

## ฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรในการควบคุมแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวเปลือก Bioactivity of Essential Oils from Herbal Plants to Control Postharvest Insect Pests of Paddy

กนกอร วุฒิวังศ์<sup>1</sup> รัตติกาล อินทมา<sup>2</sup> และนิตยา รื่นสุข<sup>3</sup>  
Kanok-on Wuttivong<sup>1</sup> Rattigan Intama<sup>2</sup> and Nittaya Ruensuk<sup>3</sup>

### Abstract

Postharvest insect pests of rice are major insect pests leading to qualitative and quantitative damage on paddy rice during storage. Chemical seed treatment and fumigation have been used for controlling two insect pests, problems for longtime that can cause tolerance to insecticide and toxic to non-target organisms. This study investigated on effect of essential oil from six herbal plants and find their appropriate applications in a laboratory in order to apply for control. Water extractions of orange peel, citronella, sweet basil, clove and finger root, were use water distillation methods. Their repelling and fumigating activities were evaluated against *Sitophilus zeamais* and *Rhyzopertha domonica* in laboratory. The result showed that the essential oil of sweet basil at 1.26  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$  was the most effective to repel *S. zeamais* and *R. domonica* with 100% and 90% repellency after 24 hours after treatment while the essential oil from orange peel showed the lowest repellent percentage of 0-25% for both insect species. After 24 hours of fumigation, orange peel, sweet basil, kaffir lime and finger root oils at 800  $\mu\text{L}/\text{L}$  air exhibited 100% mortality of *S. zeamais*.  $\text{LC}_{50}$  values were 5.50, 5.90, 7.75 and 10.04  $\mu\text{L}/\text{L}$  air, respectively. Besides, orange peel oil at 600  $\mu\text{L}/\text{L}$  air showed 100% mortality of *R. dominica* and the  $\text{LC}_{50}$  value was 5.87  $\mu\text{L}/\text{L}$  air at 24 hours after fumigation.

**Keywords:** essential oil, herbal plant, postharvest insect pest

### บทคัดย่อ

แมลงศัตรูข้าวหลังการเก็บเกี่ยวสร้างความเสียหายต่อคุณภาพและปริมาณระหว่างการเก็บรักษาข้าวเปลือก การควบคุมนิยมใช้สารเคมีทั้งการคลุกเมล็ดและการรมก่อให้เกิดการสร้างความต้านทานและเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมาย งานวิจัยนี้จึงศึกษาฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจากสารสกัดพืชสมุนไพร จำนวน 6 ชนิด เพื่อควบคุมแมลงศัตรูข้าวหลังการเก็บเกี่ยวที่เป็นปัญหาสำคัญสองชนิด โดยสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้ม ตะไคร้หอม โหระพา กานพลู ผิวมะกรูด และกระชาย ด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ นำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ไปทดสอบฤทธิ์การเป็นสารไล่และสารรมต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือกภายในห้องปฏิบัติการ จากการทดลองพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากโหระพา ความเข้มข้น 1.26 ไมโครลิตรต่อตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ในการไล่ด้วงงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือกดีที่สุด เท่ากับ 100 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากพืชชนิดอื่นๆ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงหลังการทดสอบ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มมีประสิทธิภาพต่ำที่สุดในการเป็นสารไล่แมลงทั้ง 2 ชนิด เท่ากับ 0-25 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้ม โหระพา ผิวมะกรูด และกระชายมีฤทธิ์ในการเป็นสารรมฆ่าด้วงงวงข้าวโพดดีที่สุด โดยทำให้ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 800 ไมโครลิตรต่อลิตร แอร์ และมีค่าความเป็นพิษ ( $\text{LC}_{50}$ ) เท่ากับ 5.50 5.90 7.75 และ 10.04 ไมโครลิตรต่อลิตร แอร์ ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มมีฤทธิ์ในการรมฆ่ามอดข้าวเปลือกดีที่สุด โดยพบอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 600 ไมโครลิตรต่อลิตร แอร์ และมีค่าความเป็นพิษ ( $\text{LC}_{50}$ ) เท่ากับ 5.87 ไมโครลิตรต่อลิตร แอร์ ที่ 24 ชั่วโมง หลังการรม

**คำสำคัญ:** น้ำมันหอมระเหย พืชสมุนไพร แมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว

<sup>1</sup> ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

<sup>1</sup> Pathumthani Rice Research Center, Thanyaburi, Pathum Thani 12110

<sup>2</sup> สถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี 72000

<sup>2</sup> Thailand Rice Science Institute, Mueang, Suphan Buri 72000

<sup>3</sup> ข้าราชการบำนาญ กรมการข้าว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

<sup>3</sup> Retirement officer, Rice Department, Chatuchak, Bangkok 10900

## คำนำ

การเก็บรักษาผลผลิตข้าวมักประสบปัญหาการเข้าทำลายของแมลงส่งผลให้คุณภาพและปริมาณของผลผลิตลดลง โดยทำให้ผลผลิตลดลงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ แมลงศัตรูข้าวหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญ ได้แก่ มอดข้าวเปลือก (*Rhyzopertha domonica*) และด้วงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) การป้องกันกำจัดมักนิยมใช้สารรมฟอสฟีน เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย สะดวก และมีประสิทธิภาพในการกำจัดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต แต่การใช้เป็นเวลานานส่งผลให้แมลงสามารถสร้างความต้านทานได้ โดยประเทศไทยมีรายงานพบความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนในมอดข้าวเปลือก (บุษรา และคณะ, 2541) ทั้งนี้ น้ำมันหอมระเหยซึ่งเป็นสารทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้นและพบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เมล็ด ใบ ผล เปลือก และเหง้า เป็นต้น โดยองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยมีสารสำคัญในกลุ่ม monoterpenoid และ sesquiterpenoid ซึ่งมีผลต่อแมลง เช่น ยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส หรือสร้างความรำคาญ เป็นต้น โดยออกฤทธิ์ในรูปแบบต่างๆ เช่น ควบคุมการเจริญเติบโต ยับยั้งการวางไข่ ยับยั้งการกิน สารดึงดูด สารรม ถูกตัวตาย และไล่แมลง เป็นต้น (Isman, 2006) โดยมีรายงานว่า น้ำมันจากกานพลูมีความเป็นพิษสูงและสามารถไล่มอดข้าวเปลือก ด้วงวงข้าวโพด และมอดแป้งได้ (Zenge *et al.*, 2010) นอกจากนี้มีรายงานว่าน้ำมันหอมระเหยโหระพา *Ocimum basilicum* L มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ สารรม สารสัมผัส และสารยับยั้งการกินอาหารต่อด้วงวงข้าวโพด *S. zeamais* (เจนจิรา และคณะ, 2557) เช่นเดียวกับการศึกษาของบุญยาพรและอุซอร์ (2564) พบว่าน้ำมันหอมระเหยโหระพา 30 และ 40  $\mu\text{L/L}$  air ก่อให้เกิดการตาย 100% ของมอดข้าวเปลือก ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรมาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือก สำหรับเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูข้าวหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ นอกจากนี้สารออกฤทธิ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชสามารถสลายตัวง่ายจึงไม่มีปัญหาเรื่องการสะสมของสารพิษในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียมแมลงเพื่อใช้ในการทดลอง

นำตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือกมาเลี้ยงเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการ โดยด้วงวงข้าวโพดจะเลี้ยงด้วยข้าวกล้องและมอดข้าวเปลือกจะเลี้ยงด้วยข้าวสาลี ใส่อาหารของแมลงแต่ละชนิดในขวดพลาสติกเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร สูง 17 เซนติเมตร ปลอ่ยตัวเต็มวัย 100 ตัว/ขวด เพื่อให้แมลงวางไข่เป็นเวลา 5 วัน ปิดปากขวดด้วยกระดาษซับ จากนั้นนำตัวเต็มวัยออก ปิดปากขวดด้วยกระดาษซับไว้เช่นเดิม นำตัวเต็มวัยของแมลงทั้ง 2 ชนิด อายุ 7-14 วัน มาใช้ในการทดลอง

### การเตรียมสารสกัดจากพืชสมุนไพร

นำส่วนต่างๆ ของพืชสมุนไพรจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ เปลือกส้ม ตะไคร้หอม โหระพา กานพลู ผิวมะกรูด และกระชาย มาสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ ทำการกลั่นอย่างน้อย 8-12 ชั่วโมง เก็บน้ำมันหอมระเหยไว้ในขวดสีชา นำไปแช่ในตู้เย็นก่อนนำไปใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในการไล่และรมฆ่าต่อไป

### การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อการขับไล่ด้วงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือก

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดยตัดกระดาษกรองเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ออกเป็นสองส่วนเท่ากัน หยดสารละลายน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดที่ละลายในอะซิโตนความเข้มข้น 0.03, 0.16, 0.47 และ 1.26 มิลลิลิตร/ตารางเซนติเมตร ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร บนกระดาษกรองส่วนที่หนึ่ง แล้วหยดตัวทำละลายอะซิโตน ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร บนกระดาษกรองส่วนที่สอง (ชุดควบคุม) ปลอ่ยให้กระดาษกรองแห้ง 10 นาที นำทั้งสองส่วนติดกันด้วยเทปใสแล้วนำวางในจานเพาะเชื้อ จากนั้นใส่ตัวเต็มวัยของแมลงทั้ง 2 ชนิดละเพศ จำนวน 10 ตัว ลงตรงกลางกระดาษกรอง บันทึกจำนวนแมลงบนกระดาษกรองทั้ง 2 ส่วน เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การขับไล่แมลง (%PR) (Juliana and Su, 1983)

### การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรในการเป็นสารรมต่อด้วงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือก

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ หยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดที่ละลายในอะซิโตนความเข้มข้น 0, 50, 150, 450, 600 และ 800  $\mu\text{L/L}$  air ปริมาตร 100 ไมโครลิตร บนกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ปลอ่ยให้กระดาษกรองแห้ง 2 นาที ใส่ข้าวกล้องหอมมะลิในขวด ขนาด 20 มิลลิลิตร จำนวน 20 เมล็ด จากนั้นนำกระดาษกรองที่แห้งแล้วมาวางไว้ด้านบนขวดแก้ว ปลอ่ยตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือก อายุ 7-14 วัน จำนวน 10 ตัวต่อซ้ำ ปิดฝาขวด โดยใช้อะซิโตนเป็นชุดควบคุม บันทึกจำนวนการตายของแมลงทั้ง 2 ชนิด เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงตามวิธีการของ Abbott (1925)

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

นำข้อมูลเปอร์เซ็นต์การขับไล่และการตายของแมลงมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

**ผลและวิจารณ์ผล**

**ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อการไล่ด้วงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือก**

ผลการทดสอบฤทธิ์การไล่ของน้ำมันหอมระเหย 6 ชนิด พบว่า ความเข้มข้น 1.26 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร น้ำมันหอมระเหยโหระพามีประสิทธิภาพในการไล่แมลงทั้ง 2 ชนิดดีที่สุด โดยไล่ได้ 100 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ 24 ชั่วโมง หลังจากทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่นๆ รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยกระชาย และกานพลู โดยสามารถไล่ด้วงวงข้าวโพดได้ 85 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือกได้ 70 และ 65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยโหระพามีสาร methyl chavical เป็นองค์ประกอบหลักมากที่สุด ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของสารประกอบกลุ่ม terpene และ phenol มีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าและไล่แมลงได้ โดย Aref and Valizadegan (2015) รายงานว่ากลิ่นฉุนของสารสกัดจากพืชมีผลต่อพฤติกรรมของแมลง โดยส่วนหัว หนวด และระยางค์ปากจะมีเซลล์ประสาทสัมผัสทางเคมี ซึ่งจะส่งผลให้ระบบประสาทส่วนกลางสั่งการมายังเซลล์ประสาทสัมผัสทางเคมีให้หยุดการตอบสนองและถอยหนี

**Table 1** Repellent percentages of different plant oils at various concentrations to *Rhyzopertha dominica* and *Sitophilus zeamais* after 24 hours of treatment

Insects	plant oil extractions	Concentrations (Mean±SE) <sup>1/</sup>			
		0.03 µl/cm <sup>2</sup>	0.16 µl/cm <sup>2</sup>	0.47 µl/cm <sup>2</sup>	1.26 µl/cm <sup>2</sup>
<i>S. zeamais</i>	Orange peel oil	-20.00±8.26ab <sup>2/</sup>	-20.00±2.00b	1.00±1.00b	25.00±9.57c
	Citronella oil	5.00±1.08a	15.00±8.93ab	40.00±1.55ab	55.00±2.61bc
	Sweet basil oil	25.00±9.57a	55.00±7.08a	60.00±8.26a	100.00±0.00a
	Clove oil	-50.00±9.15b	35.00±5.00a	65.00±5.00a	70.00±2.91ab
	Kaffir lime oil	-1.11±2.58ab	25.00±7.08ab	35.00±6.30ab	45.00±7.08bc
	Finger root oil	15.00±9.57a	25.00±7.08ab	55.00±7.26a	85.00±9.57ab
<i>R. dominica</i>	Orange peel oil	-25.00±2.58	-15.00±7.08b <sup>2/</sup>	-10.00±1.00b	0.00±0.00c
	Citronella oil	-35.00±2.61	-15.00±7.58b	5.00±2.00ab	25.00±2.17bc
	Sweet basil oil	-25.00±3.75	20.00±8.16ab	50.00±12.91a	90.00±5.77a
	Clove oil	-35.00±4.03	25.00±9.57a	45.00±12.58a	65.00±9.57ab
	Kaffir lime oil	-5.00±2.17	0.00±0.00ab	30.00±7.32ab	60.00±4.14ab
	Finger root oil	-5.00±1.57	25.00±12.58a	40.00±8.26ab	70.00±12.91ab

<sup>1/</sup> average from 4 replications, <sup>2/</sup> means within a column followed by the same letters are significantly different 95% by DMRT

**ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรในการเป็นสารรมต่อด้วงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือก**

ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารรมของน้ำมันหอมระเหย 6 ชนิด พบว่า ที่ความเข้มข้น 800 µL/L air น้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มและโหระพามีประสิทธิภาพในการรมฆ่าแมลงทั้ง 2 ชนิด ได้ดีที่สุด โดยน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มทำให้ด้วงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า LC<sub>50</sub> เท่ากับ 5.90 และ 5.87 µL/L air ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยโหระพาทำให้ด้วงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือกตาย 100 และ 98.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจากพืชมีองค์ประกอบในกลุ่ม terpene ซึ่งมีพิษต่อแมลงโดยตรงผ่านระบบการหายใจ มีผลไปยังยั้งหรือขัดขวางการทำงานของ NADH-coenzyme ubiquinon reductase (complex I) ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ แมลงมีอาการ ชัก กระตุก เป็นอัมพาต และตายในที่สุด (Rani, 2012)

**Table 2** Mortality percentage of *Sitophilus zeamais* and *Rhyzopertha dominica* adults after fumigation with different concentration of six plant extracts for 24 hours

Insects	plant oil extractions	Percentage mortality (Mean±SE) <sup>1/</sup>					
		50 µ/L air	150 µ/L air	450 µ/L air	600 µ/L air	800 µ/L air	acetone
<i>S. zeamais</i>	Orange peel oil	2.22±0.53	15.56±6.62	60.00±5.81a <sup>2/</sup>	90.00±7.07a	100.00±0.00a	0.00±0.00
	Citronella oil	7.50±2.50	10.00±1.07	19.72±2.48b	20.00±0.77c	92.22±4.84a	0.00±0.00
	Sweet basil oil	2.22±0.53	20.56±1.82	58.61±7.82a	95.00±5.00a	100.00±0.00a	0.00±0.00
	Clove oil	2.50±0.50	2.50±0.25	12.78±6.26b	27.50±7.50c	78.33±8.12b	0.00±0.00
	Kaffir lime oil	4.72±1.52	5.00±0.50	15.00±6.45b	60.00±10.80b	100.00±0.00a	0.00±0.00
	Finger root oil	2.50±0.50	17.78±7.41	35.56±8.35ab	67.50±6.29b	100.00±0.00a	0.00±0.00
<i>R. dominica</i>	Orange peel oil	0.00±0.00	12.78±2.42a	65.28±12.30a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	0.00±0.00
	Citronella oil	0.00±0.00	2.50±0.50c	10.28±4.09b	22.50±7.50cd	52.5±10.31c	0.00±0.00
	Sweet basil oil	0.00±0.00	15.00±2.89a	57.50±4.79a	92.50±2.50ab	98.50±4.79a	0.00±0.00
	Clove oil	0.00±0.00	10.00±4.08ab	13.06±5.10b	20.00±0.00cd	17.50±2.50d	0.00±0.00
	Kaffir lime oil	2.50±0.50	10.00±4.08ab	23.89±5.18b	82.50±8.54b	90.00±4.08ab	0.00±0.00
	Finger root oil	0.00±0.00	0.00±0.00bc	18.33±2.46b	37.50±7.50c	80.00±7.07b	0.00±0.00

<sup>1/</sup> average from 4 replications, <sup>2/</sup> means within a column followed by the same letters are significantly different 95% by DMRT

### สรุปผลการทดลอง

สารสกัดน้ำมันหอมระเหยโหระพามีประสิทธิภาพในการไล่และสารสกัดน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มมีประสิทธิภาพในการรมฆ่าตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือกที่ดีที่สุด ดังนั้น หากต้องการไล่แมลงศัตรูข้าวหลังการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 ชนิด ควรเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยโหระพา แต่ถ้าหากต้องการฆ่าด้วยวิธีการรมควรใช้น้ำมันหอมระเหยเปลือกส้ม อย่างไรก็ตามการใช้ น้ำมันหอมระเหยยังมีข้อจำกัดเนื่องจากสลายตัวได้ง่าย จึงจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของ การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นและนำทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ได้ในอนาคต

### เอกสารอ้างอิง

- เจนจิรา ยอรัมย์, วนิดา อ่วมเจริญ และ อังศุมาลย์ จันทราปัดย. 2557. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการควบคุมด้วงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52. กรุงเทพฯ. หน้า 519-529.
- บุญยาพร สระทองรอด และ ฤชอร วรณะ. 2564. ความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ. ว. เกษตรพระวรุณ 18: 112-119.
- บุษรา พรหมสถิต, ชูวิทย์ ศุขปรากกร และพรทิพย์ วิสารทนานนท์. 2541. การศึกษาความต้านทานของแมลง ศัตรูผลผลิตเกษตรต่อสารรมฟอสฟีน. ว. กัญ. สัตว. 20 (3): 176-183.
- ภาณุกิจ กันหาจันทร์, นันทวัฒน์ โฆษา, จักรวาล ชมภูศรี, เดชา แปะใจ, พายุ ภักดีนวน, อภิวิทย์ ธวัชสิน, ชญาดา ขำสวัสดิ์ และ ศรีสุดา หาญภาคภูมิ. 2562. ความเป็นพิษและประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการไล่มอดแป้งที่เป็นพาหะของจุลินทรีย์ก่อโรคในคน. ว. วิชาการสาธารณสุข 28(3): 547-560.
- Abbott, W.S. 1925. Method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
- Aref, S.P. and O. Valizadegan. 2015. Fumigant toxicity and repellent effect of three Iranian *Eucalyptus* species against the lesser grain beetle, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Col.: Bostrichidae). J. Entomol. Zool. Stud. 3: 198-202.
- Isman, M.B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu. Rev. 51:45-66.
- Juliana, G. and H.C.F. Su. 1983. Laboratory studied on several plant materials as insect repellents for protection of cereal grains. J. Eco. Entom. 76: 165- 175.
- Rani, P.U. 2012. Fumigant and contact toxic potential of essential oils from plant extracts against stored product pests. J. Biopest. 5: 120-128.
- Zeng, L., C.Z. Lao, Y.J. Cen and G.W. Liang. 2010. Study on the insecticidal activity compounds of the essential oil from *Syzygium aromaticum* against stored grain insect pests. In 10<sup>th</sup> International Working Conference on Stored Product Protection. 27June – 2 July, 2010. Estoril, Portugal. Manhattan: Center for Grain and Animal Health Research.