 b y	11.5 a x	0.0 a x	114.5 b y	0.0 a x	0.0 a x	92.7 b y	0.0 a x	0.0 a x	2.7 a x	0.0 a x	0.0 a x
9. กรรมวิธีควบคุม	185.7 c x	299.2 b y	661.5 b z	148.5c x	175.7 b y	412.2 b z	193.7 c x	214.5 b y	562.0 b z	99.5 b x	258.2 b y	435.7 b z
C.V. a (%)	24.3			48.8			76.4			45.9		
C.V. b (%)	35.8			28.8			56.0			43.2		

- ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (a, b, c) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
- ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (x, y, z,) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

Table 26 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ระยะ ไข่ และ หนอน ในชาใบหม่อน ที่บรรจุในถุง NY/LLDPE ในกรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 3, 5, 7, 30 และ 60 วัน

กรรมวิธี	**จำนวนมอดยาสูบที่รอดชีวิต (ตัว)**									
	ระยะไข่					ระยะหนอน				
	3 วัน	5 วัน	7 วัน	30 วัน	60 วัน	3 วัน	5 วัน	7 วัน	30 วัน	60 วัน
1. ถุง NY+O_2 300 ซี.ซี.	45.2 a z	30.2 a y	32.7 b y	12.5 b x	0.0 a x	59.7 a y	51.2 ab y	40.5 bc y	0.0 a x	0.0 a x
2. ถุง NY+ O_2 400 ซี.ซี.	45.7 a y	34.0 a y	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	37.5 a y	25.0 a x	0.0 a x	0.0 a x	0.0 a x
3. ถุง NY+vacuum	56.0 a z	49.2 a y	14.7 a x	0.0 a x	0.0 a x	54.5 a z	32.5 a y	27.0 b y	0.0 a x	0.0 a x
4. ถุง NY+seal	136.7 b z	131.2 b z	127.2 c z	40.5 c y	**0.0 a** x	91.7 b z	80.5 b z	48.7 c y	16.7 a x	0.0 a x
5. กรรมวิธีควบคุม	147.0 b x	144.5 b x	155.0 d x	147.0 b x	385.2 b y	110.2 b x	158.7 c y	106.5 d x	179.2 b y	433.7 b z
C.V. a (%)	19.8					36.1				
C.V. b (%)	14.4					30.4				

- ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (a, b, c,d) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
- ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (x, y, z,) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

Table 27 จำนวนตัวเต็มวัยของมอดยาสูบที่รอดชีวิตของ ดักแด้ และ ตัวเต็มวัย ในชาใบหม่อน ที่บรรจุในถุง NY/LLDPE ในกรรมวิธีต่างๆ ที่ระยะเวลา 3, 5, 7, 30 และ 60 วัน

กรรมวิธี	จำนวนมอดยาสูบที่รอดชีวิต (ตัว)									
	ดักแด้					ตัวเต็มวัย				
	3 วัน	5 วัน	7 วัน	30 วัน	60 วัน	3 วัน	5 วัน	7 วัน	30 วัน	60 วัน
1. ถุง NY+O_2 300 ซี.ซี.	146.2 c y	126.5 c y	42.2 c x	0.0 a w	0.0 a w	89.2 b z	50.0 b y	24.2 b x	0.0 a w	0.0 a w
2. ถุง NY+ O_2 400 ซี.ซี.	40.7 a x	15.5 a w	0.0 a w	0.0 a w	0.0 a w	79.0 ab y	32.2 a x	0.0 a w	0.0 a w	0.0 a w
3. ถุง NY+vacuum	112.7 b y	45.2 b x	17.0 b w	0.0 a w	0.0 a w	68.2 a z	33.5 a y	18.7 b x	0.0 a w	0.0 a w
4. ถุง NY+seal	155.5 c y	155.7 d y	123.0 d x	14.7 b w	0.0 a w	183.5 c y	177.0 c y	132.2 x	0.0 a w	0.0 a w
5. กรรมวิธีควบคุม	183.7 d x	161.7 d w	162.5 e w	168.5 c w	432.0 b y	185.0 c x	179.5 c x	161.7 d w	164.7 b w	442.0 b y
C.V. a (%)	10.2					14.2				
C.V. b (%)	15.8					13.5				

- ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน (a, b, c,d) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
- ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน (w,x, y, z,) ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

Table 28 Number of pineapple beetles found in different kinds of light traps and in damaged discarded garlics each lot of garlics

No.	Number of pineapple beetles found	
	Light and sticky trap(wall type)	Light trap(floor type)
1	21	1
2	21	3
3	15	1
4	14	1
5	4	0
6	79	1
7	87	1
8	96	42
9	39	11
10	50	3
11	147	2
12	44	3
13	20	1
14	59	0
15	10	1
16	81	4
17	36	1
18	10	1
Aver.	46.27	4.55

Table 29 Number of pineapple beetle,*Urophorus humeralis* found in different kinds of light traps and in damaged discarded garlics in stored house

Treatments	Average number of beetles		
	12/53	**02/54**	**03/54**
1.Light and sticky trap (wall type)	154a* [1/]	463a	216a
2.Light trap(floor type)	7b [1/]	62b	8c
3. Damaged discarded garlics	5b [2/]	11c	45b
CV(%)	159	77.65	115

*Mean followed by same letter no statistical different at 0.5 % probability by DMRT

[1/] Average from 6 replications

[2/] Average from 8 replications

Table 30 Species and number of insect pests found in grain sampling

	District	Provinces	Grain type	No. of insects found in 2 kg of grain						Damaged grain in 500 grains	Moisturre content of grain (%)	Sampling Date
				Maize weevil	Lesser grain borer	Red flour beetle	Saw-toothed beetle	Flat grain beetle	Book lice			
1	โคกสำโรง	ลพบุรี	ข้าวโพด	8	21	15		14		7.8	16.96	25-ม.ค.-55
2			ข้าวโพด		197	56				57.6	14.92	25-ม.ค.-55
3			ข้าวฟ่าง		3			11				25-ม.ค.-55
4			งาดำ			105		7	มาก		5.24	25-ม.ค.-55
5	โคกสำโรง	ลพบุรี	งาดำ		13	26					4.26	25-ม.ค.-55
6	โคกสำโรง	ลพบุรี	ข้าวโพด		4			1	19	11.2	16.92	25-ม.ค.-55
7			ข้าวโพด	8				6	10	7	17.36	25-ม.ค.-55
8			ข้าวโพด	-	24	112	-	288	-	29.2	13.08	12-มิ.ย.-55
9	โคกสำโรง	ลพบุรี	ข้าวโพด		8	71		2		12.6	12.72	12-มิ.ย.-55
10	ชัยบาดาล	ลพบุรี	ข้าวโพด					4		21.6	19.28	27-ส.ค.-55
11	ชัยบาดาล	ลพบุรี	ข้าวโพด							0	17.56	27-ส.ค.-55
12	ตากฟ้า	นครสวรรค์	ข้าวโพด	1	3			34		42.4	12.36	12-มิ.ย.-55
13	หนองไผ่	เพชรบูรณ์	ข้าวโพด							4.6	26.08	13-มิ.ย.-55
14	บ้านโภชน์	เพชรบูรณ์	ข้าวโพด	74	59	29	5	1		44.2	14.78	28-ต.ค.-53
15			ข้าวโพด		47	19		73		56.4	11.54	13-มิ.ย.-55
16	หนองไผ่	เพชรบูรณ์	ข้าวโพด			2		27		24	13.52	13-มิ.ย.-55

Table 30 Species and number of insect pests found in grain sampling (Con'd)

No. of sources	District	Provinces	Grain type	No. of insects found in 2 kg of grain						Damaged grain in 500 grains	Moisturre content of grain (%)	Sampling Date
				Maize weevil	Lesser grain borer	Red flour beetle	Saw-toothed beetle	Flat grain beetle	Book lice			
17			ถั่วเขียว	37			9			5.2	5.6	13-มิ.ย.-55
18	บึงสามพราน	เพชรบูรณ์	ข้าวโพด	8	1	20		12		42	12.42	13-มิ.ย.-55
19	ต. นาเฉลียง	เพชรบูรณ์	ข้าวโพด	113		26		19		7.2	13.22	13-มิ.ย.-55
20		เพชรบูรณ์	ข้าวโพด			5		5		4.2	13.5	13-มิ.ย.-55
21	หล่มเก่า	เพชรบูรณ์	ข้าวโพด								19.7	30-ส.ค.-55
22	หล่มเก่า	เพชรบูรณ์	ข้าวโพด								17.54	30-ส.ค.-55
23	เขาสอยดาว	จันทบุรี	ข้าวโพด	8		2		1		17.2	18.22	25-เม.ย.-55
24	เขาสอยดาว	จันทบุรี	ข้าวโพด	1		1				28.4	17.04	25-เม.ย.-55
25		แพร่	ข้าวโพด	2		2				62.2	18.14	3-ก.ค.-55
26		แพร่	ข้าวโพด							53.2	18.84	3-ก.ค.-55
27		พะเยา	ข้าวโพด	13						41.4	20.6	4-ก.ค.-55
28	ท่าลี่	เลย	ข้าวโพด	123		2		6		44.6	16.24	29-ส.ค.-55
29	ท่าลี่	เลย	ข้าวโพด							12.8	18.26	29-ส.ค.-55
30	ท่าลี่	เลย	ข้าวโพด							24.6	16.5	29-ส.ค.-55
31			ถั่วแดง	1		2					12.1	29-ส.ค.-55
32	เชียงคาน	เลย	ข้าวโพด								23.84	29-ส.ค.-55
33	เชียงคาน	เลย	ข้าวโพด								16.22	29-ส.ค.-55

Table 31 Number of each insect found after releasing insects at various initiated numbers

No. of insects	Time after releasing (month)					
	1	2	3	4	5	6
Maize weevil						
1 pair	2.00	2.75	13.75	7.00	3.50	23.25
5 pairs	10.00	11.50	24.00	39.75	68.50	290.50
10 pairs	20.00	24.25	56.75	64.25	193.75	349.25
20 pairs	40.00	43.50	329.75	72.75	169.00	811.50
Lesser grain borer						
10 adults	10.00	11.25	28.00	52.75	62.00	105.00
20 adults	20.00	23.75	47.75	67.50	101.50	105.00
30 adults	30.00	26.00	64.00	77.00	218.50	103.50
40 adults	40.00	37.75	88.00	144.25	140.50	142.00
Red flour beetle						
10 adults	15.50	16.50	19.00	9.75	9.25	18.75
20 adults	31.50	16.75	22.00	11.00	16.25	32.50
30 adults	45.00	42.25	32.00	18.00	21.75	31.75
40 adults	39.00	45.25	37.50	22.25	18.75	39.75
Flat grain beetle						
10 adults	6.75	27.25	57.75	71.25	83.25	120.00
20 adults	14.50	38.25	70.75	73.00	128.00	170.25
30 adults	20.25	39.75	80.25	81.00	70.75	108.00
40 adults	24.50	48.00	63.50	143.00	87.75	60.25

Table 32 Percentage of maize losses caused by each insect

No. of insects	Time after releasing (month)					
	1	2	3	4	5	6
Maize weevil						
1 pair	0.76	0	0	0	0	0
5 pairs	2.35	0.25	0	1.82	1.67	6.22
10 pairs	2.20	1.54	0.44	4.47	7.09	7.54
20 pairs	2.99	2.15	2.97	5.27	5.78	14.59
Lesser grain borer						
10 adults	2.52	3.13	8.97	10.96	8.76	6.62
20 adults	0.99	2.25	12.41	20.02	14.08	5.55
30 adults	1.26	6.06	15.11	16.26	18.94	5.77
40 adults	0.57	3.99	16.35	19.11	16.75	9.43
Red flour beetle						
10 adults	2.27	0.91	0.76	2.38	0.15	3.11
20 adults	4.36	5.81	0.70	3.20	3.71	2.34
30 adults	2.74	3.46	0.00	3.02	3.86	2.91
40 adults	1.60	1.69	3.34	1.47	3.11	2.62
Flat grain beetle						
10 adults	1.82	7.72	9.40	16.58	16.05	10.28
20 adults	0.82	2.89	4.48	2.03	7.10	10.13
30 adults	6.36	0.77	16.25	0.61	6.35	14.72
40 adults	8.11	11.11	16.29	17.98	43.06	7.46

กิจกรรมงานวิจัยที่ 5 การศึกษาความต้านทานฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

Table 33 Resistance Test of *Tribolium castaneum* to phosphine in year 2013

No.	Ref.	Province	% mortality (discriminating dose: 40 µg/l)	LC_{50} (µg/l)	Resistance Ratio (Thai)	Resistance Ratio (Aust.)	95% Confidence Limits (µg/l)
1	56-23	เพชรบูรณ์	5.76	335.76	23.58	20.41	283.93-405.55
2	56-28	เพชรบูรณ์	11.18	255.58	23.55	24.42	195.08-351.67
3	56-24	ลพบุรี	15.98	286.84	34.26	22.27	177.72-504.40
4	56-29	พิษณุโลก	59.33	30.43	2.80	2.91	20.07-41.08
5	56-82	พิษณุโลก	85.96	16.68	1.35	1.36	8.80-23.31
6	56-50	นครสวรรค์	62.93	26.86	2.25	2.43	20.83-34.20
7	56-68	กำแพงเพชร	68.31	25.57	2.02	2.08	20.56-31.71
8	56-78	ราชบุรี	85.77	13.86	1.12	1.13	9.76-18.30
9	56-91	นครปฐม	83.07	15.73	1.25	1.15	10.02-22.48
10	56-54	ตาก	71.48	20.08	1.75	1.73	9.47-31.45
11	56-55	ตาก	74.25	20.88	1.82	1.79	10.87-30.54
12	56-22	ฉะเชิงเทรา	96.05	13.56	0.95	0.82	0.12-21.63
13	56-95	ฉะเชิงเทรา	92.50	13.87	0.99	1.06	3.23-21.25
14	56-94	ปราจีนบุรี	54.06	34.96	2.50	2.66	17.65-53.68
15	56-96	ปราจีนบุรี	99.98	12.18	0.87	0.93	9.80-14.01
16	56-97	สระแก้ว	99.97	10.09	0.72	0.77	8.82-11.27
17	56-38	นครศรีธรรมราช	70.88	20.12	1.78	1.71	3.19-39.73
18	56-41	พัทลุง	99.47	11.32	1.09	1.00	8.24-13.72
19	56-46	ลำปาง	100.00	9.77	0.81	0.86	9.00-10.44
20	56-71	ลำปาง	96.32	13.61	1.07	1.11	10.06-17.49
21	56-47	เชียงใหม่	99.99	10.10	0.84	0.89	5.30-13.06
22	56-70	เชียงใหม่	100.00	11.76	0.93	0.96	9.62-13.65
23	56-51	ลำพูน	75.30	20.00	1.75	1.72	12.13-30.24
24	56-69	ลำพูน	99.20	11.39	0.90	0.93	8.15-14.53

Table 33 Resistance Test of *Tribolium castaneum* to phosphine in year 2013 (cont'd)

No.	Ref.	Province	% mortality (discriminating dose: 40 µg/l)	LC_{50} (µg/l)	Resistance Ratio (Thai)	Resistance Ratio (Aust.)	95% Confidence Limits (µg/l)
25	56-01	สุรินทร์	100.00	11.99	0.89	0.91	11.45-12.50
26	56-07	สุรินทร์	100.00	11.89	0.88	0.91	11.38-12.39
27	56-02	ชัยภูมิ	99.94	12.06	0.90	0.92	9.78-14.15
28	56-15	ชัยภูมิ	85.28	20.59	1.13	1.22	16.03-26.59
29	56-03	อุบลราชธานี	99.85	14.03	0.94	0.94	12.26-15.84
30	56-13	อุบลราชธานี	99.98	11.79	0.99	0.94	10.38-13.01
31	56-25	อุบลราชธานี	94.99	12.67	1.51	0.98	9.48-16.04
32	56-04	ศรีสะเกษ	99.97	13.62	0.92	0.91	12.89-14.31
33	56-14	ศรีสะเกษ	94.51	15.80	0.87	0.94	13.53-18.42
34	56-12	บุรีรัมย์	98.52	15.90	0.88	0.94	13.40-18.95
35	56-30	ยโสธร	99.97	9.82	0.90	0.94	7.49-11.74
36	56-31	อำนาจเจริญ	99.91	10.64	0.98	1.02	8.01-13.05
37	56-34	นครราชสีมา	87.31	10.15	0.98	0.90	0.12-26.37
38	56-37	นครราชสีมา	100.00	10.59	0.94	0.90	10.06-11.10
39	56-62	มุกดาหาร	99.43	9.03	0.70	0.72	5.34-11.99
40	56-64	มุกดาหาร	100.00	11.97	0.93	0.95	11.10-12.62
41	56-81	มุกดาหาร	100.00	10.31	0.83	0.84	9.62-10.93
42	56-85	มุกดาหาร	100.00	11.38	0.92	0.93	10.69-12.22
43	56-63	กาฬสินธุ์	79.12	17.54	1.38	1.43	13.16-22.52
44	56-65	กาฬสินธุ์	100.00	10.16	0.79	0.81	9.68-10.63
45	56-88	สกลนคร	99.75	12.21	1.09	1.03	9.66-14.68

Table 34 Resistance Test of *Tribolium castaneum* to phosphine in year 2014

No.	Ref.	Province	% mortality (discriminating dose: 40 µg/l)	LC_{50} (µg/l)	Resistance Ratio (Thai)	Resistance Ratio (Aust.)	95% Confidence Limits (µg/l)
1	57-30	สุพรรณบุรี	99.96	6.07	0.60	0.68	3.53-8.12
2	57-71	สุพรรณบุรี	98.19	8.15	1.12	1.21	5.07-10.94
3	57-78	สุพรรณบุรี	97.73	9.15	1.04	1.12	2.02-14.10
4	57-83	สุพรรณบุรี	75.35	19.22	1.40	1.35	15.46-23.49
5	57-62	สุโขทัย	98.38	12.25	1.50	1.32	9.16-14.61
6	57-70	นครปฐม	98.73	7.05	0.97	1.04	4.15-9.52
7	57-73	นครปฐม	82.46	9.14	1.26	1.35	3.60-15.31
8	57-76	นครปฐม	99.05	8.73	0.99	1.07	6.67-10.62
9	57-72	ชัยนาท	83.45	15.40	1.26	1.25	4.16-25.67
10	57-77	ชัยนาท	99.11	8.81	1.00	1.07	6.33-10.95
11	57-04	กาญจนบุรี	99.99	11.74	0.89	0.86	11.14-12.32
12	57-66	กาญจนบุรี	99.17	8.30	0.78	0.65	5.89-10.49
13	57-35	ฉะเชิงเทรา	99.81	4.93	0.57	0.51	0.11-9.22
14	57-63	พัทลุง	99.90	10.02	1.23	1.08	5.98-13.04
15	57-87	นครศรีธรรมราช	96.21	12.47	0.91	0.88	9.60-15.39
16	57-90	นครศรีธรรมราช	99.88	8.95	0.87	0.81	4.74-12.60
17	57-92	นครศรีธรรมราช	97.19	9.78	0.96	0.89	0.05-16.47
18	57-91	สงขลา	99.79	7.43	0.73	0.68	3.33-10.81
19	57-86	สงขลา	90.82	16.13	1.18	1.13	13.53-19.03
20	57-03	กาฬสินธุ์	99.01	14.44	1.09	1.05	11.31-17.79
21	57-09	กาฬสินธุ์	98.97	13.09	1.03	0.90	10.06-16.20
22	57-10	สกลนคร	99.80	10.64	1.00	1.15	8.00-13.09
23	57-11	สกลนคร	99.99	11.57	1.09	1.25	8.96-14.04
24	57-12	สกลนคร	94.41	13.68	1.08	0.94	9.61-18.20

Table 34 Resistance Test of *Tribolium castaneum* to phosphine in year 2014 (cont'd)

No.	Ref.	Province	% mortality (discriminating dose: 40 µg/l)	LC_{50} (µg/l)	Resistance Ratio (Thai)	Resistance Ratio (Aust.)	95% Confidence Limits (µg/l)
25	57-15	หนองคาย	100.00	12.17	1.15	1.31	11.66-12.68
26	57-22	หนองคาย	99.98	9.71	1.13	1.01	7.55-11.31
27	57-54	หนองคาย	100.00	10.50	0.98	0.92	7.91-12.42
28	57-55	หนองคาย	97.79	11.23	1.05	0.99	8.34-14.11
29	57-67	หนองคาย	100.00	11.38	1.07	0.89	10.50-12.11
30	57-16	เลย	96.45	9.25	1.08	0.96	3.50-13.94
31	57-27	มหาสารคาม	83.80	12.83	1.69	1.46	8.15-17.96
32	57-02	มหาสารคาม	100.00	14.15	1.07	1.03	12.45-15.74
33	57-38	ศรีสะเกษ	100.00	9.78	0.89	0.76	7.78-11.25
34	57-39	ศรีสะเกษ	90.20	10.84	0.99	0.84	6.71-15.11
35	57-58	ศรีสะเกษ	100.00	9.37	1.15	1.01	8.54-10.07
36	57-40	สุรินทร์	100.00	10.62	1.29	0.89	10.01-11.18
37	57-46	สุรินทร์	100.00	9.30	0.85	0.72	8.34-10.10
38	57-48	สุรินทร์	99.98	7.30	0.90	0.98	3.27-9.66
39	57-41	อุบลราชธานี	99.96	8.83	1.07	0.74	7.13-10.10
40	57-47	อุบลราชธานี	100.00	10.35	0.94	0.80	9.66-10.97
41	57-51	อุบลราชธานี	99.65	7.27	0.90	0.98	4.65-9.39
42	57-59	หนองบัวลำภู	100.00	8.19	1.00	0.88	7.69-8.61

Table 35 Resistance Test of *Tribolium castaneum* to phosphine in year 2015

No.	Ref.	Province	% mortality (discriminating dose: 40 µg/l)	LC_{50} (µg/l)	Resistance Ratio (Thai)	Resistance Ratio (Aust.)	95% Confidence Limits (µg/l)
1	58-13	นครปฐม	99.26	8.31	0.97	0.84	6.61-9.92
2	58-14	นครปฐม	99.42	11.03	1.28	1.11	5.42-14.34
3	58-20	ราชบุรี	95.75	12.25	1.31	1.14	8.46-15.25
4	58-21	ราชบุรี	99.37	11.82	1.27	1.10	9.40-13.73
5	58-23	ราชบุรี	97.73	7.97	1.04	0.90	4.29-11.20
6	58-36	อ่างทอง	100.00	12.23	0.82	0.83	10.92-13.45
7	58-37	อ่างทอง	98.10	12.16	1.09	1.03	3.02-17.07
8	48-40	ลพบุรี	89.82	15.16	1.36	1.28	2.18-23.74
9	58-41	ลพบุรี	80.03	19.30	1.73	1.63	14.85-24.77
10	58-42	ลพบุรี	100.00	11.00	0.99	0.93	6.43-14.63
11	58-45	สระบุรี	100.00	7.76	1.15	1.13	2.43-10.13
12	58-46	สระบุรี	99.62	7.64	1.13	1.11	1.00-11.93
13	58-22	กาญจนบุรี	95.82	11.70	1.25	1.09	4.57-17.20
14	58-49	กาญจนบุรี	64.45	26.08	1.48	1.40	19.16-34.83
15	58-51	กาญจนบุรี	9.00	724.68	62.63	78.68	533.98-
16	58-52	กาญจนบุรี	77.11	20.98	1.81	2.28	16.72-26.11
17	58-66	เพชรบุรี	98.00	14.93	1.07	0.97	10.26-19.29
18	58-68	เพชรบุรี	75.23	21.97	1.58	1.42	15.96-29.85
19	58-28	ฉะเชิงเทรา	93.55	12.45	1.03	1.08	9.17-15.91
20	58-29	สระแก้ว	100.00	10.36	0.86	0.90	9.65-10.99
21	58-30	นครนายก	94.01	11.90	0.99	1.03	2.44-18.64
22	58-31	ปราจีนบุรี	100.00	10.60	0.88	0.92	7.90-12.34
23	58-01	สงขลา	91.42	14.14	0.98	0.79	10.30-18.50
24	58-03	สงขลา	95.97	14.32	1.48	1.09	13.04-15.52

Table 35 Resistance Test of *Tribolium castaneum* to phosphine in year 2015 (cont'd)

No.	Ref.	Province	% mortality (discriminating dose: 40 µg/l)	LC_{50} (µg/l)	Resistance Ratio (Thai)	Resistance Ratio (Aust.)	95% Confidence Limits (µg/l)
25	58-02	นครศรีธรรมราช	91.15	13.60	0.94	0.76	8.06-18.00
26	58-04	นครศรีธรรมราช	84.19	15.81	1.63	1.20	6.90-23.57
27	58-08	นครศรีธรรมราช	99.62	13.82	0.96	0.77	11.44-16.27
28	58-50	นครศรีธรรมราช	92.79	17.60	1.00	0.94	13.78-22.28
29	58-57	พะเยา	93.24	15.48	1.44	1.43	12.07-18.47
30	58-58	แพร่	81.06	17.07	1.59	1.58	12.85-21.97
31	58-60	แพร่	72.20	22.27	1.91	2.19	16.57-29.66
32	58-59	เชียงราย	100.00	9.70	0.90	0.90	7.78-11.10
33	58-05	อุดรธานี	63.89	27.63	1.91	1.54	21.40-35.37
34	58-76	อุดรธานี	64.32	23.05	1.75	2.07	12.53-37.58
35	58-15	สุรินทร์	99.98	10.48	0.94	0.98	9.72-11.16
36	58-65	ชัยภูมิ	84.25	19.21	1.38	1.24	14.56-23.67
37	58-70	ชัยภูมิ	95.31	13.34	0.96	0.86	9.59-17.42
38	58-75	ขอนแก่น	100.00	10.91	0.83	0.98	9.63-12.04

Table 36. Resistance to phosphine (PH_3) of *Cryptolestes* spp. In Thailand on the year 2013-2015.

Region	Province	District	Number of populations tested	Number of resistant populations
Central	Ang Thong	Wiset Chai Chan	1	1
	Chai Nat	Mueang Chai Nat	1	1
	Lop Buri	Khok Samrong	2	1
	Nakhon Pathom	Phutthamonthon	1	1
	Sing Buri	In Buri	1	1
	Sing Buri	Tha Chang	2	0
	Sukhothai	Si Samrong	2	1
	Chon Buri	Ban Bueng	2	2
Northern	Kamphaeng Phet	Khanu Woralaksaburi	3	3
	Phetchabun	Nong Phai	4	3
	Phetchabun	Wichian Buri	1	1
	Phitsanulok	Mueang Phitsanulok	1	0
	Chiang Rai	Mae Chan	2	1
	Phayao	Chiang Kham	1	0
	Phayao	Dok Khamtai	1	1
	Phrae	Mueang Phrae	2	2
	Tak	Mae Sot	1	1
North Eastern	Buri Ram	Chaloem Phra Kiat	1	1
	Khon Kaen	Chum Phae	1	0
	Nakhon Ratchasima	Mueang Nakhon Ratchasima	3	2
	Sakon Nakhon	Phang Khon	1	1
	Surin	Mueang Surin	3	1
	Surin	Prasat	1	1
	Surin	Sikhoraphum	1	1
	Udon Thani	Mueang Udon Thani	2	2
	Udon Thani	Nong Han	1	1
Southern	Nakhon Si Thammarat	Hua Sai	3	2
	Nakhon Si Thammarat	Mueang Nakhon Si Thammarat	1	1
	Phatthalung	Mueang Phatthalung	1	0
Total			47	33

Table 37. Response of resistance populations of *Cryptolestes* spp. to increased concentration of phosphine (PH_3) .

Region	Province	District	Loc.	Average mortality (%) on difference PH_3 dosage															
				0.06	0.12	18	0.24	0.3	0.36	0.42	0.48	0.55	0.6	0.66	0.72	0.78	0.84	0.9	0.96
Central	Ang Thong	Wiset Chai Chan	1	60.0	93.3	97.8	95.6	100.0	100.0	100.0	97.8	100.0	100.0	100.0	100.0				
	Chai Nat	Mueang Chai Nat	1	88.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	Lop Buri	Khok Samrong	1	84.2	96.5	100.0	100.0	100.0	100.0	98.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	Nakhon Pathom	Phuttham onthon	1	78.7	97.8	98.9	100.0												
	Sing Buri	In Buri	1	98.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	Sukhothai	Si Samrong	1	96.9	100.0	100.0													
	Chon Buri	Ban Bueng	1	95.0	100.0	100.0													
			2	100.0	98.9	98.9	100.0	100.0	95.8	100.0	98.9	97.9	100.0	100.0	98.9	100.0	100.0	93.7	100.0

Table 37 (continue)

Region	Province	District	Loc.	Average mortality (%) on difference PH_3 dosage															
				0.06	0.12	18	0.24	0.3	0.36	0.42	0.48	0.55	0.6	0.66	0.72	0.78	0.84	0.9	0.96	1.02
Northern	Kamphaeng Phet	Khanu Woralaksa buri	1	89.4	94.7	98.9	100.0	95.7	100.0	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	96.8	98.9	96.8		
			2	78.1	100.0	88.5	93.8	87.5	100.0	94.8	95.8	90.6	92.7	90.6	89.6	95.8	99.0	95.8		
			3	89.8	100.0	96.6	94.9	72.9	79.7	55.9	67.8	66.1	52.5	69.5	39.0	83.1	52.5	64.4		
	Phetchabun	Nong Phai	1	32.4	75.7	78.4	83.8	75.7	86.5	71.6	74.3	81.1	91.9	93.2	90.5	100.0	85.1			
			2	90.6	90.6	90.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
			3*	2.4	15.3	41.2	9.4	28.2	23.5	9.4	24.7	30.6	52.9	12.9	17.6	34.1	36.5	10.6	28.2	29.4
		Wichian Buri	1	83.8	98.5	100.0	98.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.5	100.0	100.0		
	Chiang Rai	Mae Chan	1	94.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
	Phayao	Dok Khamtai	1	98.6	100.0	100.0	100.0	100.0	98.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.6	98.6		
	Phrae	Mueang Phrae	1	76.5	100.0	98.8	100.0	100.0	98.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
			2	89.1	95.7	100.0	89.1	97.8	98.9	100.0	98.9	98.9	97.8	100.0	100.0	100.0	98.9	100.0		
	Tak	Mae Sot	1	89.2	91.4	98.9	100.0													

Table 37. (continue)

Region	Province	District	Loc.	Average mortality (%) on difference PH3 dosage																	
				0.06	0.12	18	0.24	0.3	0.36	0.42	0.48	0.55	0.6	0.66	0.72	0.78	0.84	0.9	0.96	1.02	1.08	1.14
North Eastern	Buri Ram	Chaloem Phra Kiat	1	81.5	73.9	78.3	80.4	77.2	85.9	55.4	77.3	62.0	80.4	100	100	97.8	88.0	96.7				
	Nakhon Ratchasima	Mueang Nakhon Ratchasima	1	57.1	60.2	63.3	66.3	66.3	63.3	60.2	59.2	62.2	61.2	77.6	89.8	91.8	81.6	96.9	86.7	94.9	91.8	
			2*	1.0	5.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	4.0	4.0	2.0	5.0	4.0	1.0	3.0	0.0	2.0	3.0
	Sakon Nakhon	Phang Khon	1	88.0	99.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	Surin	Mueang Surin	1	65.4	74.4	52.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100							
		Prasat	1	40.5	77.0	77.0	83.8	82.4	82.4	77.0	93.2	79.7	87.8	79.7	85.1	85.1	89.2	81.1	93.2	90.5	86.5	93.2
		Sikhoraphum	1	70.0	70.0	80.0	90.0	70.0	100	50.0	90.0	90.0	70.0	100	100	100	100					
	Udon Thani	Mueang Udon Thani	1	93.3	100	98.9	100	100	100	100	100	100	100	100								
			2	32.6	55.8	41.1	62.1	55.8	69.5	60.0												
		Nong Han	1	95.2	100	98.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
Southern	Nakhon Si Thammarat	Hua Sai	1	69.4	62.5	95.8	87.5	81.9	84.7													
			2	97.7	98.9	100	100	100	100	100	100											
		Mueang Nakhon Si Thammarat	1	83.8	100	100	100	100	100	100	100											

* Strong resistance strain