

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2560

1. ชุดโครงการวิจัย วิจัยและพัฒนาถั่วเหลือง
2. โครงการวิจัย วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์
 กิจกรรม วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) การใช้ก๊าซโอโซนในการกำจัดด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis* Linnaeus)) ในโรงเก็บเมล็ดพันธุ์
 ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) Use of Ozone in Control of Sourthern Cowpea Weevil (*Callosobruchus chinensis* Linnaeus) at Warehouse
4. คณะผู้ดำเนินงาน
 หัวหน้าการทดลองที่ นายศิวกร เกียรติมณีรัตน์^{1/}
 ผู้ร่วมงาน นางสาวละอองดาว แสงหล้า^{1/}
 นางสาวสุพรรณณี เป็งคำ^{1/}

5. บทคัดย่อ

การใช้ก๊าซโอโซนในการกำจัดด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis* Linnaeus) ในโรงเก็บเมล็ดพันธุ์ ประกอบด้วย 3 การทดลองคือ การรมก๊าซโอโซนโดยตรงเพื่อหาระยะทนทานของด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis* Linnaeus) ต่อก๊าซโอโซน ได้แก่ระยะไข่ หนอน ดักแด้และตัวเต็มวัย นำระยะทนทานของด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis* Linnaeus) บรรจุในกระสอบบรรจุถั่วเหลืองขนาด 1 กิโลกรัม แล้วรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ในระยะเวลาต่าง ๆ และศึกษาระยะเวลาและความสามารถในการเข้าทำลายของด้วงถั่วเหลืองหลังรมเมล็ดถั่วเหลืองด้วยก๊าซโอโซนนาน 168 ชั่วโมง ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2559 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 โดยใช้ก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ทั้ง 3 การทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่าด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis* Linnaeus)ในระยะดักแด้เป็นระยะที่มีความทนทานต่อก๊าซโอโซนเมื่อรมโดยตรงโดยมีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ที่ 72 ชั่วโมง เมื่อนำระยะดักแด้รมก๊าซโอโซนผ่านกระสอบบรรจุถั่วเหลืองขนาด 1 กิโลกรัมพบว่าด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis* Linnaeus)มีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ที่ 168 ชั่วโมง และเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 168 ชั่วโมง พบว่าด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis* Linnaeus)สามารถเข้าทำลายได้ตามปกติ และสามารถเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตได้หลังจากหยุดการรมก๊าซโอโซน อย่างไรก็ตามการรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 168 ชั่วโมงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองลดลง

1/ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

คำหลัก : ก๊าซโอโซน ด้วงถั่วเหลือง ถั่วเหลือง

ABSTRACT

Control of southern cowpea weevil (*Callosobruchus chinensis* Linnaeus) in warehouse by ozone gas have 3 experiments are direct ozone fumigation to find the durability of southern cowpea weevil against ozone gas. Include egg, larva, pupa and adult. Put down southern cowpea weevil in to the sack with 1 Kg. of soybean seeds and the fumigation with ozone gas at 60 ppm in a different time. Study of the duration and ability to damage into soybean seeds of southern cowpea weevil after ozone fumigation about 168 hours. Study at CMFURU from October, 2016 to September, 2017. CRD experimental design, 4 replications. In conclusion, pupa stage of southern cowpea weevil is a durable stage when direct ozone fumigation mortality rate are 100% at 72 hours. And ozone fumigation of pupa stage in sack with 1 Kg. of soybean seeds Found that, the mortality rate 100% at 168 hours and after ozone fumigation at 60 ppm about 168 hours, southern cowpea weevil can damage and develop to complete life cycle at soybean seed. However, the ozone fumigation at 60 ppm about 168 hours can make seeds germinations and seed vigor decreases.

Key words : soybean , ozone , southern cowpea weevil (*Callosobruchus chinensis* Linnaeus)

6. คำนำ

การเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองในโรงเก็บเพื่อใช้สำหรับบริโภคนั้นจัดว่าเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญของการผลิตถั่วเหลือง เพราะหากการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองในโรงเก็บที่ไม่เหมาะสม เมล็ดถั่วเหลืองนั้น ๆ สามารถถูกเข้าทำลายโดยแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว จึงทำให้เมล็ดถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในโรงเก็บสูญเสียน้ำหนัก สูญเสียคุณค่าทางอาหาร สูญเสียความงอก สูญเสียคุณภาพ สูญเสียเงิน และสูญเสียชื่อเสียง (พรทิพย์ และคณะ, 2548) โดยแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองนั้นมีหลายชนิดแต่ชนิดที่พบได้ในประเทศไทย และมีความสำคัญมากคือตัวงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) ตัวงถั่วเหลืองเป็นแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวชนิดหนึ่งที่ตัวอ่อนจะกัดกินภายในเมล็ด(internal feeder) โดยตัวเต็มวัยจะวางไข่บริเวณภายนอกของเมล็ด และเมื่อตัวหนอนฟักออกจากไข่ก็จะเจาะเข้าไปในเมล็ดถั่วเหลือง ตัวหนอนก็จะกัดกินและเจริญเติบโตในเมล็ดถั่วเหลืองจนเข้าดักแด้ และเมื่อตัวงถั่วเหลืองออกจากดักแด้เป็นตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยก็จะกัดเมล็ดถั่วเหลืองออกมาทำให้เกิดลักษณะเป็นรูวงกลม และเมื่อดูภายในเมล็ดถั่วจะเป็นเป็นโพรงซึ่งเกิดจากการกัดกินของตัวหนอน(พรทิพย์ และคณะ, 2548) และเพื่อป้องกันกำจัดและป้องกันการระบาดของตัวงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) ผู้บริโภคจึงนิยมใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัด เนื่องจากเห็นผลเร็วและมีประสิทธิภาพเช่น ฟอสฟีน(มูลนิธิชีววิถี, 2556) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าแมลงศัตรูโรงเก็บหลายชนิดสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน ได้แก่ ตัวงอิฐ *Trogoderma granarium* Evert, มอดข้าวเปลือก *Rhyzopertha dominica* (F.) และมอดพินเลื้อย *Oryzaephilus surinamensis* L. เช่น ในปี พ.ศ. 2534 งานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร กองกัญและสัตววิทยา พบว่ามอดข้าวเปลือกจาก จังหวัดเชียงราย สกลนคร และสุพรรณบุรี แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน และมอด

ข้าวเปลือกจากจังหวัดเชียงรายแสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนประมาณ 3 เท่า (พรทิพย์และคณะ, 2537) ดังนั้นควรมีการศึกษาสารชนิดอื่น ๆ เพื่อป้องกันการต้านทานสารต่อสารฟอสฟีนของด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) และเพื่อใช้สารชนิดนั้น ๆ ทดแทนสารรมฟอสฟีน เช่น การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กำจัดด้วงงวงข้าวที่ระดับความเข้มข้น 10-40 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ด้วงงวงข้าวในระยะตัวเต็มวัยตายได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 10 วัน (กุลวิชัย, 2552) อย่างไรก็ตามก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซพิษที่สามารถทำให้เกิดอันตรายให้กับสภาพแวดล้อมได้ ส่วนการใช้ก๊าซไนโตรเจนในการกำจัดแมลงพบว่าเมื่อรมก๊าซไนโตรเจนกับตัวเต็มวัยของมอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) (Coleoptera: Tenebrionidae) และตัวอ่อนของ Indian meal moth (*Plodia interpunctella*) (Lepidoptera: Pyralidae) ที่ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการรมแล้วทำให้แมลงทั้งสองชนิดตาย 95 เปอร์เซ็นต์ใช้เวลา 9.4 และ 21.2 ชั่วโมง ตามลำดับ (Monro, 1975) ดังนั้นก๊าซโอโซนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บ ซึ่งก๊าซโอโซน (ozone หรือ O₃) นั้นสามารถกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บได้เช่น Erdman (1979) รายงานว่า เมื่อใช้ก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 95 –115 ppm เป็นระยะเวลา 3.5 – 6 ชั่วโมงทำให้ มอดแป้งทั้ง 2 ชนิดคือ *Tribolium confusum* และ *T. castaneum* มีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาของ Kells et al. (2001) เมื่อรมก๊าซโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 3 วันภายในโรงเก็บข้าวโพดน้ำหนัก 8.9 ตัน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การตายของหนอน Indianmeal moth และตัวเต็มวัยของมอดแป้งที่ระบาดในข้าวโพด อยู่ในช่วง 92-100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ก๊าซโอโซนกำจัดมอดเจาะผลกาแฟ *Hypothenemus hampei* ซึ่งเป็นแมลงศัตรูเข้าทำลายเจาะผลกาแฟสด และกาแฟกะลา เมื่อรมด้วยก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 10,000 ppm ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ในสภาพสุญญากาศนาน 6 ชั่วโมง พบว่ามีแมลงทุกระยะมีการตายอย่างสมบูรณ์ ยกเว้นระยะไข่ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 15 เปอร์เซ็นต์ (Armstrong, 2008) การรมก๊าซโอโซนในการกำจัดแมลงพบว่ามีปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพหลายปัจจัย เช่น หากมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ก๊าซโอโซนจะทำปฏิกิริยากับน้ำที่มีอยู่ในอากาศทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงลดลง ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่มีอยู่จะทำให้ลดประสิทธิภาพของก๊าซโอโซนได้ ความเข้มข้นของก๊าซโอโซน และระบบสุญญากาศ ปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อการกำจัดแมลงทั้งสิ้น (Hollingsworth and Armstrong, 2005) โดยก๊าซโอโซนมีประสิทธิภาพแทรกซึมผ่านวัตถุได้ไม่ดีเท่ากับการใช้สารเคมีรมผลผลิต และการใช้ก๊าซโอโซนรมเพื่อกำจัดแมลงในผลิตผล พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การตายลดลง หรือน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์การตายในกรรมวิธีที่รมด้วยก๊าซโอโซนกับแมลงโดยตรง (Isikber and Oztenkin, 2009) อย่างไรก็ตามการศึกษาก๊าซโอโซนในการกำจัดด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ในโรงเก็บเมล็ดพันธุ์ครั้งนี้จัดเป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานเพื่อให้ นักวิจัยได้พัฒนาการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ด้วยก๊าซโอโซนต่อไป

7. วิธีดำเนินการและอุปกรณ์

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60
2. ถังถั่วเหลืองในระหว่างการเจริญเติบโต 4 ระยะ (ไข่, หนอน, ดักแด้ และตัวเต็มวัย)
3. เครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนความเข้มข้น 60 ppm รุ่น WAO-2501 (Asiatech Industry IN)
4. ภาชนะรวมก๊าซโอโซนขนาด 12.5x25x15 เซนติเมตร
5. ถังตาข่ายขนาด 14x10 เซนติเมตร
6. วัสดุอื่นๆ siriga gel สายยาง ผ้าขาวบาง

- แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ ได้แก่

การทดลองที่ 1 ทำการรวมก๊าซโอโซนโดยตรงเพื่อหาระยะทนทานของด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ต่อก๊าซโอโซน ได้แก่ระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย

การทดลองย่อยที่ 1 ทำการรวมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะไข่ของด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ที่ความเข้มข้น 60 ppm ในระยะเวลาต่าง ๆ

กรรมวิธีที่ 1 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 2 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 4 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 3 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 6 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 8 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 5 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 10 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 6 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 12 ชั่วโมง

การทดลองย่อยที่ 2 ทำการรวมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะหนอนของด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ที่ความเข้มข้น 60 ppm ในระยะเวลาต่าง ๆ

กรรมวิธีที่ 1 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 2 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 6 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 3 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 12 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 24 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 5 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 36 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 6 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 48 ชั่วโมง

การทดลองย่อยที่ 3 ทำการรวมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะดักแด้ของด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ที่ความเข้มข้น 60 ppm ในระยะเวลาต่าง ๆ

กรรมวิธีที่ 1 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 2 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 6 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 3 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 12 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 รวมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 24 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 5 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 36 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 6 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 48 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 7 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 60 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 8 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 72 ชั่วโมง

การทดลองย่อยที่4 ทำการรมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) ที่ความเข้มข้น 60 ppm ในระยะเวลาต่าง ๆ

กรรมวิธีที่ 1 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 2 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 6 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 3 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 12 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 24 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 5 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 30 ชั่วโมง

การทดลองที่2 นำระยะหนานของด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) บรรจุในกระสอบบรรจุ ถั่วเหลืองขนาด 1 กิโลกรัม แล้วรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ในระยะเวลาต่าง ๆ

กรรมวิธีที่ 1 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 120 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 132 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 3 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 144 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 156 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 5 รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 168 ชั่วโมง

การทดลองที่3 การศึกษาระยะเวลาและความสามารถในการเข้าทำลายของด้วงถั่วเหลืองหลังรมเมล็ดถั่วเหลืองด้วยก๊าซโอโซนนาน 168 ชั่วโมง

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่ปราศจากแมลงเข้าทำลายของด้วงถั่วเหลืองมาบรรจุลงในถุงตาข่ายขนาด 14×10 เซนติเมตรแล้วมัดปากถุง จากนั้นจึงนำไปใส่ในภาชนะรมก๊าซโอโซนขนาด 12.5×25×15 เซนติเมตรและรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 168 ชั่วโมง(กรรมวิธีละ 1 กิโลกรัมทั้งหมด 4 ซ้ำ จากนั้นจึงเช็คผลการทดลอง)

กรรมวิธีที่ 1 นำเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนนาน 168 ชั่วโมงมาใช้เลี้ยงด้วงถั่วเหลืองทันที

กรรมวิธีที่ 2 นำเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนนาน 168 ชั่วโมงพักไว้ 7 วันจึงนำไปใช้เลี้ยง ด้วงถั่วเหลือง

กรรมวิธีที่ 3 นำเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนนาน 168 ชั่วโมงพักไว้ 14 วันจึงนำไปใช้เลี้ยง ด้วงถั่วเหลือง

กรรมวิธีที่ 4 นำเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนนาน 168 ชั่วโมงพักไว้ 21 วันจึงนำไปใช้เลี้ยง ด้วงถั่วเหลือง

กรรมวิธีที่ 5 นำเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนนาน 168 ชั่วโมงพักไว้ 28 วันจึงนำไปใช้เลี้ยง
ด้วงถั่วเหลือง
อย่างไรก็ตามกรรมวิธีใดที่ทำการตรวจเช็คผลการทดลองแล้วจะไม่นำกลับมาใช้ใหม่

- วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. การเตรียมด้วงถั่วเหลืองระยะต่าง ๆ

เลี้ยงด้วงถั่วเหลืองโดยใช้เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ใส่ในแก้วพลาสติกขนาด 150 มิลลิลิตร
ประมาณ 1/3 ของแก้ว จากนั้นปล่อยด้วงถั่วเหลืองจำนวน 50 ตัวลงในแก้ว จากนั้นปิดด้วยผ้าขาวบางแล้วใช้หนังสือ
วางรัดไว้เพื่อป้องกันไม่ให้แมลงออกมาภายนอกแก้ว เมื่อครบ 7 วัน ด้วงถั่วเหลืองจะผสมพันธุ์และวางไข่เรียบร้อยแล้ว
แล้ว จึงย้ายตัวเต็มวัยจากภาชนะเดิมมาใส่ภาชนะใหม่ โดยทำเหมือนกับวิธีการข้างต้น

การเตรียมระยะไข่ของด้วงถั่วเหลืองเพื่อใช้ในรมก๊าซโอโซน จะปล่อยด้วงถั่วเหลืองตัวเต็มวัยลงในแก้ว
เลี้ยงแมลงที่ภายในมีเมล็ดถั่วเหลืองอยู่ 100 เมล็ด จากนั้นปิดปากแก้วด้วยผ้าขาวบาง ทิ้งไว้จนกระทั่ง 5 วันจึงนำ
ตัวเต็มวัยออก จากนั้นจึงนำเมล็ดถั่วเหลืองที่มีร่องรอยการวางไข่แต่ละเมล็ดไปทดลองตามกรรมวิธี หากต้องการ
เตรียมระยะอื่น ๆ เตรียมได้โดยหลังจากการปล่อยตัวเต็มวัยลงในแก้วเลี้ยงแมลงแล้วครบ 5 วันจึงนำตัวเต็มวัยออก
จากนั้นก็ทิ้งถั่วเหลืองไว้ในแก้วนั้น ๆ ให้ครบ 20, 26 และ 35 วัน ก็จะได้ด้วงถั่วเหลืองที่มีระยะหนอน, ดักแด้ และ
ตัวเต็มวัยตามลำดับ

2. การศึกษาผลของระยะเวลาในการรมด้วยก๊าซโอโซนต่อการกำจัดด้วงถั่วเหลืองในระยะไข่, หนอน,
ดักแด้ และตัวเต็มวัย ในการทดลองระยะไข่ของด้วงถั่วเหลือง ใช้ถั่วเหลืองที่มีไข่ของด้วงถั่วเหลืองติดอยู่ภายนอก
จำนวน 30 เมล็ด มาบรรจุลงในถุงตาข่ายขนาด 14×10 เซนติเมตรแล้วมัดปากถุง จากนั้นจึงนำไปใส่ในภาชนะรม
ก๊าซโอโซนขนาด 12.5×25×15 เซนติเมตรและรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ตามกรรมวิธี ส่วนระยะ
หนอน, ดักแด้ และตัวเต็มวัย นำแก้วเลี้ยงแมลงที่ผ่านการทิ้งแก้วไว้ 20, 26 และ 35 วันตามลำดับ มาทดสอบตาม
กรรมวิธีข้างต้นเช่นกัน หลังจากรวมก๊าซโอโซนทุก ๆ กรรมวิธีเสร็จให้นำเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนแล้ว
มาใส่ในแก้วเลี้ยงแมลงที่ยังไม่ผ่านการใช้เลี้ยงแมลง จากนั้นปิดฝาด้วยผ้าขาวบางแล้วทิ้งแก้วเลี้ยงแมลงนั้น ๆ จน
ครบ 35 วัน จึงทำการนับเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเหลือง

อย่างไรก็ตามการทดลองทุก ๆ กรรมวิธีต้องทำทีละกรรมวิธี เช่นเมื่อรมระยะไข่ที่ 2 ชั่วโมงแล้ว ต้องนำ
เมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนออก จากนั้นพักเครื่อง 15 นาที แล้วทำการรมระยะไข่ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง
ใหม่ตามลำดับ เนื่องจากขณะรมก๊าซโอโซนไม่สามารถเปิดภาชนะรมก๊าซโอโซนได้ เพราะจะทำให้ก๊าซโอโซนที่
รมไว้ในภาชนะเจือจางลง

การบันทึกข้อมูล

1. นับอัตราการรอดชีวิตของแต่ละกรรมวิธี โดยทุกกรรมวิธีเมื่อผ่านการรมก๊าซไอโซนแล้วทิ้งไว้ให้ครบ 35 วัน
2. นับเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดของทุกกรรมวิธี
3. นับจำนวนแมลงที่เข้าทำลายเมล็ดถั่วเหลืองหลังจากผ่านการรมก๊าซไอโซนนาน 24 ชั่วโมง
4. วัดองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการรมก๊าซไอโซน

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 : ทำการรมก๊าซไอโซนโดยตรงเพื่อหาระยะทนทานของด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) ต่อก๊าซไอโซน ได้แก่ระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย

การทดลองย่อยที่ 1 : ทำการรมก๊าซไอโซนโดยตรงกับระยะไข่ของด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) ที่ความเข้มข้น 60 ppm ในระยะเวลาต่าง ๆ

ผลการทดลองในฤดูแล้งปี 2559-2560 พบว่าระยะไข่ของด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) เมื่อผ่านการรมด้วยก๊าซไอโซนโดยตรงที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 12 ชั่วโมงพบว่ามีอัตราการตายเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่รมด้วยก๊าซไอโซนโดยตรงที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 10, 8, 6, 4 และ 2 ชั่วโมงพบว่ามีอัตราการตายเฉลี่ย 92.50, 87.92, 77.50, 61.67 และ 57.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ(Table 1)

ผลการทดลองในฤดูฝนปี 2559-2560 พบว่าเมื่อรมด้วยก๊าซไอโซนโดยตรงที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 12 ชั่วโมงทำให้ระยะไข่ของด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) มีอัตราการตายเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่รมด้วยก๊าซไอโซนโดยตรงที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 10, 8, 6, 4 และ 2 ชั่วโมงทำให้ระยะไข่ของด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) มีอัตราการตายเฉลี่ย 92.92, 85.00, 74.58, 58.75 และ 53.75 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ(Table 1)

การทดลองย่อยที่ 2 : ทำการรมก๊าซไอโซนโดยตรงกับระยะหนอนของด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) ที่ความเข้มข้น 60 ppm ในระยะเวลาต่าง ๆ

ผลการทดลองในฤดูแล้งปี 2559-2560 พบว่าเมื่อรมด้วยก๊าซไอโซนโดยตรงที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 48 ชั่วโมงทำให้ระยะหนอนของด้วงถั่วเหลืองมีอัตราการตายมากที่สุดเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่รมก๊าซไอโซนโดยตรงที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 36, 24, 12, 6 และ 2 ชั่วโมงมีอัตราการตายเฉลี่ย 89.58, 77.50, 68.33, 64.17 และ 50.42 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ(Table 2)

ผลการทดลองในฤดูฝนปี 2559-2560 พบว่าเมื่อรมด้วยก๊าซไอโซนโดยตรงที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 48 ชั่วโมงทำให้ระยะหนอนของด้วงถั่วเหลืองมีอัตราการตายมากที่สุดเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่รมก๊าซไอโซนโดยตรงที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 36, 24, 12, 6 และ 2 ชั่วโมงมีอัตราการตายเฉลี่ย 92.50, 76.67, 67.08, 62.08 และ 47.92 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ(Table 2)

การทดลองย่อยที่ 3 ทำการรมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะดักแด้ของด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) ที่ความเข้มข้น 60 ppm ในระยะเวลาต่าง ๆ

ผลการทดลองในฤดูแล้งปี 2559-2560 พบว่ากรรมวิธีที่รมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะดักแด้ของด้วงถั่วเหลืองที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 72, 60 และ 48 ชั่วโมงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยมีอัตราการตายเฉลี่ย 100, 96.23 และ 93.33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งโดยกรรมวิธีที่รมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะดักแด้ของด้วงถั่วเหลืองที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 36, 24, 12, 6 และ 2 ชั่วโมงมีอัตราการตายเฉลี่ย 80.83, 82.08, 55.00, 30.42 และ 33.33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ผลการทดลองในฤดูฝนปี 2559-2560 พบว่ากรรมวิธีที่รมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะดักแด้ของด้วงถั่วเหลืองที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 72 และ 60 ชั่วโมงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยมีอัตราการตายเฉลี่ย 100 และ 96.25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งโดยกรรมวิธีที่รมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะดักแด้ของด้วงถั่วเหลืองที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 6 และ 2 ชั่วโมงมีเปอร์เซ็นต์การตายน้อยที่สุดเฉลี่ย 45.42 และ 43.75 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

การทดลองย่อยที่ 4 ทำการรมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) ที่ความเข้มข้น 60 ppm ในระยะเวลาต่าง ๆ

ผลการทดลองในฤดูแล้งปี 2559-2560 พบว่ากรรมวิธีที่รมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลืองที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 30 ชั่วโมงทำให้มีอัตราการตายมากที่สุดเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่รมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลืองที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 24, 12, 6 และ 2 ชั่วโมงมีอัตราการตายเฉลี่ย 73.33, 2.50, 1.25 และ 0.00 ตามลำดับ

ผลการทดลองในฤดูฝนปี 2559-2560 พบว่ากรรมวิธีที่รมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะดักแด้ของด้วงถั่วเหลืองที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 30 ชั่วโมงทำให้มีอัตราการตายมากที่สุดเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่รมก๊าซโอโซนโดยตรงกับระยะตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลืองที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 24, 12, 6 และ 2 ชั่วโมงมีอัตราการตายเฉลี่ย 71.25, 3.33, 1.67 และ 0.00 ตามลำดับ

การทดลองที่ 2 นำระยะหนานของด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) บรรจุในกระสอบบรรจุถั่วเหลืองขนาด 1 กิโลกรัม แล้วรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ในระยะเวลาต่าง ๆ

ผลการทดลองในฤดูแล้งปี 2559-2560 พบว่าระยะดักแด้ของด้วงถั่วเหลืองเป็นระยะที่ทนทานต่อการรมก๊าซโอโซนโดยตรงที่ความเข้มข้น 60 ppm มากที่สุด จากนั้นจึงนำระยะดักแด้ของด้วงถั่วเหลืองมาทดสอบตามกรรมวิธีพบว่า เมื่อรมก๊าซโอโซนผ่านกระสอบซึ่งภายในบรรจุถั่วเหลือง 1 กิโลกรัมที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 168 ชั่วโมงพบว่าอัตราการตายมากที่สุดเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 156, 144, 132 และ 120 ชั่วโมงมีอัตราการตายเฉลี่ย 92.50, 81.88, 78.13 และ 56.88 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ผลการทดลองในฤดูฝนปี 2559-2560 พบว่าระยะดักแด้ของด้วงถั่วเหลืองเป็นระยะที่ทนทานต่อการรมก๊าซโอโซนโดยตรงที่ความเข้มข้น 60 ppm มากที่สุดจากนั้นจึงทดสอบตามกรรมวิธีเช่นเดียวกับฤดูแล้ง พบว่าเมื่อรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 168 ชั่วโมงมีอัตราการตายมากที่สุดเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่รมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 156, 144, 132 และ 120 ชั่วโมงมีอัตราการตายเฉลี่ย 95.00, 86.25, 75.63 และ 71.88 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

การทดลองที่ 3 การศึกษาระยะเวลาและความสามารถในการเข้าทำลายของด้วงถั่วเหลืองหลังรมเมล็ดถั่วเหลืองด้วยก๊าซโอโซนนาน 168 ชั่วโมง

ผลการทดลองในฤดูแล้งปี 2559-2560 พบว่าหลังจากนำเมล็ดถั่วเหลืองรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 168 ชั่วโมงพบว่าทั้ง 5 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ปล่อยด้วงถั่วเหลืองเข้าทำลายหลังทั้งเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนนาน 14 วันมีจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลืองมากที่สุดเฉลี่ย 156.00 ตัว รองลงมาได้แก่กรรมวิธีที่ทั้งเมล็ดถั่วเหลืองไว้ 21, 28, 7 และ 0 วันมีจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลืองเฉลี่ย 152.38, 152.38, 151.00 และ 149.38 ตัวตามลำดับ

ผลการทดลองในฤดูฝนปี 2559-2560 พบว่าหลังจากนำเมล็ดถั่วเหลืองรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 168 ชั่วโมงพบว่าทั้ง 5 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ปล่อยด้วงถั่วเหลืองเข้าทำลายหลังทั้งเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนนาน 28 วันมีจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลืองมากที่สุดเฉลี่ย 70.87 ตัว รองลงมาได้แก่กรรมวิธีที่ทั้งเมล็ดถั่วเหลืองไว้ 14, 0, 7 และ 21 วันมีจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลืองเฉลี่ย 69.62, , 69.12, 67.12 และ 64.25 ตัวตามลำดับ

ผลการวัดองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการรมก๊าซโอโซนและผ่านการรมก๊าซโอโซนความเข้มข้น 60 ppm นาน 168 ชั่วโมงในฤดูแล้งปี 2559-2560 พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดถั่วเหลือง เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเหลืองและความแข็งแรงของเมล็ดถั่วเหลือง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่เมล็ดถั่วเหลืองผ่านการรมก๊าซโอโซนนาน 168 ชั่วโมงมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันเฉลี่ย 20.94 เปอร์เซ็นต์และเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการรมก๊าซโอโซนมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันเฉลี่ย 20.10 เปอร์เซ็นต์ ความงอกของเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการรมก๊าซโอโซนมีเปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ย 75.38 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่เมล็ดถั่วเหลืองผ่านการรมก๊าซโอโซนมีเปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ย 35.38 เปอร์เซ็นต์ และความแข็งแรงของเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการรมก๊าซโอโซนมีค่าความแข็งแรงเฉลี่ย 70.75 และกรรมวิธีที่เมล็ดถั่วเหลืองผ่านการรมก๊าซโอโซนมีความแข็งแรงเฉลี่ย 21.75 ส่วนค่าโปรตีน และความชื้นของเมล็ดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการรมและผ่านการรมก๊าซโอโซนมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 36.25-36.37 และมีความชื้นของเมล็ดเฉลี่ย 11.28-11.63 เปอร์เซ็นต์

ผลการวัดองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการรมก๊าซโอโซนและผ่านการรมก๊าซโอโซนความเข้มข้น 60 ppm นาน 168 ชั่วโมงในฤดูฝนปี 2559-2560 พบว่าปริมาณโปรตีน ความชื้นของเมล็ด เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด และความแข็งแรงของเมล็ด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่เมล็ดถั่วเหลืองไม่ผ่านการรมก๊าซโอโซนมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 36.66 และกรรมวิธีที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 36.36 ความชื้นของเมล็ดกรรมวิธีที่เมล็ดถั่วเหลืองไม่ผ่านการรมก๊าซ

โอโซนมีความชื้นของเมล็ดเฉลี่ย 11.63 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนมีความชื้นของเมล็ดเฉลี่ย 11.29 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดที่ไม่ผ่านการรมก๊าซโอโซนมีเปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ย 76.00 เปอร์เซ็นต์และกรรมวิธีที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนมีเปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ย 37.75 เปอร์เซ็นต์ และความแข็งแรงของเมล็ดที่ไม่ผ่านการรมก๊าซโอโซนมีความแข็งแรงเฉลี่ย 70.75 และกรรมวิธีที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนความแข็งแรงเฉลี่ย 21.79 ส่วนเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการรมและผ่านการรมก๊าซโอโซนมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดถั่วเหลืองเฉลี่ย 20.18-20.42 เปอร์เซ็นต์

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองปี2559-2560 พบว่าระยะดักแด้ของด้วงถั่วเหลือง(*Callosobruchus chinensis*) เป็นระยะการเจริญเติบโตที่มีความทนทานต่อการรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppmมากที่สุด หากรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppmนาน 168 ชั่วโมงผ่านกระสอบถั่วเหลืองน้ำหนัก 1 กิโลกรัมทำให้ด้วงถั่วเหลืองมีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดถั่วเหลืองหลังรมก๊าซโอโซนนาน 168 ชั่วโมงสามารถถูกด้วงถั่วเหลืองเข้าทำลายได้ทันทีและมีอัตราการเจริญเติบโตตามปกติ และการรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppmนาน 168 ชั่วโมงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดถั่วเหลืองลดลง ดังนั้นการรมก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm นาน 168 ชั่วโมงควรใช้กับเมล็ดถั่วเหลืองที่ใช้บริโภคเท่านั้น

อย่างไรก็ตามก๊าซโอโซนจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเหลืองได้ดีก็ต่อเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต่ำ และประสิทธิภาพของก๊าซโอโซนจะเป็นพิษต่อด้วงถั่วเหลืองขณะทำการรมก๊าซโอโซนเท่านั้น กล่าวคือหากนำเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนแล้วมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ด้วงถั่วเหลืองก็ยังสามารถเข้าทำลายได้ตามปกติ และการทดลองดังกล่าวเป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานในการรมก๊าซโอโซนเพื่อใช้กำจัดด้วงถั่วเหลืองเท่านั้น ดังนั้นควรศึกษาเพิ่มเติมจากการทดลองดังกล่าวต่อไป

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้ก๊าซโอโซนในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ในโรงเก็บ

11.เอกสารอ้างอิง

กุลวิษุทธิ์ พานิชกุล. 2552. ผลของฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตและการทำลายของด้วงวงข้าว *Sitophilus oryzae* (L.) บนข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 100 หน้า.

พรทิพย์ วิสารทานนท์ ชูวิทย์ ศุขปรากการ และบุษรา พรหมสถิต. 2537. ความต้านทานของมอดข้าวเปลือก *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรต่อสารรมฟอสฟีน. วารสารกีฏและสัตววิทยา. 16(3) หน้า 165-173.

มูลนิธิชีววิถี. 2556. สารรมควันพิษกรณีความเสี่ยงของสารเคมีภายใต้โครงการรับจำนำข้าว. [ระบบออนไลน์].

แหล่งสืบค้น : <http://biothai.net/node/18209> (20 มีนาคม 2557)

สำนักวิจัย และพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว และแปรรูปผลผลิตเกษตร. 2548. แมลงที่พบในผลิตผลเกษตร และการป้องกัน. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 57 หน้า.

Armstrong, J. W. 2008. Ozone fumigation under vacuum to control potential infestations of coffee berry borer and coffee leaf rust in green coffee beans imported into Hawaii. U.S. Dep. Agric. In-house Technical Report for ARS/APHIS. US Pacific Basin Agricultural Research Center, Hilo, HI.

Erdman, H. E. 1979. Ecological aspects of control of a stored product insect by ozonation. P. 75. In: Proceedings of the second International Working Conference on Stored-Product Entomology. 10-16 September, Ibadan, Nigeria

Hollingsworth, R. G. and J. W. Armstrong. 2005. Potential of temperature, controlled atmospheres, and ozone fumigation to control thrips and mealybugs on ornamental plants for export. *Journal of Economic Entomology* 98(2): 289-298.

Isikber, A. A. and Öztekin, S. (2009). Comparison of susceptibility of two stored-product insects, *Ephestia kuehniella* Zeller and *Tribolium confusum* du Val to gaseous ozone. *Journal of Stored Products Research*, 45: 159-164.

Kells, J. G., A. E. Yousef and S. Dave. 1999. Application of ozone to control insects, molds, and mycotoxins. Proceedings of the International Conference on Control Atmosphere and Fumigation of Stored Products, Cyprus.

Monro, H. A. U. 1975. Manual of Fumigation for Insect Control. FAO Rome. 381 p.

Table 1 Mortality eggs stage of *Callosobruchus chinensis* in dry season 2016-2017

Times (hours)	Mortality of eggs (%)		mean
	dry season 2016	dry season 2017	
2 Hr	20.00 f	95.00 a	57.50 d
4 Hr	29.17 e	94.17 a	61.67 d
6 Hr	55.83 d	99.17 a	77.50 c
8 Hr	76.67 c	99.17 a	87.92 b
10 Hr	85.83 b	99.17 a	92.50 b
12 Hr	100.00 a	100.00 a	100.00 a
mean	61.25 b	97.78 a	
F-test :Year (Y)	**		
:Treatment (Tr)	**		
: Y*T	**		
CV (%)	8.48		

The mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at $P < 0.05$ by DMRT, ns = not significant, ** significant at $P < 0.01$

Table 2 Mortality eggs stage of *Callosobruchus chinensis* in rainy season 2016-2017

Times (hours)	Mortality of eggs (%)		mean
	rainy season 2016	rainy season 2017	
2 Hr	18.33 h	89.17 cd	53.75 f
4 Hr	25.83 g	91.67 bcd	58.75 e
6 Hr	54.17 f	95.00 abc	74.58 d
8 Hr	74.17 e	95.83 ab	85.00 c
10 Hr	86.67 d	99.17 a	92.92 b
12 Hr	100.00 a	100.00 a	100.00 a
mean	59.86 b	95.14 a	
F-test :Year (Y)	**		
:Treatment (Tr)	**		
: Y*T	**		
CV (%)	7.02		

The mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at $P < 0.05$ by DMRT, ns = not significant, ** significant at $P < 0.01$

Table 3 Mortality larvas stage of *Callosobruchus chinensis* in dry season 2016-2017

Times (hours)	Mortality of larvas (%)		mean
	dry season 2016	dry season 2017	
2 Hr	23.33 e	77.50 bc	50.42 e
6 Hr	47.50 d	80.83 bc	64.17 d
12 Hr	53.33 d	83.33 b	68.33 d
24 Hr	70.83 c	84.17 b	77.50 c
36 Hr	82.50 b	96.67 a	89.58 b
48 Hr	100.00a	100.00 a	100.00 a
mean	62.92 b	87.08 a	
F-test :Year (Y)	**		
:Treatment (Tr)	**		
: Y*T	**		
CV (%)	12.06		

The mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at P<0.05 by DMRT,

ns = not significant, ** significant at P< 0.01

Table 4 Mortality larvas stage of *Callosobruchus chinensis* in rainy season 2016-2017

Times (hours)	Mortality of larvas (%)		mean
	rainy season 2016	rainy season 2017	
2 Hr	21.67 e	74.17 c	47.92 e
6 Hr	41.67 d	82.50 bc	62.08 d
12 Hr	50.83 d	83.33 bc	67.08 d
24 Hr	75.00 c	78.33 bc	76.67 c
36 Hr	85.83 b	99.17 a	92.50 b
48 Hr	100.00 a	100.00 a	100.00 a
mean	62.50 b	86.25 a	
F-test :Year (Y)	**		
:Treatment (Tr)	**		
: Y*T	**		
CV (%)	11.65		

The mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at P<0.05 by DMRT,

ns = not significant, ** significant at P< 0.01

Table 5 Mortality pupas stage of *Callosobruchus chinensis* in dry season 2016-2017

Times (hours)	Mortality of pupas (%)		mean
	dry season 2016	dry season 2017	
2 Hr	0.00 i	66.67 f	33.33 d
6 Hr	10.00 i	82.50 cde	30.42 d
12 Hr	27.50 h	50.83 g	55.00 c
24 Hr	73.33 ef	90.83 abc	82.08 b
36 Hr	86.67 bcd	75.00 def	80.83 b
48 Hr	90.00 abc	96.67 ab	93.33 a
60 Hr	95.00 abd	97.50 ab	96.23 a
72 Hr	100.00 a	100.00 a	100.00 a
mean	60.31 b	82.50 a	
F-test :Year (Y)	**		
:Treatment (Tr)	**		
: Y*T	**		
CV (%)	16.03		

The mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at $P < 0.05$ by DMRT, ns = not significant, ** significant at $P < 0.01$

Table 6 Mortality pupas stage of *Callosobruchus chinensis* in rainy season 2016-2017

Times (hours)	Mortality of pupas (%)		mean
	rainy season 2016	rainy season 2017	
2 Hr	0.00 h	87.50 de	43.75 f
6 Hr	7.50 f	83.33 e	45.42 f
12 Hr	25.83 g	87.50 de	56.67 e
24 Hr	70.00 f	88.33 cde	79.17 d
36 Hr	85.00 e	93.33 a-d	89.17 c
48 Hr	89.17 b-e	95.83 abc	92.50 bc
60 Hr	96.67 ab	95.83 abc	96.25 ab
72 Hr	100.00 a	100.00 a	100.00 a
mean	59.27 b	91.46 a	
F-test :Year (Y)	**		
:Treatment (Tr)	**		

Table 8 Mortality adults stage of *Callosobruchus chinensis* in rainy season 2016-2017

Times (hours)	Mortality of adults (%)		mean
	rainy season 2016	rainy season 2017	
2 Hr	0.00 e	0.00 e	0.00 c
6 Hr	0.00 e	3.33 de	1.67 c
12 Hr	0.00 e	6.67 d	3.33 c
24 Hr	65.00 c	77.50 b	71.25 b
30 Hr	100.00 a	100.00 a	100.00 a
mean	33.00 b	37.50 a	
F-test :Year (Y)	**		
:Treatment (Tr)	**		
: Y*T	*		
CV (%)	15.56		

The mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at $P < 0.05$ by DMRT, ns = not significant, ** significant at $P < 0.01$

Table 9 Mortality pupas stage of *Callosobruchus chinensis* with soybean grain in dry season 2016-2017

Times (hours)	Mortality of pupas (%)		mean
	dry season 2016	dry season 2017	
120 Hr	86.25 c	27.50 e	56.88 d
132 Hr	91.25 bc	65.00 d	78.13 c
144 Hr	93.75 abc	70.00 d	81.88 c
156 Hr	95.00 ab	90.00 bc	92.50 b
168 Hr	100.00 a	100.00 a	100.00 a
mean	93.25 a	70.50 b	
F-test :Year (Y)	**		
:Treatment (Tr)	**		
: Y*T	**		
CV (%)	6.43		

The mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at $P < 0.05$ by DMRT, ns = not significant, ** significant at $P < 0.01$

Table 10 Mortality pupas stage of *Callosobruchus chinensis* with soybean grain in rainy season 2016-2017

Times (hours)	Mortality of pupas (%)		mean
	rainy season 2016	rainy season 2017	
120 Hr	95.00 a	48.75 c	71,88 c
132 Hr	93.75 a	57.50 c	75.63 c
144 Hr	95.00 a	77.50 b	86.25 b
156 Hr	98.75 a	91.25 a	95.00 a
168 Hr	100.00 a	100.00 a	100.00 a
mean	96.50 a	75.00 b	
F-test :Year (Y)	**		
:Treatment (Tr)	**		
: Y*T	**		
CV (%)	9.34		

The mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at $P < 0.05$ by DMRT,

ns = not significant, ** significant at $P < 0.01$

Table 11 Show protein, oil, moisture, germination and vigor after the ozone fumigation 168 hours of soybean in dry season 2016-2017

Times (hours)	Protein of soybean grain			Oil of soybean grain(%)			RH of soybean grain(%)			Germination of soybean grain(%)			Vigor of soybean grain		
	dry	dry	mean	dry	dry	mean	dry	dry	mean	dry	dry	mean	dry	dry	mean
	season	season		season	season		season	season		season	season		season	season	
	2016	2017		2016	2017		2016	2017		2016	2017		2016	2017	
1. don't ozone fumigation	36.52	36.52	36.25	20.10 b	20.10 b	20.10 b	11.65	11.6	11.63	75.00 a	75.75 a	75.38 a	71.00 a	70.50 a	70.75 a
2. ozone fumigation 168 hours	36.4	36.35	36.37	20.81 a	21.08 a	20.94 a	11.40	11.15	11.28	34.75 b	36.00 b	35.38 b	22.00 b	21.50 b	21.75 b
mean	36.45	36.43		20.45	20.59		11.53	11.38		54.86	55.86		46.50	46.00	
F-test :Year (Y)	ns			ns			ns			ns			ns		
:Treatment (Tr)	ns			**			ns			**			**		
: Y*T	ns			ns			ns			ns			ns		
CV (%)	0.58			2.04			3.65			12.83			3.56		

The mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at P<0.05 by DMRT, ns = not significant, ** significant at P< 0.01

Table 12 Show protein, oil, moisture, germination and vigor after the ozone fumigation 168 hours of soybean in rainy season 2016-2017

Times (hours)	Protein of soybean grain			Oil of soybean grain(%)			RH of soybean grain(%)			Germination of soybean grain(%)			Vigor of soybean grain		
	dry	dry	mean	dry	dry	mean	dry	dry	mean	dry	dry	mean	dry	dry	mean
	season	season		season	season		season	season		season	season		season	season	
	2016	2017		2016	2017		2016	2017		2016	2017		2016	2017	
1. don't ozone fumigation	36.66 a	36.65 a	36.66 a	20.20	20.16	20.18	11.63	11.64	11.63 a	76.25 a	75.75 a	76.00 a	70.75 a	70.75 a	70.75 a
2. ozone fumigation 168 hours	36.37 b	36.34 b	36.36 b	20.48	20.36	20.42	11.18	11.24	11.20 b	38.00 b	37.50 b	37.75 b	22.00 b	21.58 b	21.79 b
mean	36.51	36.50		20.34	20.26		11.40	11.43		57.13	56.63		46.38	46.17	
F-test :Year (Y)	ns			ns			ns			ns			ns		
:Treatment (Tr)	**			ns			*			**			**		
: Y*T	ns			ns			ns			ns			ns		
CV (%)	0.21			2.78			2.66			9.42			3.3		

The mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at P<0.05 by DMRT, ns = not significant, ** significant at P< 0.01

Table 13 Number of adults Sourthern Cowpea Weevil (*Callosobruchus chinensis* Linnaeus) after ozone fumigation for 168 hours at dry season 2016-2017

Days	Numbers of adults		mean
	dry season 2016	dry season 2017	
1. 0 days after ozone fumigation	144.75	154.00	149.38
2. 7 days after ozone fumigation	154.75	147.25	151.00
3. 14 days after ozone fumigation	154.75	157.25	156.00
4. 21 days after ozone fumigation	154.00	150.75	152.38
5. 28 days after ozone fumigation	150.75	154.00	152.38
mean	151.80	152.65	
F-test :Year (Y)	ns		
:Treatment (Tr)	ns		
: Y*T	ns		
CV (%)	8.96		

The mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at $P < 0.05$ by DMRT,

ns = not significant, ** significant at $P < 0.01$

Table 14 Number of adults Sourthern Cowpea Weevil (*Callosobruchus chinensis* Linnaeus) after ozone fumigation for 168 hours at rainy season 2016-2017

Times (hours)	Numbers of adults		mean
	rainy season 2016	rainy season 2017	
1. 0 days after ozone fumigation	74.25	64.00	69.12
2. 7 days after ozone fumigation	65.25	69.00	67.12
3. 14 days after ozone fumigation	66.50	72.75	69.62
4. 21 days after ozone fumigation	65.00	63.50	64.25
5. 28 days after ozone fumigation	68.00	73.75	70.87
mean	67.80	68.60	
F-test :Year (Y)	ns		
:Treatment (Tr)	ns		
: Y*T	ns		
CV (%)	11.12		

The mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at $P < 0.05$ by DMRT,

ns = not significant, ** significant at $P < 0.01$

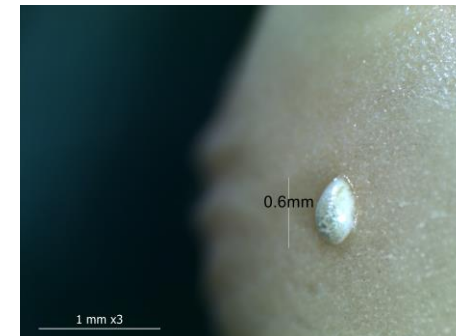
12. ภาคผนวก



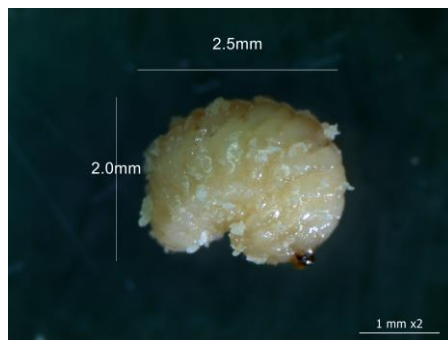
Adult of *Callosobruchus chinensis*



Adult of *Callosobruchus chinensis*



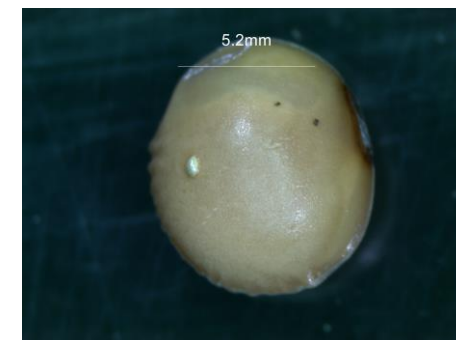
Egg of *Callosobruchus chinensis*



Larva of *Callosobruchus chinensis*



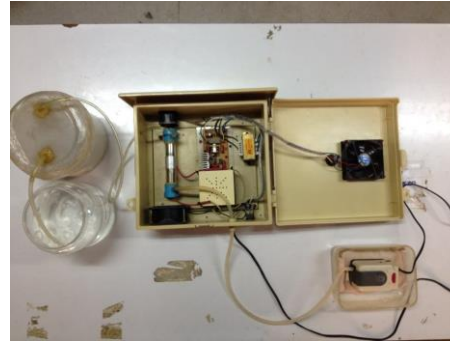
Pupa of *Callosobruchus chinensis*



Damage of *Callosobruchus chinensis*



Damage of *Collosobruchus chinensis*



Ozone Generator



Chamber



Gas director tubes

