

1. **แผนงานวิจัย:** การลดความสูญเสียในผลิตผลเกษตรจากศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวและสารพิษจากเชื้อรา

2. **โครงการวิจัย:** การลดความสูญเสียผลิตผลเกษตรจากแมลงศัตรู

กิจกรรม: การใช้สารรมและสารฆ่าแมลงใน การป้องกันกำจัดแมลงอย่างเหมาะสม

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย):** การทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): The study of toxicities of ECO₂FUME phosphine fumigant to control adult of stored product insect pests

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง: นางสาวรังสิมา เก่งการพานิช

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผู้ร่วมงาน: นางสาวดวงสมร สุทธิสุทธิ

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

นางสาวภาวินี หนูชนะภัย

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

นางกรรณิการ์ เฟ็งคุ้ม

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. บทคัดย่อ

การทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่สำคัญ 4 ชนิด ได้แก่ ตัวงวงข้าวโพด มอดพื้นเลื้อย มอดยาสูบ และมอดแป้ง ดำเนินการทดลองระหว่างเดือน ตุลาคม 2558 - กันยายน 2562 ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร โดยเก็บตัวอย่างแมลงทั้ง 4 ชนิด จากโรงสีข้าว โรงเก็บข้าวโพด และโรงเก็บใบยาสูบ จากจังหวัดต่างๆ ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ได้ตัวอย่างมอดแป้ง ตัวงวงข้าวโพด มอดพื้นเลื้อย จากจังหวัดทั่วประเทศจำนวน 27 จังหวัด รวม 72 แหล่ง และได้ตัวอย่างมอดยาสูบจากจังหวัดต่างๆ จำนวน 6 จังหวัด รวม 16 แหล่ง นำมาเลี้ยงขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการให้ได้ระยะตัวเต็มวัย จากนั้นนำไปทดสอบเพื่อจัดแบ่งระดับความต้านทานของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรตามวิธีการของ FAO (FAO Method No.16) จากผลการทดสอบระดับความต้านทานของแมลงทั้ง 4 ชนิดต่อสารรมฟอสฟีน ได้จัดแบ่งระดับความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนได้ 4 ระดับ ดังนี้ (1) แมลงสายพันธุ์ที่ไม่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน (2) แมลงสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 4-5 เท่า (3) แมลงสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 10-15 เท่า (4) แมลงสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 20 เท่า จากนั้นนำมาทดสอบความเป็นพิษของอีโคฟุ่ม โดยรมด้วยสารรมอีโคฟุ่ม อัตรา 0-900 ppm อัตราการใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของแมลงและระดับความต้านทานของแมลงต่อสารรมฟอสฟีน ระยะเวลาในการรม 24 ชั่วโมง เพื่อหาอัตราที่สามารถกำจัดแมลงทั้ง 4 ชนิด ได้ 100% ผลการทดลองพบว่า มอดแป้ง ตัวงวงข้าวโพด มอดพื้นเลื้อย และมอดยาสูบ สายพันธุ์ที่ไม่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน ต้องใช้อีโคฟุ่มที่อัตรา 25, 35, 15 และ 25 ppm ตามลำดับ สำหรับมอดแป้งสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 4

เท่า และมอดยาสูบสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 5 เท่า พบว่าต้องใช้ไอโคฟุมที่อัตรา 90 และ 120 ppm ตามลำดับ ส่วนมอดแป้ง และมอดพินเลื้อยสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 10 เท่า และมอดยาสูบสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 15 เท่า พบว่าต้องใช้ไอโคฟุมที่อัตรา 180, 600 และ 360 ppm ตามลำดับ และมอดแป้ง มอดพินเลื้อย และมอดยาสูบสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 20 เท่า พบว่าต้องใช้ไอโคฟุมที่อัตรา 480, 900 และ 450 ppm ตามลำดับ

คำหลัก: สารรมอีโคฟุม แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ความเป็นพิษ ความต้านทานของแมลงต่อสารรมฟอสฟีน

Abstract

The study of toxicities of ECO₂FUME phosphine fumigant to control adult of four stored product insect pests; *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis* and *Lasioderma serricorne*, was carried out in the laboratory of Postharvest Technology on Field Crops Research and Development Group, Postharvest and Processing Research and Development Division during October 2016 to – September 2019. The cultures of insect were collected from milled rice, paddy, stored maize warehouse for 112 locations in 35 provinces and *L. serricorne* was collected from 16 locations in 6 provinces all around Thailand and mass rearing was done in the laboratory. Phosphine resistance was tested following FAO method (FAO Method No.16). Four insect strains could be divided into four groups by the phosphine resistance; (1) susceptible to phosphine (2) resistant to phosphine 4-5 times strain (3) resistant to phosphine 10-15 times strain (4) resistant to phosphine 20 times strain. Tests were conducted with ECO₂FUME phosphine concentrations were varied 0-900 ppm with the exposure time for 24 hours, depending on insect species and insect phosphine resistance level, to find the appropriate application rate to control all 4 species 100%. The results showed that the application rate which could kill 100% of the susceptible strain of *S. zeamais*, *T. castaneum*, *O. surinamensis* and *L. serricorne* were 25, 35, 15 and 25 ppm, respectively. The 4 times resistance to phosphine strain of *T. castaneum* strain, and 5 times resistant to phosphine strain of *L. serricorne* were completely controlled by 90 and 120 ppm, respectively. The 10 times resistant to phosphine strains of *T. castaneum* and *O. surinamensis*, and 15 times resistant to phosphine strain of *L. serricorne* were completely controlled by 180, 600 and 360 ppm, respectively. The 20 times resistant to phosphine strains of *T. castaneum*, *O. surinamensis* and *L. serricorne* were completely controlled by 480, 900 and 450 ppm, respectively.

Keywords : ECO₂FUME[®], phosphine resistance, stored product insect pests, toxicities fumigant

6. คำนำ

ผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวจำเป็นต้องเก็บรักษาไว้ระยะเวลาหนึ่ง เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ดังนี้ เพื่อใช้ในการบริโภค จำหน่าย รอกการแปรรูป หรือเก็บเป็นเมล็ดพันธุ์ ในระหว่างการเก็บรักษามักเกิดความเสียหายแก่ผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ แผลง ไร เชื้อรา นก และหนู เป็นที่ยอมรับกันว่าแมลงเป็นศัตรูที่สำคัญและทำความเสียหายให้มากที่สุด เนื่องจากแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรมีขนาดเล็ก กินอาหารน้อย และขยายพันธุ์ได้ง่าย ทำให้ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประกอบกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยร้อนชื้นเหมาะในการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของแมลง ดังนั้นการระบาดของแมลงจึงเป็นไปอย่างรวดเร็ว และมีการระบาดตลอดทั้งปี จึงก่อให้เกิดความเสียหายให้แก่ผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวได้อย่างมาก แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ตัวงวงข้าวโพด, *Sitophilus zeamais* Motschulky; มอดหัวป้อมหรือมอดข้าวเปลือก, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius); มอดแป้ง, *Tribolium castaneum* (Herbst); มอดหนวดยาว, *Cryptolestes ferrugineus*; มอดฟันเลื่อย, *Oryzaephilus surinamensis* Linnaeus; มอดสยาม, *Lophocateres pusillus* Klug; ผีเสื้อข้าวสาร, *Corcyra cephalonica* (Stainton) และผีเสื้อข้าวเปลือก, *Sitotrogo cerealella* (Olivier) (พริทพิย์, 2551) นอกจากนี้แมลงอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญ คือ มอดยาสูบ, *Lasioderma serricorne* (Fabricius) เนื่องจากมอดยาสูบเข้าทำลายผลิตผลเกษตรได้หลายชนิด เช่น ใบยาสูบ เห็ดหอมแห้ง มะม่วงหิมพานต์ ข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วเขียว เป็นต้น โดยมีมอดยาสูบเป็นศัตรูที่สำคัญที่สุดของใบยาสูบแห้ง (พริทพิย์ และคณะ, 2551)

ประเทศไทยใช้วิธีการรมเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและเพื่อการส่งออกมาเป็นเวลานาน สารรมมีอยู่หลายชนิดแต่ที่นิยมมาก คือ เมทิลโบรไมด์ (methyl bromide) และฟอสฟีน (phosphine) ในปัจจุบันการรมด้วยสารรมทั้งสองชนิดเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางในกลุ่มผู้ส่งออก สารรมเมทิลโบรไมด์เป็นที่นิยมใช้เพราะมีประสิทธิภาพดีและใช้เวลาในการรมสั้น แต่เนื่องจากเมทิลโบรไมด์ถูกระบุว่าเป็นตัวทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ ทำให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านมายังโลกได้โดยตรงมีผลทำให้โลกร้อนขึ้นและแสงอุลตราไวโอเล็ตที่มากกว่าปกติจะทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ดังนั้นภายใต้พิธีสารมอนทรีออลได้มีมาตรการลดการใช้จนถึงยกเลิกการใช้ ยกเว้นเฉพาะการรมเพื่อการส่งออกและการรมเพื่อการกักกันพืช โดยกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วยกเลิกการใช้แล้วในปี ค.ศ. 2005 และกลุ่มประเทศกำลังพัฒนายกเลิกการใช้แล้วในปี ค.ศ. 2015 (นิรนาม, 2551) ดังนั้นการใช้ฟอสฟีนมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคตเพราะฟอสฟีนเป็นสารรมเพียงชนิดเดียวที่สามารถใช้ทดแทนเมทิลโบรไมด์ได้ในขณะนี้ ประสิทธิภาพของฟอสฟีนจึงเป็นสิ่งสำคัญที่สุด แต่เนื่องจากการใช้ฟอสฟีนติดต่อกันเป็นเวลานาน ใช้บ่อยครั้ง อัตราการใช้ไม่ถูกต้องวิธีการใช้ไม่ถูกต้อง เช่น ระยะเวลาในการรมสั้นเกินไป ทำให้แมลงสร้างความต้านทานต่อฟอสฟีนได้ ในประเทศไทยได้มีการตรวจสอบความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรไปแล้วหลายชนิด ได้แก่ ตัวงวงข้าวโพด มอดหัวป้อม มอดหนวดยาว มอดฟันเลื่อย และมอดแป้งจาก ผลการตรวจสอบพบว่าแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรทุกชนิดยกเว้นตัวงวงข้าวโพด แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนแล้ว

ในระหว่างปี ค.ศ. 1972-1973 มีการสุ่มตัวอย่างแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรจากประเทศต่างๆ ทั่วโลก จำนวน 85 ประเทศ นำมาทดสอบความต้านทานต่อฟอสฟีนตามวิธีการของ FAO (FAO Method No. 16)

แมลงที่ทดสอบ ได้แก่ ตัวงวงข้าว, *Sitophilus oryzae* (L.); ตัวงวงข้าวสาลี, *S. granarius* (L.) ; มอดข้าวเปลือกหรือมอดหัวป้อม, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius); มอดแป้ง, *Tribolium castaneum* (Herbst); มอดแป้ง, *T. confusum*; มอดพื้นเลื้อย, *Oryzaephilus surinamensis* Linnaeus และมอดพื้นเลื้อยใหญ่ *O. mercator* (Fauvel) (Champ และ Dyte, 1976) ในขณะนั้นพบว่าแมลงสร้างความต้านทานต่อฟอสฟีนเพียงไม่กี่สายพันธุ์ ต่อมาจามีรายงานว่ามีแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรอย่างน้อย 11 ชนิดใน 45 ประเทศทั่วโลกสร้างความต้านทานต่อฟอสฟีน เช่น ตัวงออีฐ, *Trogoderma granarium* Evert; มอดหัวป้อม และมอดพื้นเลื้อย (Taylor และ Halliday, 1986; Taylor, 1989b) ในประเทศไทยมีการรายงานว่ามีมอดหัวป้อมสร้างความต้านทานต่อฟอสฟีนแล้ว (บุษราและคณะ, 2537 และ 2541) การสร้างความต้านทานต่อฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรมีการรายงานเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในหลายปีที่ผ่านมา หากมีการใช้ฟอสฟีนอย่างผิดวิธีเช่นในปัจจุบันจะทำให้แมลงสร้างความต้านทานเพิ่มมากขึ้น และประเทศไทยอาจสูญเสียฟอสฟีนในฐานะสารรมที่มีประสิทธิภาพไป

แม้ว่าการรมด้วยสารรมฟอสฟีนในรูปของ aluminium phosphide จะมีการใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่เนื่องจากมีความเสี่ยงในเรื่องของการติดไฟและการเกิดระเบิดของสารตกค้างที่ใช้ไม่หมด (เหลือตกค้างประมาณ 3-5%) ดังนั้นจึงมีการผลิตสารรมรูปแบบใหม่ขึ้นมาโดยนำเอาฟอสฟีนมาผสมกับคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีสัดส่วนของฟอสฟีน 2% และคาร์บอนไดออกไซด์ 98% บรรจุในถังก๊าซที่ไม่ติดไฟ เรียกว่า สารรมอีโคฟุม (ECO₂ Fume) ซึ่งผลิตโดยบริษัท CYTEC ประเทศแคนาดา ในหลายประเทศมีการนำเอาอีโคฟุมมาใช้ในการรมผลิตผลเกษตรเป็นเวลาหลายปีแล้ว ได้แก่ แคนาดา สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย จุดเด่นสำคัญของอีโคฟุม คือ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นสารรมที่ไม่ติดไฟ และสามารถนำมาใช้ในการรมผลิตผลเกษตรได้หลายชนิด เช่น ธัญพืช ผลไม้แห้ง ใบบายาสูป และผลิตภัณฑ์ที่ทำจากธัญพืช นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้ในการรมไม้ตัดดอกและผลไม้สดอีกด้วย เนื่องจากเป็นสารรมที่เพิ่งเริ่มนำมาใช้ในประเทศไทย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาถึงความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุมกับแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรชนิดต่างๆ เพื่อให้การใช้สารรมอีโคฟุมมีประสิทธิภาพสูงสุดและปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. แป้งข้าวสาลี ไร่ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ยีสต์ ข้าวกล้อง ข้าวสาลี
2. ตัวงวงข้าวโพด มอดพื้นเลื้อย มอดยาสูป และมอดแป้ง
3. ขวดแก้ว กระดาษซับ กระดาษกรอง ถาด ฟู่กัน
4. สารรมฟอสฟีน และสารรมอีโคฟุม
5. โหลสุญญากาศ (desiccator)
6. กระจุกพลาสติก
7. กระจุกฉีดยา (Hamilton gas-tight syring)

- วิธีการ

(1) การทดสอบระดับความต้านทานของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรต่อสารรมฟอสฟีน

ส้อมเก็บตัวอย่างมอดแป้ง ตัวอย่างข้าวโพด และมอดฟืนเลื่อย ในโรงสีข้าว และโรงเก็บข้าวโพด จากจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ และส้อมเก็บตัวอย่างมอดยาสูบจากโกดังเก็บใบยาสูบในจังหวัดต่างๆ ในเขตภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง โดยใช้กับดักแสงไฟ นำแมลงที่ดักได้ใส่ในขวดแก้วที่มีอาหารของมอด ยาสูบ ปิดฝาขวดด้วยกระดาษขี้ให้เรียบร้อย

(1.1) การทดสอบระดับความต้านทานของมอดแป้งต่อสารรมฟอสฟีน

(1.1.1) การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลง

นำมอดแป้งมาเลี้ยงขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง โดยปล่อยตัวเต็มวัยมอดแป้งอายุ 2-3 สัปดาห์ จำนวน 300 ตัว ลงในขวดที่มีรำข้าวจำนวน 200 กรัม ปิดด้วยกระดาษ เก็บไว้ในห้องเลี้ยงขยายพันธุ์แมลงที่อุณหภูมิห้อง ปล่อยให้แมลงวางไข่จน 5 วัน หลังจากนั้นเอาตัวออกทิ้งไว้จนกระทั่งแมลงกลายเป็นตัวเต็มวัย จะได้แมลงระยะตัวเต็มวัยที่มีความสม่ำเสมอสำหรับนำไปทดสอบ

(1.1.2) การทดสอบระดับความต้านทานของมอดแป้ง

ทำการทดสอบเพื่อแบ่งระดับความต้านทานของมอดแป้ง โดยดำเนินการดังนี้

(1.1.2.1) การเตรียมก๊าซฟอสฟีน

- เตรียมสารละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น 5% ในปิ๊กเกอร์ขนาด 5,000 มล. นำเม็ดฟอสฟีนห่อด้วยกระดาษกรอง และหุ้มผ้าขาวบางพันชายด้วยสก็อตเทปใส่ในสารละลายกรด H_2SO_4 ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จะได้ก๊าซฟอสฟีนที่นำมาใช้งานได้

- สารรมฟอสฟีนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ phostoxin ชนิด tablet เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Degesh ประเทศเยอรมนี

(1.1.2.2) ตรวจสอบความต้านทานของมอดแป้งตามวิธีการของ FAO (FAO Method No.16)

- เตรียมแมลงทดสอบโดยใส่มอดแป้งจำนวน 50 ตัว ในกระปุกพลาสติก ปิดฝาและเจาะรูเพื่อให้อากาศผ่านเข้าออกได้ จำนวน 2 กระปุก ต่อ 1 ความเข้มข้น นำไปวางไว้ในโหลสุญญากาศ ทำความเข้มข้นละ 2 ซ้ำ

- ความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบความต้านทานเรียกว่า discriminating dose สำหรับมอดแป้ง เท่ากับ 0.04 มก./ลิตร ระยะเวลา 20 ชั่วโมง

- ใช้กระบอกฉีดยา (Hamilton gas-tight syringe) ดูดก๊าซฟอสฟีนใส่ในโหลสุญญากาศ ขนาดปริมาตร 22.32 ลิตร โดยใช้ฟอสฟีนความเข้มข้น 0.04 มก./ลิตร ระยะเวลาการรม 20 ชั่วโมง โดยไม่มีการหมุนเวียนอากาศภายในโหลสุญญากาศ

- หากการทดสอบที่ความเข้มข้น 0.04 มก./ลิตร พบแมลงรอดชีวิตให้ทำการทดสอบใหม่ โดยเพิ่มความเข้มข้นครั้งละ 1 เท่า เป็น 0.08, 0.12, 0.16,...ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่พบแมลงรอดชีวิต

- ทำการตรวจสอบความต้านทานของมอดแป้งสายพันธุ์อ่อนแอ (susceptible strain) โดยใช้ฟอสฟีนความเข้มข้น 0.04 มก./ลิตร ระยะเวลาการรม 20 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ โดยมอดแป้งสายพันธุ์

อ่อนแอที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้นำมาจากประเทศออสเตรเลียและเลี้ยงขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550

- หลังสิ้นสุดการรมเปิดฝาโหลสุญญากาศ เพื่อระบายอากาศ จากนั้นนำกระปุกมอดแบ่ง ใส่อาหารเล็กน้อย นำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง

- บันทึกจำนวนมอดแบ่งที่รอดชีวิต (alive) สลบ (knocked down) และ ตาย (dead) หลังเสร็จสิ้นการรม 3 วันและผู้ตรวจสอบอัตราการตายต้องเป็นผู้ที่ได้รับการฝึกฝนและมีความชำนาญในการตรวจสอบการตายของแมลง เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบ

- ที่ discriminating dose มอดแบ่งสายพันธุ์อ่อนแอที่นำมาเปรียบเทียบต้องตายทั้งหมด (100%) ถ้ามอดแบ่งที่ทดสอบตายหมดแสดงว่าไม่ต้านทาน แต่ถ้าพบมอดแบ่งรอดชีวิตไม่ว่าจำนวนเท่าไร หมายความว่าแมลงแสดงความต้านทานต่อฟอสฟีน หรืออาจเกิดความผิดพลาดในการทดสอบต้องทำการทดสอบซ้ำ

- ถ้าแมลง control ตายมากกว่า 10% ต้องทดสอบใหม่

(1.2) การทดสอบระดับความต้านทานของด้วงวงข้าวโพดต่อสารรมฟอสฟีน

(1.2.1) การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลง

นำด้วงวงข้าวโพดมาเลี้ยงขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ข้าวกล้องเป็นอาหาร และดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1.1.1 แต่ปล่อยให้ด้วงวงข้าวโพดวางไข่นาน 10 วัน

(1.2.2) การทดสอบระดับความต้านทานของด้วงวงข้าวโพด

ทำการทดสอบเพื่อแบ่งระดับความต้านทานของด้วงวงข้าวโพด โดย discriminating dose สำหรับด้วงวงข้าวโพดเท่ากับ 0.04 มก./ลิตร ระยะเวลา 20 ชั่วโมง และดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (1.1.2)

(1.3) การทดสอบระดับความต้านทานของมอดพื้นเลื้อยต่อสารรมฟอสฟีน

(1.3.1) การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลง

นำมอดพื้นเลื้อยเลี้ยงมาขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ข้าวโพดบ่นเป็นอาหาร และดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1.1.1 แต่ปล่อยให้มอดพื้นเลื้อยวางไข่นาน 10 วัน

(1.3.2) การทดสอบระดับความต้านทานของมอดพื้นเลื้อย

ทำการทดสอบเพื่อแบ่งระดับความต้านทานของมอดพื้นเลื้อย โดย discriminating dose สำหรับมอดพื้นเลื้อยเท่ากับ 0.05 มก./ลิตร ระยะเวลา 20 ชั่วโมง ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (1.1.2)

(1.4) การทดสอบระดับความต้านทานของมอดยาสูบต่อสารรมฟอสฟีน

(1.4.1) การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลง

นำมอดยาสูบมาเลี้ยงขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ข้าวสาลีบ่น+ข้าวโอ๊ต+แบ่งข้าวสาลี+ยีสต์ และดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1.1.1 แต่ปล่อยให้มอดยาสูบวางไข่นาน 5 วัน

(1.4.2) การทดสอบระดับความต้านทานของมอดยาสูบ

ทำการทดสอบเพื่อแบ่งระดับความต้านทานของมอดพื้นเลื้อย โดย discriminating dose สำหรับมอดยาสูบเท่ากับ 0.03 มก./ลิตร ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (1.1.2)

(2) การทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

(2.1) การทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรสายพันธุ์ที่ไม่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน

(2.1.1) การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลง

นำมอดแป้ง ตัวงวงข้าวโพด มอดพื้นเลื้อย และ มอดยาสูบ สายพันธุ์ที่ไม่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน มาเลี้ยงขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้ได้แมลงระยะตัวเต็มวัยที่มีความสม่ำเสมอสำหรับนำไปทดสอบ ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (1.1.1), (1.2.1), (1.3.1) และ (1.4.1) ตามลำดับ

(2.1.2) การทดสอบระดับความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่ม

- เตรียมแมลงทดสอบโดยใส่แมลงจำนวน 50 ตัว ในกระปุกพลาสติก ปิดฝาและเจาะรูเพื่อให้อากาศผ่านเข้าออกได้ จำนวน 4 กระปุก (4 ซ้ำ) ต่อ 1 ความเข้มข้น นำไปวางไว้ในโหลสุญญากาศขนาดปริมาตร 2.857 ลิตร

- รมด้วยสารรมอีโคฟุ่มระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนตั้งแต่ 0-50 ppm ระยะเวลาในการรม 24 ชั่วโมง และให้รมด้วยสารรมอีโคฟุ่มอย่างน้อย 10 ความเข้มข้น

- สูตรคำนวณปริมาณการใช้สารรมอีโคฟุ่มในหน่วย มิลลิลิตร (ml)

$$\text{ปริมาณที่ต้องใช้เป็นมิลลิลิตร (ml) ของอีโคฟุ่ม} = \frac{(X \text{ ppm}) * V * 1,000}{20,000}$$

X ppm = ระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนในหน่วย ppm

V = ปริมาตรของโหลสุญญากาศ (=2.857 ลิตร)

20,000 = ความเข้มข้นของสารรมอีโคฟุ่ม

- เมื่อครบระยะเวลาการรมเปิดฝาโหลสุญญากาศ จากนั้นนำขวดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง และตรวจสอบอัตราการตายรอดชีวิต

(2.2) การทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 4-5 เท่า

(2.2.1) การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลง

นำมอดแป้งสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 4 เท่า และมอดยาสูบสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 5 เท่า มาเลี้ยงขยายพันธุ์ ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (1.1.1) และ (1.4.1) ตามลำดับ

(2.2.2) การทดสอบระดับความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่ม

รมด้วยสารรมอีโคฟุ่มระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนตั้งแต่ 0-120 ppm ระยะเวลาในการรม 24 ชั่วโมง และให้รมด้วยสารรมอีโคฟุ่มอย่างน้อย 10 ความเข้มข้น และดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (2.1.2)

(2.3) การทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรสายพันธุ์ที่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 10-15 เท่า

(2.3.1) การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลง

นำมอดแป้งและมอดฟืนเลื้อยสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 10 เท่า และมอดยาสูบสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 15 เท่า นำมอดฟืนเลื้อยมาเลี้ยงขยายพันธุ์ ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (1.1.1), (1.3.1) และ (1.4.1) ตามลำดับ

(2.3.2) การทดสอบระดับความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่ม

รมด้วยสารรมอีโคฟุ่มระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนตั้งแต่ 0-600 ppm ระยะเวลาในการรม 24 ชั่วโมง และให้รมด้วยสารรมอีโคฟุ่มอย่างน้อย 10 ความเข้มข้น และดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (2.1.2)

(2.4) การทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรสายพันธุ์ที่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 20 เท่า

(2.4.1) การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลง

นำมอดแป้ง มอดฟืนเลื้อย และมอดยาสูบ สายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 20 เท่า มาเลี้ยงขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้ได้แมลงระยะตัวเต็มวัยที่มีความสม่ำเสมอสำหรับนำไปทดสอบ ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (1.1.1), (1.3.1) และ (1.4.1) ตามลำดับ

(2.4.2) การทดสอบระดับความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่ม

รมด้วยสารรมอีโคฟุ่มระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนตั้งแต่ 0-900 ppm ระยะเวลาในการรม 24 ชั่วโมง และให้รมด้วยสารรมอีโคฟุ่มอย่างน้อย 10 ความเข้มข้น และดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (2.1.2)

- เวลาและ สถานที่ : ตุลาคม 2558- กันยายน 2562

กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

(1) การทดสอบระดับความต้านทานของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรต่อสารรมฟอสฟีน

(1.1) การทดสอบระดับความต้านทานของมอดแป้งต่อสารรมฟอสฟีน

- ผลการทดสอบระดับความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของมอดแป้ง จากจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ จำนวน 17 จังหวัด รวม 23 แหล่ง สรุปได้ดังนี้ (Table 1)

- ภาคกลาง 2 จังหวัด จำนวน 2 แหล่ง พบว่ามอดแป้งไม่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 1 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีน 10 เท่า 1 แหล่ง
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 7 จังหวัด จำนวน 9 แหล่ง พบว่ามอดแป้งไม่แสดงความต้านทานต่อฟอสฟีน 2 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีน 1, 3, 8 และ 10 เท่า อย่างละ 1 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีน 4 เท่า 3 แหล่ง
- ภาคเหนือ 5 จังหวัด จำนวน 8 แหล่ง พบว่ามอดแป้งไม่แสดงความต้านทานต่อฟอสฟีน 3 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีน 1, 3, 4, 10 และ 20 เท่า อย่างละ 1 แหล่ง
- ภาคใต้ 2 จังหวัด จำนวน 4 แหล่ง พบว่ามอดแป้งต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 13 และ 20 เท่าอย่างละ 1 แหล่ง และต้านทานต่อฟอสฟีน 20 เท่า 2 แหล่ง

- ได้คัดเลือกมอดแปงสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อฟอสฟีนมา 4 ระดับ คือ 0, 4, 10 และ 20 เท่า นำไปเลี้ยงขยายพันธุ์เพื่อทดสอบความเป็นพิษต่อสารรมอีโคพุม

(1.2) การทดสอบระดับความต้านทานของด้วงวงข้าวโพดต่อสารรมฟอสฟีน

- ผลการทดสอบระดับความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของด้วงวงข้าวโพด จากจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ จำนวน 13 จังหวัด รวม 16 แหล่ง สรุปได้ดังนี้ (Table 2)

- ภาคกลาง 4 จังหวัด จำนวน 6 แหล่ง พบว่าด้วงวงข้าวโพดทุกแหล่งที่ทำการทดสอบไม่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 5 จังหวัด จำนวน 5 แหล่ง พบว่าด้วงวงข้าวโพดทุกแหล่งที่ทำการทดสอบไม่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน
- ภาคเหนือ 3 จังหวัด จำนวน 4 แหล่ง พบว่าด้วงวงข้าวโพดทุกแหล่งที่ทำการทดสอบไม่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน
- ภาคใต้ 1 จังหวัด จำนวน 1 แหล่ง พบว่าด้วงวงข้าวโพดไม่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน

- ได้นำด้วงวงข้าวโพดสายพันธุ์ที่ไม่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนไปเลี้ยงขยายพันธุ์เพื่อทดสอบความเป็นพิษต่อสารรมอีโคพุม

(1.3) การทดสอบระดับความต้านทานของมอดพื้นเลื้อยต่อสารรมฟอสฟีน

- ผลการทดสอบระดับความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของมอดพื้นเลื้อย จากจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ จำนวน 12 จังหวัด รวม 17 แหล่ง สรุปได้ดังนี้ (Table 3)

- ภาคกลาง 4 จังหวัด จำนวน 5 แหล่ง พบว่ามอดพื้นเลื้อย ไม่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 1 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีน 7 และ 9 เท่า อย่างละ 1 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีน 10 เท่า 2 แหล่ง
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4 จังหวัด จำนวน 6 แหล่ง พบว่ามอดพื้นเลื้อย ไม่แสดงความต้านทานต่อฟอสฟีน 2 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีน 4 และ 10 เท่า อย่างละ 1 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีน 20 เท่า 2 แหล่ง
- ภาคเหนือ 3 จังหวัด จำนวน 5 แหล่ง พบว่ามอดพื้นเลื้อยต้านทานต่อฟอสฟีน 3, 8, 9, 10 และ 20 เท่า อย่างละ 1 แหล่ง
- ภาคใต้ 1 จังหวัด จำนวน 1 แหล่ง พบว่ามอดพื้นเลื้อยต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 9 เท่า

- ได้คัดเลือกมอดพื้นเลื้อยสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อฟอสฟีนมา 3 ระดับ คือ 0, 10 และ 20 เท่า นำไปเลี้ยงขยายพันธุ์เพื่อทดสอบความเป็นพิษต่อสารรมอีโคพุม

(1.4) การทดสอบระดับความต้านทานของมอดยาสูบต่อสารรมฟอสฟีน

- ผลการทดสอบระดับความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของมอดพื้นเลื้อย จากจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ จำนวน 6 จังหวัด รวม 16 แหล่ง สรุปได้ดังนี้ (Table 4)

ภาคกลาง 1 จังหวัด จำนวน 1 แหล่ง พบว่ามอดยาสูบต้านทานต่อฟอสฟีนมากกว่า 30 เท่า

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 จังหวัด จำนวน 9 แหล่ง พบว่ามอดยาสูบไม่ต้านทานต่อฟอสฟีนจำนวน 1 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีน 2 เท่า 1 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีน 3 เท่า 5 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีน 5 เท่า 1 แหล่ง และต้านทานต่อฟอสฟีนมากกว่า 10 เท่า 1 แหล่ง

ภาคเหนือ 2 จังหวัด จำนวน 6 แหล่ง พบว่ามอดยาสูบไม่ต้านทานต่อฟอสฟีน 1 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีน 15 เท่า 1 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีน 20 เท่า 2 แหล่ง ต้านทานต่อฟอสฟีนมากกว่า 20 เท่า 1 แหล่ง และต้านทานต่อฟอสฟีนมากกว่า 60 เท่า 1 แหล่ง

- ได้คัดเลือกมอดยาสูบสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อฟอสฟีนมา 4 ระดับ คือ 0, 5, 15 และ 20 เท่า นำไปเลี้ยงขยายพันธุ์เพื่อทดสอบความเป็นพิษต่อสารรมอีโคฟุ่ม

(2) การทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

(2.1) การทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรสายพันธุ์ที่ไม่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน

ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรชนิดต่างๆ สายพันธุ์ที่ไม่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน แสดงใน Table 5 เมื่อนำมอดแป้ง ด้วงวงข้าวโพด มอดพินเลื้อย และมอดยาสูบสายพันธุ์ที่ไม่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน ไปทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่ม เพื่อหาอัตราที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดตัวเต็มวัยของแมลงทั้ง 4 ชนิดได้ 100% ผลการทดลองพบว่าต้องใช้อีโคฟุ่มที่อัตรา 25, 35, 15 และ 25 ppm ตามลำดับ

(2.2) การทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 4-5 เท่า

ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรชนิดต่างๆ สายพันธุ์ที่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 4-5 เท่า แสดงใน Table 6 เมื่อนำมอดแป้งสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 4 เท่า และมอดยาสูบสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 5 เท่า ไปทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่ม เพื่อหาอัตราที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดตัวเต็มวัยของแมลงทั้ง 2 ชนิดได้ 100% ผลการทดลองพบว่าต้องใช้อีโคฟุ่มที่อัตรา 90 และ 120 ppm ตามลำดับ

(2.3) การทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรสายพันธุ์ที่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 10-15 เท่า

ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรชนิดต่างๆ สายพันธุ์ที่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 10-15 เท่า แสดงใน Table 7 เมื่อนำมอดแป้ง และมอดพินเลื้อยสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 10 เท่า และมอดยาสูบสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 15 เท่า ไปทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่ม เพื่อหาอัตราที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดตัวเต็มวัยของแมลงทั้ง 3 ชนิดได้ 100% ผลการทดลองพบว่า มอดแป้ง มอดพินเลื้อย และมอดยาสูบ ต้องใช้อีโคฟุ่มที่อัตรา 180, 600 และ 360 ppm ตามลำดับ

(2.4) การทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรสายพันธุ์ที่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 20 เท่า

ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรชนิดต่างๆ สายพันธุ์ที่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 20 แสดงใน Table 8 เมื่อนำมอดแป้ง มอดพื้นเลื้อย และ มอดยาสูบสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 20 เท่า ไปทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่ม เพื่อหาอัตราที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดตัวเต็มวัยของแมลงทั้ง 3 ชนิดได้ 100% ผลการทดลองพบว่าต้องใช้อีโคฟุ่มที่อัตรา 480, 900 และ 450 ppm ตามลำดับ

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

(1) การทดสอบความเป็นพิษของสารรมอีโคฟุ่มที่สามารถกำจัดตัวเต็มวัยของแมลงทั้ง 4 ชนิดที่มีความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนที่ระดับต่างๆ ได้ 100% พบว่ามอดแป้ง ดั่งวงวงข้าวโพด มอดพื้นเลื้อย และ มอดยาสูบสายพันธุ์ที่ไม่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนต้องใช้อีโคฟุ่มที่อัตรา 25, 35, 15 และ 25 ppm ตามลำดับ สำหรับมอดแป้งสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 4 เท่า ต้องใช้อีโคฟุ่มที่อัตรา 90 ppm และมอดยาสูบสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 5 เท่า ต้องใช้อีโคฟุ่มที่อัตรา 120 ppm สำหรับมอดแป้งและมอดพื้นเลื้อยสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 10 เท่า ต้องใช้อีโคฟุ่มที่อัตรา 180 และ 600 ppm ตามลำดับ ส่วนมอดยาสูบสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 15 เท่า ต้องใช้อีโคฟุ่มที่อัตรา 360 ppm ส่วนมอดแป้ง มอดพื้นเลื้อย และมอดยาสูบสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน 20 เท่า ต้องใช้อีโคฟุ่มที่อัตรา 480, 900 และ 450 ppm ตามลำดับ

(2) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าระดับความเข้มข้นของอีโคฟุ่มในการกำจัดมอดพื้นเลื้อยค่อนข้างสูงเนื่องจากระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนที่ใช้ในการทดสอบความต้านทานของมอดพื้นเลื้อยสูงกว่าแมลงชนิดอื่น ดังนั้นในระดับความต้านทานที่เท่ากันมอดพื้นเลื้อยจะมีความทนทานมากกว่าแมลงชนิดอื่นๆ

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

นำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดอัตราการใช้สารรมอีโคฟุ่มในการผลิตผลเกษตร เพื่อกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรชนิดต่างๆ นำผลงานวิจัยเผยแพร่ในรูปแบบตำรา สิ่งพิมพ์ การออกรายการโทรทัศน์ เป็นต้น หน่วยที่นำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ เกษตรกร ผู้ประกอบการโรงสี โรงเก็บผลิตผลเกษตร หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ภาคเอกชน ประชาชน นิสิต นักศึกษา

11. เอกสารอ้างอิง

พรทิพย์ วิสารทานนท์ พรรณเพ็ญ ชโยภาส ใจทิพย์ อุไรชื่น รังสิมา เก่งการพานิช กรรณิการ์ เพ็งคัม จิราภรณ์ ทองพันธ์ ดวงสมร สุทธิสุทธิ ลักษณะ ร่มเย็น ภาวินี หนูชนะภัย อัจฉรา เพชรโชติ. 2551. แมลงที่พบในผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด. กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 170 หน้า.

- นิรนาม. 2551. ความเป็นมาของอนุสัญญาเวียนนาและพิธีสารมอนทรีออล. หน้า 17-19. ใน : *คู่มือการฝึกอบรมเรื่อง วิธีการและการใช้สารทดแทนเมทิลโบรไมด์*. สำนักงานบริหารโครงการลดและเลิกใช้สารเมทิลโบรไมด์ในประเทศไทย สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.
- บุษรา พรหมสถิต ชูวิทย์ ศุขปราการ และพรทิพย์ วิสารทานนท์. 2537. ความต้านของมอดข้าวเปลือก *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรต่อสารรมฟอสฟีน. *ว. กัญ. สัตว.* 16(3) : 165-173.
- บุษรา พรหมสถิต ชูวิทย์ ศุขปราการ และพรทิพย์ วิสารทานนท์. 2541. การศึกษาความต้านทานของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรต่อสารรมฟอสฟีน. *ว. กัญ. สัตว.* 20(3) : 176-183.
- Champ, B.R. and C.E. Dyte. 1976. Report of the FAO Global Survey of Pesticide Susceptibility of Stored Grain Pests. *FAO Plant Prod. Prot. Series No. 5.* 297 p.
- Taylor, R.W.D. and D. Halliday. 1986. The geographical spread of resistance to phosphine by coleopterous pests of stored products. Pages 607-613. In : *British Crop Protection Conference, Pests and Diseases: Proc. Int. Conf.* 1986. Brighton, UK.
- Taylor, R.W.D. 1989b. Phosphine – A Major Grain Fumigant at Risk. *International Pest Control.* 31(1) : 10-14

Table 1 The phosphine resistance level of *Tribolium castaneum*

No.	Part of Thailand	Province	Resistance level (Time)*
1	Central	Nakhon Sawan	Not resistance
2		Phetchabun	10
3	North East	Khon Kaen	Not resistance
4		Udon Thani 1	Not resistance
5		Loei	1
6		Surin 1	3
7		Nong Khai	4
8		Kalasin 1	4
9		Udon Thani 2	4
10		Surin 2	8

11		Kalasin 2	10
12	North	Chiang Mai 1	Not resistance
13		Chiang Mai 2	Not resistance
14		Uttaradit 1	Not resistance
15		Kamphaeng Phet	1
16		Tak	3
17		Sukhothai	4
18		Chiang Mai 3	10
19		Uttaradit 2	20
20	South	Nakhon Si Thammarat 1	10
21		Nakhon Si Thammarat 2	10
22		Nakhon Si Thammarat 3	13
23		Phatthalung	20

*Comparing with discriminating concentration (0.04 mg/L)

Table 2 The phosphine resistance level of *Sitophilus zeamais*

No.	Part of Thailand	Province	Resistance level (Time)*
1	Central	Chachoengsao 1	Not resistance
2		Chachoengsao 2	Not resistance
3		Saraburi 1	Not resistance
4		Saraburi 2	Not resistance

5		Nakhon Pathom	Not resistance
6		Chai Nat	Not resistance
7	North East	Khon Kaen	Not resistance
8		Udon Thani	Not resistance
9		Loei	Not resistance
10		Surin	Not resistance
11		Nong Khai	Not resistance
12	North	Chiang Mai 1	Not resistance
13		Chiang Mai 2	Not resistance
14		Sukhothai	Not resistance
15		Phayao	Not resistance
16	South	Nakhon Si Thammarat 1	Not resistance

*Comparing with discriminating concentration (0.04 mg/L)

Table 3 The phosphine resistance level of *Oryzaephilus surinamensis*

No.	Part of Thailand	Province	Resistance level (Time)*
1	Central	Ratchaburi	Not resistance
2		Nakhon Pathom	7
3		Saraburi	9
4		Kanchanaburi 1	10
5		Kanchanaburi 2	10
6	North East	Nakhon Rathasima	Not resistance
7		Udon Thani 1	Not resistance
8		Kalasin 1	4
9		Udon Thani 2	10
10		Surin	20
11		Kalasin 2	20
12	North	Chiang Mai 1	3
13		Tak	8
14		Phrae 1	9
15		Phrae 2	10
16		Chiang Mai 2	20
17	South	Nakhon Si Thammarat 1	9

*Comparing with discriminating concentration (0.05 mg/L)

Table 4 The phosphine resistance level of *Lasioderma serricorne*

No.	Part of Thailand	Province	Resistance level (Time)*
1	Central	Bangkok	>30
2	North East	Nakhon Phanom 1	Not resistance
3		Khon Kaen 1	2
4		Khon Kaen 2	3
5		Khon Kaen 3	3
6		Khon Kaen 4	3
7		Khon Kaen 5	3
8		Nakhon Phanom 2	3
9		Khon Kaen 6	5
10		Roi Et	>10
11	North	Phrae 1	15
12		Phrae 2	20
13		Phrae 3	>20
14		Chiang Mai 1	Not resistance
15		Chiang Mai 2	20
16		Chiang Mai 3	>60

*Comparing with discriminating concentration (0.03 mg/L)

Table 5 The mortality of susceptible to phosphine strain during fumigation with ECO₂FUME® under different dosages.

Dosages (ppm)	% Mortality of susceptible to phosphine strain ^{1/}			
	<i>T. castaneum</i>	<i>S. zeamais</i>	<i>O. surinamensis</i>	<i>L. serricorne</i>
0	0.0	1.0	2.0	0.0
5	48.5	49.0	52.5	68.5
10	94.2	94.0	88.5	73.2
15	95.5	99.0	100.0	91.5
20	99.5	98.5	100.0	98.5
25	100.0	99.0	100.0	100.0
30	100.0	99.0	100.0	100.0
35	100.0	100.0	100.0	100.0
40	100.0	100.0	100.0	100.0
45	100.0	100.0	100.0	100.0
50	100.0	100.0	100.0	100.0

^{1/}Mean of 4 replications

Table 6 The mortality of resistant to phosphine 4-5 times strains during fumigation with ECO₂FUME® under different dosages.

Dosages (ppm)	% Mortality of resistant to phosphine 4-5 times strains ^{1/}	
	<i>T. castaneum</i> (Resistant to phosphine 4 times)	<i>L. serricorne</i> (Resistant to phosphine 5 times)

0	1.0	2.5
10	73.0	80.0
20	80.5	85.2
30	92.0	90.2
40	94.5	93.0
50	96.0	94.5
60	97.0	95.5
70	98.0	94.5
80	99.5	96.0
90	100.0	97.5
100	100.0	98.5
110		99.0
120		100.0

^{1/}Mean of 4 replications

Table 7 The mortality of resistant to phosphine 10-15 times strains during fumigation with ECO₂FUME[®] under different dosages.

Dosages (ppm)	% Mortality of resistant to phosphine 10-15 times strains ^{1/}		
	<i>T. castaneum</i> (Resistant to phosphine 10 times)	<i>O. surinamensis</i> (Resistant to phosphine 10 times)	<i>L. serricorne</i> (Resistant to phosphine 15 times)
0	1.0	0.0	2.0
20	75.5	22.0	45.5
40	92.0	68.0	52.0
60	96.5	75.5	76.5
80	97.5	73.5	87.5
100	97.0	81.5	87.0
120	98.5	83.0	88.5
140	99.0	86.0	89.0
160	99.5	84.5	90.5
180	100.0	85.0	95.0
200	100.0	87.5	98.0

230		88.5	97.5
270		91.5	98.5
300		91.5	99.0
330		94.0	99.5
360		97.5	100.0
390		94.0	100.0
420		98.5	100.0
450		99.5	100.0
480		98.0	
510		98.0	
540		98.0	
570		98.5	
600		100.0	

^{1/}Mean of 4 replications

Table 8 The mortality of resistant to phosphine 20 times strains during fumigation with ECO₂FUME® under different dosages.

Dosages (ppm)	% Mortality of resistant to phosphine 20 times strains ^{1/}		
	<i>T. castaneum</i>	<i>O. surinamensis</i>	<i>L. serricorne</i>
0	1.0	0.0	2.0
60	79.5	64.0	76.5
120	88.5	69.0	80.5
150	89.0	68.0	87.0
180	95.0	67.0	85.0
210	93.5	77.0	90.5
240	93.0	77.0	92.0
270	98.0	80.5	95.0

300	96.0	80.0	97.5
330	99.0	91.5	99.5
360	99.0	91.5	99.0
390	99.0	93.0	99.5
420	99.0	95.5	99.0
450	99.0	95.5	100.0
480	100.0	95.0	100.0
510	100.0	95.5	100.0
540	100.0	95.5	100.0
570	100.0	96.5	100.0
600	100.0	97.0	100.0
630		96.5	
660		97.5	
690		98.0	
720		98.5	
750		98.0	
780		98.5	
810		99.0	
840		99.0	
870		99.5	
900		100.0	

¹/Mean of 4 replications