ประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* (Motschulsky)

Efficiency of Eucalyptus Essential Oil to Repel Maize Weevil *Sitophilus zeamais* (Motschulsky)

ปภพ สินชยกุล[1]* จิรวัฒน์ เอี่ยมใจดี[1]และ วิชัย สรพงษ์ไพศาล[2]

Pabhop Sinchayakul[1]*, Jirawat Iamjaidee[1]and Wichai Sorapongpaisal[2]

ABSTRACT: The objective of this study was to test the efficiency of eucalyptus essential oil (*Eucalyptus camaldulensis*) extracted by steam distillation at concentrations of 7, 8, 9, 10, 11, 12 and 13 percent dissolved in acetone 1 ml to repel maize weevil using alternative test in the repellent tube (2 cm in diameter, 40 cm long) with rice seeds. The result found that the repellent efficacy of eucalyptus essential oil at the concentrations of 7 and 8 percent was ranged from 82.5 - 95.0 percent at the level 5 (80.1 - 100.0 percent) of insect repellent percent at 6 to 24 hours. The concentrations increased from 9 - 13 percent could repel maize weevil ranged from 89.6 - 100.0 percent from 2 to 24 hours with out any significant difference.

Keywords: Repellent, eucalyptus essential oil,maize weevil

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ คือ การทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) ที่สกัดด้วยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ ความเข้มข้น 7, 8, 9, 10, 11, 12 และ 13% ในตัวทำละลายอะซิโตน ปริมาณ 1 มิลลิลิตรต่อการไล่ด้วงงวงข้าวโพด โดยทดสอบแบบมีทางเลือกบนท่อทดสอบสารไล่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2cm ยาว 40cm ที่มีอาหาร พบว่า น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสความเข้มข้น7 และ 8 % มีอัตราการไล่อยู่ในช่วง 82.5 - 95.0% อยู่ในระดับ 5 (80.1 - 100.0%) ของ%การไล่แมลง ที่เวลา6 - 24 ชั่วโมงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 9 - 13% อัตราการไล่ด้วงงวงข้าวโพดอยู่ในช่วง 89.6 - 100.0% ตั้งแต่ 2 - 24 ชั่วโมงไม่แตกต่างทางสถิติ

คำสำคัญ: การไล่ น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส ด้วงงวงข้าวโพด

---

[1]ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[1]Department of Entomology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140.

[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนากีฏวิทยาสิ่งแวดล้อม คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[2]Environmental Entomology Research and Development Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140.

*Corresponding author: agrsci@ku.ac.th

บทนำ

ด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera : Curculionidae) เป็นแมลงที่ลงทำลายผลผลิตเมล็ดธัญพืชที่เก็บรักษาในโรงเก็บ เช่น ข้าว และข้าวโพด เป็นต้น ก่อความเสียหายทั้งตัวอ่อน และตัวเต็มวัย พบการระบาดมากในพื้นที่เขตร้อน และพื้นที่กึ่งเขตร้อนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 75% (Relative humidity) (Throne, 1994) โดยตัวเต็มวัยเพศเมียกัดเจาะเมล็ดธัญพืชเพื่อวางไข่ ตัวอ่อนอาศัยและกัดกินภายในเมล็ดจนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย ทำให้มีลักษณะบางพรุนเหลือแต่เปลือก สูญเสียคุณค่าทางอาหารและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไม่ได้ (เสาวลักษณ์, 2547) จึงจำเป็นต้องมีการป้องกันกำจัดไม่ให้เกิดความเสียหายปราศจากการลงทำลายซึ่งมีหลายวิธี เช่น ควบคุมอุณหภูมิ (Maier et al., 2006) กับดักฟีโรโมน ศัตรูธรรมชาติสารยับยั้งการเจริญเติบโต (Philips and Throne, 2010) พันธุ์ต้านทาน (Nhamucho et al., 2017) แต่วิธีที่นิยมใช้กันทั่วโลก คือ สารเคมี เช่น ฟอสฟีน (Bell, 2000) และใช้เทคนิคการรมเป็นหลัก เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด สามารถทำลายแมลงศัตรูได้ทุกชนิด และคงทนสูงแต่สารเคมีที่ใช้มีพิษสูงในมนุษย์ ตกค้างในสภาพแวดล้อม (Zettler and Arthur, 2000)และแมลงสร้างความต้านทานต่อสารได้ (Oliveira et al., 2007;Pimentel et al., 2009; Daglish et al., 2014) วิธีการป้องกันกำจัดโดยใช้น้ำมันหอมระเหย หรือสารสกัดจากพืช จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพพืชหลายชนิดมีศักยภาพในการควบคุมแมลงเช่น Litsea cubeba, (Yang et al., 2014) *Ricinus communis*, (Wale and Assegie, 2015) Laurelia sempervirens, (Zapata et al., 2016) Lippiasidoides, (Oliveira et al., 2017) *Azadirachta indica*, Plectranthus glandulosus (Tofelet al., 2017) และ *Eucalyptus* sp. (Ebadollahi, 2013) น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงหลายชนิด เช่น *Ectomyelois ceratoniae*, (Jemâa et al., 2013) *Musca domestica*, (Rossi and Palacios, 2015) *Aedes aegypti* (Ríos et al., 2017) และ *Plodia interpunctella* (Jesser et al., 2017) เป็นต้น มีคุณสมบัติป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ (Batishet al., 2008) เช่นเดียวกับ *Artemisia vestita*,(Chu et al., 2010) *Aframomum melegueta*, *Zingiber officinale*, (Ukehet al., 2009) *Anethum graveolens*, *Carum carvi, Cuminum-cyminum*, (Kim et al., 2013) *Syzygium aromaticum* และ *Cinnamom umzeylanicum* (Correa et al., 2015) เป็นพืชที่พบได้ง่ายในพื้นที่ปกติทั่วไป แต่การศึกษาประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) ในลักษณะสารไล่ในด้วงงวงข้าวโพด (*S.zeamais*) มีรายงานน้อย จึงทำการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสต่อการไล่ด้วงงวงข้าวโพดเพื่อเป็นทางเลือกในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บ

วิธีวิจัย

การเตรียมน้ำมันยูคาลิปตัส

สกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่ปลูกบริเวณภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ในเดือนเมษายน 2559 ด้วยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam distillation) บรรจุในขวดแก้วสีชาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ-18±3 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดสอบ

การเตรียมแมลง

ได้รับตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดจากห้องปฏิบัติการของกลุ่มงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร มาขยายพันธุ์เพิ่มใน

ห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 28±3 องศาเซลเซียส (ภาวิณี, 2548; Guedes et al.,2010) จนเป็นตัวเต็มวัย (อายุ 7-14 วัน) ในขวดแก้วกว้าง 8.5 สูง 16 เซนติเมตรเพื่อใช้ในการทดสอบต่อไปนี้

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสต่อการไล่ด้วงงวงข้าวโพดบนอุปกรณ์ทดสอบการไล่

1. ทดสอบท่อ

ศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองต่ออาหารของด้วงงวงข้าวโพด ในแก้วพลาสติกใสขนาด 350 มิลลิลิตร เชื่อมต่อกับท่อพลาสติกใสยาว 40 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ซึ่งมีแก้วพลาสติกใสตำแหน่งกึ่งกลางขนาด 150 มิลลิลิตร ไว้สำหรับปล่อยแมลง โดยแบ่งเป็น 3 กรรมวิธี ได้แก่ ไม่มีอาหารในท่อทดสอบ มีอาหาร (ข้าวกล้อง) (Tang et al., 2009) ในท่อทดสอบหนึ่งด้าน (ตำแหน่ง B) และมีอาหารในท่อทดสอบทั้ง 2 ด้าน (ตำแหน่ง A และ B) ปล่อยตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด 20 ตัว (อายุ 7-14 วัน) ไว้ตรงกึ่งกลางตำแหน่ง Mพัฒนาจากวิธีการศึกษาของ Karemu et al. (2013) และ Torres et al. (2014) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design)ทดลอง 10 ซ้ำ บันทึกผลที่เวลา 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 24 ชั่วโมง

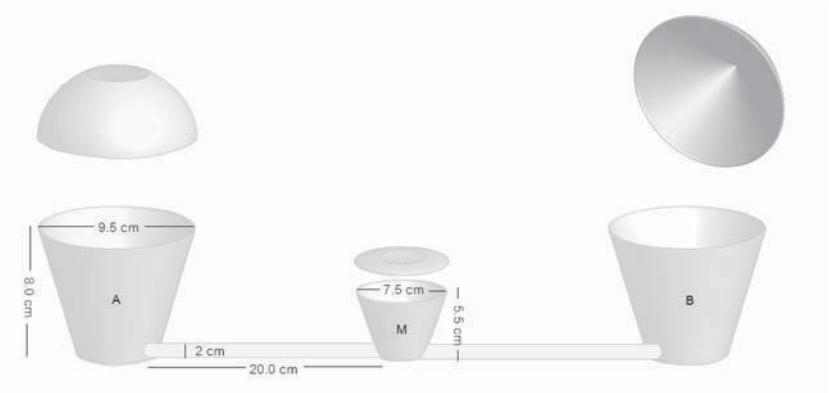

Figure1. Details of the repellent tube

2. ทดสอบการออกฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวโพดของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส

เตรียมน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสความเข้มข้น 7, 8, 9, 10, 11, 12 และ 13% ในตัวทำละลาย อะซิโตน ปริมาณ 1 มิลลิลิตร หยดบนกระดาษกรอง (Whatman No.1) ที่ตัดแบ่ง 2 ส่วนเท่ากัน ส่วนอีกครึ่งหนึ่งหยดอะซิโตนเป็นชุดควบคุม ผึ่งทิ้งไว้ 10 นาทีเพื่อให้แห้ง นำกระดาษกรองที่หยดน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส วางตรงข้ามกับชุดควบคุมในท่อทดสอบ ปล่อยตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด 20 ตัว (อายุ 7 - 14 วัน) ไว้ตรงกลางตำแหน่ง M ทดสอบ 4 ซ้ำ พัฒนาจากวิธีการศึกษาของ Torres et al. (2014) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ บันทึกผลการทดลองที่เวลา 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 24 ชั่วโมง คำนวณ%การไล่แมลง %PR =[(Nc-Nt)/(Nc+Nt)]100 (ศศธร, 2550)

วิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

ผลการทดลอง

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส ต่อการไล่ด้วงงวงข้าวโพดบนอุปกรณ์ทดสอบการไล่

1. ทดสอบท่อ

ผลการศึกษาพฤติกรรมที่แสดงออกตามธรรมชาติ ตอบสนองต่ออาหารภายในท่อทดสอบสารไล่ของด้วงงวงข้าวโพด ในสภาวะที่มีอาหาร และไม่มีอาหาร กรรมวิธีที่ 1 ไม่มีอาหารในท่อทดสอบ ด้วงงวงข้าวโพดกระจายอยู่ทั่วบริเวณภายในอุปกรณ์ทดสอบโดยพบการกระจายตัวตำแหน่ง A อยู่ในช่วง 24.0 - 31.0 % ตำแหน่ง M อยู่ในช่วง 54.0 - 66.5 % และตำแหน่ง B อยู่ในช่วง 4.0 - 18.0 %ที่เวลานับผล 2 - 24 ชั่วโมง ด้วงงวงข้าวโพดส่วนใหญ่มีพฤติกรรมรวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ กรรมวิธีที่2มีอาหารในท่อทดสอบ1ด้าน(ตำแหน่งB) ด้วงงวงข้าวโพดเคลื่อนที่เข้าหาตำแหน่งที่มีอาหาร 63.5 % ที่เวลานับผล 2 ชั่วโมงแรก และมีอัตราเพิ่มขึ้น เท่ากับ 78.0, 81.0, 84.0, 86.0, 87.5 และ 99.5 % ที่เวลา 4, 6, 8, 10, 12 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับและกรรมวิธีที่ 3 มีอาหารในท่อทดสอบทั้ง 2 ด้าน (ตำแหน่ง A และ B) ด้วงงวงข้าวโพดกระจายอยู่บริเวณที่มีอาหารทั้ง 2 ตำแหน่งไม่แตกต่างกัน โดยพบจำนวนด้วงงวงข้าวโพดในตำแหน่ง A และ B เท่ากับ 38.0 และ 39.0% ที่เวลานับผล 2 ชั่วโมงแรก และเพิ่มขึ้น 49.0 และ 50.5% ที่เวลา 24 ชั่วโมง

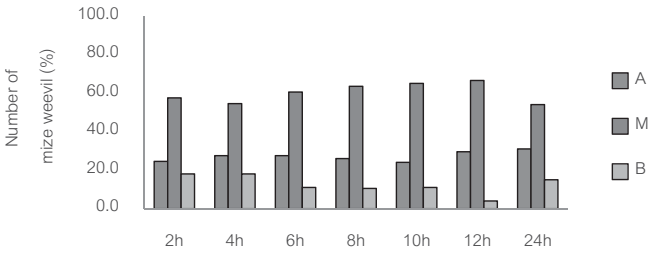

Figure 2. Response rate of the maize weevil inside the repellent tube without rice seed at 2 - 24 hours.

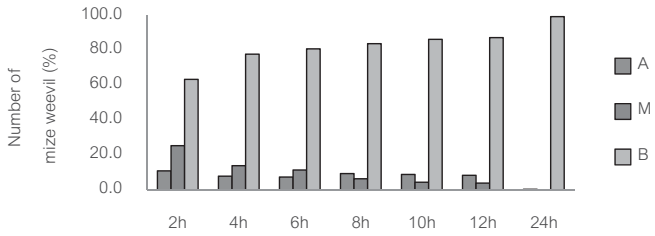

Figure 3. Response rate of the maize weevil inside the repellent tube in 1-side feeding condition (B position) at 2 - 24 hours.

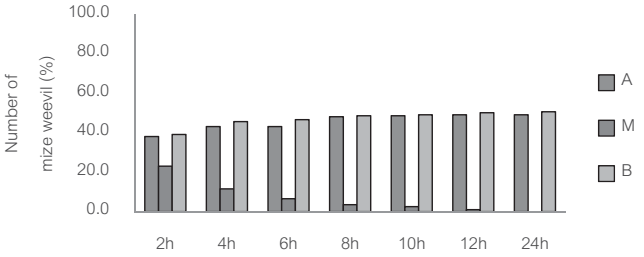

Figure 4. Response rate of the maize weevil inside the repellent tube in 2-side feeding condition (A and B position) at 2 - 24hours.

2. ทดสอบการออกฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวโพดของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส

เปอร์เซ็นต์การขับไล่ด้วงงวงข้าวโพดของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสในอะซิโตนปริมาณ 1 ml. พบว่าโดยเฉลี่ย 2 ชั่วโมงแรก ความเข้มข้น 9 และ 10% มีอัตราการไล่ด้วงงวงข้าวโพดสูงสุด 100% ไม่แตกต่างทางสถิติกับความเข้มข้น 11, 12 และ 13% ที่มีอัตราการไล่ 89.6, 96.7 และ 95.8% ชั่วโมงที่ 4 หลังได้รับสารความเข้มข้น 9, 10, 11, 12 และ 13% มีอัตราการไล่ด้วงงวงข้าวโพดได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 93.1, 97.2, 95.0, 94.4 และ 93.5% ชั่วโมงที่ 6 ความเข้มข้น 9-13% มีอัตราการไล่ไม่แตกต่างกันทางสถิติอยู่ในช่วง 87.5 -100% และชั่วโมงที่ 8,10, 12 และ 24 หลังได้รับสาร ทุกระดับความเข้มข้นมีอัตราการไล่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในช่วง 87.5 -100.0%

Table 1. Percentage of repellency rate of eucalyptus essential oil on *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) at different concentrations at 2 - 24 hours.

Concentration (% v/v)	Mean±SD of percentage of repellency rate in each hour (%)[1]						
	2	4	6	8	10	12	24
7	70.0±8.2^{c}	80.0±8.2^{b}	82.5±5.0^{c}	95.0±5.8^{a}	92.5±15.0^{a}	95.0±5.8^{a}	87.5±5.0^{ab}
8	82.5±15.0^{bc}	77.5±5.0^{b}	87.5±5.0^{bc}	94.5±8.2^{a}	92.5±15.0^{a}	95.0±5.8^{a}	92.5±15.0^{ab}
9	100.0±0.0^{a}	93.1±8.0^{a}	94.7±6.1^{ab}	97.5±5.0^{a}	95.0±5.8^{a}	94.9±5.9^{a}	90.0±8.2^{a}
10	100.0±0.0^{a}	97.2±5.6^{a}	97.5±5.0^{ab}	94.7±6.1^{a}	97.2±5.6^{a}	94.3±6.6^{a}	90.0±8.2^{a}
11	89.6±12.5^{ab}	95.0±10.0^{a}	94.4±11.1^{ab}	94.4±11.1^{a}	94.4±11.1^{a}	97.2±5.6^{a}	92.5±9.6^{a}
12	96.7±6.7^{ab}	94.4±11.1^{a}	95.0±10.0^{ab}	97.2±5.6^{a}	94.7±10.5^{a}	95.0±10.0^{a}	92.5±5.0^{a}
13	95.8±8.3^{ab}	93.5±7.6^{a}	100.0±0.0^{a}	100.0±0.0^{a}	95.0±10.0^{a}	97.5±5.0^{a}	95.0±5.8^{a}

[1]Means within column followed by the same letters are not significantly different according to DMRT test (**P**<0.05)

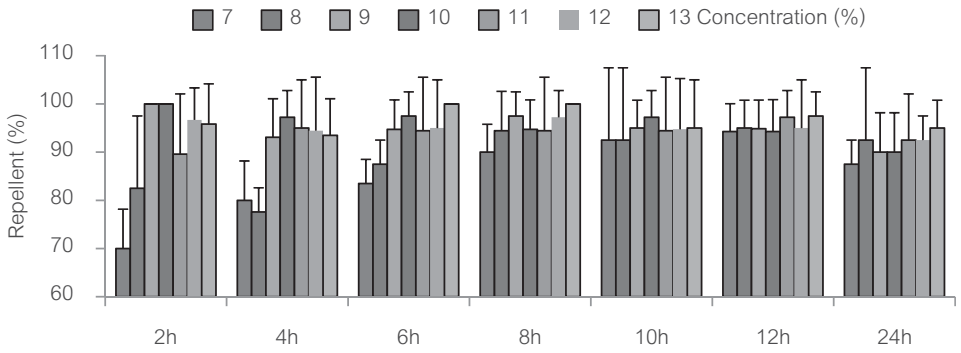

Figure 5. Repellency rate of eucalyptus essential oil on *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) at different concentrations at 2 - 24 hours.

วิจารณ์

เมื่อปล่อยด้วงงวงข้าวโพดในท่อทดสอบปฏิกิริยาแรกที่ตอบสนอง คือการเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทางในท่อทดสอบ เป็นพฤติกรรมที่ตอบสนองต่อความวิตก เรียกว่า Kinesis (Klowden, 2002)เมื่อเวลาผ่านไปเริ่มมีการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่มีอาหารกนกวรรณ (2547) พบว่า สาร Pentane, 3-methyl- ในเมล็ดข้าวมีส่วนในการดึงดูดให้ด้วงงวงข้าวเข้าทำลายข้าวพันธุ์ต่าง ๆ สอดคล้องกับการทดสอบความคงทนของกระสอบเคลือบน้ำมันหอมระเหยโหรพา กระเพรา และกานพลู ร่วมกับสารช่วยยึดติดป้องกันการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพดด้วยวิธีทดสอบ Cup test โดยนำชิ้นส่วนตัวอย่างที่เคลือบกั้นระหว่างถ้วยทดสอบใส 2 ใบ ซึ่งถ้วยแรกบรรจุด้วงงวงข้าวโพด50 ตัวและถ้วยที่ 2 บรรจุข้าวสาร 5 กรัม จากนั้นสังเกตด้วงงวงข้าวโพดที่สามารถเคลื่อนผ่านกระสอบไปยังข้าวสาร (ศุภจิต, 2551) การศึกษาประสิทธิภาพ *Laurelia sempervirens* ต่อการไล่ด้วงงวงข้าวโพด ด้วยวิธีการทดสอบแบบมีทางเลือกบนจานเพาะเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร เชื่อมต่อ 4 จานด้วยท่อยาว 10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เป็นรูปตัว X โดย 2 จานแรกมีเมล็ดข้าวโพด 20 กรัมชุบด้วยน้ำมันหอมระเหย และอีก 2 จานเป็นเมล็ดข้าวโพดชุบด้วยอะซิโตน เป็นชุดควบคุม พบว่า *Laurelia sempervirens* มีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด (Torres et al., 2014) และการทดสอบอุปกรณ์ Y-shape olfactometer ที่ศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองต่อแสงสว่างของด้วงงวงข้าวโพด โดยใช้แสงจากหลอดไฟกระตุ้นให้ด้วงงวงข้าวโพดเลือกทิศทางการเคลื่อนที่ในพื้นที่ทึบแสงรูปตัว Y ด้วงงวงข้าวโพดสามารถเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่กำหนดได้ถึง 80 - 85 %ที่เวลา 30 นาที (Karemuet al.,2013)

จากการศึกษาประสิทธิภาพต่อการไล่ พบว่าน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้น 7 และ 8 % มีอัตราการไล่ด้วงงวงข้าวโพดอยู่ในช่วง 82.5 - 95.0 % อยู่ในระดับ 5 (80.1 - 100.0 %) ของ%การไล่แมลง ที่เวลา 6 - 24 ชั่วโมง เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 9 - 13 % อัตราการไล่ด้วงงวงข้าวโพดอยู่ในช่วง 89.6 - 100.0 % ตั้งแต่ 2 - 24 ชั่วโมงสอดคล้องกับการศึกษาน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส (*Eucalyptus globulus*) ต่อการไล่ด้วงงวงข้าวโพด ด้วยวิธีการทดสอบแบบมีทางเลือกในขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีเมล็ดข้าวโพดต่อกันด้วยแท่งแก้วยาว 30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร พบว่า ที่ความเข้มข้น 4 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศมีอัตราการไล่ด้วงงวงข้าวโพด 71.90% (Arena et al., 2017) การทดสอบการเป็นสารไล่ของน้ำมันหอมระเหย (*Eucalyptus citriodora*) ด้วยวิธีการทดสอบแบบมีทางเลือกบนกระดาษกรองพื้นที่ 31.8 ตารางเซนติเมตร ที่ความเข้มข้น 0.503 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร มีอัตราการไล่ด้วงงวงข้าวโพด91.0% (Nerioet al., 2009) และการทดสอบน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) ที่สกัดในช่วงเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม 2542 และ มกราคม 2543 ความเข้มข้น 6.67% ด้วยวิธีการทดสอบแบบมีทางเลือกบนกระดาษกรองเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร มีอัตราการไล่ด้วงงวงข้าวโพด 96.0% (ชัยรัตน์, 2544)

สรุป

ด้วงงวงข้าวโพดตอบสนองต่อตำแหน่งที่มีอาหารได้ถึง 99.5 %เมื่อทดสอบแบบมีอาหาร 1 ตำแหน่ง และมีการกระจายอยู่บริเวณที่มีอาหารทั้ง 2 ตำแหน่งไม่แตกต่างกันในตำแหน่ง A และ B เท่ากับ 49.0 และ 50.5 % ภายในท่อทดสอบที่เวลา 24 ชั่วโมงอัตราการขับไล่ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส ความเข้มข้น 7, 8, 9,10, 11, 12 และ 13 % ในอะซิโตนปริมาณ 1 มิลลิลิตร ด้วยวิธีการทดสอบแบบมีทางเลือกบนท่อทดสอบการไล่ ผลเฉลี่ยที่เวลา 2 - 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการไล่อยู่ในช่วง เท่ากับ 70.0-100.0 % โดยความเข้มข้น 9 - 13 % มีอัตราการได้ดีที่สุด

อ้างอิง

กนกวรรณ ศักดิ์สุริยา.2547. ผลของข้าวสารพันธุ์ต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.52 หน้า.

ชัยรัตน์ จันทร์หนู. 2544. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis-Dehnh*) ต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บบางชนิด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 86 หน้า.

ภาวิณี อาสน์สุวรรณ. 2548. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อวงจรชีวิต อัตราการขยายพันธุ์ของด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และประสิทธิภาพของแตนเบียนหนอน (*Theocolaxelegans Westwood*). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 160 หน้า.

ศุภจิต ผ่องใส. 2551. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ข้าวสารป้องกันด้วงงวงข้าวโพดโดยการเคลือบน้ำมันหอมระเหย.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.93 หน้า.

ศศธร สิงขรอาจ. 2550. ประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) ในข้าวสาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลนีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 151 หน้า.

เสาวลักษณ์ ไชยชมภู. 2547. การใช้คลื่นเสียงตรวจสอบการเจริญเติบโต การเข้าทำลายและพฤติกรรมของด้วงงวงข้าวโพด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 52 หน้า.

Arena, J. S., M. L. Peschiutta, H. Calvimonte and J. A. Zygadlo. 2017. Fumigant and repellent activities of different essential oils alone and combined against the maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). MOJ Bioorganic & Organic Chemistry. 1(7): 1-6.

Batish, R. D., H. P. Singh, R. K. Kohli and S. Kaur. 2008. Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. Forest Ecology and Management 256: 2166-2174.

Bell, C.H. 2000. Fumigation in the 21st century. Crop Protection 19(8): 563-569.

Chu, S. S., Q. R. Liu and Z. L. Liu. 2010. Insecticidal activity and chemical composition of the essential oil of *Artemisia vestita* from China against *Sitophilus zeamais*. Biochemical-Systematics and Ecology 38: 489-492.

Correa, G. C. D. Y., L. R. A. Faroni, K. Haddi, E. E. Oliveira and E. J. G. Pereira. 2015. Locomotory and physiological responses induced by clove and cinnamon essential oils in the maize weevil *Sitophilus zeamais*. Pesticide Biochemistry and Physiology 125: 31-37.

Daglish, G. J., M. K. Nayak and H. Pavic. 2014. Phosphine resistance in *Sitophilus oryzae* (L.) from eastern Australia: Inheritance, fitness and prevalence. Journal of Stored Products Research 59: 237-244.

Ebadollahi, A. 2013. Essential oils isolated from Myrtaceae family as natural insecticides. Annual Review & Research in Biology 3(3): 148-175.

Guedes, N. M. P., R. N. C. Guedes, J. F. Campbell and J. E. Throne. 2010. Contest behaviour of maize weevil larvae when competing within seeds. Animal Behaviour 79: 281-289.

Jemâa.J. M. B., S. Haouel and M. L. Khouja. 2013. Efficacy of Eucalyptus essential oils fumigant control against Ectomyeloisceratoniae (Lepidoptera: Pyralidae) under various space occupation conditions. Journal of Stored Products Research 53: 67-71.

Jesser, E. N., J. O. Werdin-Gonzáleza, A. P. Murray and A. A. Ferrero. 2017. Efficacy of essential oils to control the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Asia-Pacific Entomology 20: 1122-1129.

Karemu, C. K., M. Ndungu and M. Githua. 2013. Evaluation of repellent effects of the oils from Eucalyptus camaldulensis (Schlecht) and Eucalyptus globulus (Labill.) against Sitophilus zeamais(-Motschulsky). Tanzania Journal of Natural & Applied Sciences 4(2): 626-633.

Kim, W. S., J. Kang, Il-K.Park. 2013. Fumigant toxicity of Apiaceae essential oils and their constituents against Sitophilus oryzae and their acetylcholinesterase inhibitory activity. Journal of Asia-Pacific Entomology 16: 443-448.

Klowden, M. J. 2002. Physiological systems in insects. Academic press, United Kingdom.

Maier, D. E., R. Hulasare, D. J. P. Moog, K. E. Ileleji, C. P. Woloshuk and L. J. Mason. 2006. Effect of temperature management on confined populations of red flour beetle and maize weevil in stored maize - Five Year Summary of Pilot Bin Trials, pp. 778-788. In 9th International Working Conference on Stored Product Protection.15 - 18 October 2006, Campinas, São Paulo, Brazil. Brazilian Post-harvest Association - ABRAPOS, Passo Fundo, RS, Brazil.

Nerio, L. S., J. Olivero-Verbel and E. E. Stashenko. 2009. Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against Sitophilus zeamaisMotschulsky (Coleoptera). Journal of Stored Products Research 45: 212-214.

Nhamucho, E., S. Mugo, L. Gohole, T. Tefera, M. Kinyua and E. Mulima. 2017. Resistance of selected Mozambican local and improved maize genotypes to maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky). Journal of Stored Products Research 73: 115-124.

Oliveira, E. E., R. N. C. Guedes, M. R. Tótola and P. D. Marco. 2007. Competition between insecticide-susceptible and -resistant populations of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. Chemosphere 69: 17-24.

Oliveira, A. P., A. S. Santana, E. D. R. Santana, A. P. S. Lima, R. R. N. Faro, R. S. Nunes, A. D. Lima, A. F. Blank, A. P. A. Araújo, P. F. Cristaldo and L. Bac-

ci. 2017. Nanoformulation prototype of the essential oil of Lippiasidoides and thymol to population management of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Industrial Crops & Products 107: 198-205.

Phillips, T. W. and J. E. Throne. 2010. Biorational approaches to managing stored product.Annual Review of Entomology 55: 375-397.

Pimentel, M. A. G., L. R. D'A. Faroni, R. N. C. Guedes, A. H. Sousa and M. R. Tótola. 2009. Phosphine resistance in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Stored Products Research 45: 71-74.

Ríos, N., E. E. Stashenko and J. E. Duque. 2017. Evaluation of the insecticidal activity of essential oils and their mixtures against Aedesaegypti (Diptera: Culicidae). RevistaBrasileira de Entomologia 61 : 307-311.

Rossi, Y. E. and S. M. Palacios. 2015. Insecticidal toxicity of *Eucalyptus cinerea* essential oil and 1,8-cineole againstMusca domestica and possible uses according to the metabolicresponse of flies. Industrial Crop and Products 63 : 133-137.

Tang, Q., Y. Wu, B. Liu and Z. Yu. 2009. Infochemical-mediated preference behavior of the maize weevil, Sitophilus zeamaisMotschulsky, when searching for its hosts. EntomologicaFennica 19: 257-267.

Throne, J. E. 1994. Life history of immature *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) on corn stored at constant temperatures and relative humidity in the laboratory. Environmental Entomology 23(6): 1459-1471.

Tofel, K. H., P. Kosma, M. Stähler, C. Adler and E. N. Nukenine. 2017. Insecticidal products from *Azadirachta indica* and *Plectranthusglandulosus* growing in Cameroon for the protection of stored cowpea and maize against their major insect pests. Industrial Crops & Products 110: 58-64.

Torres, C., G. Silva , M. Tapia, J. C. Rodríguez, I. Figueroa, A. Lagunes, C. Santillán, A. Robles, S. Aguilar and I. Ticuch. 2014. Insecticidal activity of *Laureliasempervirens* (Ruiz &Pav.) Tul. essential oil against Sitophilus zeamaisMotschulsky. Chilean journal of agricultural research 74(4): 421-426.

Ukeh, D. A., M. A. Birkett, J. A. Pickett, A. S. Bowman and A. J. M. Luntz. 2009. Repellent activity of alligator pepper, *Aframomummelegueta*, and ginger, *Zingiber officinale*, against the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. Phytochemistry 70: 751-758.

Wale, M. and H. Assegie. 2015. Efficacy of castor bean oil (*Ricinuscommunis* L.) against maize weevils (*Sitophilus zeamais*) in northwestern Ethiopia. Journal of Stored Products Research

63: 38-41.

Yang, K., C. F. Wang, C. X. You, Z. F. Geng, R. Q. Sun, S. S. Guo, S. S. Du, Z. L. Liu and Z. W. Deng. 2014. Bioactivity of essential oil of Litseacubeba from China and its main compounds against two stored product insects. Journal of Asia-Pacific Entomology 17(3): 459-466.

Zapata, N., M. Vargas, E. Latorre, X. Roudergue and R. Ceballos. 2016. The essential oil of *Laurelia sempervirens* is toxic to *Trialeurode svaporariorum* and *Encarsia Formosa*. Industrial Crops and Products 84: 418-422.

Zettler, J. L. and F. H. Arthur. 2000. Chemical control of stored product insects with fumigants and residual treatments. Crop Protection 19(8): 577-582.