สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การบริหารควบคุมด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY (COLEOPTERA : CURCULIONIDAE) โดยใช้พันธุ์ข้าวต้านทานและสารฟอสฟีน

CONTROL MANAGEMENT OF MAIZE WEEVIL, *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY (COLEOPTERA : CURCULIONIDAE) USING RESISTANT RICE VARIETIES AND PHOSPHINE

T060844

ณฐพงศ์ เมธินธรังสรรค์
NATHAPONG MATINTARANGSON

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วน.
อม119 ก
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 60844
วัน,เดือน,ปี - 6 ต.ค. 2549

b 11584786
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชากีฏวิทยาและสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1409-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONTROL MANAGEMENT OF MAIZE WEEVIL, *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY (COLEOPTERA : CURCULIONIDAE) USING RESISTANT RICE VARIETIES AND PHOSPHINE

NATHAPONG MATINTARANGSON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN ENTOMOLOGY AND ENVIRONMENT
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2005

ISBN 974-15-1409-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2005
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การบริหารควบคุมด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY (COLEOPTERA : CURCULIONIDAE) โดยใช้พันธุ์ข้าวต้านทานและสารฟอสฟีน
นักศึกษา	นายณฐพงศ์ เมธินธรังสรรค์
รหัสประจำตัว	44066708
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	กีฏวิทยาและสิ่งแวดล้อม
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วรเดช จันทรสร
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	-

บทคัดย่อ

การบริหารควบคุมด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* Motschulsky โดยใช้พันธุ์ข้าวต้านทานและสารฟอสฟีน เป็นการศึกษาหาพันธุ์ข้าวส่งออกที่มีลักษณะต้านทานต่อการวางไข่ ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยยาวนาน และมีจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดที่ฟักออกมาน้อย วิธีการโดยทำการคัดเลือกพันธุ์ข้าว 12 พันธุ์ และ 1 พันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ใช้ในทดลองพันธุ์ละ 100 เมล็ด มีดังนี้ สุพรรณบุรี1 สุพรรณบุรี60 สุพรรณบุรี90 ปทุมธานี1 ปทุมธานี60 กข7 กข15 กข23 ชัยนาท1 พิษณุโลก2 หอมคลองหลวง1 ขาวดอกมะลิ105 และข้าวกล้องหอมมะลิใช้เป็นพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ ทำการทดลองโดยใช้เพศผู้ 3 ตัวและเพศเมีย 6 ตัวเลี้ยงในเมล็ดพันธุ์ข้าวต่างๆจำนวน 100 เมล็ด พันธุ์ข้าวละ4ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบCRD จากการทดลองพบว่าพันธุ์ปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 มีความต้านทานต่อด้วงงวงข้าวโพด มีจำนวนการวางไข่เฉลี่ย 22.25, 22.50 และ 29.00 ฟอง ตามลำดับ ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยยาวนาน 42.25, 41.00 และ 39.50 วัน ตามลำดับ จำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมาเฉลี่ย 3.75, 5.00 และ 5.75 ตัว ตามลำดับ น้ำหนักตัวเฉลี่ย 1.71, 1.74 และ 1.76 มิลลิกรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิซึ่งมีการวางไข่ 153.00 ฟอง ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยเพียง 28.75 วัน จำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมา 59.25 ตัว น้ำหนักตัวเฉลี่ย 2.49 มิลลิกรัม โดยตัวเต็มวัยที่ฟักออกมาจากพันธุ์ข้าวเหล่านี้จะมีลักษณะขนาดที่ไม่สมบูรณ์ เมื่อนำตัวเต็มวัยที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ มาทดสอบกับสารรมฟอสฟีนในขวดภาชนะปิดขนาด 0.233 µl ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.94, 3.89, 5.54, 7.79 และ 9.74 µl พบว่าที่ชั่วโมงที่ 8 ค่า LC_{50} พันธุ์ข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 มีค่าเท่ากับ 2.74, 2.97 และ 4.97 µl ในขณะที่ LC_{50} ของพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิมีค่าเท่ากับ 11.84 µl ค่าLT_{50}ของพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1มีค่าเท่ากับ 6.14, 6.22 และ 7.38 ชั่วโมง ตามลำดับ ในขณะที่ LT_{50} ของพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิมีค่าเท่ากับ 11.57 ชั่วโมง จากข้อมูลดังกล่าวจึงอาจใช้พันธุ์ข้าวต้านทานทั้ง 3 พันธุ์เพื่อส่งออกโดยตรงหรือนำมาผสมกับพันธุ์ข้าวบางพันธุ์เพื่อลดปริมาณการใช้และใช้ระยะเวลาในการรมฟอสฟีนให้สั้นลง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	CONTROL MANAGEMENT OF MAIZE WEEVIL, *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY (COLEOPTERA : CURCULIONIDAE) USING RESISTANT RICE VARIETIES AND PHOSPHINE
Student	Mr. Nathapong Matintarangson
Student ID	44066708
Degree	Master of Science
Programme	Entomology and Environment
Year	2005
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Warlardej Chantrasorn
Thesis Co Advisor	-

ABSTRACT

Control of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky using resistant rice varieties and phosphine was conducted. Twelve rice selected varieties for export, namely, Suphanburi1, Suphanburi60, Suphanburi90, Pathumthani1, Pathumthani60, RD7, RD15, RD23, Chainat1, Phictsanulok2, Homkrongloung1, Khao Dawk Mali105 were used as well as partly refined Homali(Khao Kong) used as control and rearing media for maize weevil. Three males and six females of maize weevil were reared on 100 seeds of each rice varieties. CRD with four replications was applied for the experiment. The resistant rice varieties were defined as laid fewer eggs, low adult emergence and longer developmental periods. Three rice varieties were evaluated as resistance namely, Pathumthani60, Suphanburi1 and Homkrongloung1 which caused the maize weevil gave lower numbers of egg laid, longer developmental periods, and small numbers of adult emergence as follows : 22.25, 22.50 and 29.00 eggs, 42.25, 41.00 and 39.50 days, and 3.75, 5.00 and 5.75 adults as well as the average weight of the adult were 1.71, 1.74 and 1.76 mg, respectively. Comparing with Khao Kong Homali showed having the highest number of eggs laid and adult emergence and shorter developmental period, as 153.00 eggs, 28.75 days and 59.25 adults, respectively, with adult weight of 2.49 mg was obtained.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Adults reared on the selected rice varieties and Khao Kong Homali(control) were also tested with five phosphine concentrations; 1.94, 3.89, 5.54, 7.79 and 9.74 µl in a closed vials 0.233 µl. The median lethal concentrations (LC_{50}) at eight hours phosphine on maize weevil of reared on Pathumthani60, Suphanburi1 and Homkrongloung1 were 2.74, 2.97 and 4.97 µl and median lethal time (LT_{50}) was 6.14, 6.22 and 7.38 hours, respectively. While those from control were 11.84 µl and 11.57 hours, respectively. For the management of control maize weevil, the three selected varieties could be used as host resistance in order to reduce used of phosphine and time comsuming of fumigation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก รศ.ดร.วรเดช จันทรสร อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ซึ่งผู้วิจัยมีความรู้สึกทราบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณอาจารย์กรรมการร่วมสอบวิทยานิพนธ์ และคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช ที่ให้คำแนะนำและปรึกษาเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์กุสุมา นวลวัฒน์ คุณพรทิพย์ วิสารทานนท์ คุณบุษรา จันทร์แก้วมณี คุณใจทิพย์ อุไรชื่น คุณรังสิมา เก่งการพานิช เจ้าหน้าที่ พี่ๆน้องๆ กลุ่มงานแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร ที่ให้คำแนะนำและปรึกษาเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ดร.ณัฐกฤต พิทักษ์ และคุณศรีสมร พิทักษ์ นักวิชาการของกองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร ที่ให้คำแนะนำและปรึกษาเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณบัณฑรี โชติมโนธรรม นักวิชาการของกรมส่งเสริมการเกษตร ที่ให้คำแนะนำและปรึกษาเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จ.ปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์พันธุ์ข้าวต่างๆ มาทำการวิจัยครั้งนี้

ขอขอพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ น้อง ลุงป้าน้าอา ญาติต่างๆ ที่ให้กำลังใจช่วยเหลือทางด้านสติปัญญาและทุนทรัพย์ ให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณจรงค์ศักดิ์ พุมนวน นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ พี่ๆน้องๆ ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช ให้คำแนะนำและปรึกษาเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ เพื่อนๆสมัยเรียนมัธยมและปริญญาตรี ที่ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำและปรึกษาเป็นอย่างดี

สุดท้ายขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่หล่อหลอมประสาทวิชาความรู้ สติปัญญา ให้ผู้วิจัยได้ประสบผลสำเร็จ นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาประเทศชาติให้เจริญรุ่งเรืองต่อไป

ณฐพงศ์ เมธินธรังสรรค์

ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....IX

สารบัญภาพ.....XI

บทที่1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....15

3.1 การศึกษาหาพันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อด้วงงวงข้าวโพด.....15

3.1.1 การคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ต้านทาน.....15

3.1.2 แมลงที่ใช้ทดลอง.....15

3.1.3 การศึกษาการวางไข่และการเจริญเติบโตในพันธุ์ข้าว.....17

3.1.4 การย้อมสีเมล็ดข้าวเพื่อนับจำนวนไข่และระยะเวลาเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย.....19

3.1.5 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไข่ ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตและจำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมาของด้วงงวงข้าวโพด.....22

3.1.6 การศึกษาความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ข้าว(Index of susceptibility).....22

3.1.7 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาว น้ำหนัก100เมล็ด(กรัม) และเปอร์เซ็นต์อไมโลสกับจำนวนไข่ ระยะเวลาในการเจริญเติบโตและจำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมา.....22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

3.2 การศึกษาระดับของสารฟอสฟีนที่มีผลต่อการตายด้วงงวงข้าวโพด
จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ.....23
3.2.1 การเตรียมสารรมฟอสฟีน.....23
3.2.2 การคำนวณหาปริมาตรของก๊าซที่ใช้ทดลอง.....23
3.2.3 การทดสอบก๊าซฟอสฟีนกับด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทาน
และพันธุ์อ่อนแอ.....24
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล.....26

บทที่ 4 ผลการวิจัย.....27
4.1 การศึกษาหาพันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อด้วงงวงข้าวโพด.....27
4.1.1 การศึกษาการวางไข่.....27
4.1.2 การศึกษาระยะเวลาในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย.....28
4.1.3 การศึกษาจำนวนการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย.....29
4.1.4 น้ำหนักของด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ.....30
4.1.5 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไข่ ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโต
และจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด.....31
4.1.6 การศึกษาความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ข้าว(Index of susceptibility).....31
4.1.7 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาว น้ำหนัก100เมล็ด(กรัม)
และเปอร์เซ็นต์อไมโลสกับจำนวนไข่ ระยะเวลาเจริญเติบโต
และจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด.....33
4.2 การศึกษาผลของสารฟอสฟีนที่มีผลต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด
ที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ.....33
4.2.1 การศึกษาความเป็นพิษของสารฟอสฟีนต่อด้วงงวงข้าวโพด
ที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ.....37

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการวิจัย.....41
5.1 การศึกษาพันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อด้วงงวงข้าวโพด.....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

5.2 การศึกษาผลของสารฟอสฟีนที่มีผลต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด
ที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ.....43

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....46

บรรณานุกรม.....48

ภาคผนวก.....55

ประวัติผู้เขียน.....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 จำนวนไข่ของด้วงงวงข้าวโพดที่วางบนข้าวพันธุ์ต่างๆ....28

4.2 ระยะเวลาในการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดที่พบบนข้าวพันธุ์ต่างๆ....29

4.3 จำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดที่พบบนข้าวพันธุ์ต่างๆ....30

4.4 น้ำหนักของด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ....31

4.5 ดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ข้าว(Index of Susceptibility)....32

4.6 จำนวนการตายเฉลี่ยของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60ในแต่ละระดับความเข้มข้นของฟอสฟีน....34

4.7 จำนวนการตายเฉลี่ยของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี1ในแต่ละระดับความเข้มข้นของฟอสฟีน....35

4.8 จำนวนการตายเฉลี่ยของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวหอมดลองหลวง1ในแต่ละระดับความเข้มข้นของฟอสฟีน....36

4.9 จำนวนการตายเฉลี่ยของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิในแต่ละระดับความเข้มข้นของฟอสฟีน....37

4.10 ค่าความเป็นพิษของสารรมฟอสฟีนต่อด้วงงวงข้าวโพด....38

4.11 เปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพดต่อสารรมฟอสฟีนในแต่ละชั่วโมง....39

ก. 1 จำนวนไข่ของด้วงงวงข้าวโพดในข้าวพันธุ์ต่างๆ....56

ก. 2 ระยะเวลาในการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดในข้าวพันธุ์ต่างๆ....56

ก. 3 จำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดในข้าวพันธุ์ต่างๆ....57

ก. 4 น้ำหนักของด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ....57

ก. 5 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติในการวางไข่บนพันธุ์ข้าวต่างๆ....57

ก. 6 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของระยะการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยบนพันธุ์ข้าวต่างๆ....58

ก. 7 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตัวเต็มวัยบนพันธุ์ข้าวต่างๆ....58

ก. 8 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวทางกายภาพและเคมี....58

ก. 9 จำนวนการตายของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60ในแต่ละความเข้มข้นของฟอสฟีน....59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ก. 10 จำนวนการตายของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี1ในแต่ละความเข้มข้นของฟอสฟีน.....60

ก. 11 จำนวนการตายของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวหอมคลองหลวง1ในแต่ละความเข้มข้นของฟอสฟีน.....61

ก. 12 จำนวนการตายของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิในแต่ละความเข้มข้นของฟอสฟีน.....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

3.1 อวัยวะเพศผู้ของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 80X.....16
3.2 อวัยวะเพศเมียของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 80X.....16
3.3 งวง(rostrum)เพศผู้ของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 2.5X.....18
3.4 งวง(rostrum)เพศเมียของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 2.5X.....18
3.5 กรรมวิธีคัดเลือกพันธุ์ข้าวต่อการทำลายของด้วงงวงข้าวโพด.....19
3.6 การย้อมไข่ด้วงงวงข้าวโพดด้วย acid fuchsin.....20
3.7 การนับไข่ด้วงงวงข้าวโพดที่วางบนสายพันธุ์ข้าวแต่ละชนิด.....20
3.8 การเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ.....21
3.9 การดึงอัตราระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีน.....24
3.10 การฉีดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนในภาชนะปิด.....25
ผ. 1 ไข่ของด้วงงวงข้าวโพดที่วางบนเมล็ดข้าว กำลังขยาย 2X.....63
ผ. 2 ระยะหนอนของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 2.5X 63
ผ. 3 ระยะดักแด้ของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 2.5X.....64
ผ. 4 ระยะตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 1.5X.....64
ผ. 5 การเตรียมสารรมฟอสฟีน(Phosphine fumigant).....65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ประชากรส่วนใหญ่ในโลกได้อาหารมาจากผลผลิตประเภทเมล็ดซึ่งคิดเป็น64%ของแหล่งอาหารทั้งหมด ผลิตผลเกษตรโดยทั่วไป เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ฯลฯ มักจะได้รับความเสียหายในระหว่างการเก็บรักษา ความเสียหายที่เกิดขึ้นมีสาเหตุจากปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการ คือ ปัจจัยทางกายภาพ (physical factor) ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ปัจจัยที่สำคัญอีกประการ คือ ปัจจัยทางชีวภาพ (biological factor) ได้แก่ แมลง ไร เชื้อรา นกและหนู ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่า แมลงเป็นศัตรูที่สำคัญและทำความเสียหายให้กับผลิตผลเกษตรมากที่สุด เมล็ดพันธุ์ที่เก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน จะได้รับความเสียหายสูงถึง 22 เปอร์เซ็นต์ นำไปใช้ประโยชน์ต่อไปไม่ได้ (ชูวิทย์ ศุขปราการ และคณะ. 2543) ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลิตผลอันเนื่องมาจากแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรนั้นได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก สูญเสียคุณค่าทางอาหาร สูญเสียความงอก สูญเสียคุณภาพ สูญเสียเงิน และสูญเสียชื่อเสียง ความเสียหายโดยทั่วไป มักจะเป็นความเสียหายทางด้านน้ำหนักของผลผลิตเป็นส่วนใหญ่และความเสียหายจากการปนเปื้อนของแมลง คราบและมูลของแมลง (ชุมพล กันทะ. 2533) แมลงในอันดับ Coleoptera มีมากกว่า 60 ชนิด ที่ทำลายผลิตผลเกษตรในโรงเก็บตามส่วนต่างๆ ของโลก และจากการสำรวจแมลงศัตรูในประเทศไทย ทราบชื่อแล้ว 70 ชนิด เป็นแมลงอันดับ Coleoptera 65 ชนิด และอันดับ Lepidoptera 5 ชนิด (กรมวิชาการเกษตร. 2535) ด้วงงวงข้าวโพดเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญสามารถทำลายเมล็ดพันธุ์ให้ได้รับความเสียหายทั้งคุณภาพและปริมาณพบเห็นได้ทั่วไปโดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการส่งออกข้าว (Munro. 1966) ประเทศไทยเป็นผู้นำในการส่งข้าวออกในตลาดโลกมาตลอด การส่งออกข้าวตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันมีอัตราเพิ่มขึ้น ปริมาณการส่งออกข้าวของไทยทำสถิติสูงสุด 7.597 ล้านตัน ทำรายได้ให้ประเทศ 76,368 ล้านบาท ส่งไปขายทั่วโลก 173 ประเทศ โดยเฉพาะทวีปเอเชีย แอฟริกา ตะวันออกกลาง อเมริกา ยุโรป และโอเชียเนีย ตามลำดับ (อัมพร เอี่ยมสุรีย์. 2546) โดยข้าวหอมมะลิเป็นข้าวที่ได้ชื่อว่ามีคุณภาพที่ดีที่สุด เป็นที่นิยมบริโภคทั้งในและต่างประเทศ โดยเฉพาะตลาดต่างประเทศที่มีผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีฐานะดี กำลังซื้อสูง ข้าวหอมมะลิเป็นข้าวที่มีความหอมเป็นเอกลักษณ์ มีความนุ่มเหนียวที่โดดเด่น และเป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง ปลูกมากในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ลัดดาวัลย์ กรรณนุช. 2544) พันธุ์ข้าวที่นำมาผลิตข้าวหอมได้แก่ พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 และกข15 ซึ่งเป็นข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ พ่อค้ามักนำข้าว กข23 มาผสมกับข้าวหอม แต่ในปัจจุบันมักนำพันธุ์ชัยนาท1 มาผสมกับข้าวหอม เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวขาวดอกมะลิ105 มีราคาแพง การผสมข้าวที่ขาดหลักเกณฑ์เหมาะสม จึงเกิดการร้องเรียนจากผู้บริโภค ทั้งภายในและต่างประเทศ (งามชื่น คงเสรี. 2541) นอกจากนี้ปัญหาในการส่งออกข้าวที่สำคัญคือ การปนเปื้อนของแมลง เมื่อมีการทำลายของแมลงในเมล็ดข้าวจะพบว่าคุณภาพของเมล็ดไม่เหมือนเดิม ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก ในปัจจุบันการระมัดระวังเรื่องความสะอาดมีมากขึ้น การพบแมลงหรือชิ้นส่วนแมลงในอาหารทำให้ผู้บริโภคเกิดความไม่พอใจ อาจคืนถุงอาหารนั้นในร้านค้า ผู้ผลิต หรือผู้ประกอบการในที่สุด (กุสุมา นวลวัฒน์. 2545) ปัญหาของแมลงที่เข้าทำลายผลผลิตเกษตรเป็นปัญหาที่ต้องแก้ไข เพราะหากปล่อยให้แพร่ระบาดจะเกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ ในการป้องกันกำจัดส่วนใหญ่ นิยมใช้วิธีการรม (fumigant) สารเคมีที่นำมาใช้ในการรมมีหลายชนิด เช่น ฟอสฟีน เมธิลโบรไมด์ (อนุโลมให้ใช้ถึงปี 2015 ในประเทศกำลังพัฒนา) ซัลฟูริล ฟลูออไรด์ คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนิลซัลไฟด์ และเอทธิลฟอเมต (Bell. 2000) ในประเทศไทยสารรมที่นิยมใช้มี 2 ชนิดคือ ฟอสฟีน และเมธิลโบรไมด์ การใช้สารรมเป็นวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพดีที่สุด สามารถป้องกันกำจัดแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต เหมาะกับข้าวที่มีปริมาณมากๆ แต่มีข้อเสียคือเมื่อสิ้นสุดการรม แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรสามารถกลับเข้ามาทำลายผลผลิตได้อีก จึงต้องมีการรมซ้ำเป็นระยะๆ 2-3 เดือน ซึ่งอาจจะไปมีผลทำให้แมลงสร้างความต้านทานได้ (ไพฑูรย์ อุไรคงค์. 2544)

ดังนั้นการป้องกันกำจัดโดยใช้วิธีการรมฟอสฟีนเพียงอย่างเดียวอาจจะยังไม่เพียงพอ และมีข้อจำกัดคือมีความเป็นพิษสูงต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและแมลงเริ่มมีการสร้างความต้านทานต่อฟอสฟีนได้ การมีวิธีการอื่นร่วมกับการลดปริมาณการใช้ฟอสฟีนลง แต่ยังมีประสิทธิภาพเหมือนเดิม โดยการใช้พันธุ์ข้าวต้านทานจึงเป็นวิธีการหนึ่ง ซึ่งอาจจะมีปัจจัยบางอย่างในเมล็ดพันธุ์ข้าวต้านทานที่มีผลต่อการทำลายของด้วงงวงข้าวโพด จำนวนด้วงงวงข้าวโพดที่ออกมาจากพันธุ์ข้าว การมีลักษณะที่แตกต่างกันทั้งขนาด น้ำหนักตัว และระยะเวลาของการเจริญเติบโต จึงเป็นแนวทางป้องกันกำจัดอีกแนวทางหนึ่ง ที่จะเลือกพันธุ์ข้าวต้านทานนำมาผสมกับพันธุ์ข้าวหอมมะลิร่วมกับการใช้ฟอสฟีนในอัตราส่วนที่ลดลงกว่าเดิม เพื่อความปลอดภัยต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และสภาวะแวดล้อม เพื่อการส่งออกข้าวของประเทศต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาหาพันธุ์ข้าวที่ส่งออกที่ต้านทานต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพด

1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอัตราการใช้ปริมาณฟอสฟีนที่มีผลต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงในพันธุ์ข้าวต้านทานกับพันธุ์ข้าวอ่อนแอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ประเทศไทยเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยผลิตผลทางด้านการเกษตรที่หลากหลาย เช่น ข้าว ข้าวโพด พืชผัก พืชสวน พืชไร่ ทำรายได้ในการส่งออกต่างประเทศเป็นมูลค่าหลายพันล้านบาท โดยเฉพาะข้าวเป็นผลิตผลที่สำคัญที่สุดในการส่งออก มีความหลากหลายของสายพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันทั้งคุณภาพและลักษณะของแต่ละสายพันธุ์เหมาะต่อการนำไปบริโภคและแปรรูปในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะพันธุ์ข้าวหอมมะลิ105เป็นพันธุ์ข้าวที่ส่งออกและทำรายได้ให้กับประเทศไทยมากที่สุด เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อผู้บริโภคเป็นพันธุ์ข้าวที่เมื่อหุงแล้วมีลักษณะหอม เหนียวและอ่อนนุ่ม จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ แต่ในปัจจุบันปัญหาในการส่งออกข้าวของไทยส่วนใหญ่คือการปนเปื้อนของแมลงศัตรูในโรงเก็บ เช่น ด้วงงวงข้าว ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย ผีเสื้อข้าวสาร โดยที่แมลงเหล่านี้จะมีคุณลักษณะพิเศษ สามารถขยายพันธุ์ได้สูง มีวงจรชีวิตสั้นใน1ปี เป็นสัตว์เลือดเย็นสามารถปรับอุณหภูมิของร่างกายให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี จึงทำให้แมลงเข้าทำลายเมล็ดข้าวให้ได้รับความเสียหายทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ บริษัทส่งออกข้าว โรงงาน เจ้าของโรงสี ผู้ประกอบการร้านค้าต่างๆ นิยมใช้วิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บคือวิธีการรม(fumigation) ฟอสฟีนจึงเป็นสารเคมีที่นำมาใช้ในการป้องกันกำจัดซึ่งใช้ระยะเวลาในการรม 5-7วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บเกือบทุกระยะการเจริญเติบโต แต่ปัจจุบันมีรายงานของการสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนเกิดขึ้นในแมลงหลายชนิด การใช้สารรมฟอสฟีนเพียงอย่างเดียวอาจจะยังไม่เพียงพอ เพราะเป็นสารเคมีสังเคราะห์ มีพิษสูงต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและสภาพแวดล้อม

ดังนั้นการนำพันธุ์ข้าวต้านทานมาใช้ร่วมกับสารรมฟอสฟีนจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการที่จะลดอัตราการใช้ปริมาณสารรมฟอสฟีนลง แต่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงเหมือนเดิม ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการสอบถามข้อมูลพื้นฐานของพันธุ์ข้าวในการส่งออกจากบริษัทส่งออกข้าวในประเทศไทย โดยใช้พันธุ์ข้าวทั้งหมด 12 พันธุ์ ดังนี้ สุพรรณบุรี1 สุพรรณบุรี60 สุพรรณบุรี90 ปทุมธานี1 ปทุมธานี60 กข7 กข15 กข23 ชัยนาท1 พิษณุโลก2 หอมคลองหลวง1 ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวกล้องหอมมะลิใช้เป็นพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ ทำการคัดเลือกลักษณะของพันธุ์ที่ต้านทานต่อการวางไข่ของด้วงงวงข้าวโพด จากนั้นนำตัวเต็มวัยที่เลี้ยงได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานมาทดสอบกับสารรมฟอสฟีนในห้องปฏิบัติการ ทดสอบในระดับความเข้มข้น 5 ระดับคือ 0, 1.94, 3.89, 5.54, 7.79 และ 9.74 µl ตามลำดับ ตรวจนับปริมาณการตายและระยะเวลาที่ตาย ในทุกการทดลองจะต้องเปรียบเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เมล็ดข้าวในทางพฤษศาสตร์ เป็นผลชนิดหนึ่งเรียกว่าคารีออพซีส (caryopsis) ประกอบด้วยสองส่วนใหญ่คือ ส่วนประกอบภายนอกและส่วนประกอบภายใน ส่วนประกอบภายในเมื่อแกะเอาเปลือกออกจะได้ข้าวกล้อง ประกอบด้วยเยื่อหุ้มผล มี 3 ชั้น ชั้นนอก (epicarp) ชั้นกลาง (mesocarp) ชั้นใน (endocarp) ถัดจากเยื่อหุ้มผลคือ เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) ต่อจากชั้นเยื่อหุ้มเมล็ด คือ เยื่ออาลูโรน (aleuron) หรือชั้นรำ เยื่อนี้มีโปรตีน ไขมัน และวิตามินสูง แต่มีแป้งเล็กน้อย ส่วนต่อมาคือ ส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) หรือข้าวสาร ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่ (กรมวิชาการเกษตร. 2540) ข้าวสารซึ่งเป็นส่วนของเอนโดสเปิร์ม ส่วนนี้จะประกอบด้วยแป้ง 75-80% ที่มีความชื้น 14% และอาจมีโปรตีนอยู่ประมาณ 4.5-14% แป้งข้าวมีลักษณะเป็นผลึกเล็กมาก (2-9 ไมครอน) เรียกว่า ผลึกแป้ง (starch granule) อัดตัวเป็นกลุ่มแป้ง (starch compound) โดยมีกลุ่มโปรตีน (protein body) แทรกอยู่ระหว่างกลุ่มแป้ง ในข้าวบางเมล็ด กลุ่มแป้งอาจไม่สมบูรณ์ ทำให้ผลิตแป้งกระจายออกมาและอัดตัวไม่แน่น มีผลทำให้เกิดช่องว่างเล็กๆ ขึ้นภายในเมล็ดจะเห็นเป็นจุดสีขาวทึบแสงในข้าวจ้าว เรียกว่าท้องไข่ หรือท้องปลาชิว (chalky) (งามชื่น คงเสรี. 2531) Juliano (1981) ได้อธิบายลักษณะการต้านทานของพันธุ์ข้าวต่อแมลงมี 2 อย่าง คือคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพ คือ ลักษณะภายนอกของเมล็ดข้าวที่มีผลต่อการเข้าทำลายของแมลง ได้แก่ ลักษณะของเปลือกหุ้ม ความหนาของชั้นรำ ความแข็งของเมล็ด ลักษณะรูปร่างของเมล็ดทั้งความหนา ความยาวและความกว้าง คุณสมบัติทางเคมีคือ คุณสมบัติของสารเคมีที่อยู่ในเมล็ดข้าวที่มีผลต่อการเข้าทำลายของแมลง ได้แก่ สารอาหารในเมล็ดข้าว เอนโดสเปิร์ม คาร์โบไฮเดรท โปรตีน เปอร์เซ็นต์อะไมโลส ไขมัน อุณหภูมิในการคงตัวของแป้ง ปริมาณความชื้นและองค์ประกอบของสารเคมีอื่น ไชยรัตน์ เพ็ชรชลานุวัฒน์ และคณะ (2543) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวสารจำนวน 8 พันธุ์ พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของพันธุ์ข้าวไม่มีความแตกต่างกัน ขณะที่คุณสมบัติทางเคมี เช่น อไมโลส โปรตีน ไขมัน และสัดส่วนของแป้งมีความแตกต่างกัน ในขณะที่ Singh and McCain (1963) และ Rhine and staples (1968) ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์คุณสมบัติของสารอาหารบางชนิดในเมล็ดข้าวโพดที่มีผลต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวและแมลงศัตรูชนิดอื่น พบว่าสารอาหารที่พบมีความแตกต่างกัน ซึ่งถ้าเมล็ดมีปริมาณน้ำตาลและแป้งเพิ่มขึ้น จำนวนตัวเต็มวัยและน้ำหนักก็เพิ่มขึ้นด้วย แสดงว่าน้ำตาลและแป้งมีผลต่อการเจริญเติบโตของแมลง ขณะที่ไขมันมีความสัมพันธ์ทางลบ คือ ถ้าปริมาณไขมันสูงจะเป็นการทำให้เมล็ดที่มีคุณสมบัติต้านทานยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์อไมโลสยิ่งเพิ่มมากขึ้น จะทำให้จำนวนตัวเต็มวัยที่ออกมาและน้ำหนักเฉลี่ยของตัวเต็มวัยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ช่วงระยะเวลายาวนานขึ้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น เช่น กลิ่น สี สิ่งกระตุ้น สิ่งเร้าต่างๆที่ผลต่อการเข้าทำลายของแมลง คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเมล็ดเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของแมลงอย่างยิ่ง เพราะเป็นแหล่งอาหารสำหรับตัวอ่อน คุณสมบัติทางกายภาพได้มีการศึกษาโดย Singh *et al.* (1980) ทำการทดลองถึงผลกระทบของเปลือกหุ้มข้าวบาเลย์ในแต่ละพันธุ์ต่อความต้านทานของด้วงงวงข้าว พบว่าพันธุ์ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดจะมีจำนวนไข่และจำนวนตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้นมาน้อยกว่าพันธุ์ที่ไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และการทดลองของ Adetunji (1988) ทำการศึกษาความต้านทานบางสายพันธุ์ของเมล็ดข้าวฟ่างในการทำลายของด้วงงวงข้าว โดยศึกษาข้าวฟ่างสายพันธุ์ใน Nigerian และ Tanzanian พบว่าในพันธุ์เมล็ดข้าวฟ่างที่ต้านทานเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ที่อ่อนแอจะมีความแตกต่างกันของจำนวนตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้นมาและระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญสูง Gomez *et al.* (1983) ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะบางประการของเยื่อหุ้มผลเมล็ดข้าวโพดและความต้านทานด้วงงวงข้าว พบว่าการที่เอาเยื่อหุ้มผลออกจากเมล็ด ผลที่เกิดขึ้นจะมีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัดของการเพิ่มขึ้นของจำนวนการวางไข่ทุกสายพันธุ์ข้าวโพด การตรวจสอบความชอบในการวางไข่นั้น ด้วงงวงข้าวชอบวางในลักษณะที่จุดปลายสุดของข้าวโพด ซึ่งการวางไข่นั้นจะต้องมีปัจจัยอื่นๆ อีกหลายประการ เช่น สิ่งเร้า สิ่งกระตุ้น กลิ่น สารประกอบทางเคมีในเมล็ดอื่นๆ อีกมากมาย

แมลงศัตรูในโรงเก็บสามารถทำลายผลิตผลเกษตรได้หลายชนิด เป็นแมลงที่มีคุณสมบัติพิเศษสูงในการทำลายและพัฒนาเจริญเติบโตภายในเมล็ด แต่การเข้าทำลายผลิตผลเกษตรต่างชนิดกันจะมีลักษณะการทำลาย จำนวนลูกหลานที่ออกมา และระยะเวลาไม่เท่ากัน จะเห็นได้จากการทดลองของ Baker (1988) ทำการศึกษาถึงการพัฒนา 4 สายพันธุ์ของด้วงงวงข้าว ในข้าวบาเลย์ ข้าวโพด ข้าวเปลือก และข้าวสาลี พบว่าข้าวโพดจะมีอัตราการถูกกินและถูกทำลายต่ำกว่าในทุกสายพันธุ์ของด้วงงวงข้าว จำนวนด้วงงวงข้าวที่เกิดขึ้นมา เรียงตามลำดับดังนี้ ข้าวบาเลย์ > ข้าวสาลี > ข้าวเปลือก > ข้าวโพด โดยที่ด้วงงวงข้าวสายพันธุ์Tanzania-90จะให้ลูกหลานน้อยกว่าและระยะเวลาเฉลี่ยในการพัฒนาจะยาวกว่าสายพันธุ์อื่นๆ

การประเมินวัดความต้านทานของเมล็ดพันธุ์ต่อการทำลายของแมลง เพื่อตรวจสอบว่าเมล็ดพันธุ์มีคุณสมบัติของความต้านทานซึ่งไม่เหมาะสมต่อการใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับตัวอ่อนและระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตของแมลง อาจจะนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการป้องกันกำจัดร่วมกับวิธีการอื่น Gudrups *et al.* (2001) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีประเมินความต้านทานของพันธุ์ข้าวโพดต่อด้วงงวงข้าวโพดและอิทธิพลของความแข็ง ขนาดของเมล็ดข้าวโพด 2 วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการแรกใช้ Dobie method มีสูตรดังนี้

$$\text{Dobie Index : SI} = \frac{\text{Ln } F \text{ X } 100}{\text{DME}}$$

SI = susceptibility index Ln = the natural logarithm F = the total number of F_1 adult

DME = the date of median emergence of F_1 (day)

วิธีที่2ใช้ Urrelo *et al.* method มีสูตรดังนี้

$$\text{Urrelo index : SI} = \frac{\text{Ln } E \text{ x } 100}{\text{DFE}}$$

SI = susceptibility index Ln = the natural logarithm E = the total number of egg plug

DFE = the date of first emergence of F_1 (day)

Gudrups *et al.* พบว่าวิธีการของ Dobie ดีกว่าวิธีการของ Urrelo *et al.* เพราะจะใช้ระยะเวลาในการประเมินผลความต้านทานของเมล็ดข้าวโพดได้สะดวกกว่าและเร็วสุด เนื่องจากจะดูผลเพียงแค่จำนวนตัวเต็มวัยทั้งหมดที่ออกมาทั้งหมดในแต่ละสายพันธุ์ข้าวโพด และค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ตัวเต็มวัยที่ออกมา และพบว่าข้าวโพดพันธุ์พื้นเมืองจะมีความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพดได้ดีกว่าข้าวโพดพันธุ์ผสมหรือพันธุ์ที่ปรับปรุงพันธุ์ใหม่ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความแข็งของเมล็ดมีผลทำให้เกิดลักษณะของความต้านทานต่อด้วงงวงข้าวโพดขึ้น คือพันธุ์เมล็ดข้าวโพดที่มีลักษณะขนาดความแข็ง จะมีผลต่อลักษณะพฤติกรรมการไม่ชอบวางไข่ แหล่งอาหาร ที่หลบซ่อนของด้วงงวงข้าวโพด นอกจากนี้อุณหภูมิและความชื้นยังมีอิทธิพลในการวางไข่และการเจริญเติบโตของแมลง จากการทดลองของ Singh *et al.* (1976) ทำการศึกษาถึงการวางไข่และการเจริญเติบโตด้วงงวงข้าวที่เลี้ยงในผลผลิตข้าวสาลี ที่ความแตกต่างของอุณหภูมิ คือ 19, 25 และ 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์คือ 45, 60, 75 และ 90 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอัตราการวางไข่และการพัฒนาจะสูงสุดในเมล็ดที่มีขนาดใหญ่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์

จากรายงานของ Dobie (1984) เกี่ยวกับการใช้พันธุ์ต้านทานในการควบคุมแมลงศัตรูพืช พบว่าจำนวนประชากรของแมลงศัตรูพืชเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากมีอัตราการวางไข่สูง อัตราการพัฒนาเจริญเติบโตรวดเร็ว และมีอัตราการตายต่ำ ในการลดอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรของแมลงศัตรูพืชหรือการใช้พันธุ์พืชต้านทานจะมีผลทำให้อัตราการวางไข่ลดลงเพราะพันธุ์พืชต้านทานจะมีวิธีการป้องกันการเข้าทำลายของแมลง เช่น มีเปลือกหนาและแข็ง มีสารเคมีบางอย่างที่ปล่อยออกมา ยืดหรือขยายระยะเวลาในการพัฒนาการเจริญเติบโตจนถึงระยะตัวเต็มวัยเพราะมีคุณสมบัติของสารอาหารไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตในแต่ละระยะของแมลง จากรายงานการวิจัยของปรากฏ สุวรรณสิงห์ (2542) ที่ศึกษาความต้านทานของข้าวเปลือกบางสายพันธุ์ต่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำลายของผีเสื้อข้าวเปลือกขณะเก็บรักษา พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตอง มีลักษณะที่ต้านทานต่อผีเสื้อข้าวเปลือกในการวางไข่และจำนวนตัวเต็มวัยที่ออกมา ซึ่งพบว่าปริมาณไข่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความกว้างของฐาน และความยาวของเมล็ด และจำนวนเมล็ดข้าวเปลือก จะเห็นได้ว่าความกว้าง ความยาวและพื้นผิวของเมล็ดเป็นปัจจัยหนึ่งของลักษณะความต้านทาน นอกจากนี้จำนวนจำนวนเมล็ดพันธุ์ยังมีผลต่อการเข้าทำลาย การวางไข่ และจำนวนตัวเต็มวัยที่ออกมา สอดคล้องกับการทดลองของ Kossou *et al.* (1992) และ Danho *et al.* (2002) พบว่าจำนวนการวางไข่เพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนเมล็ดข้าวโพดมีมากขึ้น การวางไข่จะมีลักษณะวางเป็นกลุ่มๆ อยู่บริเวณปลายสุดของเมล็ดข้าวโพด(crown) วางไข่ 3-5 ฟองต่อ 1 เมล็ด ตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้นมากในจำนวนเมล็ดข้าวโพดที่มีมาก ส่วนน้ำหนักของตัวเต็มวัยไม่มีความแตกต่างกัน และมีอัตราการตายสูงเพราะการที่มีเปลือกที่หนาและแข็งมีผลทำให้การวางไข่และการพัฒนาไปเป็นระยะตัวหนอนที่ไม่สมบูรณ์ ในเมล็ดที่ต้านทานและอ่อนแอจะมีผลต่อระยะตัวหนอนในการเจริญเติบโต Urrelo and Wright (1989) ทำการศึกษาการพัฒนาและพฤติกรรมของระยะหนอนด้วงงวงข้าวโพดภายในเมล็ดข้าวโพดที่ต้านทานและอ่อนแอ พบว่าช่วงระยะเวลาของหนอนวัยที่ 1 วัยที่ 2 และวัยที่ 3 มีลักษณะคล้ายกันในเมล็ดข้าวโพดที่ต้านทานและอ่อนแอ ส่วนหนอนวัยที่ 4 มีความแตกต่างกัน ในเมล็ดที่ต้านทานช่วงระยะเวลาสั้นกว่าในเมล็ดที่อ่อนแอ หนอนวัยที่ 1 มีช่วงระยะเวลายาวนานที่สุดเพราะจะกัดกินอยู่ในส่วนเอนโดสเปิร์มและจุดงอกของเมล็ด ระยะทางในการกินภายในเมล็ดที่ต้านทานจะสั้นกว่าเมล็ดที่อ่อนแอ

ด้วงงวงข้าวโพด (maize weevil) เป็นแมลงศัตรูของเมล็ดพันธุ์ที่สำคัญพบเห็นได้ทั่วไป มีพฤติกรรมในการกัดกินทำลายเมล็ดพันธุ์สูงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sitophilus zeamais* Motschulsky อยู่ในอันดับ Coleoptera วงศ์ Curculionidae จะทำลายเมล็ดพันธุ์ให้ได้รับความเสียหายทั้งคุณภาพและปริมาณโดยที่เมล็ดพันธุ์ไม่สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก เมล็ดพันธุ์จะถูกกัดกินภายในทำให้เมล็ดกลวง พรุน ในประเทศไทยพบว่าด้วงงวงที่พบในข้าวเปลือก ข้าวสาร ข้าวโพดข้าวฟ่าง ข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์เป็นด้วงงวงข้าวโพด (กรมวิชาการเกษตร. 2544)

รูปร่างลักษณะและชีวประวัติ ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลดำขนาด 3.0-3.8 มิลลิเมตร ส่วนหัวจะยื่นออกมาเป็นงวง(rostrum) สามารถบินออกไปทำลายเมล็ดพืชที่ในไร่นา เพศเมียวางไข่ได้ 300-400 ฟอง โดยจะใช้ปากกัดเมล็ดให้เป็นหลุมเล็กๆ และวางไข่ด้วย ovipositor ปิดปากหลุมด้วยสารเหนียวคล้ายวุ้น ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันไข่จากสิ่งแวดล้อม ไข่จะฟักในระยะ 3-6 วัน เป็นตัวหนอนสีขาวลำตัวสั้นป้อมจะกัดกินภายในเมล็ดทำให้ข้าวสารซึ่งมีสีขาวใสกลายเป็นสีขาวขุ่น หนอนลอกคราบประมาณ 4 ครั้ง หรือมากกว่านี้ระยะหนอน 20-30 วัน แล้วจึงเข้าระยะดักแด้เป็นระยะเวลา 3-7 วัน และกลายเป็นตัวเต็มวัย เมื่อออกจากเมล็ดแล้วจะกินอาหาร และผสมพันธุ์วางไข่ ในสภาวะอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม ระยะเวลาจากการเจริญเติบโตจากไข่ถึงตัวเต็มวัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เวลาเพียง 4 สัปดาห์เท่านั้น (กรมวิชาการเกษตร. 2545) ในระยะหนอนที่กัดกินและทำลายอยู่ภายในเมล็ด เป็นระยะที่ยากแก่การสังเกตว่าเมล็ดถูกทำลายหรือไม่ เนื่องจากมีขนาดเล็กและอยู่ภายในเมล็ด จะต้องมีวิธีการตรวจสอบที่ทันสมัยสามารถที่จะส่องผ่านเข้าไปภายในเมล็ดได้ Sharifi and mills (1971) พบว่าระยะหนอนของด้วงงวงข้าวกัดกินอยู่ภายในเมล็ดข้าวสาลี วัดระยะทางในการกัดกินทำลายได้ 0.31, 0.51, 0.83 และ 1.34 มิลลิเมตร วัดขนาดศีรษะได้ 0.22, 0.32, 0.40 และ 0.57 มิลลิเมตร ในระยะหนอนวัยที่1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโต 3.9, 5.4, 4.7 และ 5.1 วัน ตามลำดับ การที่ทราบพฤติกรรมการเจริญเติบโตในระยะหนอน จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการป้องกันกำจัดแมลงต่อไป

ด้วงงวงข้าวโพดมีลักษณะคล้ายกับด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* L.) มาก ซึ่งบางครั้งไม่สามารถจำแนกชนิดได้ด้วยตาเปล่า แต่ด้วงงวงข้าวโพดมีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย โดยทั่วไปจะมีขนาดลำตัวประมาณ3.0-3.8 มิลลิเมตร เมื่อวัดจากฐานของงวงถึงจุดสูงสุดของส่วนอก (Munster. 2003) แต่ปัจจุบันนิยมแยกด้วงงวงข้าวและด้วงงวงข้าวโพดด้วยการตรวจดูที่ genitalia ของตัวเต็มวัย ในเพศผู้ aedegus ของด้วงงวงข้าวจะมีปลายที่ทู่และไม่มีร่องหรือ groove ที่ aedegus ส่วนในด้วงงวงข้าวโพด จะมีปลายที่โค้งแหลมและมีร่องหรือ groove ที่ aedegus (Proctor. 1971) ส่วนเพศเมียของด้วงงวงข้าว อวัยวะสืบพันธุ์จะมีลักษณะเป็นง่ามตรงส่วนกลางจะแหลม ส่วนในด้วงงวงข้าวโพด จะมีลักษณะเป็นง่ามตรงส่วนกลางจะโค้งมน (Hidayat *et al.* 1996) การจำแนกลักษณะของเพศผู้และเพศเมียของด้วงงวงข้าวโพดสังเกตจากลักษณะภายนอกบริเวณอวัยวะที่เรียกว่า rostrum หรืองวง โดยที่เพศผู้จะมีลักษณะสั้น ทู่และขรุขระไม่เรียบส่วนเพศเมียจะมีลักษณะยาวเรียว เรียบมันขรุขระน้อยกว่า (International Rice Research Institute. 1988)

อุตสาหกรรมในการส่งออกข้าวของไทยนิยมใช้สารรมในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร เนื่องจากมีความสะดวกสบาย สามารถกำจัดแมลงเป้าหมายได้ดี และง่ายต่อการปฏิบัติ สารรมที่นิยมใช้คือ เมธิลโบรไมด์ และฟอสฟีน โดยที่จะมีลักษณะและวิธีการใช้ที่แตกต่างกัน เมธิลโบรไมด์ใช้ระยะเวลาในการรม 24 ชั่วโมง ฟอสฟีนใช้ระยะเวลาในการรม 5-7 วัน ในปัจจุบันได้มีการลดปริมาณและยกเลิกการใช้สารเมธิลโบรไมด์ตามมาตรการตามพิธีสารมอลทรีออลในปี พ.ศ.2558สำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา และในปีพ.ศ.2548สำหรับประเทศที่พัฒนาแล้ว เพราะสารเมธิลโบรไมด์มีพิษตกค้างและมีผลกระทบต่อการทำลายชั้นของโอโซน (อังคณา สุวรรณกูฏ. 2547) การมีแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรปนเปื้อนอยู่ในเมล็ดพันธุ์จะทำให้เกิดความเสียหายมากมาย เช่นเปอร์เซนต์การงอกลดลงต่ำกว่ามาตรฐานมีผลทำให้ราคาเมล็ดพันธุ์ลดลง บริษัทส่งออกเมล็ดพันธุ์ขาดทุน ลูกค้าขาดความเชื่อถือจำหน่ายไม่ได้ ปัจจุบันสารเคมีที่นิยมใช้คือฟอสฟีน ในรูปแบบแมกนีเซียมฟอสไฟด์และอลูมิเนียมฟอสไฟด์ (เพชรรัตน์ วรรณภีร์. 2546) อลูมิเนียมฟอสไฟด์เป็นสารรมที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน อลูมิเนียมฟอสไฟด์มีขายในรูปผง(ชื่อการค้า ดีเทีย-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก๊ส อีเอ็กซ์-บี) และรูปเม็ด(ชื่อการค้า ดีลิเซีย และดีเทีย-แก๊ส ดีเอ็กซ์-ที) ข้อเสียของการใช้อลูมิเนียมฟอสไฟด์คือการมีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะและพบว่าเกิดปัญหาแมลงสร้างความต้านทานซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากวิธีการใช้ไม่ถูกต้อง (สุภาณี พิมพ์สมาน. 2540)

ฟอสฟีน(phosphine) เป็นสารเคมีที่นำมาใช้สำหรับรมฆ่าแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร สำหรับก๊าซฟอสฟีนนั้นได้มาจากปฏิกิริยาของ aluminium phosphide หรือ magnesium phosphide กับไอน้ำในอากาศ ดังนี้ (Monro. 1969)

Phosphide + water $\longrightarrow$ hydrogen phosphide + powder reaction product

ปฏิกิริยาทางเคมี คือ

$AlP + 3H_2O \longrightarrow Al(OH)_3 + PH_3$ หรือ

$Mg_3P_2 + 6H_2O \longrightarrow 3Mg(OH)_2 + 2PH_3$

คุณสมบัติของสารรมฟอสฟีน

สารรมฟอสฟีนเป็นสารที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แต่ก๊าซชนิดอื่นๆ ที่เกิดขึ้นปะปนพร้อมกับก๊าซฟอสฟีน ในปฏิกิริยาของสารฟอสไฟด์ จะมีกลิ่นคล้ายกระเทียม โดยวัดได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่ามาตรฐานสาธารณสุขกำหนดคือ 0.3 ppm(0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ0.4 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ฟอสฟีนที่ระดับความเข้มข้นของการรมจะกระจายตัวสู่อากาศอย่างรวดเร็ว ความหนาแน่นของส่วนผสมระหว่างฟอสฟีนกับอากาศมีลักษณะเหมือนอากาศบริสุทธิ์ ดังนั้นฟอสฟีนที่ใช้ในการรมจึงต้องมีความบริสุทธิ์สูง เพื่อให้การรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ฟอสฟีนมีคุณสมบัติกระจายตัวได้ดีมาก ที่ระดับการใช้ปกติ ฟอสฟีนไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ด ฟอสฟีนละลายน้ำได้น้อยและมีความสามารถในการละลายต่ำในตัวทำละลายส่วนใหญ่ ฟอสฟีนจะทำปฏิกิริยากัดกร่อนกับทองแดงและโลหะผสมทองแดง ฟอสฟีนอาจลุกไหม้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่ความดันต่ำและอากาศแห้ง ความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่มากกว่า1.8%(17900 ppm หรือ 27.3 mg/l) ในอากาศที่ความดันปกติอาจเกิดระเบิดได้ ดังนั้นในทางการค้าจะผลิตฟอสฟีนในรูปเม็ด (tablets or pellets) หรือรูปแผ่น (sachets) ซึ่งลดอันตรายจากการที่ฟอสฟีนเปลี่ยนรูป (Graver and Annis. 1994)

กรมวิชาการเกษตร (2543) ให้คำจำกัดความของการรม คือ การบรรจุก๊าซเข้าไปในที่ที่มีการป้องกันการรั่วไหลและสามารถกักเก็บก๊าซนั้นๆ ไว้ได้ในระยะเวลาที่ต้องการ เนื่องจากในการรมแต่ละครั้ง จะต้องรักษาระดับความเข้มข้นของสารรมให้คงที่ในอัตราและระยะเวลาที่กำหนด เพื่อที่จะทำให้ศัตรูพืชตาย แมลงจะได้รับสารรมในการหายใจเข้าไปที่รูหายใจข้างลำตัว นอกจากนี้สารรมมีหลายชนิดที่ได้จากสารเคมีสังเคราะห์และสารจากสมุนไพรธรรมชาตินำมาสกัดและใช้วิธีการรมเพื่อใช้กำจัดแมลงศัตรู ในการทดลองของ Channoo *et al.* (2002) ทำการศึกษาความเป็นพิษของน้ำมันยูคาลิปตัส *Eucalyptus camaldulensis* ในการควบคุมแมลงในโรงเก็บ 3 ชนิด คือ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอดแป้ง ด้วงงวงข้าวโพด และด้วงถั่วเขียว ผลการทดลองพบว่า ใบยูคาลิปตัสในฤดูฝนและฤดูหนาว มีองค์ประกอบของสารหลักแตกต่างกัน ซึ่งในฤดูฝนจะมี γ – terpinene และ limonene, p – cymene ขณะที่ในฤดูหนาวจะมี 1, 8 – cineole (eucalyptol) และ γ – terpinene โดยในฤดูฝนน้ำมันยูคาลิปตัสในมอดแป้ง มีความเป็นพิษสูงกว่าด้วงถั่วเขียว และด้วงงวงข้าวโพด LC_{50} LC_{95} มีค่า 2.28 7.89 µl/l air. 5.95 19.68 µl/l. air และ 14.83 25.36 µl/l. air ตามลำดับ ในฤดูหนาวน้ำมันยูคาลิปตัสในมอดแป้ง มีความเป็นพิษสูงกว่าด้วงถั่วเขียว และด้วงงวงข้าวโพด LC_{50} LC_{95} มีค่า 8.69 23.00µl/l air 10.93 18.93 µl/l air และ 16.01 34.78 µl/l. air น้ำมันยูคาลิปตัสที่ได้จากฤดูฝน มีความเป็นพิษต่อแมลงทุกชนิดสูงกว่าน้ำมันยูคาลิปตัสที่ได้จากฤดูหนาว ส่วนอะซีโตนไม่มีผลทำให้แมลงตายเลย จะเห็นได้ว่าสารรมที่ได้จากสมุนไพรธรรมชาติยังมีข้อจำกัดและปัจจัยอื่นที่จะนำมาใช้เป็นสารรม เช่นอายุของพันธุ์พืช ฤดูกาล อุณหภูมิและความชื้น เพื่อจะได้สารที่ออกฤทธิ์ในการนำมาใช้ในการรมป้องกันกำจัดแมลง

หลักการในการปฏิบัติในการรมคืออัตราที่ใช้รมภายใต้ระยะเวลาที่กำหนด เรียกว่า CT ค่า CT คือ ความเข้มข้น x เวลา (concentration x time) และกำหนดมาตรฐานการรมฟอสฟีน อัตราที่ใช้ในการรม 2-3 เม็ด (tablets) ต่อผลิตผล 1 ตัน หรือ 1-2 เม็ด (tablets) ต่อเนื้อที่ 1 ลูกบาศก์เมตร ในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 7 วัน และไม่สามารถลดระยะเวลาของการรมโดยเพิ่มระดับความเข้มข้นได้ เนื่องจากระยะเวลามีผลต่อการอยู่รอดของแมลง กล่าวคือในบางระยะของแมลงเป็นช่วงระยะพักตัวที่แมลงมีการหายใจค่อนข้างต่ำ ถ้าลดระยะเวลาลงอาจมีผลทำให้แมลงมีชีวิตอยู่รอดได้ White (2000) ศึกษาแมลงศัตรูในโรงเก็บถึงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน ทำการทดลอง 2 แบบ โรงเก็บที่ 1 ไม่ได้คลุมผ้าบนไซโล โรงเก็บที่ 2 คลุมผ้าบนไซโล พบว่าโรงเก็บที่ 1 เมื่อผ่านไป 2-3 วัน ก๊าซฟอสฟีนสามารถฆ่าตัวเต็มวัยด้วงงวงที่อ่อนแอได้ แต่ไม่สามารถฆ่าในระยะไข่ หนอน และดักแด้ได้เพราะความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนลดลงกระจายไปสู่บรรยากาศ ส่วนในโรงเก็บที่ 2 เมื่อผ่านไป 2-3 วัน ก๊าซฟอสฟีนไม่สามารถฆ่าในระยะไข่ และดักแด้ได้ เมื่อเวลาผ่านไป วันที่ 7 ระยะไข่ และดักแด้ตาย เนื่องจากความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนยังมีเพียงพอที่จะสามารถแทรกซึมผ่านเนื้อเยื่อ มีผลทำให้ทุกระยะของด้วงงวงตายได้

ความเป็นพิษของสารรมฟอสฟีนต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ Cotton (1962) ได้อธิบายถึงความเป็นพิษของสารรมฟอสฟีนในรูปแบบแมกนีเซียมฟอสไฟด์และอลูมิเนียมฟอสไฟด์เมื่อทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศจะปลดปล่อยก๊าซฟอสฟีน ก๊าซฟอสฟีนจะมีผลกระทบต่อระบบการหายใจของแมลง โดยก๊าซฟอสฟีนจะแทรกซึมผ่านรูหายใจ(spiracles)ซึ่งอยู่บริเวณข้างลำตัวส่วนอก ส่วนท้อง และข้อต่อระหว่างเนื้อเยื่อ(intersegmental membrane) รูหายใจของแมลงจะปิดเปิดตลอดเวลาเพื่อแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในกิจกรรมต่างๆของร่างกาย ก๊าซฟอสฟีนจะเข้าไปแทนที่ก๊าซออกซิเจนในเม็ดเลือดแดงแทรกซึมผ่านเข้าไปยังเนื้อเยื่อและไม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โตครอนเดรียและทำลายไซโตโครมซึ่งเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย มีผลให้แมลงขาดออกซิเจนในการแลกเปลี่ยนก๊าซและได้รับก๊าซฟอสฟีนซึ่งเป็นก๊าซพิษ แมลงเป็นอัมพาตและตายในที่สุด เช่นเดียวกันกับการทดลองของ Nakakita *et al.* (1974) ทำการศึกษาผลกระทบของสารรมฟอสฟีนในกระบวนการหายใจของด้วงงวงข้าวโพด แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตายและปริมาณออกซิเจนที่ได้รับเข้าไปในด้วงงวงข้าวโพด พบว่าการตายของด้วงงวงข้าวโพดจะเกี่ยวข้องกับการนำเข้าก๊าซออกซิเจนและมีความสัมพันธ์กับการนำเข้าก๊าซฟอสฟีน และพบว่าฟอสฟีนที่มีความเข้มข้นน้อยจะมีพิษสูงต่อแมลง ทั้งนี้เพราะแมลงจะต้องการใช้ก๊าซออกซิเจนมากกว่าปกติ มีผลทำให้ฟอสฟีนทะลุผ่านชั้นเซลล์เมมเบรนเข้าไปยังไมโตครอนเดรียและทำลาย Cytochrome a_3 และ b จะทำให้แมลงเป็นอัมพาต และตายในที่สุด

คุณสมบัติของก๊าซฟอสฟีนในการรมเมล็ดพันธุ์นั้น เป็นก๊าซพิษที่สามารถแทรกซึมผ่านไปยังตัวแมลงภายใต้ความเข้มข้นและระยะเวลาที่กำหนดมีผลทำให้แมลงตาย ในผลผลิตแต่ละชนิดความสามารถในการแทรกซึมผ่านกองผลผลิตไม่เท่ากัน และระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนมีผลกระทบต่อการได้รับก๊าซพิษไม่เท่ากันในแมลงแต่ละชนิดและระยะการเจริญเติบโต สอดคล้องกับการทดลองของ Kengkanpanich (2003) ศึกษาเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของฟอสฟีนและประสิทธิภาพในข้าวต่างชนิด ผลการทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นของฟอสฟีนลดลงในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ข้าวเปลือกระดับความเข้มข้นของฟอสฟีนที่ใช้ 1 เม็ดลดลงอย่างรวดเร็ว ในวันที่ 5 ของการทดลองลดลงเป็น 0 ppm เช่นเดียวกันกับระดับความเข้มข้นของฟอสฟีนที่ใช้ 2 และ 3 เม็ดลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวชนิดอื่น ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงทุกการทดลองแมลงตายเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นมอดหัวป้อมในข้าวเปลือกและรำข้าว และการทดลองของ Qureshi *et al.* (1965), Price and mills (1988) และ Rajendran (2000) ทำการศึกษาผลกระทบของสารรมฟอสฟีนต่อระยะการเจริญเติบโตของแมลงศัตรูในโรงเก็บแต่ละชนิด พบว่าแมลงแต่ละชนิดของระยะการเจริญเติบโตได้รับในระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนและมีความทนทานที่แตกต่างกัน(LC_{50}มีค่าแตกต่างกัน) ระยะไข่ และดักแด้มีความทนทานสูงที่สุดใช้ระยะเวลาในการรมยาวนาน เพราะเป็นช่วงที่แมลงมีการหายใจค่อนข้างต่ำใช้กิจกรรมน้อย จึงได้รับก๊าซพิษน้อยไปด้วย ในช่วงระยะเวลาในการรมระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนจะสูงมากและจะลดลงในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น Heseltine (1973) อธิบายว่าความเป็นพิษของสารรมฟอสฟีนต่อแมลงนั้นว่าแมลงต่างชนิดกันจะได้รับพิษจากสารรมฟอสฟีนแตกต่างกันและระยะเวลาก็แตกต่างกันด้วย เช่นมอดฟันเลื่อย ถ้าใช้สารรมฟอสฟีน 2 mg/l ระยะเวลานาน 2 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถกำจัดได้ทุกระยะของการเจริญเติบโต ขณะที่ด้วงงวงข้าวสาลีถ้าใช้สารรมฟอสฟีน 150 mg/l ระยะเวลานาน 4 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ในการรมสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคืออัตราที่ใช้รมภายใต้ระยะเวลาที่กำหนด ความเข้มข้น x เวลา (concentration x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

time) หรือค่า CT และพบว่าในการรมที่ระดับความเข้มข้นของฟอสฟีนต่ำในระยะเวลาที่ยาวนานจะได้ผลดีกว่าการรมที่ระดับความเข้มข้นของฟอสฟีนสูงในระยะเวลาที่สั้นลงและจะประสิทธิภาพกำจัดได้เกือบทุกระยะการเจริญเติบโตของแมลง เพราะแมลงมีระยะการพักตัวในช่วงที่มีสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม สอดคล้องกับการทดลองของ Hole *et al.* (1976) ทำการศึกษาความเป็นพิษของฟอสฟีนในทุกระยะการเจริญเติบโตของแมลง พบว่าฟอสฟีนที่ระดับความเข้มข้นต่ำและใช้ระยะเวลาในการรมยาวนานขึ้นจะมีประสิทธิภาพดีกว่าที่ระดับความเข้มข้นสูงและระยะเวลาในการรมสั้นลง

ในปัจจุบันมีรายงานการสร้างความต้านทานของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรหลายชนิด ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของผู้ประกอบการ บริษัทห้างร้านต่างๆที่จะต้องหาวิธีกำจัดแมลงให้หมดไปก่อนที่จะได้รับความเสียหายเกินกว่าระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ สำหรับประเทศไทยมีการศึกษาการสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนในแมลงหลายชนิดโดยที่บุษรา พรหมสถิต (2541) ศึกษาความต้านทานของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรต่อสารรมฟอสฟีนในหลายจังหวัด ทำการทดสอบความต้านทานตามวิธีการของ FAO พบว่ามอดหัวป้อมไม่ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ระดับความเข้มข้น 0.03 และ0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าแมลงเริ่มสร้างความต้านทานเกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chotimanothum (2000) ทำการศึกษาการสร้างความต้านทานของมอดหัวป้อมต่อสารรมฟอสฟีน โดยเก็บตัวอย่างจากโรงสี15จังหวัดในประเทศไทย และนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการตามวิธีการของ FAO ใช้อัตรา 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลานาน 20 ชั่วโมง ใช้ฟอสฟีน 3 ความเข้มข้น 1 เท่า(280μl/l) 2 เท่า(560μl/l) และ3เท่า(840μl/l) พบว่ามอดหัวป้อมมีการสร้างความต้านทานเกิดขึ้นในหลายจังหวัด เช่น อ่างทอง กรุงเทพฯ ลพบุรี นนทบุรี ปทุมธานี และสุพรรณบุรี แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 3 เท่า จะเห็นได้ว่ามอดหัวป้อมมีการพัฒนาสร้างความต้านเกิดขึ้น อาจเกิดจากปัจจัยหลายอย่าง เช่นการปรับตัวทางด้านสรีระวิทยา พฤติกรรมของแมลง หรือการปฏิบัติวิธีการรมที่ไม่ถูกต้อง Lindgren *et al.* (1958) ทำการศึกษาสารรมฟอสฟีนในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ พบว่าด้วงงวงข้าวสาลีและด้วงงวงข้าวในระยะดักแด้ แมลงไม่ตาย 100% เพราะในระยะดักแด้เป็นระยะที่แมลงใช้กิจกรรมในการหายใจค่อนข้างต่ำ แมลงจึงได้รับสารพิษค่อนข้างน้อย

การสร้างความต้านทานของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรหลายชนิดต่อสารรมฟอสฟีน เช่น มอดหัวป้อม สายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนถูกควบคุมโดยยีน(gene) 1 ยีน ในขณะที่ มอดแป้งถูกควบคุมโดยยีน 2 ยีน วัยของแมลงมีความต้านทานของสารรมฟอสฟีนแตกต่างกัน ซึ่งเรียงลำดับความต้านทานดังนี้ ระยะดักแด้ ไข่ ตัวเต็มวัย และตัวอ่อน เพราะว่าระยะดักแด้ ไข่ เป็นช่วงที่แมลงมีการหายใจค่อนข้างต่ำ จึงมีผลทำให้แมลงได้รับพิษจากสารรมฟอสฟีนต่ำไปด้วย (พรทิพย์ วิสารทานนท์. 2541) มีความสอดคล้องกับการทดลองของ Bengston *et al.* (1999)และCollins

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

et al. (2002) ทำการศึกษาลักษณะความต้านทานที่สืบทอดกันมาของมอดแป้งและมอดหัวป้อมต่อสารรมฟอสฟีน นำมอดแป้งที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนเลี้ยงเพื่อผสมพันธุ์กันในแต่ละรุ่น และนำมาตรวจสอบระดับความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของความต้านทานไปสู่รุ่นลูกหลาน โดยที่ค่า LC_{50} และLC_{99}มีค่าเพิ่มขึ้น และมีรายงานของ Lindgren and Vincent (1966) ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของความเป็นพิษของไฮโดรเจนฟอสไฟด์กับแมลงศัตรูในโรงเก็บหลายชนิด พบว่าระยะหนอนของด้วงอิฐ (*Trogoderma sternale*) มีความต้านทานต่อสารรมมากกว่าหนอนและตัวเต็มวัยระยะอื่น ลำดับของความทนทานต่อสารรมในระยะไข่ของมอดแป้ง 1 วัน > 2 วัน > 3 วัน > 4 วัน > 5 วัน > 6 วัน โดยที่ ไข่ > ดักแด้ > ตัวเต็มวัย > หนอน แต่ในด้วงงวงข้าวสาลีและด้วงงวงข้าวที่ LC_{99} ดักแด้ > ไข่ > หนอน > ตัวเต็มวัย ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น x เวลา จะมีประสิทธิภาพดีขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

ปัญหาแมลงสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนมีผลกระทบต่อบริษัท ห้างร้าน ผู้ประกอบการที่ดำเนินการธุรกิจข้าวส่งออก ทำให้ข้าวได้รับความเสียหายไม่สามารถส่งออกไปขายได้ แม้จะทำการป้องกันกำจัดแมลงด้วยวิธีใช้สารรมแต่แมลงก็ไม่ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเกิดจากแมลงเริ่มสร้างความต้านทานเกิดขึ้นหรือมีการปฏิบัติในการรมที่ไม่ถูกต้อง จึงหาวิธีการอื่นร่วมกันในการป้องกันกำจัดแมลง โดยที่Bond (1977) ทำการศึกษาความเป็นพิษของการผสมสารเมธิลโบรไมด์และฟอสฟีน ทดลองใช้มอดแป้ง และด้วงงวงข้าวสาลี พบว่าสารรม 2 ชนิด สามารถที่จะใช้รวมกันได้ มีประสิทธิภาพในการกำจัดทั้งมอดแป้งและด้วงงวงข้าวสาลี เมื่อรวมสารเมธิลโบรไมด์กับสารฟอสฟีนประสิทธิภาพของสารผสมจะมีความเป็นพิษสูง จะมีผลทำให้ตายมากขึ้นกว่าที่แยกสารรมทั้ง 2 ชนิด และในการทดลองของ Kashi and bond (1975) เมื่อใช้สารรมฟอสฟีนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกัน ในการป้องกันกำจัดมอดแป้ง และด้วงงวงข้าวสาลี พบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นสูงและใช้ร่วมกับสารรมฟอสฟีนจะมีประสิทธิภาพสูงสุด ค่า LT_{50} และ LT_{99} จะใช้ระยะเวลาสั้นลงในการรม และทำให้แมลงตายเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ และ Athie *et al.* (1998) ได้อธิบายว่าสามารถลดอัตราการสร้างความต้านทานลงได้ เพราะเมื่อใช้สาร 2 ชนิดร่วมกัน แมลงจะลดบทบาทการขจัดสารพิษลง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลทำให้แมลงต้องการก๊าซออกซิเจนมากขึ้น จึงทำให้มีการหายใจเร็วและถี่ขึ้นและรับก๊าซฟอสฟีนเข้าไปด้วย มีผลทำให้แมลงตายในระยะเวลาที่สั้นลง

การใช้วิธีการอื่นร่วมกันเป็นกลยุทธ์ในการป้องกันกำจัดแมลงให้ได้ผลประสิทธิภาพ เพราะปัจจุบันแมลงมีคุณสมบัติพิเศษหลายอย่าง ความสามารถในการปรับตัว ขยายพันธุ์ ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในแง่ของการอยู่รอดของจำนวนประชากรแมลง การหาวิธีการอื่นมาใช้ในการป้องกันกำจัด เพื่อที่จะเป็นการชะลอหรือลดการทำลายของแมลงลง และเป็นการป้องกันไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ผลผลิตถูกทำลายหรือได้รับความเสียหายเกินกว่าระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ตามวัตถุประสงค์ต่างๆได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาหาพันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อด้วงงวงข้าวโพด

3.1.1 การคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ต้านทาน

ทำการสอบถามข้อมูลพันธุ์ข้าวที่ใช้ส่งออกต่างประเทศจากบริษัทส่งออกข้าวชั้นนำในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทดลองครั้งนี้ หลังจากได้ข้อมูลพื้นฐานแล้วทำการหาพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งพันธุ์ข้าวทั้งหมดได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จ. ปทุมธานี พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 12 พันธุ์ และ 1 พันธุ์เปรียบเทียบ มีดังนี้ สุพรรณบุรี1 สุพรรณบุรี60 สุพรรณบุรี90 ปทุมธานี1 ปทุมธานี60 กข7 กข15 กข23 ชัยนาท1 พิษณุโลก2 หอมคลองหลวง1 ขาวดอกมะลิ105 และข้าวกล้องหอมมะลิใช้เป็นพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ โดยวางแผนการทดลองแบบCRD(Completely Randomized Design) ทำการคัดเลือกพันธุ์ข้าวต้านทานดังนี้

1) พันธุ์ข้าวที่ใช้ทั้งหมด 12 พันธุ์ และ 1 พันธุ์เปรียบเทียบ แต่ละพันธุ์ข้าวจะใช้เมล็ดข้าว 100 เมล็ด
2) คัดเลือกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะสมบูรณ์ทั้งขนาด ความยาว และความกว้าง
3) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวในแต่ละพันธุ์ใส่ลงในขวดขนาดเล็กใช้ผ้าขาวบางปิดรัดด้วยหนังยางแต่ละพันธุ์ข้าวทำการทดลอง 4 ซ้ำ
4) นำไปอบที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิแสงสว่างและความชื้น(ยี่ห้อSANYOรุ่นMLR-350/T/H/HT) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 วัน เพื่อให้เมล็ดพันธุ์ข้าวปรับสภาพอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ให้เหมาะสมต่อการนำไปทดลอง

3.1.2 แมลงที่ใช้ทดลอง

แมลงที่ใช้ในการทดลองจะใช้ด้วงงวงข้าวโพด *(Sitophilus zeamais* Motschulsky) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของข้าว การจำแนกชนิดของด้วงงวงจะสังเกตที่ genitalia ตามวิธีการของ Hidayat *et al.* (1996) โดยที่เพศผู้ของด้วงงวงข้าวโพด จะมีลักษณะปลายที่โค้งแหลมและมีร่องหรือgrooveที่aedegus(ภาพที่ 3.1) ส่วนเพศเมียจะมีลักษณะเป็นง่ามตรงส่วนกลางจะโค้งมน (ภาพที่ 3.2) มีขั้นตอนดังนี้

1) ทำการเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพดเพื่อเพิ่มปริมาณตัวเต็มวัยให้เพียงพอต่อการใช้ทดลองและทราบอายุด้วงงวงข้าวโพดที่ใช้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) อาหารที่ใช้เลี้ยงด้วงงวงข้าวโพดจะใช้ข้าวกล้องหอมมะลิ บรรจุในกล่องเลี้ยงแมลงขนาด 10.5x15.0x6.5 เซนติเมตร ประมาณครึ่งหนึ่งของกล่อง นำไปอบที่ตู้

ภาพที่ 3.1 อวัยวะเพศผู้ของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 80X

ภาพที่ 3.2 อวัยวะเพศเมียของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 80X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ควบคุมแสงสว่างและความชื้นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 วัน เพื่อให้เมล็ดพันธุ์ข้าวปรับสภาพทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้เหมาะสม

3) นำด้วงงวงข้าวโพดคละกันใส่ลงในกล่องเลี้ยงแมลง 100 ตัว ปิดฝาปากกล่องด้วยเทปกาวใส นำไปเลี้ยงที่ตู้เลี้ยงแมลงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์

4) หลังจาก 10 วัน นำตัวเต็มวัยออกจากกล่องเลี้ยงแมลง ซึ่งภายในอาหารนั้นจะมีระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย

5) ประมาณวันที่ 28-30 ตัวเต็มวัยจะเริ่มฟักเจริญออกมา จะใช้ตัวเต็มวัยที่มีอายุ 7-10 วันในการทดลอง

3.1.3 การศึกษาการวางไข่และการเจริญเติบโตในพันธุ์ข้าว

การศึกษาพันธุ์ข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่มีอิทธิพลต่อการวางไข่ของด้วงงวงข้าวโพดเพื่อที่จะศึกษาพันธุ์ที่ต้านทาน โดยพันธุ์ข้าวที่ต้านทานจะมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่มีผลทำให้ด้วงงวงข้าวโพดไม่ชอบวางไข่หรือวางไข่ได้น้อย การพัฒนาเจริญเติบโตในระยะหนอน ดักแด้อาจใช้เวลายาวนานขึ้น ตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้นมาจึงมีลักษณะขนาด รูปร่างที่ไม่สมบูรณ์ ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ ขั้นตอนการคัดเลือกพันธุ์ข้าวอ้างอิงตามวิธีการของ Larrain *et al.* (1995) ดังนี้

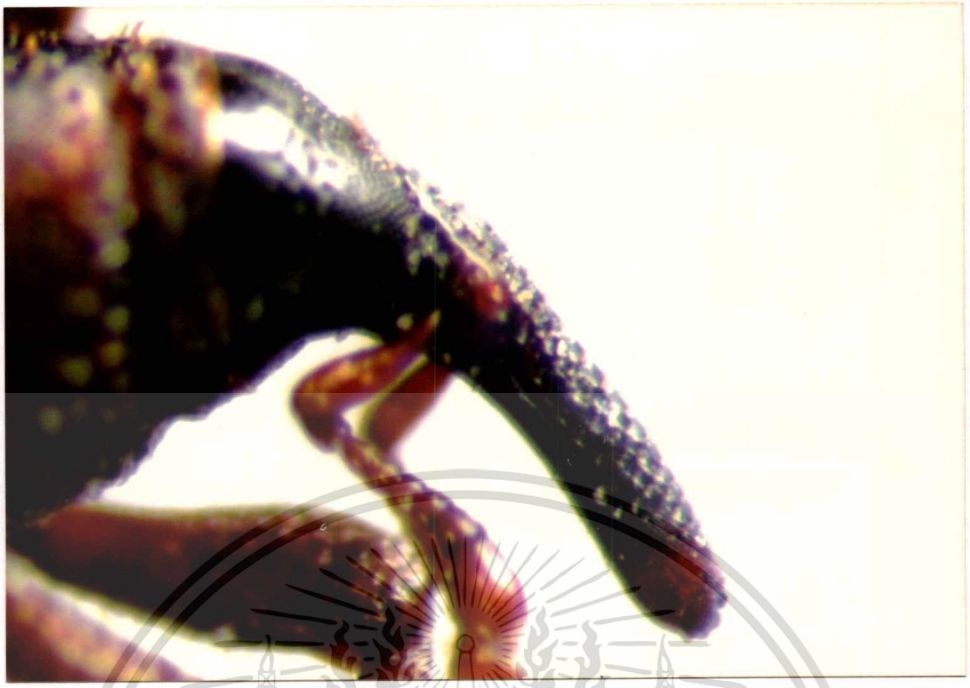
1) แยกเพศผู้และเพศเมียของด้วงงวงข้าวโพดโดยสังเกตจากลักษณะภายนอก ดังนี้
ให้สังเกตจากลักษณะของงวง (rostrum) ตามวิธีการของHalstead (1963)
เพศผู้ : rostrum มีลักษณะสั้น ทู่และขรุขระไม่เรียบ(ภาพที่ 3.3)
เพศเมีย : rostrum มีลักษณะยาวเรียว เรียบมันขรุขระน้อยกว่า(ภาพที่ 3.4)

2) ใช้ด้วงงวงข้าวโพดตัวเต็มวัยอายุ 7-10 วันโดยที่เพศผู้ 3 ตัว เพศเมีย 6 ตัว

3) นำด้วงงวงข้าวโพดที่เตรียมไว้ใส่ลงในแต่ละพันธุ์ข้าวที่บรรจุในขวดขนาดเล็ก จำนวน 100เมล็ด ในแต่ละพันธุ์ข้าว (ภาพที่ 3.5)

4) จากนั้นปิดฝาขวดด้วยผ้าขาวบางและหนังยาง เก็บไว้ที่ตู้เลี้ยงแมลงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 วัน

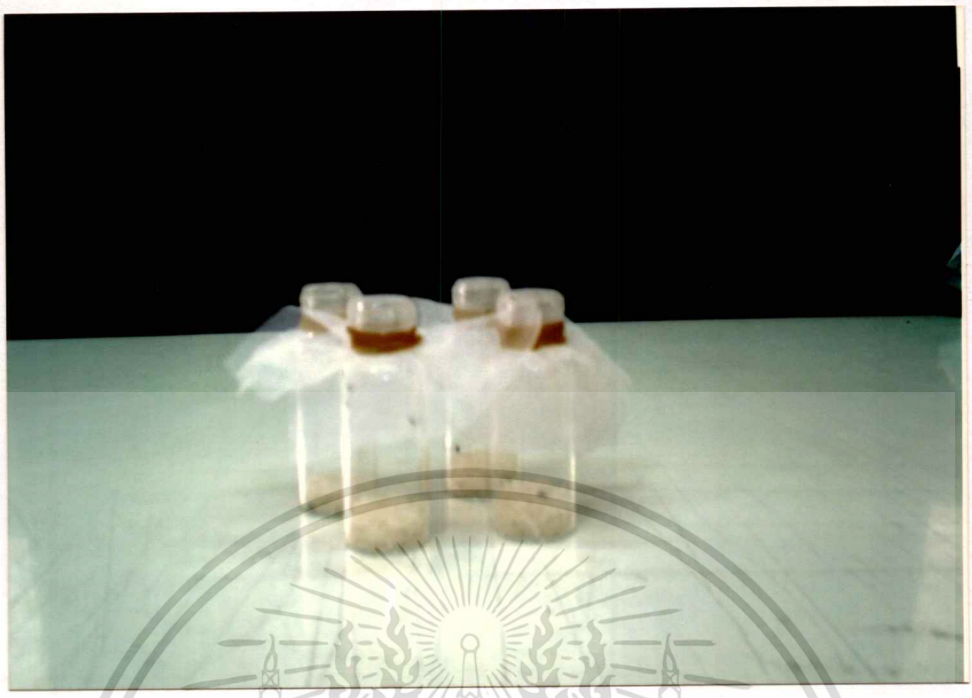
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
60844



ภาพที่ 3.3 งวง(rostrum)เพศผู้ของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 2.5X

ภาพที่ 3.4 งวง(rostrum)เพศเมียของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 2.5X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



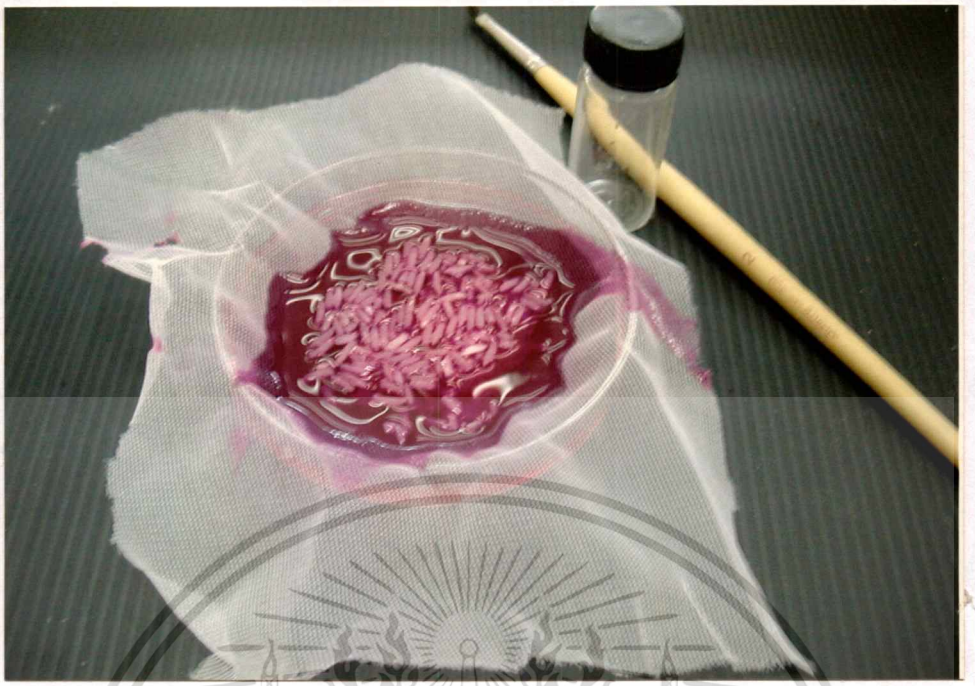
ภาพที่ 3.5 กรรมวิธีคัดเลือกพันธุ์ข้าวต่อการทำลายของด้วงงวงข้าวโพด

3.1.4 การย้อมสีเมล็ดข้าวเพื่อนับจำนวนไข่และระยะเวลาเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย

การย้อมสีเมล็ดข้าวเป็นการตรวจสอบปริมาณการวางไข่ของด้วงงวงข้าวโพดบนพันธุ์ข้าว เพศเมียจะใช้ปากเจาะบนเมล็ดข้าวให้เป็นรู หลังจากนั้นใช้อวัยวะวางไข่(ovipositor)วางไข่ 1 ฟอง หลังจากนั้นจะขับเมือก(gelatineous plug)ออกมาปิดบริเวณที่วางไข่เพื่อป้องกันอันตรายจากสิ่งแวดล้อม เมือกที่ด้วงงวงข้าวโพดขับออกมาจะติดสีย้อมเมล็ดมีลักษณะที่เข้มกว่าบริเวณพื้นผิวเมล็ด การย้อมสีเมล็ดพันธุ์ข้าวใช้วิธีการของ Pfadt (1985) มีขั้นตอนดังนี้

1) สารเคมี acid fuchsin
   เตรียมได้จาก 0.5 กรัม ของ acid fuchsin ผสมกับ 50 ซีซี ของ glacial acetic acid และ 950 ซีซี ของ distilled water
2) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวแต่ละสายพันธุ์แช่น้ำอุ่น 2 นาที และนำมาจุ่มใน acid fuchsin (ภาพที่ 3.6) ประมาณ 1-3 นาที ปล่อยไว้ให้แห้ง
3) นำพันธุ์ข้าวที่ย้อมสีมาส่องใต้กล้องด้วยกล้อง stereomicroscope เพื่อนับจำนวนไข่ที่วางบนเมล็ดพันธุ์ข้าวในแต่ละสายพันธุ์และแต่ละซ้ำของการทดลอง(ภาพที่ 3.7)
4) บันทึกผลจำนวนไข่ที่เพศเมียวางในเมล็ดข้าวแต่ละสายพันธุ์ 100 เมล็ด ในแต่ละซ้ำของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 การย้อมไข่ด้วงงวงข้าวโพดด้วย acid fuchsin

ภาพที่ 3.7 การนับไข่ด้วงงวงข้าวโพดที่วางบนสายพันธุ์ข้าวแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ในแต่ละพันธุ์ข้าวที่ทำการนับจำนวนไข่แล้ว เก็บไว้ในขวดขนาดเล็กเช่นเดิม เพื่อศึกษาจำนวนตัวเต็มวัยที่ออกมาและระยะเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย เก็บข้อมูลและบันทึกผล

6) นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้วิธี analysis of variance (ANOVA) และ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อหาความแตกต่างของพันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อการวางไข่และจำนวนด้วงงวงข้าวโพดที่ออกมาต่อไป

7) ทำการชั่งน้ำหนักตัวเต็มวัยที่ได้จากพันธุ์ข้าวที่ต้านทานและพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์หาความแตกต่างของน้ำหนักตัวเต็มวัยต่อไป

เมื่อได้พันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อการวางไข่ของด้วงงวงข้าวโพด นำด้วงงวงข้าวโพดมาเลี้ยงในพันธุ์ข้าวที่ต้านทานและพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิเป็นพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบเพื่อเพิ่มปริมาณด้วงงวงข้าวโพดที่จะนำมาใช้ทดสอบกับระดับสารฟอสฟีน (วิธีตามข้อ 3.1.2)(ภาพที่ 3.8)

ภาพที่ 3.8 การเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไข่ ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมาของด้วงงวงข้าวโพด

นำผลการศึกษามาหาความสัมพันธ์(correlation) ระหว่างจำนวนไข่ ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมาของด้วงงวงข้าวโพดในแต่ละพันธุ์ข้าวทั้งหมดที่ใช้ทดลองว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ นำผลการศึกษามาหาความสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรมSAS วิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของพันธุ์ข้าวทั้งหมดระหว่างจำนวนไข่ ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมาของด้วงงวงข้าวโพด

3.1.6 การศึกษาดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ข้าว(Index of susceptibility)

นำผลการศึกษาของพันธุ์ข้าวทั้งหมดที่ใช้ทดลองมาหาค่าดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ข้าว อ้างตามวิธีการ Dobie method (1974)มีสูตรดังนี้

$$\text{Dobie Index : SI} = \frac{\text{Ln } F \text{ X } 100}{\text{DME}}$$

SI = susceptibility index

Ln = the natural logarithm

F = the total number of F_1 adult

DME = the date of median emergence of F_1 (day)

3.1.7 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาว น้ำหนัก100เมล็ด(กรัม) และเปอร์เซ็นต์อไมโลสกับจำนวนไข่ ระยะเวลาในการเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมา

นำข้อมูลลักษณะทางกายภาพและเคมีของพันธุ์ข้าวที่ต้านทานซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลของเอกสงวน ชูวิสิฐกุล (2542) มาหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาว น้ำหนัก100เมล็ด(กรัม) และเปอร์เซ็นต์อไมโลสกับจำนวนไข่ ระยะเวลาในการเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมา ว่ามีปัจจัยใดที่มีผลต่อการศึกษาของจำนวนไข่ ระยะเวลาในการเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมา โดยใช้โปรแกรมSAS วิเคราะห์ผลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การศึกษาระดับของสารฟอสฟีนที่มีผลต่อการตายด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ

3.2.1 การเตรียมสารรมฟอสฟีน

การเตรียมก๊าซฟอสฟีนในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้ทดสอบระดับของสารฟอสฟีนที่มีผลต่อการตายด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ วิธีการเตรียมก๊าซฟอสฟีนในห้องปฏิบัติการอ้างอิงตามวิธีการของบุษรา พรหมสถิต และคณะ (2537) มีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมกรดซัลฟูริกเจือจาง 5 เปอร์เซ็นต์ ในกระบอกพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ใส่หลอดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ใช้เก็บก๊าซลงในกระบอกพลาสติก
2) ปิดด้วยฝาพลาสติกที่มีเกลียวและรองไว้ด้วยแผ่นยาง เพื่อให้ปิดได้สนิทป้องกันก๊าซฟอสฟีนซึมผ่านออกมา และสามารถใช้เข็มฉีดยาดึงก๊าซขึ้นมาใช้ได้
3) นำอลูมิเนียมฟอสไฟด์ 1 tablet หรือ ½ tablet ที่บรรจุไว้ในซองตาข่ายพลาสติกหย่อนลงไปในสารละลายกรดซัลฟูริกเจือจางแล้วใช้กรวยแก้วครอบไว้ โดยบังคับให้ก้านกรวยให้ตรงกับหลอดแก้วเก็บก๊าซ
4) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะให้ก๊าซฟอสฟีนประมาณครึ่งหลอดแก้วภายในเวลา 2 ชั่วโมง ก๊าซฟอสฟีนที่เตรียมได้นี้จะเก็บไว้ทดสอบได้ในระยะ 7-10 วัน
5) ใช้เข็มฉีดยา(syringe) ที่ทราบปริมาตรก๊าซฟอสฟีนที่ใช้ทดสอบกับด้วงงวงข้าวโพด โดยดึงก๊าซฟอสฟีนจากหลอดแก้วที่เก็บก๊าซฟอสฟีนไว้(ภาพที่ 3.9)

3.2.2 การคำนวณหาปริมาตรของก๊าซที่ใช้ทดลอง

อัตราที่ใช้กำหนดสำหรับทดสอบก๊าซฟอสฟีนคือ 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, และ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ก๊าซฟอสฟีนที่เตรียมได้จะมีความบริสุทธิ์ประมาณ 86% ซึ่งค่านี้จะนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาตรของก๊าซฟอสฟีนที่จะใช้ในการทดลองโดยใช้สูตร FAO (Anonymous. 1989) ดังนี้

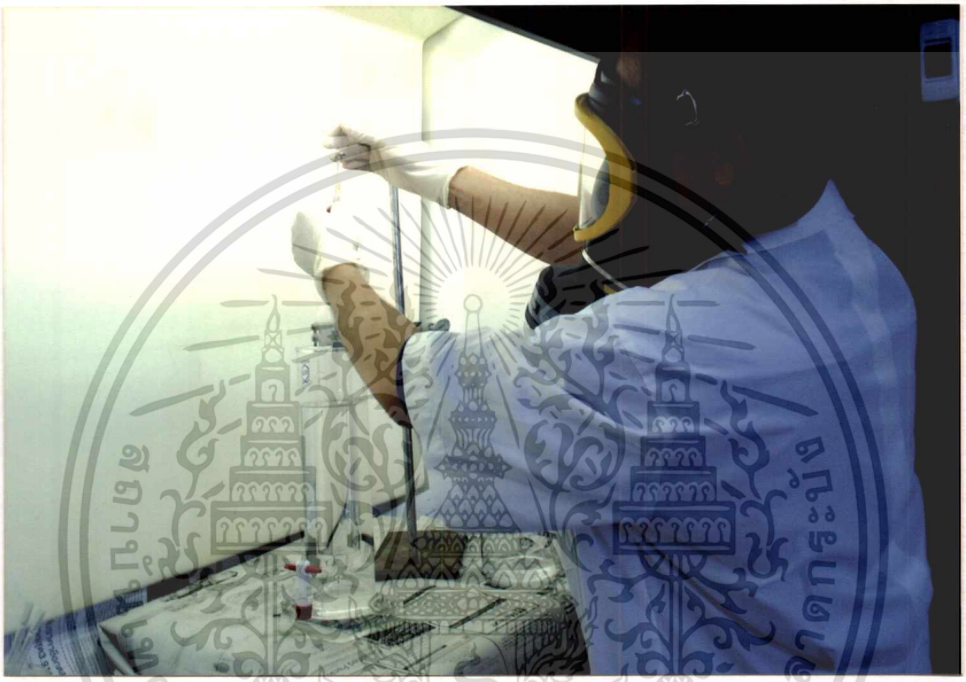
$$\text{ปริมาตรก๊าซฟอสฟีน} = \frac{298 \times \text{อัตราที่กำหนดสำหรับทดสอบ} \times \text{ปริมาตรchamber} \times 22.414 \times 1{,}000 \times 1{,}000 \times 100}{237 \times 1{,}000 \times 33.9977 \times 86}$$

ปริมาตรของchamberที่ใช้ทดสอบจะใช้ขวดแก้วรูปทรงกระบอกที่มีฝาเกลียวปิดป้องกันก๊าซฟอสฟีนแทรกซึมผ่าน ปริมาตรของchamberที่ใช้ทดสอบ = 0.233 µl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตรของก๊าซฟอสฟีนที่ได้จากการคำนวณดังนี้

อัตราที่ใช้กำหนดสำหรับทดสอบก๊าซฟอสฟีนคือ 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, และ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตรของก๊าซฟอสฟีนที่ได้จากการคำนวณคือ 0, 1.94, 3.89, 5.84, 7.79 และ 9.74 µl ตามลำดับ



ภาพที่ 3.9 การดึงอัตราระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีน

3.2.3 การทดสอบก๊าซฟอสฟีนกับด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ

การทดสอบก๊าซฟอสฟีนกับด้วงงวงข้าวโพดเพื่อที่จะทราบว่าอัตราปริมาณของก๊าซฟอสฟีนที่มีผลต่ออัตราการตายและระยะเวลา ที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์ข้าวอ่อนแอมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ มีขั้นตอนดังนี้

1) ก่อนที่จะทำการทดสอบต้องเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อม เช่นหน้ากาก ถุงมือ เสื้อคลุม
2) นำด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิเป็นพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำจะใช้ด้วงงวงข้าวโพด 20 ตัว ใส่ลงในขวดแก้วที่ใช้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ดึงก๊าซฟอสฟีนในแต่ละระดับความเข้มข้นฉีดลงในขวดภาชนะปิด ที่มีด้วงงวงข้าวโพดไว้ทดสอบในแต่ละความเข้มข้นทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ตัว ในห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช(ภาพที่ 3.10)
4) ตรวจนับปริมาณการตายและระยะเวลาที่ตายของด้วงงวงข้าวโพดเปรียบเทียบกับด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ
5) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลความแตกต่างทางสถิติ ด้วยโปรแกรม SPSS เพื่อหาค่า LC_{50} จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ

ภาพที่ 3.10 การฉีดระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนในภาชนะปิด

การกำหนดการตรวจนับผลการทดลองมีดังนี้

ทำการเช็คผลอัตราการตายด้วงงวงข้าวโพดทุกชั่วโมง โดยใช้วิธีการกลิ้งขวดไปมา2-3รอบ สังเกตการเคลื่อนที่ของด้วงงวงข้าวโพด หยุดการเคลื่อนที่ นอนหงาย ส่วนขาไม่กระดุกกระดิกถือว่าตายหากด้วงงวงข้าวโพดที่ใช้ทดสอบในพันธุ์เปรียบเทียบตายมากกว่า10% ต้องดำเนินการทดสอบใหม่ และแมลงเปรียบเทียบมาตรฐานที่อ่อนแอต้องตายทั้งหมดเกือบ 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SAS (Statistical Analysis System) และ SPSS(Norusis. 1993) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test ที่95% ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การศึกษาหาพันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อด้วงงวงข้าวโพด

การศึกษาหาพันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อด้วงงวงข้าวโพด โดยใช้พันธุ์ข้าวทั้งหมด 12 พันธุ์และ 1 พันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ คือ สุพรรณบุรี1 สุพรรณบุรี60 สุพรรณบุรี90 ปทุมธานี1 ปทุมธานี60 กข7 กข15 กข23 ชัยนาท1 พิษณุโลก2 หอมคลองหลวง1 ขาวดอกมะลิ105 และข้าวกล้องหอมมะลิ ใช้เป็นพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.1 การศึกษาการวางไข่

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าแปรปรวนทางสถิติในการวางไข่บนพันธุ์ข้าว จำนวนไข่ของด้วงงวงข้าวโพดที่วางบนเมล็ดพันธุ์ข้าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น99%(ตารางภาคผนวกที่ 5) และเมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนการวางไข่ของพันธุ์ข้าว พบว่าพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 มีจำนวนไข่เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 22.25, 22.50 และ 29.00 ฟอง ตามลำดับ พันธุ์ข้าวชัยนาท1 กข23 และพิษณุโลก2 จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่วางไข่ได้เฉลี่ย 32.75, 33.75 และ 34.00 ฟอง ตามลำดับ พันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี90 ปทุมธานี1 และกข7 จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่วางไข่ปานกลางเฉลี่ย 37.75, 37.75 และ 38.50 ฟอง ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี60 กข15 และขาวดอกมะลิ105ที่นิยมส่งออก มีจำนวนการวางไข่มากเฉลี่ย 46.50, 54.75 และ 64.50 ฟอง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิมีจำนวนไข่เฉลี่ยมากที่สุดคือ 153.00 ฟอง (ตารางที่ 4.1) การวางไข่ของด้วงงวงข้าวโพดจะชอบวางบริเวณปลายเมล็ดข้าว การเลือกวางไข่และใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับตัวอ่อนด้วงงวงข้าวโพดจะเลือกเมล็ดข้าวที่มีลักษณะสมบูรณ์ทั้งขนาดความยาวและความกว้างของเมล็ด สี กลิ่น พื้นผิวบนเมล็ดข้าว โดยส่วนใหญ่ด้วงงวงข้าวโพดจะวางไข่บนเมล็ดข้าว 2-3 ฟอง แต่จะมีเพียง 1 ตัวที่สามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ใน 1 เมล็ดข้าว ในขณะที่พันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 ด้วงงวงข้าวโพดจะทำลายและวางไข่ค่อนข้างน้อยโดยจะวางไข่ทั่วไปบนเมล็ดข้าว ซึ่งจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95% ในปริมาณการวางไข่และจำนวนไข่เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวชนิดอื่นและพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ โดยที่พันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 จัดอยู่ในกลุ่มพันธุ์ข้าวที่ด้วงงวงข้าวโพดวางไข่เฉลี่ยน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 จำนวนไข่ของด้วงงวงข้าวโพดที่วางบนข้าวพันธุ์ต่างๆ

พันธุ์ข้าว	จำนวนไข่เฉลี่ย (ฟอง)
ปทุมธานี60	22.25 a[1/]
สุพรรณบุรี1	22.50 a
หอมคลองหลวง1	29.00 ab
ชัยนาท1	32.75 bc
กข23	33.75 bc
พิษณุโลก2	34.00 bc
สุพรรณบุรี90	37.75 c
ปทุมธานี1	37.75 c
กข7	38.50 c
สุพรรณบุรี60	46.50 d
กข15	54.75 e
ขาวดอกมะลิ105	64.50 f
ข้าวกล้องหอมมะลิ	153.00 g

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

4.1.2 การศึกษาระยะเวลาในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าแปรปรวนทางสถิติของระยะเวลาในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยบนพันธุ์ข้าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น99%(ตารางภาคผนวกที่ 6) และเมื่อนำผลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยบนพันธุ์ข้าวต่างๆ พบว่าด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 จะใช้ระยะเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 42.25, 41.00 และ 39.50 วัน ตามลำดับ รองลงมาคือพันธุ์ข้าวพิษณุโลก2 และชัยนาท1 ใช้ระยะเวลาเจริญเติบโต 36.00 และ 34.50 วัน ในขณะที่พันธุ์ข้าวกข23 สุพรรณบุรี90 ปทุมธานี1 สุพรรณบุรี60 และกข7 จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ด้วงงวงข้าวโพดใช้ระยะเวลาเจริญเติบโตบนพันธุ์ข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 33.75, 33.50, 33.00, 32.75 และ 32.75 วัน ตามลำดับ และพันธุ์ข้าวกข15 และขาวดอกมะลิ105 ใช้ระยะเวลาเจริญเติบโต 31.75 และ 30.50 วัน จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวอื่นจะใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตที่สั้นกว่า ในขณะที่พันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิด้วงงวงข้าวโพดจะใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตสั้นที่สุดเฉลี่ย 28.75 วัน (ตารางที่ 4.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาในการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดที่พบบนข้าวพันธุ์ต่างๆ

พันธุ์ข้าว	เฉลี่ยระยะเวลา (วัน)
ปทุมธานี60	42.25 a[1/]
สุพรรณบุรี1	41.00 ab
หอมคลองหลวง1	39.50 b
พิษณุโลก2	36.00 c
ชัยนาท1	34.50 cd
กข23	33.75 de
สุพรรณบุรี90	33.50 de
ปทุมธานี1	33.00 de
สุพรรณบุรี60	32.75 de
กข7	32.75 de
กข15	31.75 ef
ขาวดอกมะลิ105	30.50 fg
ข้าวกล้องหอมมะลิ	28.75 g

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

4.1.3 การศึกษาจำนวนการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าแปรปรวนทางสถิติของจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดที่เจริญเติบโตในแต่ละพันธุ์ข้าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น99% (ตารางภาคผนวกที่ 7) และเมื่อนำผลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนตัวเต็มวัย พบว่าพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 จะมีจำนวนตัวเต็มวัยเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.75, 5.00 และ 5.75 ตัว ตามลำดับ พันธุ์ข้าวพิษณุโลก2 ชัยนาท1 กข23 และสุพรรณบุรี90 จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่มีจำนวนตัวเต็มวัยเฉลี่ยใกล้เคียงกันเท่ากับ 8.50, 9.75, 11.25 และ 12.50 ตัว ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ปทุมธานี1 กข7 และสุพรรณบุรี60 มีจำนวนตัวเต็มวัยมากเฉลี่ย 16.25, 16.75 และ 17.50 ตัว ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และข้าวกล้องหอมมะลิ จะมีจำนวนตัวเต็มวัยเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 28.00 และ 52.25 ตัว แสดงว่าพันธุ์ข้าวที่ต้านทานมีผลทำให้จำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมาน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ ซึ่งอาจจะมีปัจจัยบางอย่างในเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีผลต่อการเจริญเติบโตในระยะหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด (ตารางที่ 4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 จำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดที่พบบนข้าวพันธุ์ต่างๆ

พันธุ์ข้าว	จำนวนตัวเต็มวัยเฉลี่ย (ตัว)
ปทุมธานี60	3.75 a[1/]
สุพรรณบุรี1	5.00 a
หอมคลองหลวง1	5.75 ab
พิษณุโลก2	8.50 bc
ชัยนาท1	9.75 cd
กข23	11.25 cd
สุพรรณบุรี90	12.50 d
ปทุมธานี1	16.25 e
กข7	16.75 e
สุพรรณบุรี60	17.50 ef
กข15	20.25 f
ขาวดอกมะลิ105	28.00 g
ข้าวกล้องหอมมะลิ	59.25 h

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

4.1.4 น้ำหนักของด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ

ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 จะมีลักษณะที่แตกต่างกันกับตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ โดยที่ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานจะมีขนาดรูปร่างเล็ก มีลักษณะที่ไม่สมบูรณ์ การเคลื่อนไหวค่อนข้างช้า เมื่อนำตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิมาชั่งน้ำหนัก และวิเคราะห์ผลทางสถิติจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 และน้ำหนักตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ พบว่าน้ำหนักตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 มีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยสุดเท่ากับ 1.71, 1.74 และ 1.76 มิลลิกรัม ในขณะที่น้ำหนักตัวเต็มวัยจากด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิเท่ากับ 2.49 มิลลิกรัม จะเห็นว่าน้ำหนักตัวเต็มวัยจากพันธุ์ข้าวต้านทานจะมีน้ำหนักน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักตัวเต็มวัยจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ (ตารางที่ 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 น้ำหนักของด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ[1/]

พันธุ์ข้าว	น้ำหนักเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ตัว)
ปทุมธานี60	1.71 a[2/]
สุพรรณบุรี1	1.74 a
หอมคลองหลวง1	1.76 a
ข้าวกล้องหอมมะลิ	2.49 b

1/ เฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัว

2/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

4.1.5 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไข่ ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของจำนวนไข่ ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดมาหาความสัมพันธ์กัน พบว่าจำนวนไข่มีความสัมพันธ์กันกับจำนวนตัวเต็มวัยในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r = 0.98326 ในขณะที่ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตมีความสัมพันธ์กันกับจำนวนไข่และจำนวนตัวเต็มวัยในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r = -0.67314 และ -0.75205 จะเห็นได้ว่าพันธุ์ข้าวต้านทานด้วงงวงข้าวโพดจะวางไข่มีจำนวนน้อยและฟักออกมาเป็นตัวเต็มวัยมีจำนวนน้อยซึ่งมีความสัมพันธ์กับจำนวนไข่ที่ด้วงงวงข้าววางไว้บนพันธุ์ข้าว ในขณะที่พันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิการวางไข่มีจำนวนมากจึงทำให้การฟักออกมาเป็นตัวเต็มวัยมีจำนวนมากเช่นกัน ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตจะเป็นส่วนกลับผกผันของจำนวนไข่และจำนวนตัวเต็มวัยที่ออกมาคือในพันธุ์ข้าวต้านทานจะใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตมากกว่า ในขณะที่พันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิจะใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตที่สั้นกว่า จำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมาจึงมีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะมีสาเหตุหลายประการที่ต้องทำการศึกษาต่อไป

4.1.6 การศึกษาดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ข้าว

เป็นการศึกษาถึงความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ข้าวต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพด โดยที่ถ้าค่าดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ข้าวมีค่ามากที่สุด แสดงว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวชนิดนั้น มีความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพด และใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับตัวหนอนและดักแด้ มีผลทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหาย แต่ถ้าค่าดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ข้าวมีค่าน้อยที่สุด แสดงว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวชนิดนั้น ไม่เหมาะสมในการที่ด้วงงวงข้าวโพดจะเข้าทำลาย กัดกิน หรือใช้เป็นที่วางไข่ พัฒนาเจริญเติบโตสำหรับตัวหนอนและดักแด้ ลักษณะดังกล่าวอาจเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปัจจัยต่างๆของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ทำให้เกิดลักษณะของการต้านทานต่อด้วงงวงข้าวโพด เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าพันธุ์ข้าวมีค่าดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95%โดยที่พันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีค่าดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ข้าวน้อยที่สุดเท่ากับ 3.12, 3.90 และ 4.40 ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์ข้าวชนิดอื่นมีดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีค่าดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ข้าวมากที่สุดเท่ากับ 14.19 แสดงว่าพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1มีลักษณะที่ต้านทานต่อการเข้าทำลาย กัดกิน วางไข่ และใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับตัวหนอนและดักแด้ในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ข้าว(Index of Susceptibility)ตามวิธีวิธีของ Dobie (1974)

พันธุ์ข้าว	เวลาเฉลี่ยในการเจริญเติบโต(วัน)	จำนวนตัวเต็มวัย (ตัว)	ดัชนีความอ่อนแอ
ปทุมธานี60	42.25	3.75	3.12 a[1]
สุพรรณบุรี1	41.00	5.00	3.90 ab
หอมคลองหลวง1	39.50	5.75	4.40 b
พิษณุโลก2	36.00	8.50	5.94 c
ชัยนาท1	34.50	9.75	6.75 d
กข23	33.75	11.25	7.17 de
สุพรรณบุรี90	33.50	12.50	7.50 e
ปทุมธานี1	33.00	16.25	8.42 f
สุพรรณบุรี60	32.75	16.75	8.58 f
กข7	32.75	17.50	8.73 fg
กข15	31.75	20.25	9.94 g
ขาวดอกมะลิ105	30.50	28.00	10.91 h
ข้าวกล้องหอมมะลิ	28.75	59.25	14.19 i

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาว น้ำหนัก100เมล็ด(กรัม) และเปอร์เซ็นต์อไมโลสกับจำนวนไข่ ระยะเวลาเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด

เมื่อนำค่าความยาว น้ำหนัก100เมล็ด(กรัม) และเปอร์เซ็นต์อไมโลสในแต่ละพันธุ์ข้าว (ตารางภาคผนวกหน้า57)มาหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไข่ ระยะเวลาเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด พบว่าความยาว น้ำหนัก100เมล็ด(กรัม) ไม่มีความสัมพันธ์กันกับจำนวนไข่ ระยะเวลาเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์อไมโลสมีความสัมพันธ์กันกับจำนวนไข่ ระยะเวลาเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ r = 0.90, 0.78 และ 0.89 แสดงว่าความยาว น้ำหนัก100เมล็ด(กรัม) ของพันธุ์ข้าวไม่มีผลต่อการวางไข่ของด้วงงวงข้าวโพด แต่เปอร์เซ็นต์อไมโลสจะมีผลต่อการวางไข่ ระยะเวลาเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด เปอร์เซ็นต์อไมโลสจะแสดงถึงปริมาณแป้งและความแข็งของเมล็ดพันธุ์ข้าว ทำให้ไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งอาหาร การวางไข่ ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวโพดในระยะหนอน ดักแด้ มีผลต่อการอยู่รอดและการฟักออกมาเป็นตัวเต็มวัยใช้ระยะเวลาเจริญเติบโตยาวนานขึ้น

4.2 การศึกษาผลของสารฟอสฟีนที่มีผลต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ

การทดสอบระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนต่อปริมาณการตายของด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ ใช้ระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนคือ 0, 1.94, 3.89, 5.84, 7.79 และ 9.94 µl ตามลำดับ นับจำนวนการตายเฉลี่ยของด้วงงวงข้าวโพดทุกชั่วโมง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6, 4.7, 4.8 และ 4.9

จากผลการทดลองพบว่าด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 จะมีความอ่อนแอหรือปฏิกริยาตอบสนองต่อระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนเร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ อัตราการตายเฉลี่ยของด้วงงวงข้าวโพดจะมีอัตราการตายสูงที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนสูง ในระยะเวลาสั้น อัตราการตายจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป ช่วงระยะเวลาการตายของด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 จะมีช่วงระยะการตายที่สั้น ในขณะที่ช่วงระยะเวลาการตายของด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ จะมีช่วงระยะการตายที่ยาว ด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 จะมีหรือปฏิกริยาตอบสนองต่อระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนในชั่วโมงที่ 4, 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 5 ตามลำดับ ในขณะที่ด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ จะมีหรือปฏิกริยาตอบสนองต่อระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนในชั่วโมงที่ 8 จะเห็นได้ว่าด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 จะมีความอ่อนแอต่อระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนมากกว่า เพราะความไม่สมบูรณ์ของขนาดรูปร่างจึงมีหรือปฏิกริยาตอบสนองต่อก๊าซฟอสฟีนเร็ว

ตารางที่ 4.6 จำนวนการตายเฉลี่ยของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60ในแต่ละระดับความเข้มข้นของฟอสฟีน

	ปริมาณสารฟอสฟีนที่ใช้					
ชั่วโมงที่	1.94 µl	3.89 µl	5.84 µl	7.79 µl	9.94 µl	(control)
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	2.33	6.00	0
5	0	0	4.33	8.33	13.00	0
6	1.00	4.66	9.66	14.00	17.33	0
7	4.66	10.66	15.66	18.00	20.00	0
8	7.00	15.66	18.00	19.66	20.00	0
9	15.00	18.33	20.00	20.00	20.00	0
10	17.00	20.00	20.00	20.00	20.00	0
11	19.00	20.00	20.00	20.00	20.00	0
12	19.66	20.00	20.00	20.00	20.00	0
13	19.66	20.00	20.00	20.00	20.00	0
14	19.66	20.00	20.00	20.00	20.00	0
15	19.66	20.00	20.00	20.00	20.00	0

* แต่ละระดับความเข้มข้นเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 จำนวนการตายเฉลี่ยของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี1ในแต่ละระดับความเข้มข้นของฟอสฟีน

	ปริมาณสารฟอสฟีนที่ใช้					
ชั่วโมงที่	1.94 µl	3.89 µl	5.84 µl	7.79 µl	9.94 µl	(control)
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1.66	5.33	0
5	0	0	5.00	8.33	12.00	0
6	0	4.00	12.00	13.33	17.33	0
7	3.66	9.66	16.33	17.33	20.00	0
8	7.33	13.33	19.00	20.00	20.00	0
9	10.66	18.00	20.00	20.00	20.00	0
10	14.33	19.66	20.00	20.00	20.00	0
11	16.00	20.00	20.00	20.00	20.00	0
12	18.33	20.00	20.00	20.00	20.00	0
13	19.66	20.00	20.00	20.00	20.00	0
14	19.66	20.00	20.00	20.00	20.00	0
15	19.66	20.00	20.00	20.00	20.00	0

*** แต่ละระดับความเข้มข้นเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ตัว**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 จำนวนการตายเฉลี่ยของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวหอมคลองหลวง1ในแต่ละระดับความเข้มข้นของฟอสฟีน

	ปริมาณสารฟอสฟีนที่ใช้					
ชั่วโมงที่	1.94 µl	3.89 µl	5.84 µl	7.79 µl	9.94 µl	(control)
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1.66	5.33	0
6	0	0	5.00	7.00	12.00	0
7	0	4.66	8.66	11.66	16.66	0
8	4.66	9.66	14.00	15.66	19.00	0
9	9.66	13.33	17.00	18.33	20.00	0
10	13.00	17.00	19.66	20.00	20.00	0
11	16.00	19.33	20.00	20.00	20.00	0
12	18.33	20.00	20.00	20.00	20.00	0
13	19.33	20.00	20.00	20.00	20.00	0
14	19.33	20.00	20.00	20.00	20.00	0
15	19.33	20.00	20.00	20.00	20.00	0

* แต่ละระดับความเข้มข้นเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 จำนวนการตายเฉลี่ยของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิในแต่ละระดับความเข้มข้นของฟอสฟีน

	ปริมาณสารฟอสฟีนที่ใช้					
ชั่วโมงที่	1.94 µl	3.89 µl	5.84 µl	7.79 µl	9.94 µl	(control)
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1.66	0
9	0	0	0.66	1.66	5.66	0
10	0	0.33	3.33	5.66	13.33	0
11	0.66	2.66	8.66	11.66	17.00	0
12	2.66	5.66	12.00	16.33	19.00	0
13	4.00	9.33	15.00	19.00	20.00	0
14	5.00	11.33	18.33	20.00	20.00	0
15	5.66	11.66	20.00	20.00	20.00	0

* แต่ละระดับความเข้มข้นเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ตัว

4.2.1 การศึกษาความเป็นพิษของสารฟอสฟีนต่อด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ

ค่าความเป็นพิษโดยการหาค่าของ median lethal concentration (LC_{50}) ของด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 เปรียบเทียบกับด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ ในชั่วโมงที่ 8 พบว่าค่า LC_{50} มีค่าเท่ากับ 2.74, 2.97 และ 4.97 µl ตามลำดับ ในขณะที่ค่า LC_{50} ด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ มีค่าเท่ากับ 11.84 µl และในชั่วโมงที่ 12 พบว่าค่า LC_{50}มีค่าเท่ากับ 1.10, 1.37 และ 1.33 µl ตามลำดับ ในขณะที่ค่า LC_{50} ด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ มีค่าเท่ากับ 5.33 µl จะเห็นว่าด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 มีอัตราการใช้สารฟอสฟีนลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิจะมีอัตราการใช้สารฟอสฟีนที่สูงกว่า และจะเห็นได้ว่าค่าความเป็นพิษLC_{50}ของด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1ในแต่ละพันธุ์ข้าว จะมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิจะมีค่าความเป็นพิษLC_{50} ที่ลดลงแต่ยังคงอยู่ในอัตราที่สูง (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 ค่าความเป็นพิษของสารรมฟอสฟีนต่อด้วงงวงข้าวโพด

	LC_{50} (µl)			
	พันธุ์ข้าว			
เวลา	ปทุมธานี60	สุพรรณบุรี1	หอมคลองหลวง1	ข้าวกล้องหอมมะลิ
ที่ 4 ชั่วโมง	11.00	11.23	0.00	0.00
ที่ 5 ชั่วโมง	8.57	8.70	11.23	0.00
ที่ 6 ชั่วโมง	6.32	6.30	8.97	0.00
ที่ 7 ชั่วโมง	4.02	4.23	6.83	0.00
ที่ 8 ชั่วโมง	2.74	2.97	4.97	11.84
ที่ 9 ชั่วโมง	1.70	2.12	3.16	11.58
ที่ 10 ชั่วโมง	1.49	1.62	2.04	8.90
ที่ 11 ชั่วโมง	1.33	1.56	1.51	6.90
ที่ 12 ชั่วโมง	1.10	1.37	1.33	5.33
ที่ 13 ชั่วโมง	-	-	-	4.16
ที่ 14 ชั่วโมง	-	-	-	3.43
ที่ 15 ชั่วโมง	-	-	-	3.15
LT_{50}	6.14	6.22	7.38	11.57

ตารางที่ 4.11 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวทั้ง 4 ชนิด เปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวด้านทานจะมีเปอร์เซ็นต์การตายเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาสั้น โดยที่ด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 จะเริ่มตายในชั่วโมงที่ 4, 4 และ 5 ตามลำดับ อัตราการตายเพิ่มขึ้นโดยใช้ระยะเวลาสั้นในระดับความเข้มข้นที่สูง และมีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพดเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการรมที่สั้น ในขณะที่ด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิจะจะเริ่มตายในชั่วโมงที่ 8 มีการตายเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่จะใช้ระยะเวลาในการรมยาวนาน และมีเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพดเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการรมที่ยาวนาน

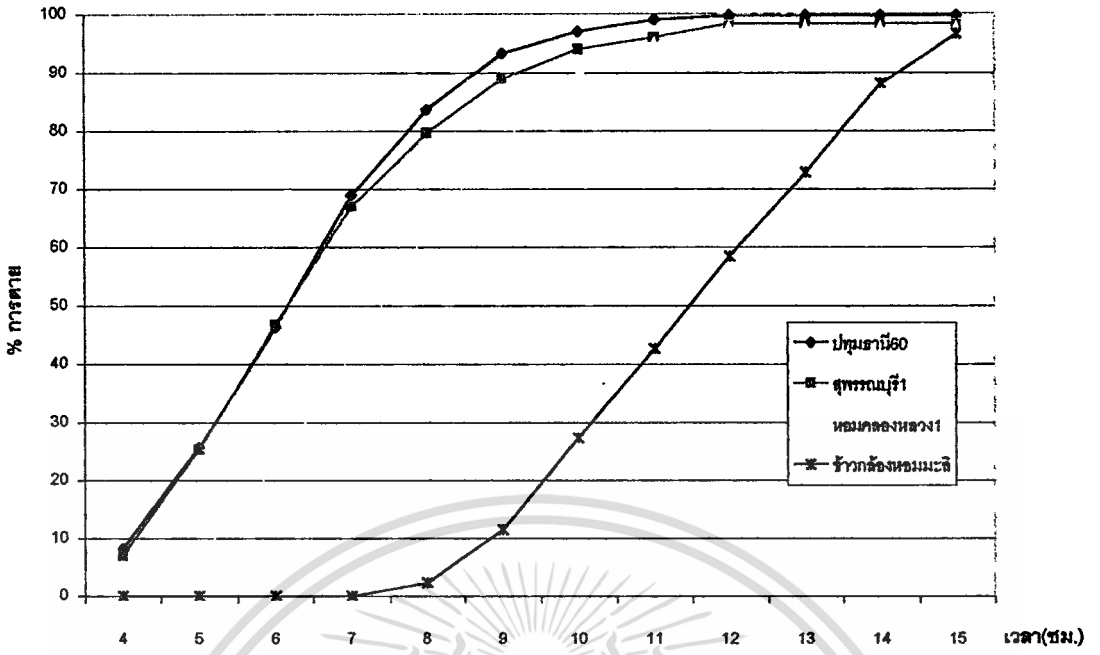
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 เปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพดต่อสารรมฟอสฟีนในแต่ละชั่วโมง

เวลา	เปอร์เซ็นต์การตาย			
	พันธุ์ข้าว			
	ปทุมธานี60	สุพรรณบุรี1	หอมคลองหลวง1	ข้าวกล้องหอมมะลิ
ที่ 4 ชั่วโมง	8.30	7.00	0.00	0.00
ที่ 5 ชั่วโมง	25.66	25.33	7.00	0.00
ที่ 6 ชั่วโมง	46.32	46.66	22.66	0.00
ที่ 7 ชั่วโมง	69.00	67.00	41.66	0.00
ที่ 8 ชั่วโมง	83.66	79.66	63.00	2.31
ที่ 9 ชั่วโมง	93.33	88.66	78.33	11.54
ที่ 10 ชั่วโมง	97.00	94.00	89.66	27.32
ที่ 11 ชั่วโมง	99.00	96.00	95.33	42.65
ที่ 12 ชั่วโมง	99.66	98.33	98.00	58.46
ที่ 13 ชั่วโมง	99.66	98.33	98.00	72.87
ที่ 14 ชั่วโมง	99.66	98.33	98.00	88.16
ที่ 15 ชั่วโมง	99.66	98.33	98.00	96.58
LT_{50}	6.14	6.22	7.38	11.57

เมื่อนำมาแสดงเป็นกราฟจะได้ผลดังภาพที่ 4.1 ซึ่งจะแสดงระยะเวลาและเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอต่อสารฟอสฟีน พบว่าด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 จะมีปฏิกิริยาตอบสนองหรือความอ่อนแอต่อสารฟอสฟีนเร็วกว่ามีอัตราการตายเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาที่สั้นและมีค่า LT_{50} เท่ากับ 6.14, 6.22 และ 7.38 ชั่วโมง ตามลำดับ ในขณะที่ด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ จะมีปฏิกิริยาตอบสนองหรือความอ่อนแอต่อสารฟอสฟีนช้ากว่ามีอัตราการตายเพิ่มขึ้นเช่นกันแต่ในช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน มีค่า LT_{50} เท่ากับ 11.57 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 ระยะเวลาและเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอต่อสารฟอสฟีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1 การศึกษาพันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อด้วงงวงข้าวโพด

จากการทดลองวิจัยพันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อด้วงงวงข้าวโพดในด้านของจำนวนไข่ ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมา พบว่าพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1มีลักษณะที่ต้านทานต่อด้วงงวงข้าวโพด จากการรายงานของ Juliano (1980) ถึงลักษณะของความต้านทานของเมล็ดข้าวจะมีผลทำให้แมลงมีพฤติกรรมต่อเมล็ดข้าวในลักษณะที่เกิดความไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งอาหาร วางไข่หรือหลบซ่อนป้องกันอันตรายจากสิ่งแวดล้อม ลักษณะการต้านทานทางกายภาพ เช่น มีเปลือกหนา แข็ง ขนาดรูปร่างของเมล็ด รวมถึงกลิ่น สีของเมล็ด ลักษณะการต้านทานทางเคมี เช่น สารเคมีที่อยู่ในเมล็ด จากการสังเกตลักษณะภายนอกของพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 พันธุ์ข้าวทั้ง 3 ชนิด จะมีขนาดเมล็ดสั้น รูปร่างเมล็ดค่อนข้างลีบเรียว มีสีขุ่นขาว มีกลิ่นไม่หอมมากเท่าที่ควร เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105และพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิเป็นพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ เมื่อสังเกตจากลักษณะภายนอกของเมล็ดจะมีขนาดเมล็ดยาวเรียว มีกลิ่นหอม ลักษณะดังกล่าวของพันธุ์ข้าวต้านทานอาจจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เมล็ดข้าวมีลักษณะที่ต้านทานต่อการวางไข่ ระยะเวลาในการเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ เมื่อวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดข้าวพันธุ์ต้านทานคือสารอาหารที่อยู่ในเมล็ดข้าว เช่นเปอร์เซ็นต์อไมโลสของพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 เท่ากับ 27-32, 29-30 และ 18-19 (ตารางภาคผนวกหน้า57) ซึ่งเปอร์เซ็นต์อไมโลสจะแสดงถึงความแข็งของเมล็ด ในขณะที่พันธุ์ข้าวชนิดอื่น พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105และพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิมีเปอร์เซ็นต์อไมโลสไม่เท่ากัน โดยที่พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105และพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิมีเปอร์เซ็นต์อไมโลสที่ต่ำ 12-17 สอดคล้องกับการทดลองของไชยรัตน์ เพ็ชรชลานุวัฒน์ และคณะ (2543) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวโพดพบว่าคุณสมบัติทางเคมีคือเปอร์เซ็นต์อไมโลสจะมีผลต่อการพัฒนาเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย และในแต่ละพันธุ์ข้าวจะมีคุณสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกัน พันธุ์ข้าวต้านทานด้วงงวงข้าวโพดจะใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตที่ยาวนาน และมีจำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมาน้อย สอดคล้องกับการทดลองของ Adetunji (1980) พบว่าพันธุ์เมล็ดข้าวฟ่างที่ต้านทานด้วงงวงข้าวจะใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตที่ยาวนาน และมีจำนวนตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อย เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างที่ต้านทานจะมีลักษณะแข็ง เมล็ดลีบ ไม่สมบูรณ์ จึงไม่เหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งอาหาร จากการทดลองพบว่าตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวต้านทานจะมีขนาดลำตัวเล็ก รูปร่างไม่สมบูรณ์ และมีน้ำหนักน้อยกว่าตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิเป็นพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ สอดคล้องกบการทดลองของ Rhine and Staples (1968) พบว่าคุณสมบัติของสารอาหารในเมล็ดข้าวโพดมีผลต่อการเจริญเติบโตของตัวเต็มวัย ในพันธุ์ข้าวโพดที่ต้านทานตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวจะมีน้ำหนักน้อยกว่าตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวจากพันธุ์ข้าวโพดที่อ่อนแอ นอกจากคุณสมบัติของสารอาหารในเมล็ดแล้วยังมีปัจจัยอื่นอีก เช่นกลิ่น สี สิ่งกระตุ้น และสิ่งเร้าต่างๆ

ในสายพันธุ์ข้าวแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติและลักษณะที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ภูมิศาสตร์ พื้นที่เพาะปลูก ปัจจัยภายใน เช่น ลักษณะทางพันธุกรรมของเมล็ดข้าว จึงทำให้พันธุ์ข้าวมีลักษณะที่แตกต่างกัน บางสายพันธุ์ข้าวกำเนิดมาจากสายพันธุ์เดิม ซึ่งอาจเกิดจากการกลายพันธุ์ของสายพันธุ์ข้าว หรือการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อให้ต้านทานต่อโรคและแมลง จากการทดลองจะเห็นว่าด้วงงวงข้าวโพดจะเข้าทำลาย วางไข่ และให้จำนวนตัวเต็มวัยออกมาในพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105มากกว่าพันธุ์ข้าวชนิดอื่น พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 เป็นพันธุ์ข้าวที่นิยมบริโภคมากที่สุดและสามารถนำไปส่งออกต่างประเทศทำรายได้เข้าสู่ประเทศปีละหลายล้านบาท คุณสมบัติของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 เป็นพันธุ์ข้าวที่เหนียว อ่อนนุ่ม มีเปอร์เซ็นต์ปริมาณอไมโลสต่ำ(ตารางภาคผนวกหน้า57) จึงมีผลทำให้ด้วงงวงข้าวโพดเข้าทำลายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105ให้ได้รับความเสียหายมาก ด้วงงวงข้าวโพดจะเข้าทำลายในแต่ละสายพันธุ์ข้าวไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเมล็ดข้าว บางสายพันธุ์ข้าวอาจจะมีลักษณะของเมล็ดข้าวที่แข็ง เยื่อหุ้มเมล็ดข้าวที่หนา ขนาดรูปร่างของเมล็ดข้าวที่ไม่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายและวางไข่ของด้วงงวงข้าวโพดสอดคล้องกับการทดลองของ Russell (1966) และ Wheatley (1973) ทำการทดลองเกี่ยวกับผลกระทบของด้วงงวงข้าวต่อการเข้าทำลายสายพันธุ์ข้าวฟ่างและความอ่อนแอของสายพันธุ์ข้าวโพดต่อด้วงงวงข้าวโพด พบว่าด้วงงวงข้าวและด้วงงวงข้าวโพดจะเข้าทำลายและวางไข่ในสายพันธุ์ข้าวฟ่างและสายพันธุ์ข้าวโพดที่อ่อนแอได้ดีกว่าในสายพันธุ์อื่น ในสายพันธุ์ที่มีลักษณะที่ต้านทานด้วงงวงข้าวและด้วงงวงข้าวโพดจะเข้าทำลายและวางไข่ได้น้อยมาก เนื่องจากพันธุ์ที่ต้านทานจะมีลักษณะที่ไม่เหมาะสมต่อการเข้าทำลาย เป็นแหล่งอาหารและวางไข่ของแมลง เช่น ความแข็งของเมล็ด หรือบางครั้งมีผลทำให้แมลงใช้ระยะเวลาในการพัฒนาเจริญเติบโตในเมล็ดยาวนาน

ในพันธุ์ข้าวแต่ละสายพันธุ์จะมีค่าดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ไม่เท่ากัน จากการทดลองพบว่าพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 มีค่าดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวเท่ากับ 3.12, 3.90 และ 4.40 ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105และข้าวกล้องหอมมะลิ มีค่าดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดพันธุ์ข้าวเท่ากับ 10.91 และ 14.19 ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของ Dobie (1974) ทำการศึกษาความต้านทานและความอ่อนแอของเมล็ดข้าวโพดต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพด พบว่าพันธุ์SV37มีลักษณะที่ต้านทานมีค่าดัชนีความอ่อนแอของเมล็ด 9.33 มีค่าความแข็งของเมล็ด 10.95 ค่าความแข็งของจะแสดงถึงความอ่อนแอของเมล็ดต่อการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพด ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวโพด

การศึกษาหาพันธุ์ข้าวต้านทานต่อการทำลายของด้วงงวงข้าวโพด เป็นวิธีการป้องกันกำจัดแมลงวิธีการหนึ่ง โดยการใช้คุณลักษณะของเมล็ดข้าวที่จะป้องกันการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพด พันธุ์ข้าวโดยส่วนใหญ่แมลงจะเข้าทำลายได้เกือบทุกสายพันธุ์ ซึ่งจะมีเปอร์เซ็นต์การทำลาย การวางไข่ การพัฒนาเจริญเติบโตในระยะหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยที่แตกต่างกัน จากการทดลองด้วงงวงข้าวโพดจะชอบทำลายเมล็ดข้าวที่อ่อนแอกว่า ลักษณะขนาดรูปร่างเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์ ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไข่ที่พบบนเมล็ดพันธุ์ข้าวในแต่ละสายพันธุ์จะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันในทางบวกกับจำนวนตัวเต็มวัยที่ออกมาในแต่ละสายพันธุ์ ในขณะที่จำนวนไข่และจำนวนตัวเต็มวัยที่ออกมาจะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันในทางลบกับระยะเวลาในการเจริญเติบโต สอดคล้องกับการทดลองของ Danho *et al.* (2002) และยังพบว่าการวางไข่จะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์คาดคะเนใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงต่อไป

5.2 การศึกษาผลของสารฟอสฟีนที่มีผลต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ

จากการศึกษาผลของสารฟอสฟีนที่มีผลต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ พบว่าด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 จะมีอัตราการตายสูงในระยะเวลาสั้น และใช้ระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิซึ่งจะมีอัตราการตายสูงแต่ในระยะเวลาที่ยาวนาน โดยที่ค่า LC_{50} ของพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 ในชั่วโมงที่ 8 มีค่าเท่ากับ 2.74, 2.97 และ 4.97 µl ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ มีค่าเท่ากับ 11.84 µl และในชั่วโมงที่ 12 มีค่าเท่ากับ 1.10, 1.37 และ 1.33 µl ในขณะที่พันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ มีค่าเท่ากับ 5.33 µl ค่า LT_{50} ของพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 มีค่าเท่ากับ 6.14, 6.22 และ 7.38 ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ มีค่าเท่ากับ 11.57 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานจะมีความอ่อนแอและปฏิกิริยาตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนองต่อสารฟอสฟีนเร็ว ใช้ระดับความเข้มข้นที่ต่ำ ในระยะเวลาที่สั้นกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chaudhry and Price (1990) พบว่าอัตราการนำเข้าก๊าซฟอสฟีนในแมลงที่ต้านทานกับแมลงที่อ่อนแอมีอัตราที่แตกต่างกัน แมลงที่ต้านทานจะมีอัตราการดูดซึมก๊าซฟอสฟีนน้อยกว่าแมลงที่อ่อนแอ แมลงที่ต้านทานจะมีกลไกในการกำจัดก๊าซพิษก่อนที่จะไปมีผลต่ออวัยวะเป้าหมาย มีผลทำให้เพิ่มระดับความเข้มข้นของสารเคมีมากขึ้น ใช้ระยะเวลาที่ยาวนาน ในขณะที่แมลงที่อ่อนแอต่อสารรมจะมีปฏิกริยาตอบสนองต่อสารรมฟอสฟีนสูง ระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนที่ใช้ในการฆ่าแมลงจึงไม่จำเป็นต้องสูงมาก และใช้ระยะเวลาสั้น โดยอาศัยความอ่อนแอไม่สมบูรณ์ของร่างกายแมลง

จากการทดลองเมื่อพิจารณาค่า LC_{50} ของด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวต้านทานในแต่ละสายพันธุ์ข้าวค่า LC_{50} จะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ซึ่งจะสอดคล้องกับการทดลองของ Hole *et al.* (1976) พบว่าการรมก๊าซฟอสฟีนที่ดีมีประสิทธิภาพจะต้องรมที่ระดับความเข้มข้นต่ำและใช้ระยะเวลาในการรมยาวนาน ในขณะที่การรมก๊าซฟอสฟีนที่ระดับความเข้มข้นสูงและใช้ระยะเวลาในการรมสั้นจะมีประสิทธิภาพน้อยกว่า เนื่องจากแมลงเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีคุณสมบัติพิเศษหลายอย่าง สามารถปรับสภาพร่างกายได้ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งการที่มีก๊าซพิษอยู่บริเวณรอบตัวนั้น แมลงอาจจะมีการปิดเปิดรูหายใจ(spiracles)ช้าลง หรือไม่เปิดเลยจนกว่าความเข้มข้นของก๊าซพิษจะเจือจางลง หรือในบางระยะการเจริญเติบโตของแมลง เช่น ระยะไข่ ดักแด้ จะมีกระบวนการใช้กิจกรรมเมทาบอลิซึมน้อยมาก โอกาสที่จะได้รับก๊าซพิษก็น้อยเช่นกัน และประกอบกับช่วงระยะเวลาในการรมที่สั้น แมลงจึงไม่ได้รับผลกระทบหรือถ้าได้รับก็น้อยมาก และจากการทดลองของ Nakakita *et al.* (1974) พบว่าฟอสฟีนที่ระดับความเข้มข้นต่ำจะมีความเป็นพิษสูงต่อแมลงเพราะว่าในระดับความเข้มข้นที่ต่ำแมลงจะใช้ก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นในกระบวนการหายใจทำให้ก๊าซฟอสฟีนสามารถแทรกซึมผ่านเข้าไปรวมกับก๊าซออกซิเจนโดยมีผลทำให้ไปยับยั้งกระบวนการหายใจของเซลเมมเบรนและไมโตรคอนเดรียซึ่งเป็นส่วนให้เกิดพลังงาน ในขณะที่ก๊าซฟอสฟีนที่ระดับความเข้มข้นสูง แมลงจะลดอัตราการหายใจลงจึงมีผลทำให้ก๊าซฟอสฟีนไม่สามารถเข้าไปถึงเป้าหมายที่ทำให้เกิดพิษต่อแมลง แมลงจึงมีลักษณะมึนเมา เคลื่อนไหวช้าคล้ายเป็นอัมพาตหรือที่เรียกว่าparalysis แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะกลับเข้าสู่ปกติ จากการทดลองของ Winks (1985) พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนเพิ่มขึ้นแมลงจะมีลักษณะอาการมึนเมา เคลื่อนไหวช้า ทรงตัวไม่ได้ คล้ายเป็นอัมพาตหรือเรียกว่าnarcosis ลักษณะดังกล่าวจะเกิดในช่วงระยะเวลาที่สั้นและในระดับความเข้มข้นที่สูง ในการรมเพื่อฆ่าแมลงแต่ละครั้งจะต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นกับระยะเวลาที่ใช้ในการรม เพื่อที่จะให้การรมในแต่ละครั้งมีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นพิษของสารฟอสฟีนมีผลต่อระบบการหายใจของแมลง ก๊าซฟอสฟีนจะเข้าสู่ร่างกายแมลงโดยรวมกับก๊าซออกซิเจนในกระบวนการหายใจผ่านเข้าสู่รูหายใจไปสู่อวัยวะเป้าหมาย ความเป็นพิษของก๊าซฟอสฟีนจะมีประสิทธิภาพสูงสุด ต้องคำนึงถึงปัจจัยความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนกับระยะเวลาที่ใช้ในการรม จากผลการทดลองที่ระดับความเข้มข้นสูงอัตราการตายของแมลงจะเพิ่มในระยะเวลาที่สั้น และระดับความเข้มข้นต่ำอัตราการตายของแมลงจะเพิ่มขึ้นเช่นกันแต่ระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น ซึ่งจะสอดคล้องกับการทดลองของ Qureshi *et al.* (1965) แต่ผลการทดลองจะขัดแย้งกับการทดลองของ Hole *et al.* (1976) อธิบายว่าในการรมสารฟอสฟีนที่ระดับความเข้มข้นต่ำและใช้ระยะเวลาในการรมที่ยาวนานจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการป้องกันกำจัดแมลงเกือบทุกระยะของการเจริญเติบโต ในขณะที่การรมสารฟอสฟีนที่ระดับความเข้มข้นสูงและใช้ระยะเวลาในการรมที่สั้น ไม่สามารถกำจัดแมลงได้เกือบทุกระยะของการเจริญเติบโต

ดังนั้นในการป้องกันกำจัดแมลงโดยใช้วิธีการอื่นหลายวิธีร่วมกัน จึงเป็นแนวทางในการบริหารควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นจะต้องอาศัยหลักการ ความรู้ทางวิชาการ ประกอบกับวิธีการปฏิบัติที่ถูกต้อง ในการป้องกันกำจัดแมลงนั้นไม่สามารถที่จะกำจัดแมลงให้หมดไป แต่เป็นการควบคุมแมลงไม่ให้ก่อความเสียหายเกินกว่าระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ และเป็นการป้องกันแมลงไม่ให้สร้างความต้านทานต่อสารเคมี ลดการใช้สารเคมีลงในระดับหนึ่งที่ปลอดภัยต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ และสภาวะแวดล้อม และที่สำคัญผลผลิตมีคุณภาพปลอดภัย สร้างความเชื่อมั่นต่อผู้บริโภคทั้งภายในและภายนอกประเทศ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาประเทศชาติให้เจริญรุ่งเรืองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าในการบริหารควบคุมด้วงงวงข้าวโพดโดยใช้พันธุ์ข้าวต้านทานร่วมกับสารรมฟอสฟีน พบว่าพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 มีลักษณะที่ต้านทานต่อด้วงงวงข้าวโพดเมื่อเปรียบเทียบเทียบกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105ที่นิยมส่งออกและพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ในด้านการวางไข่จะมีจำนวนไข่เฉลี่ย 22.25, 22.50 และ 29.00 ฟอง ตามลำดับ ใช้ระยะเวลาเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 42.25, 41.00 และ 39.50 วัน ตามลำดับ มีจำนวนตัวเต็มวัยเฉลี่ย 3.75, 5.00 และ 5.75 ตัว ตามลำดับ น้ำหนักตัวเต็มวัยเฉลี่ย 1.71, 1.74 และ 1.76 มิลลิกรัม ตามลำดับ พันธุ์ข้าวทั้ง 3 ชนิด มีค่าดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดข้าว 3.12, 3.90 และ 4.40 ในขณะที่ข้าวกล้องหอมมะลิการวางไข่จะมีจำนวนไข่เฉลี่ย 153.00 ฟอง ใช้ระยะเวลาเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย 28.75 วัน มีจำนวนตัวเต็มวัยเฉลี่ย 59.25 ตัว น้ำหนักตัวเต็มวัยเฉลี่ย 2.49 มิลลิกรัม มีค่าดัชนีความอ่อนแอของเมล็ดข้าว 14.19 จากผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไข่ ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดโดยใช้โปรแกรม SAS วิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าจำนวนไข่มีความสัมพันธ์กับจำนวนตัวเต็มวัยในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $r = 0.98$ ในขณะที่ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตจะมีความสัมพันธ์กับจำนวนไข่และจำนวนตัวเต็มวัยในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $r = -0.67$ และ -0.75 และพบว่าเปอร์เซ็นต์อไมโลสมีความสัมพันธ์กับจำนวนไข่ ระยะเวลาในการเจริญเติบโต และจำนวนตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $r = 0.90$, 0.70 และ 0.89 ตามลำดับ เมื่อนำด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงจากพันธุ์ข้าวต้านทานมาทดสอบกับสารรมฟอสฟีน จะใช้ระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิซึ่งใช้เป็นพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ ในชั่วโมงที่ 8 จะเห็นว่าค่าLC_{50}ของพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1 มีค่าเท่ากับ 2.74, 2.97 และ 4.97 µl ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิค่าLC_{50} มีค่าเท่ากับ 11.84 µl และในชั่วโมงที่ 12 ค่าLC_{50} มีค่าเท่ากับ 1.10, 1.37 และ 1.33 µl ขณะที่พันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิค่าLC_{50} มีค่าเท่ากับ 5.33 µl ซึ่งจะให้ผลดีมีประสิทธิภาพ สามารถลดอัตราการใช้สารรมฟอสฟีนลงได้ มีผลทำให้ลดปริมาณต้นทุนและประหยัดค่าใช้จ่ายสารเคมีลง สามารถนำผลผลิตไปใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์และที่สำคัญเป็นการลดระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนลง ปลอดภัยต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสิ่งแวดล้อม การนำพันธุ์ข้าวปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 และหอมคลองหลวง1มาผสมกับพันธุ์ข้าวส่งออกคือพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 จึงเป็นแนวทางที่ดีที่ควรคำนึงถึงในแง่ของผลผลิตถูกทำลายให้ได้รับความเสียหายทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ ขาดทุนทางการค้า โดยแมลงศัตรูในโรงเก็บ และที่สำคัญสามารถลดปริมาณการใช้สารเคมีลงโดยใช้วิธีร่วมกับพันธุ์ข้าวที่ต้านทาน การลดปริมาณการใช้สารเคมีลงจะทำให้มีความปลอดภัย มีผลดีต่อมนุษย์ สัตว์ สิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ และสภาวะแวดล้อม แต่หลักการที่จะนำพันธุ์ข้าวต้านทานมาผสมกับพันธุ์ข้าวส่งออกจะต้องคำนึงถึงหลักเกณฑ์มาตรฐานในการผสมข้าวตามข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์คือมีพันธุ์ข้าวชนิดอื่นผสมไม่เกิน 8% และลักษณะทางกายภาพและเคมีที่ใกล้เคียงกัน วิธีการใช้พันธุ์ข้าวต้านทานไม่ใช่เป็นวิธีการใหม่ที่เพิ่งจะนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรู แต่วิธีนี้ใช้มาตั้งแต่สมัยบรรพบุรุษโบราณ แม้แต่ในแปลงเพาะปลูกพืชยังมีพันธุ์ที่ต้านทานต่อแมลงศัตรูพืช การที่พืชมีลักษณะที่ต้านทานต่อแมลงศัตรูพืชเพราะว่าจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างทั้งภายในและภายนอก สรีระวิทยา สัณฐาน และพฤติกรรมต่างๆ เพื่อให้รอดพ้นจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรู และจะเป็นการคัดเลือกพันธุ์พืชที่มีลักษณะที่ต้านทานสามารถที่จะดำรงคงไว้สืบทอดขยายพันธุ์ต่อไป

ฉะนั้นการใช้พันธุ์ข้าวที่ต้านทานจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะนำมาใช้ร่วมกับการใช้สารรมฟอสฟีนในแง่ของการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพดซึ่งเป็นศัตรูสำคัญของเมล็ดข้าว สามารถชะลอการสร้างความต้านต่อสารรมฟอสฟีน มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและอุตสาหกรรมการส่งออกข้าวในด้านการปนเปื้อนการเข้าทำลายของแมลง และที่สำคัญสามารถลดปริมาณการใช้สารรมฟอสฟีนลงกว่าเดิม ปลอดภัยต่อมนุษย์ สัตว์ สิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ และสภาวะแวดล้อม ระดับการปนเปื้อนของสารเคมีอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ประเทศคู่ค้ามีความเชื่อมั่นถึงความปลอดภัยต่ออุตสาหกรรมการส่งออกข้าวของไทยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2535. **แมลงและสัตว์ศัตรูพืชที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร.** กรุงเทพฯ : กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. 2540. "ความรู้เรื่องเมล็ดข้าว." **วารสารหนังสือพิมพ์กสิกร.** 70(3) : 271-280.

กรมวิชาการเกษตร. 2543. "การจัดการศัตรูในโรงเก็บ." หน้า 4-15. ใน **เอกสารวิชาการการอบรมหลักสูตรการจัดการศัตรูในโรงเก็บ.** กรุงเทพฯ : กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. 2544. "แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด." หน้า 100–101. ใน **เอกสารประกอบการอบรมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด.** กรุงเทพฯ : กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. 2545. "แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด." หน้า 35-37. ใน **เอกสารประกอบการอบรมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด.** กรุงเทพฯ : กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กุสุมา นวลวัฒน์. 2545. "การสูญเสียคุณภาพข้าวเปลือกเนื่องมาจากแมลงศัตรูในโรงเก็บและการเก็บรักษา." หน้า 61-74. ใน **เอกสารวิชาการคุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย.** เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

งามชื่น คงเสรี. 2531. "คุณภาพหุงต้มรับทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง." หน้า 73-87. ใน **เอกสารวิชาการการปรับปรุงคุณภาพข้าว.** กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

งามชื่น คงเสรี. 2541. "มาตรฐานสินค้าเกษตร : ข้าวหอมมะลิและวิธีการตรวจสอบ." หน้า 80-97. ใน **เอกสารการสัมมนาเรื่อง อนาคตข้าวไทยจะเป็นอย่างไร?.** กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชุมพล กันทะ. 2533. **หลักการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ.** ขอนแก่น : ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชูวิทย์ ศุขประการ, กุสุมา นวลวัฒน์, พินิจ นิลพานิชย์, พรทิพย์ วิสารทานนท์, บุษรา จันทร์แก้วมณี, ใจทิพย์ อุไรชื่น และรังสิมา เก่งการพานิช. 2543. "แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้องกันกำจัด." หน้า 1-8. ใน **เอกสารวิชาการกลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ไชยรัตน์ เพ็ชรชลานุวัฒน์, ประนอม มงคลบรรจง, ลือชัย อารยะรังสฤษฏ์, งามชื่น คงเสรี และวิชัย หิรัญยูปกรณ์. 2543. "คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวสารจำนวน 8 พันธุ์." **วารสารวิชาการเกษตร.** 18(2) : 164-169.

บุษรา พรหมสถิต, ชูวิทย์ ศุขประการ และพรทิพย์ วิสารทานนท์. 2537. "ความต้านทานของมอดข้าวเปลือก *Rhizopertha dominica* (Fabricius) แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรต่อสารรมฟอสฟีน." **วารสารกีฏและสัตววิทยา.** 16(3) : 165-173.

บุษรา พรหมสถิต. 2541. "การศึกษาความต้านทานของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรต่อสารรมฟอสฟีน." **วารสารกีฏและสัตววิทยา.** 20(3) : 176-183.

ปรากฏ สุวรรณสิงห์. 2542. "ความต้านทานของข้าวเปลือกบางสายพันธุ์ต่อการทำลายของผีเสื้อข้าวเปลือกขณะเก็บรักษา." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). สาขากีฏวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พรทิพย์ วิสารทานนท์. 2541. "การสร้างความต้านทานของสารรมฟอสฟีน." **วารสารกีฏและสัตววิทยา.** 20(2) : 121-124.

เพชรรัตน์ วรรณภีร์. 2546. "วิธีการรมยาสำหรับป้องกันและกำจัดแมลงในเมล็ดพันธุ์ด้วยสารเคมีแมกนีเซียมฟอสไฟด์และอลูมิเนียมฟอสไฟด์." **ข่าวสารเมล็ดพันธุ์พืช.** 10(6) : 20-22.

ไพฑูรย์ อุไรคงค์. 2544. "การเก็บรักษาข้าว." หน้า 198-217. ใน **เอกสารประกอบการฝึกอบรมความรู้เรื่องข้าว.** กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ลัดดาวัลย์ กรรณนุช. 2544. "ข้าวเอกลักษณ์ของไทย ข้าวหอมมะลิไทย." **วารสารเกษตรก้าวหน้า.** 14(3) : 14-20.

สุภาณี พิมพ์สมาน. 2540. **สารฆ่าแมลง.** ขอนแก่น : ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อังคณา สุวรรณกูฏ. 2547. "เมธิลโบรไมด์ : ผู้ร้ายในพิธีสารมอลทรีออล-พระเอกในงานกักกัน." **วารสารหนังสือพิมพ์กสิกร.** 77(2) : 62-66.

อัมพร เอี่ยมสุรีย์. 2546. "ข้าวไทยสู่ตลาดโลก." หน้า 106-118. ใน **เอกสารวิชาการครบรอบ 85 ปี สมาคมผู้ส่งข้าวออกต่างประเทศ.** กรุงเทพฯ : สมาคมผู้ส่งข้าวออกต่างประเทศ. กรุงเทพมหานคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสงวน ชูวิสิฐกุล. 2542. **เอกสารคำแนะนำข้าวและธัญพืชเมืองหนาวพันธุ์ดี75พันธุ์.** กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Adetunji, J.F. 1988. "A Study of the Resistance of Some Sorghum Seed Cultivars to *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera : Curculionidae)." **J. stored Prod. Res.** 24(2) : 67-71.

Anonymous. 1989. **Fumigation of Grain in ASEAN Region, Part 1 Principles and General Practice.** Kuala, Lumper Malaysia : ASEAN Food Handling Bureau and Australian Center for International Agriculture Research.

Athie, I., Gomes, R.A.R., Bolonhezi, S., Valentini, S.R.T. and Castro, M.F.P. 1998. "Effects of Cabon Dioxide and Phosphine Mixtures on Resistant Populations of Stored-Grain Insects." **J. Stored Prod. Res.** 34(1) : 27-32.

Baker, J.E. 1988. "Development of Four Stains of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera : Curculionidae) on Barley, Corn (Maize), Rice, and Wheat." **J. Stored Prod. Res.** 24(4) : 193-198.

Bengston, M., Collins, P.J., Daglish, G.J., Hallman, V.L., Kopittke, R. and Pavic, H. 1999. "Inheritance of Phosphine Resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae)." **J. Econ. Entomol.** 92(1) : 17-20.

Bell, C.H. 2000. "Fumigation in the 21st Century." **Crop Protection.** 19(1) : 563-569.

Bond, E.J. 1977. "Toxicity of Mixtures of Methyl Bromide and Phosphine to Insects." **J. Econ. Entomol.** 71(2) : 341-342.

Channoo, C. Tantakom, S. Jiwajinda, S. and Isichaikul, S. 2002. "Fumigation Toxicity of Eucalyptus Oil Against Three Stored-Product Beetles." **Thai J. Agric. Sci.** 35(3) : 256-273.

Chaudhry, M.Q. and Price, N.R. 1990. "Insect Mortality At Dose Phosphine Which Produce Equal Uptake in Susceptible and Resistant Strains of *Rhizopertha dominica* (F.) (Coleoptera : Bostrichidae)." **J. Stored Prod. Res.** 26(2) : 101-107.

Collins, P.J., Daglish, G.J., Bengston, M., Lambkin, T.M. and Pavic, H. 2002. "Genetics of Phosphine in *Rhizopertha dominica* (Coleoptera : Bostrichidae)." **J. Econ. Entomol.** 95(2) : 862-869.

Chotimanothum, B. 2000. "Studies on Phosphine Resistance and Detoxification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Enzyme Activity of Lesser Grain Borer, *Rhizopertha dominica* Fabricius (Coleoptera : Bostrichidae) in Central Thailand." M.S.(Agriculture)Thesis of Kasetsart University, Bangkok.

Cotton, R.T. 1962. **Pests of Stored Grain and Grain Products.** United States of Amarica : Burgess Pubishing Company.

Danho, M., Gaspar, C. and Haubruge, E. 2002. "The Impact of Grain Quantity on the Biology of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera : Curculionidae) : Oviposition Distribution of Eggs, Adult Emergence, Body Weight and Sex Ratio." **J. Stored Prod. Res.** 38(3) : 259-266.

Dobie, P. 1974. "The Laboratory Assessment of the Inherent Susceptibility of Maize Varieties to Postharvest Infestation by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera : Curculionidae)." **J. Stored Prod. Res.** 10(3) : 183-197.

Dobie, P. 1984. "Biological Methods for Intergrated Control of Insects and Mites in Tropical Stored Products." **Trop. Stored Prod. Inf.** 48(1) : 4-8.

Gomaz, L.A. Rodriguez, J.G. Poneleit, C.G. and Blake, D.F. 1983. "Relationship Between Some Charactersistics of the Corn Kernel Pericarp and Resistance to the Rice Weevil (Coleoptera : Curculionidae)." **J. Econ. Entomol.** 76(4) : 797-800.

Graver, Van.S.J. and Annis, P.C. 1994. **Suggested Reccommendations for the Fumigation of Grain in the ASEAN Region, Part 3 Phosphine Fumigation of Beg- Stacks Sealed in Plastic Enclosures : an Operations Manual.** Kuala Lumpur, Malaysia : ASEAN Food Handling Bureau and Australian Center for International Agriculture Research.

Gudrups, I., Floyb, S., kling, J.H., Bosque-Perez, N.A. and Orchard, J.E. 2001. "A Comparision of Two Method of Assessment of Maize Varietal Resistance the Maize Weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, and the Influence of Kernel Hardness and Size on Susceptibility." **J. Stored Prod. Res.** 37(3) : 287-302.

Halstead, D.G.H. 1963. "External Sex Differences in Stored Products Coleoptera." **Bull. Entomol. Res.** 54(3) : 119-134.

Heseltine, H.K. 1973. "A Guide to Fumigation with Phosphine in the Tropics." **Trop. Stored Prod. Inf.** 24(1) : 25-36.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hidayat, P., Phillips, T.W. and Ffrench-Constant, R.H. 1996. "Molecular and Morphological Characters Discriminate *Sitophilus oryzae* and *Sitophilus zeamais*(Coleoptera,Curculiondae) and Confirm Reproductive Isolation." **Ann. Entomol. Soc. Am.** 89(5) : 645-652.

Hole, B.D., Bell, C.H., Miles, K.A. and Goodship, G. 1976. "The Toxicity of Phosphine to All Developmental Stages of Thirteen Species of Stored Product Beetles." **J. Stored Prod. Res.** 12(3) : 235-244.

International Rice Research Institute, editor. 1988. **Rice Seed Health.** Manila, Philippines : International Rice Research Institute.

Juliano, B.O. 1981. "Rice Grain Properties and Resistance to Storage Insects : A Review." **IRRI Res. Pap. Ser.** 56(1) : 1-10.

Kashi, K.P. and Bond, E.J. 1975. "The Toxic Action of Phosphine : Role of Cabon Dioxide on the Toxicity of Phosphine to *Sitophilus granarius*(L.) and *Tribolium confusum* DuVal." **J. Stored Prod. Res.** 11(1) : 9-15.

Kengkanpanich, R. 2003. "Comparative Study of Phosphine Concentrations and Effectiveness in Different Commodities after Fumigation." M.S.(Agriculture) Thesis of Kasetsart University, Bangkok.

Kossou, K.P., Bosque-Perez, N.A. and Mareck, J.H. 1992. "Effects of Shelling Maize Cob on the Oviposition and Development of *Sitophilus zeamais* Motschulsky." J. Stored Prod. Res. 28(3) : 187-192.

Larrain, P.I., Araya, J.E. and Paschke, J.D. 1995. "Method Infestation of Sorghum Lines for the Evaluation of Resistance to the Maize Weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera : Curculiondae)." **Crop Protection.** 14(7) : 561-564.

Lindgren, D.L., Vincent, L.E. and Strong, R.G. 1958. "Studies on Hydrogen Phosphide as a Fumigant." **J. Econ. Entomol.** 51(6) : 900-903.

Lindgren, D.L. and Vincent, L.E. 1966. "Relative Toxicity of Hydrogen Phosphide to Various Stored-Product Insects." **J. Stored Prod. Res.** 2(2) : 141-146.

Monro, H.A.U. 1969. **Manual of Fumigation for Insect Control.** 3th ed. Rome, Italy : Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Munro, J.W. 1966. **Pests of Stored Products.** London : Hutchinson & Co LTD.

Munster, M.J. 2003. "Insect of the Week Maize Weevil." [Online]. Availble :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

http://www.ces.nesu. Edu/depts/eut/clinic/Bugofwk/965792/maizeweev.htm.

Nakakita, H., Saito, T. and Iyatomi, K. 1974. "Effect of Phosphine on the Respiration of Adult *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera, Curculiondae)." **J. Stored Prod. Res.** 10(2) : 87-92.

Norusis, M.J. 1993. **SPSS for Windows Base System User's Guide Release 6.0.** Chicago : SPSS Inc.

Pfadt, R.E., editor. 1985. **Fundamentals of Applied Entomology.** United States of America : Macmillan.

Price, L.A. and Mills, K.A. 1988. "The Toxicity of Phosphine to the Immature Stage of Resistant and Susceptible Strains of some Common Stored Product Bettles, and Implications for their Control." **J. Stored Prod. Res.** 24(1) : 51-59.

Proctor, D.L. 1971. "An Additional Aedeagal Character for Distinguishing *Sitophilus zeamais* Motsch. From *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera, Curculiondae)." **J. Stored Prod. Res.** 6(3) : 351-352.

Qureshi, A.H., Bond, E.J. and Monro, H.A.U. 1965. "Toxicity of Hydrogen Phosphide to the Granary Weevil, *Sitophilus granarius*, and Other Insects." **J. Econ. Entomol.** 58(2) : 324-331.

Rajendran, S. 2000. "Inhibition of Hatching of *Tribolium castaneum* by Phosphine." **J. Stored Prod. Res.** 36(3) : 101-106.

Rhine, J.J. and Staples, R. 1968. "Effect of High- Amylose Field Corn Laval Growth and Survival of Five Species of Stored-Grain Insects." **J. Econ. Entomol.** 61(1) : 280-282.

Russell, M.P. 1966. "Effect of Four Sorghum Varieties on the Longevity of the Lesser Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (L.)." **J. Stored Prod. Res.** 2(2) : 75-79.

Sharifi, S. and Mills, R.B. 1971. "Developmental Activities and Behavior of the Rice Weevil Inside Wheat Kernels." **J. Econ. Entomol.** 64(3) : 1114-1118.

Singh, D.N. and McCain, F.S. 1963. "Relationship of Some Nutritional Properties of the Corn Kernel to Weevil Infestation." **Crop Science.** 3(1-6) : 259-261.

Singh, K., Agrawal, N.S. and Girish, G.K. 1976. "The Oviposition and Development of *Sitophilus oryzae* (L.) in Different High-Yielding Varieties of Wheat." **J. Stored Prod. Res.** 10(2) : 105-111.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Singh, V.S., Bhatia, S.K. and Murthy, B.N. 1980. "Effect of Hull on the Resistance of Barley Varieties to the Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (L.)." **Indian J. Ent.** 42(4) : 576-581.

Urrelo, R. and Wright, V.F. 1989. "Development and Behavior of Immature Stages of the Maize Weevil (Coleoptera : Curculiondae) Within Kernels of Resistant and Susceptible Maize." **Ann. Entomol. Soc. Am.** 82(6) : 712-716.

Wheatley, P.E. 1973. "Relative Susceptibility of Maize Varieties." **Trop. Stored Prod. Inf.** 25(1) : 16-18.

White, G. 2000. "Grain Storage-Resistance to Phosphine Fumigant." [Online]. Availble : **http://www.agric. wa.gov.au/ento/publications/fs0444.html.**

Winks, R.G. 1985. "The Toxicity of Phosphine to Adults of *Tribolium castaneum* (Herbst): Phosphine-Induced Narcosis." **J. Stored Prod. Res.** 24(1) : 25-29.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 จำนวนไข่ของด้วงงวงข้าวโพดในข้าวพันธุ์ต่างๆ

	R_1	R_2	R_3	R_4	Total	Mean
สุพรรณบุรี90	42	35	33	41	151	37.75
พิษณุโลก2	30	34	41	31	136	34.00
สุพรรณบุรี60	45	43	48	50	186	46.50
ขาวดอกมะลิ105	62	68	59	69	258	64.50
หอมคลองหลวง1	21	32	30	33	116	29.00
สุพรรณบุรี1	16	22	27	25	90	22.50
ชัยนาท1	39	34	30	28	131	32.75
ปทุมธานี60	23	25	21	20	89	22.25
กข7	40	35	39	40	154	38.50
ปทุมธานี1	31	36	43	41	151	37.75
กข23	33	37	34	31	135	33.75
กข15	60	53	49	57	219	54.75
ข้าวกล้องหอมมะลิ	137	154	160	161	612	153.00

ตารางภาคผนวกที่ 2 ระยะเวลาในการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดในข้าวพันธุ์ต่างๆ

	R_1	R_2	R_3	R_4	Mean
สุพรรณบุรี90	35	33	32	34	33.50
พิษณุโลก2	38	35	36	35	36.00
สุพรรณบุรี60	33	33	32	33	32.75
ขาวดอกมะลิ105	30	31	30	31	30.50
หอมคลองหลวง1	41	39	38	40	39.50
สุพรรณบุรี1	42	38	40	44	41.00
ชัยนาท1	37	35	33	33	34.50
ปทุมธานี60	45	40	41	43	42.25
กข7	33	33	33	32	32.75
ปทุมธานี1	33	32	32	35	33.00
กข23	34	33	34	33	33.75
กข15	32	31	32	32	31.75
ข้าวกล้องหอมมะลิ	30	29	28	28	30.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 จำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดในข้าวพันธุ์ต่างๆ

	R_1	R_2	R_3	R_4	Total	Mean
สุพรรณบุรี90	10	13	15	12	50	12.50
พิษณุโลก2	10	7	9	8	34	8.50
สุพรรณบุรี60	19	17	16	18	70	17.50
ขาวดอกมะลิ105	27	31	29	25	112	28.00
หอมคลองหลวง1	5	7	7	4	23	5.75
สุพรรณบุรี1	3	6	7	4	20	5.00
ชัยนาท1	9	10	12	8	39	9.75
ปทุมธานี60	4	4	3	4	15	3.75
กข7	18	15	19	15	67	16.75
ปทุมธานี1	16	17	15	17	65	16.25
กข23	13	10	10	12	45	11.25
กข15	23	18	20	20	81	20.25
ข้าวกล้องหอมมะลิ	57	55	61	64	273	59.25

ตารางภาคผนวกที่ 4 น้ำหนักของด้วงงวงข้าวโพดที่ได้จากพันธุ์ข้าวต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ

	R_1	R_2	R_3	R_4	Mean (mg/weevil)
ปทุมธานี60	8.60	8.40	8.70	8.50	1.71
สุพรรณบุรี1	8.80	8.60	8.80	8.50	1.74
หอมคลองหลวง1	8.70	8.50	8.90	9.00	1.76
ข้าวกล้องหอมมะลิ	12.40	12.80	12.50	12.10	2.49

ซ้ำละ 5 ตัว

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติในการวางไข่บนพันธุ์ข้าวต่างๆ

Sources	df	SS	MS	F
Treatment	12	55716.58	4643.04	174.7**
Error	39	1036.5	26.7	
Total	51	56753.08		

C.V. = 11.04%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของระยะการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยบนพันธุ์ข้าวต่างๆ

Sources	df	SS	MS	F
Treatment	12	785.76	65.48	34.16**
Error	39	74.75		
Total	52	860.51		

C.V. = 4.00%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของตัวเต็มวัยบนพันธุ์ข้าวต่างๆ

Sources	df	SS	MS	F
Treatment	12	10154.00	846.16	215.69**
Error	39	153.00	3.92	
Total	51	10307.00		

C.V. = 12.00%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางภาคผนวกที่ 8 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวทางกายภาพและเคมี

ชื่อพันธุ์	ความยาว	รูปร่าง (มม.)	ค่าท้องไข่	นน.100 เมล็ด(กรัม)	%Amylose	ปีที่ออกขยายพันธุ์
สุพรรณบุรี90	7.4	เรียว	น้อย	2.98	25-28	2534
พิษณุโลก2	7.9	เรียว	-	-	28.64	2543
สุพรรณบุรี60	7.5	เรียว	น้อย	3.06	19-26	2530
ขาวดอกมะลิ105	7.4	เรียว	น้อย	2.77	12-17	2502
หอมคลองหลวง1	7.8	เรียว	น้อย	3.19	18-19	2540
สุพรรณบุรี1	7.3	เรียว	น้อย	2.76	29-30	2537
ชัยนาท1	7.7	เรียว	น้อย	2.92	26-27	2536
ปทุมธานี60	7.5	เรียว	น้อย	3.02	27-32	2530
กข7	7.2	เรียว	น้อย	2.82	24-28	2518
ปทุมธานี1	7.6	เรียว	น้อย	-	17-18	2543
กข23	7.3	เรียว	น้อย	2.71	26-30	2524
กข15	7.5	เรียว	น้อย	2.68	14-17	2521
ข้าวกล้องหอมมะลิ	7.9	เรียว	-	-	-	-

ข้อมูล "เอกสารแนะนำข้าวและธัญพืชเมืองหนาวพันธุ์ดี 75 พันธุ์" เอกสงวน ชูวิสิฐกุล (2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 9 จำนวนการตายของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวปทุมธานี60ในแต่ละระดับความเข้มข้นของฟอสฟีน

	1.94 µl			3.89 µl			5.84 µl			7.79 µl			9.94 µl			control		
hour	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	7	5	6	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	4	5	4	9	7	9	13	12	14	0	0	0
6	1	2	0	4	4	5	8	11	10	14	13	15	18	16	18	0	0	0
7	4	6	4	11	10	11	14	16	17	18	18	18	20	20	20	0	0	0
8	9	11	11	16	16	15	17	18	19	20	20	19	-	-	-	0	0	0
9	13	17	15	18	18	19	20	20	20	20	20	20	-	-	-	0	0	0
10	16	18	17	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
11	19	19	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
12	20	20	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
Total	20	20	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0

R = ซ้ำละ 20 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 12 จำนวนการตายของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิในแต่ละระดับความเข้มข้นของฟอสฟีน

	1.94 µl			3.89 µl			5.84 µl			7.79 µl			9.94 µl			control		
hour	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	2	6	6	5	0	0	0
10	0	0	0	1	0	0	4	2	4	5	7	5	13	15	12	0	0	0
11	1	0	1	3	3	2	9	7	10	12	12	11	16	19	16	0	0	0
12	3	2	3	6	5	6	13	11	12	16	17	16	18	20	19	0	0	0
13	4	3	5	10	9	9	16	15	14	19	19	19	20	20	20	0	0	0
14	4	5	6	12	11	11	19	18	18	20	20	20	-	-	-	0	0	0
15	5	5	7	13	11	11	20	20	20	-	-	-	-	-	-	0	0	0
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
total	18	17	19	20	18	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0

R = ซ้ำละ 20 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 10 จำนวนการตายของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี1ในแต่ละระดับความเข้มข้นของฟอสฟีน

	1.94 µl			3.89 µl			5.84 µl			7.79 µl			9.94 µl			control		
hour	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	5	6	5	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	6	4	5	7	9	9	12	12	12	0	0	0
6	0	0	0	3	5	4	12	11	13	13	13	14	17	18	17	0	0	0
7	4	4	3	8	10	11	16	15	18	18	17	17	20	20	20	0	0	0
8	7	7	8	12	14	14	19	18	20	20	20	20	-	-	-	0	0	0
9	10	11	11	16	18	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-	0	0	0
10	13	15	15	19	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
11	15	17	16	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
12	18	19	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
13	19	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
total	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0

R = ซ้ำละ 20 ตัว

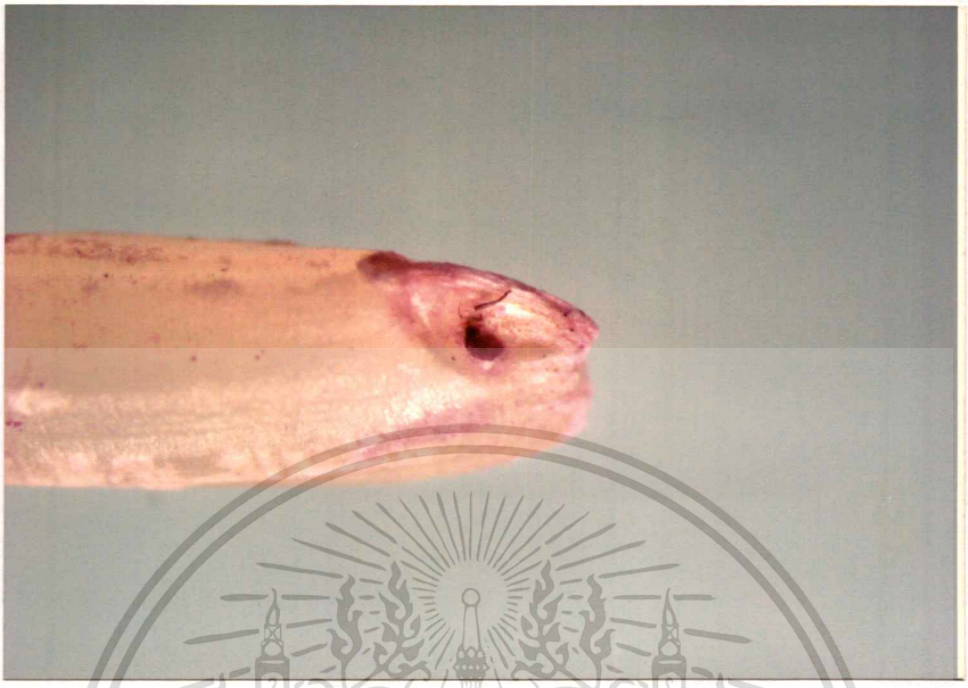
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 11 จำนวนการตายของด้วงงวงข้าวโพดจากพันธุ์ข้าวหอมคลองหลวง1ในแต่ละระดับความเข้มข้นของฟอสฟีน

	1.94 µl			3.89 µl			5.84 µl			7.79 µl			9.94 µl			control		
hour	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	7	5	4	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	4	4	3	6	7	8	13	12	11	0	0	0
7	0	0	0	5	4	5	8	10	8	11	11	13	17	16	17	0	0	0
8	4	5	5	9	10	10	13	15	14	16	15	16	19	19	19	0	0	0
9	9	9	11	13	13	14	16	18	17	19	18	18	20	20	20	0	0	0
10	12	13	14	16	17	18	19	20	20	20	20	20	-	-	-	0	0	0
11	15	17	16	18	20	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-	0	0	0
12	18	19	18	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
13	19	20	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
total	19	20	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0

R = ซ้ำละ 20 ตัว

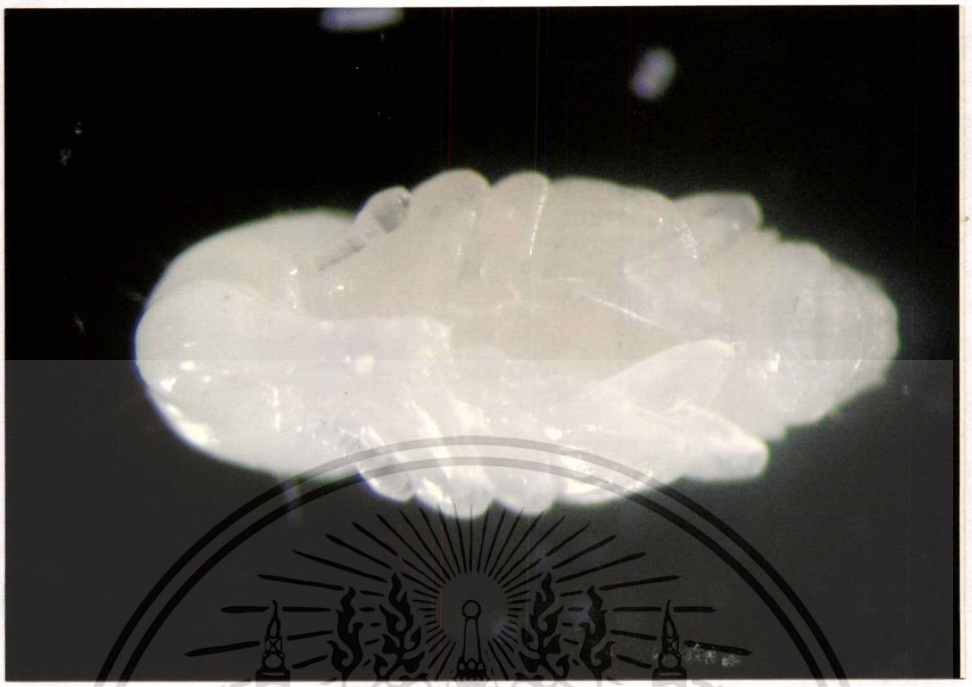
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 1 ไข่ของด้วงงวงข้าวโพดที่วางบนเมล็ดข้าว กำลังขยาย 2X

ภาพผนวกที่ 2 ระยะหนอนของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 2.5X

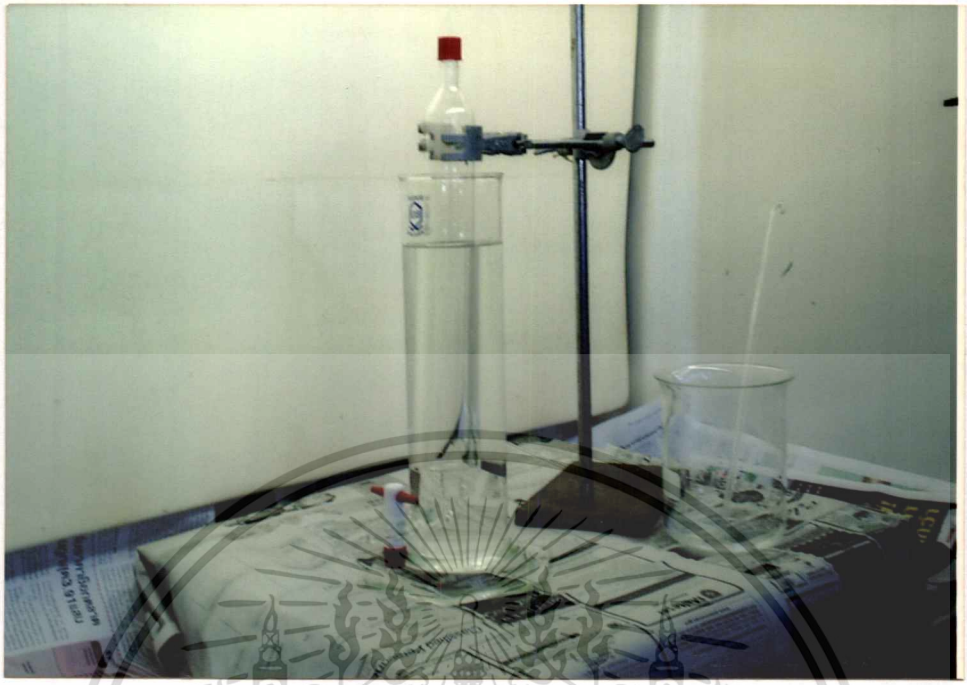
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 3 ระยะดักแด้ของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 2.5X

ภาพผนวกที่ 4 ระยะตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด กำลังขยาย 1.5X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 5 การเตรียมสารรมฟอสฟีน(Phosphine fumigant)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายณฐพงศ์ เมธินธรังสรรค์ เกิดเมื่อวันที่ 6 ธันวาคม 2519 ที่อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

ประวัติการทำงาน

- ลูกจ้างชั่วคราว ตำแหน่งนักวิชาการ กลุ่มงานแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ปัจจุบัน

- ศึกษาในระดับปริญญาโท สาขากีฏวิทยาและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้