

โครงการวิจัยที่ 2 : โครงการพัฒนาการจัดการศัตรูผลิตผลเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพ

กิจกรรมที่ 1 : การใช้สารรมอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ชื่อการทดลอง : การใช้สารรม ECO₂FUME ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

Use of ECO₂FUME Fumigant to Control Stored Product Insects

หัวหน้าการทดลอง : รังสิมา เก่งการพานิช สังกัด กวป.

ผู้ร่วมงาน : ดวงสมร สุทธิสุทธิ สังกัด กวป.

 ภาวินี หนูชนะภัย สังกัด กวป.

 ปณัญญา พบสุข สังกัด กวป.

Abstract

ECO₂FUME fumigation in stacks of maize under gasproof sheets was carried out to study the optimal dosages and times of ECO₂FUME fumigation against all stages of *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*. The experimental design was CRD, with 3 replications and 4 treatments. The experiments were divided into three sub-groups (1) The treatment was applied with 25 g/m³ (350 ppm) of ECO₂FUME for 3, 4, 5 days and control treatment. (2) Applied with 50 g/m³ (700 ppm) of ECO₂FUME for 2, 3, 4 days and control treatment. (3) Applied with 70 g/m³ (1,000 ppm) of ECO₂FUME for 1, 2, 3 days and control treatment. Phosphine concentration was stably controlled as specify dosage during the period of fumigation. The experiment was carried out in laboratory of Postharvest Technology on Field Crops Research and Development Group, Postharvest and Processing Research and Development Office, DOA and warehouse of Bangkok Food Products Co., Ltd. (CPF) PhraBhuttabat district, Saraburi province during the year 2014-2015. The results on the optimal dosages and times of ECO₂FUME in maize fumigation showed that no insect of any stage was alive at all dosages and times. These experiments showed that fumigation with ECO₂FUME could reduce the period of fumigation by increasing the concentration therefore the fumigation on maize against all stages of *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* was fumigated by ECO₂FUME dosage 25 g/m³ (350 ppm) of ECO₂FUME for 3 days, dosage 50 g/m³ (700 ppm) for 2 days and dosage 70 g/m³ (1,000 ppm) for 1 days. The concentration of phosphine must be controlled as the specified level throughout the period of fumigation which could eradicate all stages of the insects.

Keywords : ECO₂FUME, fumigation, stored product Insects, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*.

บทคัดย่อ

การใช้สารรม ECO₂FUME ในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ทำการทดลองโดยรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วย ECO₂FUME ภายใต้ผ้าพลาสติก (gasproof sheet) เพื่อหาอัตราและระยะเวลาที่เหมาะสมของ ECO₂FUME ในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร 2 ชนิด ได้แก่ ตัวงวงข้าวโพด และมอดแป้ง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ 4 กรรมวิธี แบ่งเป็น 3 การทดลองย่อย คือ (1) รมด้วย ECO₂FUME อัตรา 25 กรัม/ลบ.ม. (350 ppm) ระยะเวลาในการรม 3, 4 และ 5 วัน และไม่ใช้สารรม (2) รมด้วย ECO₂FUME อัตรา 50 กรัม/ลบ.ม. (700 ppm) ระยะเวลาในการรม 2, 3 และ 4 วัน และไม่ใช้สารรม (3) รมด้วย ECO₂FUME อัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (1,000 ppm) ระยะเวลาในการรม 1, 2 และ 3 วัน และไม่ใช้สารรม โดยควบคุมความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนให้อยู่ในระดับที่กำหนดตลอดระยะเวลาการรม ดำเนินการทดลองระหว่างเดือน ตุลาคม 2556 - กันยายน 2558 ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร และโรงเก็บข้าวโพด อ.พระพุทธรบาท จ. สระบุรี ผลการทดลองพบว่ากรรมทุกอัตราและทุกระยะเวลาการรมมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทั้ง 2 ชนิดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต จากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการรมด้วย ECO₂FUME นั้นสามารถลดระยะเวลาการรมด้วยการเพิ่มอัตราความเข้มข้นได้ ดังนั้นการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อกำจัดตัวงวงข้าวโพด และมอดแป้ง สามารถรมด้วย ECO₂FUME ที่อัตรา 25 กรัม/ลบ.ม. (350 ppm) ใช้ระยะเวลา 3 วัน อัตรา 50 กรัม/ลบ.ม. (700 ppm) ใช้ระยะเวลา 2 วัน และอัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (1,000 ppm) ใช้ระยะเวลา 1 วัน โดยต้องควบคุมระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนให้อยู่ในระดับที่กำหนดตลอดระยะเวลาของการรม ก็จะสามารถกำจัดแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต

คำสำคัญ : ECO₂FUME การรม แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร *Sitophilus zeamais* *Tribolium castaneum*

คำนำ

ปัญหาสำคัญของการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรทุกชนิด คือ การเข้าทำลายของแมลงในระหว่างการเก็บรักษา แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ตัวงวงข้าวโพด, *Sitophilus zeamais* Motschulky; มอดหัวป้อมหรือมอดข้าวเปลือก, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius); มอดแป้ง, *Tribolium castaneum* (Herbst); มอดหนวดยาว, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) ตัวงั่ว (*Callosobruchus* spp.); มอดยาสูบ (*Lasioderma serricorne* Fabricius); มอดสมุนไพร (*Stegobium paniceum* Linneaus) และผีเสื้อข้าวเปลือก (*Sitotrogo cerealella* (Olivier)) (พรทิพย์, 2551) ซึ่งแมลงเหล่านี้จัดเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญโดยจะพบทำลายข้าวเปลือก ข้าวสาร และข้าวโพด ดังนั้น

จึงมีความจำเป็นต้องทำการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูเหล่านี้เพื่อป้องกันการปนเปื้อน สูญเสียคุณภาพ การสูญเสียน้ำหนัก แก่ผลิตผลเกษตรเหล่านั้น นอกจากนี้หากเป็นสินค้าที่ส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ อาจถูกส่งกลับ ทำให้ประเทศสูญเสียชื่อเสียงและรายได้

การใช้สารรมในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วโลก เนื่องจากสามารถทำลายแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรได้เกือบทุกชนิด และทุกระยะการเจริญเติบโต ไม่มีพิษตกค้างเมื่อเทียบกับการใช้สารฆ่าแมลง สารรมที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีเพียง 2 ชนิด คือ เมทิลโบรไมด์ (methylbromide) และฟอสฟีน (phosphine) แม้ว่าสารรมเมทิลโบรไมด์จะเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางแต่เนื่องจากถูกระบุว่าเป็นตัวการทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ ทำให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านมายังโลกได้โดยตรงทำให้โลกร้อนขึ้น และแสงอุลตราไวโอเล็ตที่มากกว่าปกติก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ดังนั้นจึงมีมาตรการลดการใช้จนถึงยกเลิกการใช้ในที่สุดยกเว้นเฉพาะการรมเพื่อการส่งออก (Banks, 1994)

ฟอสฟีนเป็นสารรมที่นิยมใช้รองลงมาจากเมทิลโบรไมด์ การใช้ฟอสฟีนในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคตอันเนื่องมาจากมาตรการลดและเลิกการใช้เมทิลโบรไมด์ ตามปกติสารรมฟอสฟีนไม่ว่าจะอยู่ในรูปของ aluminium phosphide หรือ magnesium phosphide จะอยู่ในรูปของแข็ง ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศแล้วปล่อยก๊าซฟอสฟีนออกมา ปฏิกิริยานี้จะค่อยๆ เกิดขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เวลาเพื่อให้ความเข้มข้นของก๊าซสูงจนอยู่ในระดับที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงและต้องคงอยู่ยาวนานเพียงพอที่จะกำจัดแมลงทั้งหมดได้ ดังนั้นการรมด้วยฟอสฟีนจำเป็นต้องใช้ระยะเวลา 5-7 วัน ไม่สามารถลดระยะเวลาการรมโดยการเพิ่มความเข้มข้นได้ เพราะไม่สามารถเติมสารรมในระหว่างการรมได้ เนื่องจากอยู่ในรูปของแข็ง โดย Howe (1974) รายงานว่า อัตราการตายของแมลงเมื่อรมด้วยสารรมฟอสฟีนเกิดจากระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีน ระดับของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ระยะเวลา และอุณหภูมิขณะทำการรม จะเห็นได้ว่าระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง นอกจากนี้ Graver (2004) รายงานว่าการรมที่มีประสิทธิภาพ คือ การรมที่ความเข้มข้นของสารรมอยู่ในระดับที่เป็นพิษยาวนานเพียงพอที่จะฆ่าแมลงระยะไข่และระยะดักแด้ได้ เนื่องจากทั้งสองระยะนี้เป็นระยะที่มีความทนทานต่อการรม โดยต้องให้แมลงสองระยะนี้พัฒนาไปเป็นตัวอ่อนและตัวเต็มวัยก่อนซึ่งเป็นระยะที่อ่อนแอต่อฟอสฟีน ดังนั้นถ้าความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนต่ำกว่าระดับที่มีประสิทธิภาพและในระยะเวลาที่กำหนดจะไม่สามารถฆ่าแมลงได้ 100% การรมจะไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ฟอสฟีนที่อยู่ในรูปของแข็งยังมีความเสี่ยงในเรื่องของการติดไฟและการเกิดระเบิดของสารตกค้างที่ใช้ไม่หมด (เหลือตกค้างประมาณ 3-5%) ดังนั้นจึงมีการนำเอาสารรมฟอสฟีนมาผลิตให้อยู่ในรูปของเหลวโดยนำมาผสมกับคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีสัดส่วนของฟอสฟีน 2% และคาร์บอนไดออกไซด์ 98% และบรรจุในถังก๊าซที่ไม่ติดไฟภายใต้แรงดัน เรียกว่า สารรมอีโคฟุ่ม (ECO₂ FUME) ผลิตโดยบริษัท CYTEC ประเทศสหรัฐอเมริกา หลายประเทศมีการนำเอาอีโคฟุ่มมาใช้ในการรมผลิตผลเกษตรเป็นเวลาหลายปีแล้ว ได้แก่ แคนาดา สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย จุดเด่นสำคัญของอีโคฟุ่ม คือ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นสารรมที่ไม่ติดไฟ และสามารถนำมาใช้ในการรมผลิตผลเกษตร

ได้หลายชนิด เช่น ธัญพืช ผลไม้แห้ง ใบยาสูบ และผลิตภัณฑ์ที่ทำจากธัญพืช นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้ในการหมักไม้ตัดดอกและผลไม้สดอีกด้วย ข้อดีของสารรม ECO₂FUME คือ สามารถลดระยะเวลาการรมโดยการเพิ่มความเข้มข้นได้ เมื่อใส่เข้าไปภายในกองที่รมจะอยู่ในรูปของก๊าซจึงสามารถกำหนดระดับความเข้มข้นของก๊าซที่ต้องการได้ หากระดับความเข้มข้นของก๊าซลดลงต่ำกว่าระดับที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงก็สามารถเพิ่มสารรมในระหว่างการรมได้เพราะอยู่ในรูปของเหลว เนื่องจากเป็นสารรมที่ไม่เคยมีการนำมาใช้ในประเทศไทย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาถึงประสิทธิภาพและอัตราการใช้ที่เหมาะสมของสารรมอีโคฟุมในการกำจัดแมลงผลิตผลเกษตรในประเทศไทย เพื่อให้การใช้สารรมอีโคฟุมมีประสิทธิภาพสูงสุดและปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้เพื่อเป็นการทดแทนการใช้เมทิลโบรไมด์อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวกล้อง และรำข้าว
2. ดั้ววงข้าวโพด และมอดแป้ง
3. ผ้าพลาสติกสำหรับรมยา หนา 0.2 มม. และผ้าปูรองพื้น (floor sheet) หนา 0.5 มม.
4. ขวดแก้ว กระจกซับ ถาด และฟูกัน
5. ถูทราย และกระทงกระจก
6. สารรมอีโคฟุม
7. เครื่องวัดก๊าซฟอสฟีน (Silo check)

วิธีการ

1. การรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยสารรม ECO₂FUME

1.1 การเลี้ยงขยายพันธุ์แมลงทดสอบ

การทดลองครั้งนี้ใช้แมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญ 2 ชนิด ได้แก่ ดั้ววงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) โดยเก็บตัวอย่างแมลงทั้ง 2 ชนิดจากโรงเก็บข้าวโพด นำมาเลี้ยงขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ $65 \pm 5\%$ โดยปล่อยดั้ววงข้าวโพด และมอดแป้ง อายุ 2-3 สัปดาห์ จำนวน 50 ตัว ในข้าวกล้อง และรำข้าว ตามลำดับ ใส่อาหาร จำนวน 200 กรัม ปล่อยดั้ววงข้าวโพด และมอดแป้งทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ เพื่อให้แมลงวางไข่ จากนั้นนำตัวเต็มวัยออก ปล่อยไว้ 6 สัปดาห์แล้วจึงนำไปรมยา

1.2 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ 4 กรรมวิธี โดยแบ่งเป็น 3 การทดลองย่อย ดังนี้

1.2.1 การรมด้วย ECO₂FUME อัตรา 25 กรัม/ลบ.ม. (350 ppm) ระยะเวลา 3, 4 และ 5 วัน และไม่ใช้สารรม

1.2.2 การรมด้วย ECO₂FUME อัตรา 50 กรัม/ลบ.ม. (700 ppm) ระยะเวลา 2, 3 และ 4 วัน
และไม่ใช้สารรม

1.2.3 การรมด้วย ECO₂FUME อัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (1,000 ppm) ระยะเวลา 1, 2 และ 3 วัน
และไม่ใช้สารรม

1.3 ขั้นตอนการรม

- ทำความสะอาดพื้นโรงเก็บและปูผ้ารองพื้น (floor sheet) หนา 0.5 มม.
- บรรจุข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในกระสอบจัมโบ้ กระสอบละประมาณ 1,000 กก. โดย 1 กองประกอบด้วยกระสอบจัมโบ้จำนวน 8 กระสอบ วัดขนาดของกองเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณสารรม โดยกองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาตรอยู่ระหว่าง 6.67-7.5 ลบ.ม.
- นำแมลงทดสอบวางด้านบน ด้านล่าง และกึ่งกลางของกอง จำนวน 3 จุด
- คลุมกองด้วยผ้าพลาสติกหนา 0.2 มิลลิเมตร ปิดชายผ้าพลาสติกกับผ้ารองพื้นให้มิดชิดด้วยถุงทรายเพื่อป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ
- ใส่สารรม ECO₂FUME ตามกรรมวิธีที่กำหนด

1.4 สารรมและการวัดความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีน

- สารรม ECO₂FUME ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Cytec Industries ประเทศสหรัฐอเมริกา
- วัดความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนในหน่วยของ ppm โดยใช้เครื่องวัดก๊าซฟอสฟีน Silo check ของบริษัท Canary ประเทศออสเตรเลีย
- วัดความเข้มข้นหลังปล่อย ECO₂FUME 1 ชั่วโมง และวัดทุกวันๆ ละ 2 ครั้ง เข้าและบ่าย ถ้าความเข้มข้นลดลงต่ำกว่าระดับที่กำหนด ให้เติมสารรม ECO₂FUME

- โดยปริมาณการเติม ECO₂FUME จะใช้การคำนวณตามสูตร ดังนี้

ปริมาณ ECO₂FUME ที่เติม

$$= \frac{(\text{ความเข้มข้นที่กำหนด} + \text{ความเข้มข้นที่ต้องการเพิ่ม}^*) - \text{ความเข้มข้นที่วัดได้จริง}}{14,000} \times \text{ปริมาตร}$$

$$^* \text{ความเข้มข้นที่ต้องการเพิ่ม} = \frac{\text{ความเข้มข้นที่กำหนด} \times \text{เปอร์เซ็นต์ที่ต้องการเพิ่ม}^{**}}{100}$$

100

** จะกำหนดจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซฟอสฟีนที่ลดลง

2. การตรวจสอบประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทดสอบ

ประสิทธิภาพของสารรม ECO₂FUME ตัดสินจากอัตราการรอดชีวิตของแมลงทดสอบ โดยตรวจเช็คอัตราการตายของด้วงงวงข้าวโพดและมอดแบ่งหลังเสร็จสิ้นการรม และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30±2°C ความชื้นสัมพัทธ์ 65±5% ตรวจเช็คอีกครั้งหลัง 6 สัปดาห์เพื่อหา hidden infestation

3. การตรวจสอบประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่ม

ก่อนการรมสุ่มตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กองละ 3 จุด ๆ ละ 250 กรัม ตรวจสอบชนิดและปริมาณการเข้าทำลายของแมลง และหลังเสร็จสิ้นการรมสุ่มตัวอย่างอีกครั้งเพื่อตรวจเช็คอัตราการรอดของแมลง จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ $65 \pm 5\%$ ตรวจเช็คอีกครั้งหลัง 6 สัปดาห์ เพื่อหา hidden infestation

4. การวัดความชื้นภายในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ก่อนและหลังการรมตรวจเช็คความชื้นภายในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

5. การวัดอุณหภูมิและความชื้นของโรงเก็บ

ตรวจเช็คอุณหภูมิและความชื้นของโรงเก็บตลอดระยะเวลาการรม

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนเมื่อรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วย ECO_2FUME

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

การรมระยะเวลา 3 วัน หลังปล่อย ECO_2FUME ให้ทิ้งไว้เพื่อให้ก๊าซมีเวลากระจายตัวทั่วกองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อครบ 1 ชั่วโมง ทำการวัดความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนได้ 677 ppm จากนั้นวัดความเข้มข้นอีกครั้งในเช้าวันที่ 1 ได้ 302 ppm จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนลดลงอย่างมาก และลดลงต่ำกว่า 350 ppm ที่กำหนดไว้ จึงเติม ECO_2FUME 13.44 กรัม/ลบ.ม. วัดความเข้มข้นของก๊าซอีกครั้งในช่วงบ่ายได้ 741 ppm เข้าวันที่ 2 วัดความเข้มข้นได้ 420 ppm แม้ว่าความเข้มข้นจะได้สูงกว่า 350 ppm แต่ยังคงลดค่อนข้างมาก หากไม่เติม ECO_2FUME อาจไม่สามารถคงอยู่ในระดับ 350 ppm ได้ จนถึงวันที่ 3 จึงทำการเติม ECO_2FUME อีก 5.75 กรัม/ลบ.ม. เมื่อวัดความเข้มข้นในช่วงบ่ายวัดได้สูงถึง 1,131 ppm และวัดก๊าซในช่วงเช้าของวันที่ 3 ของการรมได้ 553 ppm (Table 1 และ 2)

การรมระยะเวลา 4 และ 5 วัน ระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนและปริมาณการเติม ECO_2FUME จะใกล้เคียงกับการรมระยะเวลา 3 วัน โดยการรมระยะเวลา 4 วันจะเติม ECO_2FUME 2 ครั้ง เช่นเดียวกับระยะเวลา 3 วัน เนื่องจากในวันเช้าวันที่ 3 ความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนยังคงสูงแต่การรมระยะเวลา 5 วัน ต้องเติม ECO_2FUME 3 ครั้ง เพราะในวันเช้าวันที่ 4 ความเข้มข้นของก๊าซ ฟอสฟีน ลดต่ำลงเหลือ 432 ppm หากไม่เติม ECO_2FUME อาจไม่สามารถคงอยู่ในระดับ 350 ppm ในวันที่ 5 ได้ จึงเติม ECO_2FUME อีก 4.24 กรัม/ลบ.ม. (Table 1 และ 2)

Table 1 Phosphine concentration inside the maize stacks at the different times of fumigation with ECO_2FUME dosage 25 g/m³ (350 ppm).

Time (Days)	Phosphine concentrations (ppm)					
	Day					
	0	1	2	3	4	5

	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM
3	677 ¹⁴	302	741	420	1131	553				
4	682	318	677	387	1521	921	917	716		
5	527	282	814	380	1426	598	584	432	700	398

¹⁴Mean of 3 replications.

Table 2 The added volume of ECO₂FUME inside the maize stacks at the different times of fumigation with ECO₂FUME dosage 25 g/m³ (350 ppm).

Time (Days)	Added volume of ECO ₂ FUME (g/m ³)									
	Day									
	0	1		2		3		4		5
	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM
3	-	13.44 ¹⁴	-	5.75	-	-				
4	-	12.87	-	7.60	-	-	-	-		
5	-	15.64	-	8.87	-	-	-	4.24	-	-

¹⁴Mean of 3 replications.

เมื่อนำระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่วัดได้จากการรม ECO₂FUME อัตรา 25 กรัม/ลบ.ม. (350 ppm) ระยะเวลา 3, 4 และ 5 วัน มา plot กราฟ (Figure 1) เพื่อให้เห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่าการรมระยะเวลา 3, 4 และ 5 วัน ลักษณะของกราฟเป็นรูปฟันปลา และค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยเมื่อใส่ ECO₂FUME แล้ววัดก๊าซหลังครบ 1 ชั่วโมง ความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนจะสูง แต่เมื่อวัดความเข้มข้นช่วงเช้าวันต่อมาพบว่าลดลงต่ำกว่าระดับที่กำหนด คือ 350 ppm จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนในกองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลงอย่างมาก แสดงว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถดูดซับก๊าซฟอสฟีนได้สูง สอดคล้องกับ รังสีมา และคณะ (2550) ที่รายงานว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถดูดซับก๊าซฟอสฟีนได้มาก ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งการดูดซับก๊าซฟอสฟีนของผลิตภัณฑ์เกษตรมีความสำคัญมาก ถ้าผลิตภัณฑ์เกษตรดูดซับก๊าซได้มาก จะทำให้ระดับความเข้มข้นของก๊าซภายในกองที่รมจะลดลงต่ำกว่าระดับที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง อาจทำให้การรมล้มเหลวได้ จากการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วย ECO₂FUME ในครั้งนี้พบว่าความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนลดลงประมาณ 40-50% จำเป็นต้องเติม ECO₂FUME เพื่อให้ระดับความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงคงอยู่ตลอดระยะเวลาการรม โดยอัตราการเติม ECO₂FUME จะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การลดลงของก๊าซ สำหรับการทดลองครั้งนี้ กำหนดให้เติม ECO₂FUME เพิ่มจากอัตราปกติอีก 40% คิดเป็นความเข้มข้น 490 ppm (350+140 = 490 ppm) เพื่อชดเชยการดูดซับก๊าซของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่ในวันที่ 2 ของการรมเมื่อเติม ECO₂FUME

ในอัตราเดิม คือ 490 ppm พบว่าช่วงบ่ายวัดความเข้มข้นได้สูงเกิน 1,000 ppm ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ดูดซับก๊าซฟอสฟีนไว้มากในวันที่ 1 ทำให้ในวันที่ 2 อัตราการดูดซับก๊าซฟอสฟีนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลงอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อดูจากปริมาณ ECO_2FUME ที่เติมจะเห็นได้ว่าลดลงประมาณ 40-50% เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 2) ดังนั้นการเติม ECO_2FUME ในวันที่ 2 ไม่จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณ ECO_2FUME เพื่อชดเชยการดูดซับก๊าซของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงถึง 40% อาจกำหนดแค่เพียง 10-20% เพื่อเป็นการประหยัดสารรม แต่การรมระยะเวลา 5 วัน จำเป็นต้องเติม ECO_2FUME เพิ่มอีก 1 ครั้ง เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นเอาไว้ไม่ให้ต่ำกว่า 350 ppm

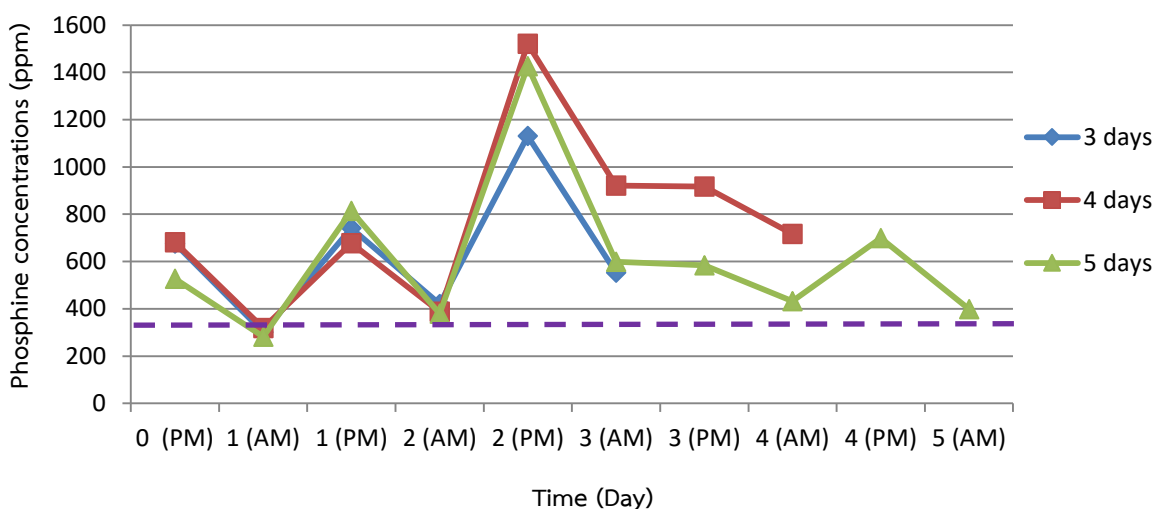


Figure 1 Average phosphine concentrations inside the maize stacks during fumigation at the different times with ECO_2FUME dosage 25 g/m^3 (350 ppm).

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

การรมระยะเวลา 2, 3 และ 4 วัน ระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนและปริมาณการเติม ECO_2FUME แสดงใน Table 3 และ 4 โดยการรมที่ระยะเวลา 2 วัน มีการเติม ECO_2FUME 1 ครั้ง และการรมที่ 3 และ 4 วัน มีการเติม ECO_2FUME 2 ครั้ง

Table 3 Phosphine concentration inside the maize stacks at the different times of fumigation with ECO_2FUME dosage 50 g/m^3 (700 ppm).

Time (Days)	Phosphine concentrations (ppm)							
	Day							
	0	1		2		3		4
	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM

2	1,842 ^{1/4}	764	1,770	847				
3	995	466	1,398	678	1,880	922		
4	1,109	593	1,573	872	1,754	990	985	794

^{1/4}Mean of 3 replications.

Table 4 The added volume of ECO₂FUME inside the maize stacks at the different times of fumigation with ECO₂FUME dosage 50 g/m³ (700 ppm).

Time (Days)	ปริมาณ ECO ₂ FUME ที่เติม (กรัม/ลบ.ม.)							
	Day							
	0	1		2		3		4
	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM
2	-	14.22	-					
3	-	35.95	-	23.28	-	-		
4	-	27.00	-	9.47	-	-	-	-

^{1/4}Mean of 3 replications.

เมื่อนำระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่วัดได้จากการรม ECO₂FUME อัตรา 50 กรัม/ลบ.ม. (700 ppm) ระยะเวลา 2, 3 และ 4 วัน มา plot กราฟ (Figure 2) ลักษณะกราฟจะเป็นรูปฟันปลา เช่นเดียวกับข้อ 1.1 โดยระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่วัดได้หลังปล่อย ECO₂FUME 1 ชั่วโมง วัดได้ 1,842, 995 และ 1,109 ppm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าแม้จะใส่ ECO₂FUME ในอัตราที่เท่ากันแต่ความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่วัดได้ ที่ระยะเวลา 2 วันสูงกว่าที่ 3 และ 4 วัน มาก อย่างไรก็ตามมีการควบคุมระดับความเข้มข้นด้วยการเติม ECO₂FUME ถ้าวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซได้สูง ก็จะเติม ECO₂FUME ในปริมาณที่น้อยลง โดยปริมาณการเติม ECO₂FUME เพื่อชดเชยการดูดซับก๊าซของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กำหนดให้เติมเพิ่มจากอัตราปกติอีก 40% คิดเป็นความเข้มข้น 980 ppm (700+280 = 980 ppm) (Table 3 และ 4)

Time (Day)

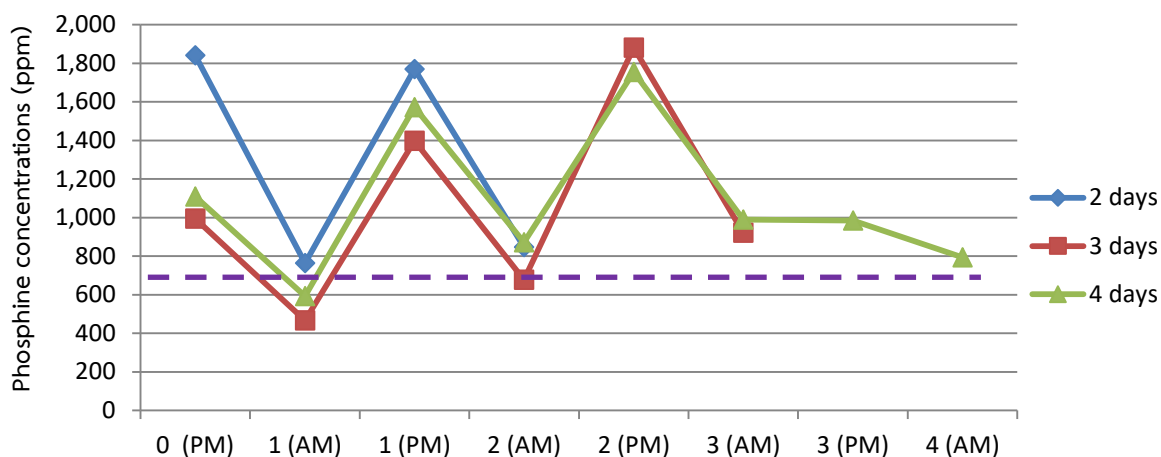


Figure 2 Average phosphine concentrations inside the maize stacks during fumigation at the different times with ECO₂FUME dosage 50 g/m³ (700 ppm).

1.3 การรวม ECO₂FUME อัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (ระดับความเข้มข้นที่กำหนด 1,000 ppm)

การรวมระยะเวลา 1, 2 และ 3 วัน ระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนและปริมาณการเติม ECO₂FUME แสดงใน Table 5 และ 6 โดยการรวมที่ระยะเวลา 1 วันไม่มีการเติม ECO₂FUME และการรวมที่ 2 และ 3 วันมีการเติม ECO₂FUME 1 ครั้ง โดยเติมในช่วงบ่าย

Table 5 Phosphine concentration inside the maize stacks at the different times of fumigation with ECO₂FUME dosage 70 g/m³ (1,000 ppm).

Time (Days)	Phosphine concentrations (ppm)					
	Day					
	0	1		2		3
	PM	AM	PM	AM	PM	AM
1	2,000 ^{1/2}	1,118				
2	1,968	1,132	1,128	1,182		
3	2,000	1,071	1,060	1,298	1,254	1,093

^{1/2}Mean of 3 replications.

Table 6 The added volume of ECO₂FUME inside the maize stacks at the different times of fumigation with ECO₂FUME dosage 70 g/m³ (1,000 ppm).

Time (Days)	ปริมาณ ECO ₂ FUME ที่เติม (กรัม/ลบ.ม.)					
	Day					
	0	1		2		3
	PM	AM	PM	AM	PM	AM
1	-	-				
2	-	-	16.44	-		
3	-	-	23.11	-	-	-

¹⁴Mean of 3 replications.

เมื่อนำระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่วัดได้จากการรม ECO₂FUME อัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (1,000 ppm) ระยะเวลา 1, 2 และ 3 วัน มา plot กราฟ (Figure 3) จะเห็นได้ว่าลักษณะของกราฟไม่ได้เป็นรูปฟันปลาเหมือนข้อ 1.1 และ 1.2 เนื่องจากเติม ECO₂FUME ในช่วงบ่าย และวัดก๊าซอีกครั้งในเช้าวันต่อมาซึ่งระดับความเข้มข้นของก๊าซลดลงมากแล้ว โดยปริมาณการเติม ECO₂FUME กำหนดให้เติมเพิ่มจากอัตราปกติอีก 40% เช่นเดียวกัน คิดเป็นความเข้มข้น 1,400 ppm (1,000+400 = 1,400 ppm) เพื่อชดเชยการดูดซับก๊าซของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากกราฟจะเห็นว่าระดับความเข้มข้นที่วัดได้จะอยู่เหนือระดับที่กำหนด คือ 1,000 ppm ตลอดระยะเวลาการรม

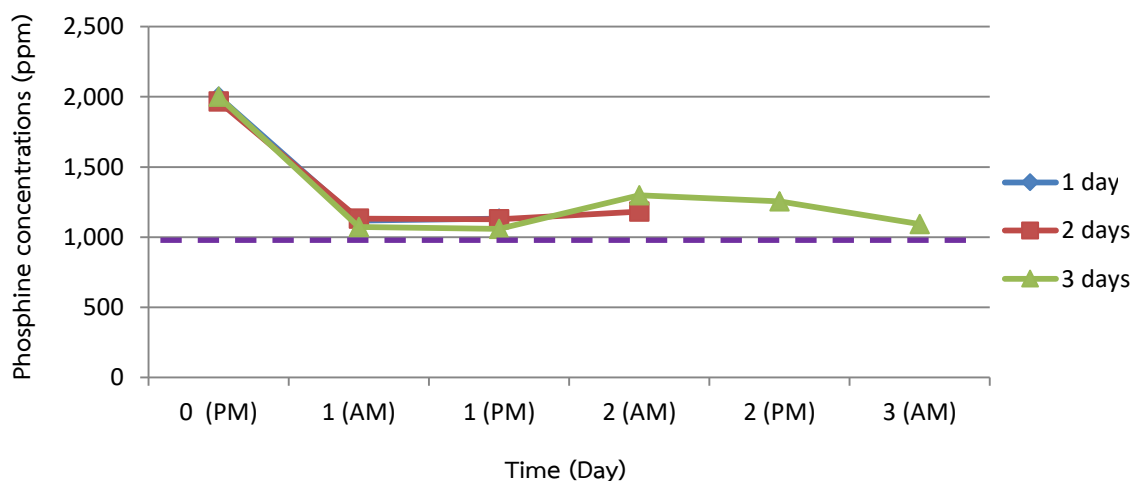


Figure 3 Average phosphine concentrations inside the maize stacks during fumigation at the different times with ECO₂FUME dosage 70 g/m³ (1,000 ppm).

2. ประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทดสอบ

ผลการทดลองพบว่าการรมด้วยสารรม ECO₂FUME อัตรา 25 กรัม/ลบ.ม. (350 ppm) ระยะเวลา 3, 4 และ 5 วัน อัตรา 50 กรัม/ลบ.ม. (700 ppm) ระยะเวลา 2, 3 และ 4 วัน และอัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (1,000 ppm) ระยะเวลา 1, 2 และ 3 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ทุกระยะการเจริญเติบโต (Table 7) เมื่อครบ 6 สัปดาห์นำแมลงทั้ง 2 ชนิดมาตรวจเช็คอีกครั้งเพื่อหา hidden infestation พบว่าการรมทุกอัตราและทุกระยะเวลาไม่มีแมลงรอดชีวิต

Table 7 The survival of insects inside the maize stacks during ECO₂FUME fumigation with dosage 25, 50 and 70 g/m³ at different times.

Dosages (g/m ³)	Times (Day)	The number of insects survival (insect) ^{1/4}	
		<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Tribolium castaneum</i>
25 g/m ³ (350 ppm)	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
Not fumigated (control)		1,443	2,336
50 g/m ³ (700 ppm)	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
Not fumigated (control)		1,358	1,853
70 g/m ³ (1,000 ppm)	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
Not fumigated (control)		1,268	1,838

^{1/4} Mean of 4 replications.

Remarks ECO₂FUME fumigation effectively control both insects in all stages as 100% therefore the result would not be shown and data would not be statistical analyzed following DMRT

3. ประสิทธิภาพการกำจัดแมลงจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่ม

ก่อนการรมตรวจสอบชนิดและปริมาณการเข้าทำลายของแมลงศัตรูจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่มมา แมลงศัตรูที่พบเข้าทำลายข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ด้วงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหนวดยาว ผีเสื้อข้าวสาร และเหาหนังสือ หลังเสร็จสิ้นการรมตรวจสอบการรอดชีวิตของแมลงจากตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สุ่มมาพบว่าการรมทุกอัตราและทุกระยะเวลาไม่มีแมลงรอดชีวิต

4. ความชื้นภายในเมล็ด (Moisture content) ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ความชื้นภายในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ก่อนการรมและหลังการรม พบว่าความชื้นภายในเมล็ดใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 13.2-13.8%

5. อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเก็บ

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บระหว่างช่วงเวลาที่ทำการม อยู่ระหว่าง 29.2-35.3 องศาเซลเซียส และ 42.9-66.2% ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้งให้รมด้วย ECO_2FUME ที่อัตรา 25 กรัม/ลบ.ม. (350 ppm) ใช้ระยะเวลา 3 วัน อัตรา 50 กรัม/ลบ.ม. (700 ppm) ใช้ระยะเวลา 2 วัน และอัตรา 70 กรัม/ลบ.ม. (1,000 ppm) ใช้ระยะเวลา 1 วัน จะเห็นได้ว่าการรมด้วย ECO_2FUME มีข้อดี คือ สามารถลดระยะเวลาการรมด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซได้ แต่สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ต้องควบคุมให้ความเข้มข้นของก๊าซคงอยู่ในระดับที่กำหนดตลอดระยะเวลาการรม และจากการทดลองครั้งนี้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับก๊าซฟอสฟีนเอาไว้จำนวนมาก ให้ความเข้มข้นของก๊าซลดลงอย่างรวดเร็ว จึงต้องมีการเติม ECO_2FUME ทุกครั้งที่วัดความเข้มข้นแล้วพบว่าต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคุณประสพ ศิลปสุวรรณ และบริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด อ.พระพุทธรบาท จ.สระบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตลอดจนสถานที่สำหรับทำการทดลอง ทำให้การทดลองครั้งนี้ประสบความสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Banks, H.J. 1994. Fumigation an endangered technology. Pages 1-6. In : 6th International Working Conference on Stored-Product Protection: Proc. Int. Conf. April 17-23, 1994. Canberra, Australia.
- Howe, R. W. 1974. Problems in the laboratory investigation of the toxicity of phosphine to stored product insects. *J. stored Prod. Res.* 10 : 167-181.
- Taylor, R.W.D. 1989b. Phosphine – A Major Grain Fumigant at Risk. *International Pest Control.* 31(1) : 10-14

van Graver, J.E. Someren. 2004. *Guide to Fumigation Under Gas-Proof Sheets*.

Australian Center For International Agricultural Research. Canberra Australia. 170 pp.

รังสีมา เก่งการพานิช พรทิพย์ วิสารทานนท์ และดวงสมร สุทธิสุทธิ. 2550. การใช้สารรมฟอสฟีนในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังการเก็บเกี่ยว. หน้า 79-92. ใน : รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ปี 2550. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

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