

การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบบอระเพ็ดที่สกัดด้วย ตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด ในการเป็นสารไล่และยับยั้งการกินอาหาร ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

Study the efficacy of crude extracts from *Tinospora cripa* (L.) Miers ex Hook. f & Thoms. extracted by 3 organic solvents as repellent and antifeedant to maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

วนิดา อ่วมเจริญ^{1*}

Wanida Auamcharoen^{1*}

บทคัดย่อ: การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบบอระเพ็ดสดและแห้งในการเป็นสารไล่และสารยับยั้งการกินอาหารต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดโดยการทดสอบในจานทดสอบแบบให้ทางเลือกแก่แมลง พบว่า สารสกัดหยาบทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 157.27, 471.81, 786.35, 1,100.89 และ 1,415.43 มก./ตร.ซม. มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพด โดยมีค่าเฉลี่ยการไล่มากกว่า 50% ในช่วงเวลา 1-5 ชั่วโมง หลังการทดลอง สารสกัดหยาบบอระเพ็ดสดและแห้งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพดดีที่สุด มีค่าเฉลี่ยการไล่อยู่ในช่วง 67.2-75.6% และ 68.8-82.4% ตามลำดับ ที่ช่วงความเข้มข้นทดสอบ ตามมาด้วยสารสกัดหยาบบอระเพ็ดสดและแห้ง สารสกัดหยาบบอระเพ็ดสดและแห้งยังมีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการกินอาหารของด้วงงวงข้าวโพดดีที่สุดเมื่อเทียบกับสารสกัดหยาบบอระเพ็ดสดและแห้ง โดยมีความต้านทานการกินอาหารเท่ากับ 97.33 และ 87.75% ที่ความเข้มข้นทดสอบสูงสุด (9%, w/v) สำหรับสารสกัดหยาบบอระเพ็ดสดและแห้ง ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 2 วัน หลังการทดสอบ

คำสำคัญ: บอระเพ็ด, ด้วงงวงข้าวโพด, สารสกัดหยาบ, การไล่, การยับยั้งการกินอาหาร

ABSTRACT: The efficacy of hexane, dichloromethane and methanol crude extracts from fresh and dried *Tinospora cripa* as repellent and antifeedant to *Sitophilus zeamais* adults by Petri-dish choice bioassay showed that 3 crude extracts at 157.27, 471.81, 786.35, 1,100.89 and 1,415.43 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ had efficacy to repel *S. zeamais*. The average repellency was over 50% in 1-5 hours after treatment. The methanol crude extract from fresh and dried *T. cripa* had the highest repellency activity which average repellency ranges 67.2-75.6% and 68.8-82.4%, respectively at tested concentrations followed by the dichloromethane and hexane crude extracts. The methanol extract from fresh and dried *T. cripa* also had strongest antifeedant effect to *S. zeamais* when compared to dichloromethane and hexane extracts. The feeding deterrence index values, 97.33 and 87.75%, were observed at maximum tested concentration (9%, w/v) of fresh and dried *T. cripa*, respectively 2 days after treatment.

Keywords: *Tinospora cripa*, *Sitophilus zeamais*, crude extract, repellency, antifeedant

¹ ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

* Corresponding author: fagrwd@ku.ac.th

บทนำ

วิธีการเก็บรักษาเป็นหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญสำหรับผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากผลผลิตเหล่านี้มีโอกาสที่ถูกแมลงศัตรูในโรงเก็บเข้าทำลายระหว่างเก็บรักษา ซึ่งปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจทั่วโลก เป็นสาเหตุให้ต้องเสียเงินถึง 475 ล้านดอลลาร์ต่อปีในการจัดการแมลงศัตรูในโรงเก็บ (Dominguez and Marrero, 2010) ตัวอย่างข้าวโพดเป็นหนึ่งในแมลงศัตรูในโรงเก็บที่สำคัญของประเทศไทยและทั่วโลก (Hayashi et al., 2004) แมลงชนิดนี้จะทำลายผลผลิตที่เก็บไว้ให้เสียหายทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ (Rees, 2004) สารรม เช่น เมทิลโบรไมด์ (methyl bromide), ฟอสฟีน (phosphine) และซัลฟูริลฟลูออไรด์ (sulfuryl fluorides) ถูกนำมาใช้ควบคุมแมลงชนิดนี้ (Subramanyam and Hagstrum, 1995) สารรมเหล่านี้แทรกซึมเข้าไปในเมล็ดข้าวและทั้งเศษตกค้างไว้เพียงเล็กน้อย (Mueller 1990; Emekci, 2010) แต่อย่างไรก็ตาม การใช้สารรมเหล่านี้ในการควบคุมแมลงในโรงเก็บต่อเนื่องและเป็นเวลานานจะเกิดผลเสียตามมา เช่น เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ ประชากรแมลงสร้างความต้านทาน และทำลายสิ่งแวดล้อม (Bell and Wilson, 1995)

การค้นหาสารกำจัดแมลงชนิดอื่นที่ออกฤทธิ์เฉพาะเจาะจงกับแมลง สลายตัวง่าย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ (Vinayachandra and Chandrashekar, 2011) ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เช่น สารสกัดจากพืชที่อุดมไปด้วยสารทุติยภูมิที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพสามารถนำมาใช้กำจัดศัตรูพืชได้หลายแบบ เช่น ใช้เป็นสารไล่แมลง (repellent), สารยับยั้งการกิน (antifeedant), สารรม (Fumigant) หรือสารสัมผัส (contact toxicity) (Wink, 1993) ดังนั้นสารสกัดจากพืชอาจจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าจะนำมาใช้แทนสารกำจัดแมลงสังเคราะห์ในการควบคุมศัตรูพืช ที่ปลอดภัยต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม มากกว่าสารกำจัดแมลงสังเคราะห์ และเหมาะสมที่จะนำมาใช้

ในการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน

บอระเพ็ด หรือ Heart-leaved moonseed, *Tinospora crepa* (L.) Miers ex Hook. f & Thoms. จัดอยู่ในวงศ์ Menispermaceae มีลักษณะเป็นไม้เถาเถา กลมขนาดใหญ่มีปมปมสีเทาอมดำ รสขม สารสกัดจากบอระเพ็ดที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์มีประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนใยผักได้ดีที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดด้วยน้ำร้อน และสารสกัดด้วยน้ำ มีค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 15.55, 29.25 และ 30.93 % (w/v) ตามลำดับ (กัมปนาท และคณะ, 2554)

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการไล่และยับยั้งการกินอาหารของสารสกัดหยาบจากเถาบอระเพ็ดที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด ผลที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นแนวทางในการริเริ่มใช้สารสกัดหยาบจากพืชพื้นบ้าน ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและแมลงในโรงเก็บอื่นๆ แทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ในลำดับต่อไป

วิธีการศึกษา

แมลงที่ใช้ในการทดสอบ

แมลงที่ใช้ทดสอบในครั้งนี้คือ ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด ซึ่งได้รับมาจากกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร และนำมาขยายพันธุ์ต่อในห้องปฏิบัติการภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กระทำโดยนำข้าวกล้องหอมมะลิ 100% มาแช่แข็งไว้ประมาณ 7 วัน เพื่อกำจัดแมลงที่อาจติดมาด้วย จากนั้นนำข้าวกล้อง 250 กรัม เกลงไปในขวดแก้ว จากนั้นทาวาสลินบริเวณด้านในปากขวด เพื่อป้องกันตัวแมลงไต่ออกมา ใส่ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดลงไปจำนวน 300 ตัว แล้วปิดปากขวดด้วยกระดาษขับ เก็บขวดเลี้ยงแมลงไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำตัวเต็มวัยออก และรอให้ไข่ด้วงงวงข้าวโพดเกิดเป็นตัวเต็มวัยชุดใหม่จึงนำมาทดสอบ โดยแมลงที่ใช้

ในการทดสอบอยู่ในระยะตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 1-14 วัน หลังออกจากดักแด้

การเตรียมสารสกัดหยาบ

นำเถาบอระเพ็ดสดมาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้เป็นตัวอย่างสดและตัวอย่างแห้ง สำหรับตัวอย่างแห้งกระทำได้โดยการนำเถาบอระเพ็ดสดมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และตากไว้ในที่อุณหภูมิไว้จนแห้ง จากนั้นนำตัวอย่างบอระเพ็ดสดและแห้งมาปั่นให้ละเอียด และใส่ฟิซลลงในขวดแก้วสีชา แล้วเติมตัวทำละลายเฮกเซน (Hexane) ในปริมาณที่พอเหมาะลงในขวดที่มีตัวอย่างพืช แช่ตัวอย่างพืชทิ้งไว้ 3 วัน กรองโดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำสารละลายเฮกเซนที่ได้ไประเหยเฮกเซนออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Vacuum rotary evaporator) ได้สารสกัดหยาบเฮกเซน ส่วนกากพืชที่เหลือจากการกรองนำไปแช่ในตัวทำละลายชนิดต่อไป คือ ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) และเมทานอล (Methanol) ตามลำดับ และทำตามขั้นตอนเดียวกันกับสารสกัดหยาบเฮกเซน ได้สารสกัดหยาบไดคลอโรมีเทน และสารสกัดหยาบเมทานอล เก็บสารสกัดหยาบทุกชนิดใส่ขวดแก้วแล้วแช่ไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาใช้ในการทดลองต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด

ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบในการเป็นสารไล่ (Repellent)

ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบบอระเพ็ดที่สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด ในการเป็นสารไล่ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) มีสิ่งทดลอง (treatment) คือ สารสกัดหยาบบอระเพ็ดสดและแห้ง ที่สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด ความเข้มข้น 157.27, 471.81, 786.35, 1,100.89 และ 1,415.43 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร (มก./ตร.ซม.) โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์คือ เฮกเซน

หรือไดคลอโรมีเทน หรือเมทานอล เป็นตัวทำละลายและเป็นชุดควบคุม ทำการทดลองสิ่งทดลองละ 5 ซ้ำ (replications) จำนวน 10 ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด / ซ้ำ เริ่มต้นจากตัดกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม. แล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน โดยเขียนคำว่า Treatment (T) และ Control (C) บนกระดาษกรองแต่ละส่วน จากนั้นหยดสารสกัดหยาบแต่ละความเข้มข้นลงบนด้านที่เขียนว่า T และหยดตัวทำละลายลงบนด้านที่เขียนว่า C ปริมาตรด้านละ 500 ไมโครลิตร ปล่อยให้กระดาษกรองแห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำกระดาษกรองทั้งสองส่วนมาประกบกันไว้อย่างเดิมด้วยสก็อตเทป ใส่ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดลงตรงกลางของจานทดสอบ (glass Petri-dish) จำนวน 10 ตัว/ซ้ำ บันทึกจำนวนแมลงที่พบในแต่ละด้านของกระดาษกรองในทุกชั่วโมงเป็นเวลาทั้งหมด 5 ชั่วโมง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การไล่โดยใช้สูตร (Percentage repellency, PR) = $(N_c / (N_c + N_t)) * 100$ โดย N_c = จำนวนแมลงที่พบด้าน C และ N_t = จำนวนแมลงที่พบด้าน T นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกรรมวิธี ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SPSS

ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบในการเป็นสารยับยั้งการกินอาหาร (Antifeedant)

ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบบอระเพ็ดที่สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด ในการเป็นสารยับยั้งการกินอาหารของตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) มีสิ่งทดลอง (treatment) คือ สารสกัดหยาบบอระเพ็ดสดและแห้ง ที่สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด ความเข้มข้น 1, 3, 5, 7 และ 9 % (w/v) และใช้ตัวทำละลายเป็นชุดควบคุม ทำการทดลองสิ่งทดลองละ 5 ซ้ำ (replications) จำนวน 10 ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด / ซ้ำ เริ่มต้นจากเตรียมตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดโดยให้อัดอาหาร 1 วัน ก่อนทำการทดลอง เตรียมอาหารสำหรับด้วงงวงข้าวโพดโดยละลายแป้งข้าวสาลีในอัตราส่วน 10

กรัม/น้ำ 50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ใช้ไมโครปิเปต (micropipette) หยดสารละลายแป้งข้าวสาลีที่ผสมแล้วลงบนแผ่นพลาสติก ปริมาตร 200 ไมโครลิตร นำแผ่นแป้งทั้งหมดไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หยดสารละลายสารสกัดหยาบแต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงบนแผ่นแป้งที่อบแล้ว ส่วนชุดควบคุม (Control) หยดตัวทำละลายในปริมาณที่เท่ากัน ปล่อยให้ตัวทำละลายระเหยออกไปจากแผ่นแป้ง จากนั้นนำแผ่นแป้งมาซึ่งน้ำหนัก และวางแผ่นแป้งที่หยดสารสกัดหยาบและชุดควบคุมลงในจานทดสอบ (glass Petri-dish) โดยวางในตำแหน่งตรงกันข้ามกัน จากนั้นใส่ตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดจำนวน 10 ตัว/ซ้ำ หลังจากทดสอบเป็นเวลา 2 วัน นำแผ่นแป้งในแต่ละด้านมาชั่งน้ำหนัก เพื่อดูอัตราการกินของแมลง นำผลที่ได้ไปคำนวณหาดัชนียับยั้งการกิน โดยใช้สูตรดังนี้ (Feeding Deterrence Index : FDI(%)) = $(C-T)/(C+T) \times 100$ โดย C = ปริมาณการบริโภคแผ่นควบคุม (กรัม) T = ปริมาณการบริโภคแผ่นทรีตเมนต์ (กรัม)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบในการเป็นสารไล่ (Repellent)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบ เฮกเซน (Hexane), ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) และเมทานอล (Methanol) จากถั่วบั่วสกัดและแห้งต่อตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพด (Tables 1-2) พบว่าในชั่วโมงแรกหลังการทดสอบ มีเพียงสารสกัดหยาบ เฮกเซนจากถั่วบั่วสกัด ความเข้มข้น 157.269 และ 1,415.43 มก./ตร.ซม. ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงวงข้าวโพดมากกว่า 50% (Table 1) แต่เมื่อเวลาผ่านไป 2-5 ชั่วโมง หลังการทดสอบ สารสกัดหยาบเฮกเซนทุกความเข้มข้นสามารถคงประสิทธิภาพในการไล่ด้วงวงข้าวโพดได้มากกว่า 50% โดยพบเปอร์เซ็นต์การไล่ต่ำสุดเท่ากับ 52% ที่ความเข้มข้น 786.35 มก./ตร.ซม. ในชั่วโมงที่ 3 หลังการทดสอบ และเปอร์เซ็นต์การไล่

สูงสุดเท่ากับ 78% ที่ความเข้มข้น 1,415.43 มก./ตร.ซม. ในชั่วโมงที่ 5 หลังการทดสอบ ส่วนสารสกัดหยาบไดคลอโรมีเทน ทุกความเข้มข้น ไล่ด้วงวงข้าวโพดได้มากกว่าหรือเท่ากับ 50% ในชั่วโมงที่ 1-5 หลังการทดสอบ (Table 1) ความเข้มข้นต่ำสุด (157.27 มก./ตร.ซม.) ไล่ด้วงวงข้าวโพดได้ 50-74% พบเปอร์เซ็นต์การไล่สูงสุดในชั่วโมงที่ 3 และ 4 หลังการทดสอบ ขณะที่ความเข้มข้นสูงสุด (1,415.43 มก./ตร.ซม.) ไล่ด้วงวงข้าวโพดได้ 58-78% พบเปอร์เซ็นต์การไล่สูงสุดในชั่วโมงที่ 1 หลังการทดสอบ สารสกัดหยาบเมทานอลทุกความเข้มข้น ไล่ด้วงวงข้าวโพดได้มากกว่า 55% ในชั่วโมงที่ 1-5 (Table 1) ความเข้มข้นต่ำสุด (157.27 มก./ตร.ซม.) ไล่ด้วงวงข้าวโพดได้ 58-90% มีเปอร์เซ็นต์การไล่สูงสุดในชั่วโมงที่ 5 หลังการทดสอบ ส่วนความเข้มข้นสูงสุด (1,415.43 มก./ตร.ซม.) ไล่ด้วงวงข้าวโพดได้ 62-72% พบเปอร์เซ็นต์การไล่สูงสุดในชั่วโมงที่ 3 และ 5 หลังการทดสอบ จากผลการทดสอบที่ได้จะเห็นได้ว่า ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบทั้ง 3 ชนิดที่เพิ่มขึ้น ไม่ได้มีผลต่อการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงวงข้าวโพด เนื่องจากค่าเปอร์เซ็นต์การไล่มีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดหยาบเพิ่มขึ้น สารสกัดหยาบทั้ง 3 ชนิดของถั่วบั่วสกัดสด สารสกัดหยาบเมทานอลมีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ด้วงวงข้าวโพดได้ดีที่สุด ตามมาด้วยสารสกัดหยาบไดคลอโรมีเทน และสารสกัดหยาบเฮกเซน

สารสกัดหยาบเฮกเซนของถั่วบั่วสกัดแห้งที่ระดับความเข้มข้น 157.27, 1,100.89 และ 1,415.43 มก./ตร.ซม. ไล่ด้วงวงข้าวโพดได้มากกว่า 50% ในชั่วโมงที่ 1 หลังการทดสอบ (Table 2) และเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงวงข้าวโพดจะมากกว่า 50% ในทุกความเข้มข้นที่ทดสอบ เมื่อเวลาผ่านไป 2-5 ชั่วโมง หลังการทดสอบ ความเข้มข้นต่ำสุด (157.27 มก./ตร.ซม.) ไล่ด้วงวงข้าวโพดได้สูงสุด 68% ในชั่วโมงที่ 3 หลังการทดสอบ ในขณะที่ความเข้มข้นสูงสุด (1,415.43 มก./ตร.ซม.) ไล่ด้วงวงข้าวโพดได้สูงสุด 78% ในชั่วโมงที่ 5 หลังการทดสอบ สารสกัดหยาบไดคลอโรมีเทน

ทุกระดับความเข้มข้น ไล่ด้วงงวงข้าวโพดได้มากกว่า 53% (Table 2) พบเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงงวงข้าวโพดสูงสุด (82%) ที่ระดับความเข้มข้น 3 และ 5% ในชั่วโมงที่ 1 หลังการทดสอบ และเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงงวงข้าวโพดต่ำสุด (54%) ที่ระดับความเข้มข้น 1% ในชั่วโมงที่ 5 หลังการทดสอบ สารสกัดหยาบเมทานอล ทุกระดับความเข้มข้นไล่ด้วงงวงข้าวโพดได้มากกว่า 57% ในชั่วโมงที่ 1-5 หลังการทดสอบ (Table 2) พบเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงงวงข้าวโพดสูงสุด (90%) ที่ระดับความเข้มข้น 1% ในชั่วโมงที่ 3 หลังการทดสอบ และเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงงวงข้าวโพดต่ำสุด (58%) ที่ระดับความเข้มข้น 3% ในชั่วโมงที่ 3 หลังการทดสอบ จากผลการทดสอบที่ได้ จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารสกัดหยาบทั้ง 3 ชนิด จากเถาอบระเพ็ดแห้ง ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงงวงข้าวโพดเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกับสารสกัดหยาบจากเถาอบระเพ็ดสด สารสกัดหยาบเมทานอลมีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าวโพดดีที่สุด ตามมาด้วยสารสกัดหยาบไคคโลโรมีเทน และสารสกัดหยาบเฮกเซน

ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบในการเป็นสารยับยั้งการกินอาหาร (Antifeedant)

สารสกัดหยาบจากเถาอบระเพ็ดสดและแห้งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการกินอาหารของตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด (Figures 1-2) โดยสารสกัดหยาบทั้ง 3 ชนิด จากเถาอบระเพ็ดสดสามารถยับยั้งการกินอาหารของด้วงงวงข้าวโพดได้ดี มีค่าดัชนียับยั้งการกินอาหาร (FDI) มากกว่า 50% ในทุกความเข้มข้นที่ทดสอบ (1, 3, 5, 7 และ 9%, w/v) (Figure 1) ที่ความเข้มข้นสูงสุด (9%) สารสกัดหยาบเมทานอลมีประสิทธิภาพดีที่สุด มีค่าดัชนียับยั้งการกินเท่ากับ 97.33% ตามมาด้วยสารสกัดหยาบไคคโลโรมีเทน (68.73%) และสารสกัดหยาบเฮกเซน (54.67%) ในขณะที่สารสกัดหยาบทั้ง 3 ชนิด จากเถาอบระเพ็ดแห้งสามารถยับยั้งการกินอาหารของด้วงงวงข้าวโพดได้ดีเช่นกัน (Figure 2) มีค่าดัชนียับยั้งการกินอาหารมากกว่า 50% ในทุกความเข้มข้นทดสอบ โดยพบค่า

ดัชนียับยั้งการกินสูงสุดเท่ากับ 87.75 และ 87.56% ที่ความเข้มข้น 9% ของสารสกัดหยาบเมทานอลและสารสกัดหยาบไคคโลโรมีเทน ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดหยาบเฮกเซน มีค่าดัชนียับยั้งการกินใกล้เคียงกันคือเท่ากับ 81.51%

จากเปอร์เซ็นต์การไล่ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดของสารสกัดหยาบจากเถาอบระเพ็ดสดและแห้งทั้ง 3 ชนิด พบว่า สารสกัดหยาบจากเถาอบระเพ็ดแห้งมีประสิทธิภาพในการไล่ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดดีกว่าสารสกัดหยาบจากเถาอบระเพ็ดสด โดยพบค่าเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงงวงข้าวโพดในสารสกัดหยาบไคคโลโรมีเทนและเมทานอลจากบอระเพ็ดแห้งสูงกว่าบอระเพ็ดสด แต่ในระหว่างตัวทำลาย 3 ชนิดที่ใช้สกัดบอระเพ็ดสดและแห้ง พบว่า สารสกัดหยาบเมทานอลมีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าวโพดดีที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดหยาบไคคโลโรมีเทน และสารสกัดหยาบเฮกเซน ในการทดลองนี้เมทานอล (ตัวทำลายที่มีขั้วสูง) สามารถสกัดเถาอบระเพ็ดสดและแห้งให้มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพดดีกว่าตัวทำลายที่มีขั้วต่ำ (ไคคโลโรมีเทน) และไม่มีขั้ว (เฮกเซน) ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองของ กัมปนาท และคณะ (2554) ที่รายงานว่าสารสกัดหยาบจากเถาอบระเพ็ดที่สกัดด้วยเอทานอล (ตัวทำลายที่มีขั้วสูง) มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนใยผักได้ดีที่สุด สารสกัดหยาบเอทานอลจากเหง้าแห้งของว่านน้ำ (*Acarus calamus* L.) ความเข้มข้น 157.27, 314.54 และ 629.08 มก./ตร.ซม. สามารถไล่ด้วงงวงข้าวโพดได้มากกว่า 50% ที่ 12, 24, 36, 48 และ 60 ชั่วโมง หลังการทดสอบ (Yao et al., 2008) สารสกัดหยาบเมทานอลจากเปลือกแห้งอบเชย ความเข้มข้น 62.5 มก./ตร.ซม. มีศักยภาพสูงในการเป็นสารไล่ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด (Ishii et al., 2010) แต่แตกต่างจากผลการทดลองของ Wei et al. (2014) ที่สกัดผลิบัยัก (*Illicium verum* Hook. f. (Schisandraceae) ด้วยตัวทำลาย 3 ชนิด คือ เมทานอล (ขั้วสูง) เอทิลอะซิเตต (Ethyl acetate) (ขั้วต่ำ) และปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether)

(ไม่มีข้าว) ผลปรากฏว่าสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตมีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดดีที่สุด ตามมาด้วยสารสกัดหยาบบิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether) และสารสกัดหยาบเมทานอล และผลการทดลองของ Viglianco et al. (2008) ที่สกัดใบ *Solanum argentinum* Bitter et Lillo (Solanaceae) ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน, คลอโรฟอร์ม (chloroform) และเอทานอล พบว่า สารสกัดหยาบเฮกเซนมีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* L.) ดีที่สุด ตามมาด้วยสารสกัดหยาบเอทานอล และสารสกัดหยาบคลอโรฟอร์ม ในการศึกษาครั้งนี้เปอร์เซ็นต์ในการไล่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบบอระเพ็ดสดและแห้ง ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ Darwish et al. (2013) ที่รายงานว่าความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดา (neem) และเมล็ด Harmal มีผลต่ออัตราการไล่ตัวเต็มวัย *Sitophilus granaries* L.

สารสกัดหยาบเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน และเมทานอลจากเถาบอระเพ็ดสดและแห้งยังมีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการกินอาหารของตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด ที่ความเข้มข้นสูงสุด สารสกัดหยาบเมทานอลและไดคลอโรมีเทนมีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการกินอาหารดีกว่าสารสกัดหยาบเฮกเซน ผลที่ได้ในครั้งนี้ใกล้เคียงกับสารสกัดหยาบคลอโรฟอร์มและเอทานอลจากใบ *Aloysia polystachia* (Griseb) Moldenke (Verbenaceae) ความเข้มข้น 10 มก./มล. ที่สามารถยับยั้งการกินอาหารของด้วงงวงข้าวได้มากกว่า 90 และ 50% ตามลำดับ แต่สารสกัดหยาบเฮกเซนจากพืชชนิดนี้ยับยั้งการกินอาหารของด้วงงวงข้าวน้อยกว่า 20% (Viglianco et al., 2008) ในขณะที่สารสกัดหยาบเฮกเซนจากส่วนเหนือดินของพืช *Hyptis spicigera* L. สามารถยับยั้งการกินอาหารของตัวเต็มวัยมอดแป้ง

(*Tribolium castaneum* Herbst) ได้ดีกว่าสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตและน้ำ ซึ่งแตกต่างจากผลของสารสกัดหยาบบอระเพ็ดสดในครั้งนี้ (Othira et al., 2009)

ประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่หรือยับยั้งการกินอาหารของด้วงงวงข้าวโพดอาจขึ้นอยู่กับฤทธิ์ของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในพืชแต่ละชนิด ซึ่ง Cavin et al. (1998); Ragasa et al. (2000); Kongkathip et al. (2002) รายงานว่าเทอพีนอยด์ (Terpenoids) และเทอพีนอยด์ ไกลโคไซด์ (Terpenoid glycoside) คือ กลุ่มของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบหลักในบอระเพ็ด เช่น borapetosides A, B, C, D, E และ F บุญส่ง (2538) ได้แยกสาร cycloeucalenone จากสารสกัดหยาบเฮกเซนของบอระเพ็ดแห้ง ซึ่งสารนี้ที่ความเข้มข้น 0.05% สามารถฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้ายทั้งหมดได้ภายใน 1 วัน

สารสกัดหยาบจากส่วนต่างๆ ของบอระเพ็ดยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชอื่นๆ เช่น สารสกัดหยาบเอทานอลของลำต้นบอระเพ็ด ความเข้มข้น 1.0 กรัม/ลิตร สามารถลดประชากรของ *Phyllotera sinuate* ateph ได้ 30-89% (Nor Aziyah et al., 2014) สารสกัดหยาบจากใบบอระเพ็ดยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผักศัตรูกะหล่ำปลีทั้งภายใต้เงื่อนไขห้องปฏิบัติการและแปลงปลูก โดยสารสกัดหยาบความเข้มข้น 0.1-4.0% ยับยั้งการกินได้ 19.5-100% ส่วนสารสกัดหยาบความเข้มข้น 0.1-1.0% สามารถลดจำนวนของหนอนใยผักในแปลงปลูกกะหล่ำปลีลดการทำลาย เป็นผลให้การออกหัวและน้ำหนักของกะหล่ำปลีเพิ่มขึ้น (Suprata et al., 2003) นอกจากนี้บอระเพดยังออกฤทธิ์แบบดูดซึม (systemic) ต่อแมลงศัตรูข้าวเป็นผลให้เพลี้ยจักจั่นสีเขียวตายมากขึ้น และยังลดประชากรหนอนกอข้าว เพลี้ยจักจั่น และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในแปลงนาข้าวอีกด้วย (Rejesus, 1987)

Table 1 Percentage repellency (PR) after 5 exposure times for fresh *Tinospora crispa* crude extracts against adults of *Sitophilus zeamais*

Crude materials	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Time after exposures ^{1/}					PR (Mean%)
		1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	
Hexane	157.27	70 $\pm$ 3 ab	64 $\pm$ 2 abcd	70 $\pm$ 7 ab	68 $\pm$ 5 a	64 $\pm$ 7 bc	67.2
	471.81	48 $\pm$ 11 abc	54 $\pm$ 5 cd	68 $\pm$ 4 ab	72 $\pm$ 6 a	68 $\pm$ 7 abc	62.0
	786.35	44 $\pm$ 4 bc	62 $\pm$ 8 abcd	52 $\pm$ 9 b	64 $\pm$ 8 a	74 $\pm$ 7 ab	59.2
	1,100.89	38 $\pm$ 15 c	56 $\pm$ 9 bcd	58 $\pm$ 6 ab	62 $\pm$ 8 a	72 $\pm$ 6 abc	57.2
	1,415.43	52 $\pm$ 6 abc	56 $\pm$ 2 bcd	56 $\pm$ 7 ab	66 $\pm$ 5 a	78 $\pm$ 6 ab	61.6
Dichloromethane	157.27	68 $\pm$ 7 abc	68 $\pm$ 4 abcd	74 $\pm$ 2 a	74 $\pm$ 4 a	50 $\pm$ 4 c	66.8
	471.81	60 $\pm$ 11 abc	56 $\pm$ 5 bcd	64 $\pm$ 7 ab	60 $\pm$ 8 a	50 $\pm$ 5 c	58.0
	786.35	68 $\pm$ 4 abc	74 $\pm$ 5 ab	64 $\pm$ 2 ab	76 $\pm$ 2 a	58 $\pm$ 10 bc	68.0
	1,100.89	62 $\pm$ 6 abc	52 $\pm$ 4 d	66 $\pm$ 5 ab	68 $\pm$ 4 a	60 $\pm$ 7 bc	61.6
	1,415.43	78 $\pm$ 6 a	72 $\pm$ 4 abc	58 $\pm$ 6 ab	60 $\pm$ 9 a	64 $\pm$ 12 bc	66.4
Methanol	157.27	64 $\pm$ 5 abc	80 $\pm$ 3 a	76 $\pm$ 2 a	58 $\pm$ 8 a	90 $\pm$ 5 a	73.6
	471.81	74 $\pm$ 10 ab	72 $\pm$ 6 abc	82 $\pm$ 4 ab	74 $\pm$ 7 a	76 $\pm$ 5 ab	75.6
	786.35	62 $\pm$ 10 abc	74 $\pm$ 5 ab	80 $\pm$ 5 ab	78 $\pm$ 7 a	80 $\pm$ 3 ab	74.8
	1,100.89	62 $\pm$ 18 abc	72 $\pm$ 10abc	68 $\pm$ 5 ab	76 $\pm$ 2 a	88 $\pm$ 4 a	73.2
	1,415.43	68 $\pm$ 6 abc	62 $\pm$ 7 abcd	72 $\pm$ 4 ab	62 $\pm$ 6 a	72 $\pm$ 9 abc	67.2

^{1/} Mean $\pm$ SE within a column followed by the same letters do not significantly different by Duncan's Multiple Rang test ($\alpha = 0.05$)

Table 2 Percentage repellency (PR) after 5 exposure times for dried *Tinospora crispa* crude extracts against adults of *Sitophilus zeamais*.

Crude materials	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Time after exposures ^{1/}					PR (Mean%)
		1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	
Hexane	157.27	54 $\pm$ 8 abcd	52 $\pm$ 7 c	68 $\pm$ 6 bcde	68 $\pm$ 7 abc	64 $\pm$ 2 bcd	61.2
	471.81	30 $\pm$ 11d	58 $\pm$ 8 bc	54 $\pm$ 5 e	56 $\pm$ 12 c	60 $\pm$ 4 cd	51.6
	786.35	42 $\pm$ 12cd	58 $\pm$ 4 bc	64 $\pm$ 5 cde	64 $\pm$ 5 abc	64 $\pm$ 5 bcd	58.4
	1,100.89	52 $\pm$ 10 bcd	64 $\pm$ 12 abc	54 $\pm$ 5 e	62 $\pm$ 6 bc	64 $\pm$ 7 bcd	59.2
	1,415.43	54 $\pm$ 14 abcd	64 $\pm$ 14 abc	62 $\pm$ 4 cde	62 $\pm$ 10 bc	78 $\pm$ 5 abc	64.0
Dichloromethane	157.27	64 $\pm$ 7 abc	6 $\pm$ 4 abc	66 $\pm$ 5 bcde	68 $\pm$ 11 abc	54 $\pm$ 7 d	63.2
	471.81	82 $\pm$ 5 a	68 $\pm$ 4 abc	78 $\pm$ 4 abc	78 $\pm$ 4 abc	72 $\pm$ 4 abcd	75.6
	786.35	82 $\pm$ 6 a	80 $\pm$ 3 ab	78 $\pm$ 5 abc	70 $\pm$ 6 abc	66 $\pm$ 7 abcd	75.2
	1,100.89	68 $\pm$ 8 abc	70 $\pm$ 3 abc	66 $\pm$ 5 bcde	76 $\pm$ 2 abc	74 $\pm$ 10 abc	70.8
	1,415.43	64 $\pm$ 7 abc	66 $\pm$ 5 abc	74 $\pm$ 5 abcd	80 $\pm$ 3 abc	80 $\pm$ 7 ab	72.8
Methanol	157.27	66 $\pm$ 13abc	84 $\pm$ 4 a	90 $\pm$ 4 a	88 $\pm$ 6 a	84 $\pm$ 5 a	82.4
	471.81	64 $\pm$ 5 abc	64 $\pm$ 14 abc	58 $\pm$ 6 de	76 $\pm$ 8 abc	82 $\pm$ 5 ab	68.8
	786.35	70 $\pm$ 3 abc	64 $\pm$ 5 abc	82 $\pm$ 8 ab	74 $\pm$ 5 abc	80 $\pm$ 7 ab	74.0
	1,100.89	72 $\pm$ 4 ab	68 $\pm$ 7 abc	74 $\pm$ 5 abcd	82 $\pm$ 9 ab	80 $\pm$ 4 ab	75.2
	1,415.43	76 $\pm$ 7 ab	78 $\pm$ 5 ab	68 $\pm$ 6 bcde	82 $\pm$ 7 ab	84 $\pm$ 5 a	77.6

^{1/} Mean $\pm$ SE within a column followed by the same letters do not significantly different by Duncan's Multiple Rang test ($\alpha = 0.05$)

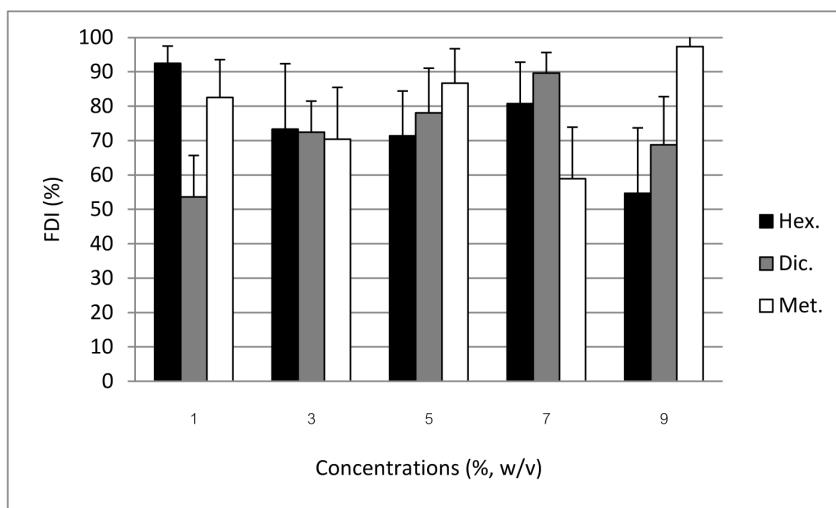


Figure 1 Feeding deterrence index of fresh *Tinospora crispa* crude extracts against adults of *Sitophilus zeamais* at 2 days after application by choice test. Hex.= Hexane, Dic.= Dichloromethane, Met.= Methanol

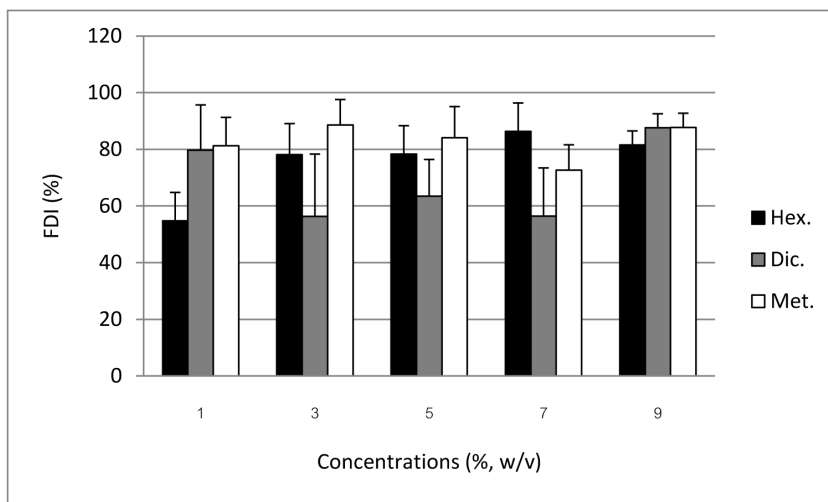


Figure 2 Feeding deterrence index of dried *Tinospora crispa* crude extracts against adults of *Sitophilus zeamais* at 2 days after application by choice test. Hex.= Hexane, Dic.= Dichloromethane, Met.= Methanol

สรุป

สารสกัดหยาบเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน และเมทานอล จากเถาบอระเพ็ดสดและแห้ง มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดซึ่งเป็นศัตรูที่สำคัญของผลผลิตในโรงเก็บ สารสกัดหยาบเหล่านี้ยังมีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการกินอาหารของ

แมลงชนิดนี้อีกด้วย ดังนั้นบอระเพ็ดจึงเป็นพืชหนึ่งที่มีศักยภาพ น่าสนใจที่นำมาพัฒนาเป็นสารไล่และยับยั้งการกินอาหารของด้วงวงข้าวโพดทดแทนการใช้สารกำจัดแมลงสังเคราะห์ และมีแนวโน้มสูงที่จะสามารถนำมาใช้ได้จริงและให้ผลดี เพราะบอระเพ็ดสามารถพบหาได้ทั่วไปและที่สำคัญไม่ก่อให้เกิดอันตรายทั้งต่อเกษตรกรและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งยังไม่มีพืชตกค้างใน

ผลิตผลทางการเกษตรอีกด้วย จากการทดสอบประสิทธิภาพของเลาบอระเพ็ดสดและแห้งในการเป็นสารไล่และสารยับยั้งการกินอาหารต่อดังวงข้าวโพดในครั้งนี้เป็นการทดสอบโดยใช้สารสกัดในลักษณะของสารสกัดหยาบไม่ได้ศึกษาสารสำคัญแต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในสารสกัดหยาบ ผู้ที่สนใจจึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในการแยกสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบอยู่ เพื่อให้ทราบว่าสารสำคัญตัวไหนที่ออกฤทธิ์ในการไล่และยับยั้งการกินอาหารของด้วงวงข้าวโพด และสามารถนำสารสำคัญนั้นมาสังเคราะห์เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป รวมทั้งในการสกัดครั้งนี้เป็นการสกัดด้วยวิธีแช่ตัวอย่างพืชในตัวทำละลายอินทรีย์ที่อุณหภูมิห้อง จึงควรศึกษาการสกัดด้วยวิธีอื่นเพื่อทดสอบว่ามีประสิทธิภาพในการไล่ และยับยั้งการกินอาหารต่อดังวงข้าวโพดแตกต่างกันอย่างไร นอกจากนี้สารสกัดหยาบจากบอระเพ็ดอาจมีผลต่อแมลงแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน ดังนั้นควรมีการทดสอบว่าสารสกัดจากบอระเพ็ดมีผลต่อแมลงกลุ่มใดมากที่สุด และเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านใด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะกรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ คุณเบญจมา จันทรัตน์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยเรื่องนี้

เอกสารอ้างอิง

กัมปนาท รื่นรมย์, ศิริพรรณ ตันตาคม และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2554. ประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนใยผักของสารสกัดจากบอระเพ็ดที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ. น. 93-98. ใน: การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 1-4 กุมภาพันธ์ 2554. อาคารสารนิเทศ 50 ปี และอาคารศูนย์เรียนรวม 3 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ.

บุญส่ง คงคาทิพย์. 2538. การแยกสารออกฤทธิ์ฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้ายจากต้นบอระเพ็ดและการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของสารกับการออกฤทธิ์. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2538. ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bell, C.H., and S.M. Wilson. 1995. Phosphine tolerance and resistance in *Trogoderma granarium* everts (Coleoptera: Dermestidae). J. Stored Prod. Res. 31: 199-205.

Cavin, A., K. Hostettmann, W. Dyatmyko, and O. Potterat. 1998. Antioxidant and lipophilic constituents of *Tinospora crispa*. Planta Med. 64: 393-396.

Darwish, Y.A., Y.M. Omar, R.E. Hassan, and M.A. Mahmoud. 2013. Repellent effects of certain plant essential oil, plant extracts and inorganic salts to granary weevil, *Sitophilus granaries* (L.). Arch. Phytopathology Plant Protect. 46: 1949-1957.

Dominguez, J., and L. Marrero. 2010. Catalogo de la entomofauna asociada a almacenes de alimentos en la provincial de Matanzas. Fitosanidad. 14: 75-82.

Emekci, M. 2010. Que vadis the fumigants?. P. 303-313. In: O.M. Carvalho, P.G., Fields, C.S. Adler, F.H. Arthur, C.G. Athanassiou, J.F. Campbell, F. Fleurat-Lessard, P.W. Flinn, R.J. Hodges, A.A. Isikber, S. Navarro, R.T. Noyes, J. Riudavets, K.K. Sinha, G.R. Thorpe, B.H. Timlick, P. Trematerra, and N.D.G. White (Eds.). Proceedings of The 10th International Working Conference on Stored Product Protection. Julius-Kuhn-Archiv, Estoril.

Hayashi, T., S. Nakamura, P. Visarathanonth, J. Uraichuen, R. Kengkanpanich. 2004. Stored rice insect pest and their natural enemies in Thailand. Japan International Research Centre for Agricultural Sciences, Bangkok. International Agricultural Series No.13.

Ishii, T., H. Matsuzawa, and C.S. Vairappan. 2010. Repellent activity of common spices against the rice weevil, *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera, Curculionidae). J. Trop. Biol. Conserv. 7: 75-80.

Kongkathip, N., P. Dhumma-upakorn, B. Kongkathip, K. Chawanoraset, P. Sangchomkao, and S. Hatthakitpanichakul. 2002. Study on cardiac contractility of cycloeucalenol and cycloeucalene isolated from *Tinospora crispa*. J. Ethnopharm. 83: 95-99.

Mueller, D.K. 1990. Fumigation, Handbook of Pest Control. Franzak and Foster Co., Cleveland, Ohio.

- Othira, J.O., L.A. Onok, L.A. Deng, and E.O. Omolo. 2009. Insecticidal potency of *Hyptis spicigera* preparations against *Sitophilus zeamais* (L.) and *Tribolium castaneum* (herbst) on stored maize grains. *Afr. J. Agric. Res.* 4: 187-192.
- Nor Aziyah, B., I. Norain, A.W. Nor Aimi, B.T. Lim, W.K. Wan Zarina, and F. Siti Nur Amirah Diana. 2014. Biopesticidal effect of *Tinospora crispa* extract against flea beetle, *Phyllotera sinuate* ateph. *Res. J. Biotech.* 9: 1-5.
- Ragasa, C.Y., M.C. Cruz, R. Gula, and J.A. Rideout. 2000. Clerodane diterpenes from *Tinospora rumphii*. *J. Nat. Prod.* 63: 509-511.
- Rees, D. 2004. *Insects of Stored Products*. CSIRO Publishing, Canberra.
- Rejesus, B.M. 1987. Botanical pest control research in the Philippine. *Philippine Entomol.* 7: 1-30.
- Viglianco, A.I., R.J. Novo, C.I. Cragnolini, M. Nassetta, and A. Cavallo. 2008. Antifeedant and repellent effects of extracts of three plants from Cordoba (Argentina) against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Bioassay.* 3: 1-6.
- Vinayachandra, S.R., and K.R. Chandrashekar. 2011. Larvicidal activities of *Knemaatle nuata* (Hook. f. & Thomson) Warb. (Myristicaceae) extracts against *Aedes albopictus* Skuse and *Anopheles stephensi* Liston. *Parasitol. Res.* 109: 1671-1676.
- Subramanyam, B., and D.W. Hagstrum. 1995. Resistance measurement and management. P. 331-397. In: B. Subramanyam and D.W. Hagstrum (Eds.). *Integrated Management of Insects in Stored Products*. Marcel Dekker, New York.
- Suprpta, D.N., I.W. Suanda, N. Arya, and K. Ohsawa. 2003. Insecticidal activity of *Tinospora crispa* leaf extract against Diamondback moth in cabbage. *J. IssAAS.* 9: 18-24.
- Wei, L., R. Hua, M. Li, Y. Huang, S. Li, Y. He, and Z. Shen. 2014. Chemical composition and biological activity of star anise *Illicium verum* extracts against maize weevil, *Sitophilus zeamais* adults. *J. Insect Sci.* 14: 1-13.
- Wink, M. 1993. Production and application of phytochemicals from an agricultural perspective. P. 171-213. In: T.A. van Beek and H. Breteler (Eds.). *Phytochemistry and Agriculture*, Vol.34. Clarendon, Oxford.
- Yao, Y., W. Cai, C. Yang, D. Xue, and Y. Huang. 2008. Isolation and characterization of insecticidal activity of (Z)-asarone from *Acorus calamus* L. *Insect Sci.* 15: 229-236.