

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชบางชนิดในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลืองโดยวิธีการสัมผัส
Efficiency of some Plant Extracts in Controlling Corn Weevil (*Sitophilus zeamais*)
and Southern Cowpea Weevil (*Callosobruchus chinensis*) by Contact Method

กฤติมา สระโพธิ์ทอง¹ จรงค์ศักดิ์ พุมนวน¹ และอำมร อินทร์สังข์¹
Kritima Sarapothong¹, Jarongsak Pumnuan¹ and Amorn Insung¹

Abstract

Evaluation of efficiency of 4 plant crude extracts, namely, star anise (*Illicium verum*), sweet fennel (*Foeniculum vulgare*), cloves (*Syzygium aromaticum*) and lemon grass (*Cymbopogon citratus*), against adult of corn weevil (*Sitophilus zeamais*) and southern cowpea weevil (*Callosobruchus chinensis*) were performed by contact method. One milliliter of hexane, acetone, or ethanol plant extracts was dropped onto Whatman® No.1 filter paper disks of 9 cm diameter. Preliminary test concentration used was 0.157 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ and insect mortality was observed at 24 h. Highly effective plant extracts were selected for further experiment to obtain their toxicity levels (LC_{50} and LC_{90}) at 24, 48 and 72 h. The results can be seen that all plant extracts were extremely effective in killing both beetles. The hexane plant extracts from star anise and clove were the most effective in killing soybean beetle with LC_{50} at 24 h as 0.013-0.014 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$, which was higher than that of maize beetle killing. The LC_{50} at 24 h was 0.131-0.232 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$. With this reason, the hexane extracts of star anise and clove seem to be promising to be used for controlling the both stored product insects.

Keywords: star anise, clove, stored product insect

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 4 ชนิด ได้แก่ จันทร์แปดกลีบ (*Illicium verum*), เทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare*), กานพลู (*Syzygium aromaticum*) และตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus*) ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) โดยวิธีการสัมผัสตาย โดยหยดสารทดสอบบนกระดาษกรอง ทำการสอบเบื้องต้นที่ความเข้มข้น 0.157 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ ตรวจนับอัตราการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการคัดเลือกสารสกัดจากพืชที่มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าแมลงในโรงเก็บทั้งสองชนิดข้างต้น มาทดสอบต่อที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เพื่อหาระดับความเป็นพิษ (LC_{50} และ LC_{90}) ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง จากการทดสอบ พบว่าสารสกัดจากพืชทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเหลืองได้สูงกว่าด้วงงวงข้าวโพด โดยสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบและกานพลูที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเหลืองได้ดีที่สุด มีค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 0.013-0.014 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าสูงกว่าการฆ่าด้วงงวงข้าวโพด ที่มีค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 0.131-0.232 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากจันทร์แปดกลีบและกานพลูที่สกัดด้วย hexane เป็นสารสกัดที่น่าสนใจในการนำไปใช้เพื่อการควบคุมแมลงในโรงเก็บทั้ง 2 ชนิด

คำสำคัญ: จันทร์แปดกลีบ, กานพลู, แมลงศัตรูในโรงเก็บ

คำนำ

การบริโภคอาหารของประชากรส่วนใหญ่มาจากผลผลิตจากพืชที่เป็นเมล็ด คิดเป็น 64% ของแหล่งอาหารทั้งหมด โดยแบ่งเป็นเมล็ดธัญพืช 50% และพืชตระกูลถั่วต่าง ๆ 14% ดังนั้นการผลิตพืชที่ให้เมล็ดเพื่อเป็นแหล่งอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญ ผลผลิตทางการเกษตรที่นิยมบริโภค ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ถั่วเขียว และถั่วเหลือง เป็นต้น เมล็ดพืชและเมล็ดธัญพืชทั้งหลายเหล่านี้มักจะได้รับความสะดวกสบายระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นมาจากปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้น และปัจจัยทางชีวภาพ ได้แก่ แมลง ไร นก หุ่น และเชื้อรา โดยแมลงเป็นศัตรูที่สำคัญและสร้างความเสียหายให้ผลผลิตมากที่สุด คือด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลือง เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญที่สุดของเมล็ดธัญพืชทั้งที่ใช้ทำพันธุ์

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

หรือเพื่อการบริโภค (กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร, 2543) แมลงศัตรูในโรงเก็บนี้จะอาศัยและกัดกินภายในเมล็ด สร้างความเสียหายให้กับเมล็ดจนไม่สามารถนำเมล็ดไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีการใช้สารเคมีในการป้องกัน เช่น methyl bromide แต่บางประเทศมีการยกเลิกใช้แล้วเนื่องจากการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Lu and He, 2010) และยังคงมีการใช้สารเคมีชนิดอื่น ๆ เช่น phosphine และสารเคมีในการเคลือบเมล็ด ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บเหล่านี้ หากมีการใช้ต่อเนื่องเป็นเวลานาน ส่งผลให้แมลงสร้างความต้านทาน ทำให้การป้องกันกำจัดได้ยากยิ่งขึ้น (Zettler *et al.*, 1989) และส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อม สารพิษตกค้างในผลผลิต และอันตรายต่อผู้ใช้และผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันมีแนวทางเลือกการควบคุมแมลงด้วยสารจากธรรมชาติ เช่น การใช้น้ำมันหอมระเหยหรือสารสกัดจากพืช เป็นวิธีการป้องกันกำจัดแมลงที่นำสนใจ ปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Zapataa and Smaggha, 2010) จากรายงานของ Shaaya *et al.* (1997) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชเป็นสารที่ใช้ในการควบคุมกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บหลายชนิด จากการศึกษาของ วรียา และคณะ (2556); กวีวัฒน์ (2558) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากจันทร์แปดกลีบ กานพลู เทียนข้าวเปลือก และตะไคร้บ้าน มีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหัวป้อม และมอดพื้นเลื้อย โดยวิธีการรม ซึ่งการประยุกต์ใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรข้างต้นเพื่อใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ น่าจะเป็นวิธีที่สามารถยกระดับการผลิตเมล็ดพันธุ์และผลผลิตทางการเกษตรที่ปลอดสารฆ่าแมลงได้ ทั้งนี้จึงต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรดังกล่าวต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บเบื้องต้นก่อนนำไปใช้จริงต่อไป การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลือง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาสารสกัดจากพืชในการควบคุมแมลงโรงเก็บโดยวิธีการเคลือบเมล็ดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูในโรงเก็บ

ทำการเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) โดยใช้ข้าวโพดหวานและเมล็ดถั่วเขียว ในห้องปฏิบัติการทางกีฏวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นำตัวเต็มวัยอายุ 10-15 วัน รุ่นที่ 2-3 หลังออกจากดักแด้เพื่อมาทดสอบในขั้นตอนต่อไป

2. การเตรียมสารสกัดจากพืช

นำพืชสมุนไพรแห้งจากจันทร์แปดกลีบ (*Illicium verum*) เทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare*) กานพลู (*Syzygium aromaticum*) และตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus*) บดให้ละเอียด แช่สกัดด้วย hexane เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางและกระดาษกรอง (Whatman® เบอร์ 1) ตามลำดับ นำไปลดปริมาตรด้วยเครื่องลดปริมาตร (rotary evaporator) อุณหภูมิ 40 °C จนแห้งและได้เป็นสารสกัดหยาบจาก hexane นำกากที่เหลือไปแช่ด้วย acetone และ ethanol ดำเนินการเหมือนสารสกัดด้วย hexane จนได้สารสกัดหยาบจาก acetone และ ethanol ตามลำดับ

3. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีสัมผัสตาย

ทำการทดสอบเบื้องต้นที่ปริมาณสาร 0.157 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ สำหรับการทดสอบด้วงงวงข้าวโพด และที่ปริมาณสาร 0.063 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ สำหรับการทดสอบด้วงถั่วเหลือง โดยหยดสารทดสอบลงบนกระดาษกรอง (Whatman® เบอร์ 1) ในจานแก้วเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำตัวเต็มวัยของแมลงทดสอบ จำนวน 20 ตัว คละเพศ ลงในจานแก้วเลี้ยงเชื้อ ตรวจนับอัตราการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง ทำการคัดเลือกสารสกัดจากพืชที่มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าแมลงโรงเก็บทั้งสองชนิด มาทดสอบต่อเพื่อหาระดับความเป็นพิษที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน 6 ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม ตรวจนับอัตราการตายที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 5 ซ้ำการทดลอง คำนวนเปอร์เซ็นต์การตายที่เปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1987) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) และหาค่า LC_{50} และ LC_{90} (50% and 90% lethal concentration) ของสารสกัดจากพืช โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Probit analysis

ผลการทดลอง

จากการทดสอบสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และ ตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสตาย ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลือง พบว่าสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane ปริมาณสาร 0.157 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพดได้ 100% รองลงมาคือสารสกัดจากกานพลูมี ประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพดได้ 30.1% (Figure 1) เมื่อนำไปทดสอบต่อที่ปริมาณสาร 0.031-0.252 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ พบว่าระดับ

ความเป็นพิษของสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด มีค่า LC₅₀ เท่ากับ 0.131, 0.120 และ 0.113 µl/cm² ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ ขณะที่ระดับความเป็นพิษของสารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด มีค่า LC₅₀ เท่ากับ 0.232, 0.204 และ 0.175 µl/cm² ตามลำดับ (Table 1)

ส่วนการทดสอบด้วงหัวเหลือง พบว่าสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบและกานพลู ที่สกัดด้วย hexane ปริมาณสาร 0.063 µl/cm² มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงหัวเหลืองได้ 100% (Figure 2) เมื่อนำไปทดสอบต่อที่ปริมาณสาร 0.004-0.025 µl/cm² พบว่าระดับความเป็นพิษของสารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงหัวเหลือง มีค่า LC₅₀ เท่ากับ 0.013, 0.010 และ 0.009 µl/cm² ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ ขณะที่ระดับความเป็นพิษของสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงหัวเหลือง มีค่า LC₅₀ เท่ากับ 0.014, 0.013 และ 0.012 µl/cm² ตามลำดับ (Table 2)



Figure 1 Percentage mortality of corn weevil (*Sitophilus zeamais*) caused by plant extracts at 0.157 µl/cm² dose by contact method at 24 hours.

Table 1 LC₅₀ and LC₉₀ of plant extracts against maize weevil (*Sitophilus zeamais*)

Time (h)	Plant extracts	Regression equation	Chi-square	LC ₅₀ (Low-Up)	LC ₉₀ (Low-Up)
24	Star anise	Y=-4.639+35.291x	3.861	0.131 (0.127-0.136)	0.168 (0.160-0.178)
	Clove	Y=-2.298+9.890x	1.895	0.232 (0.219-0.250)	0.362 (0.329-0.413)
48	Star anise	Y=-6.440+53.855x	4.944	0.120 (0.104-0.136)	0.143 (0.130-0.189)
	Clove	Y=-1.948+9.538x	0.868	0.204 (0.192-0.218)	0.339 (0.310-0.380)
72	Star anise	Y=-3.745+33.201x	41.520	0.113 (0.088-0.145)	0.151 (0.127-0.241)
	Clove	Y=-1.982+11.063x	2.116	0.175 (0.164-0.185)	0.290 (0.271-0.317)



Figure 2 Percentage mortality of Southern Cowpea Weevil (*Callosobruchus chinensis*) caused by plant extracts at 0.063 µl/cm² dose by contact method at 24 hours.

Table 2 LC₅₀ and LC₉₀ of plant extracts against southern cowpea weevil (*Callosobruchus chinensis*)

Time (h)	Plant extracts	Regression equation	Chi-square	LC ₅₀ (Low-Up)	LC ₉₀ (Low-Up)
24	Star anise	Y=-1.532+108.891x	22.017	0.014 (0.011-0.017)	0.026 (0.022-0.035)
	Clove	Y=-1.617+126.927x	9.305	0.013 (0.011-0.014)	0.023 (0.020-0.026)
48	Star anise	Y=-1.406+109.223x	26.086	0.013 (0.010-0.016)	0.025 (0.020-0.034)
	Clove	Y=-1.639+166.482x	24.914	0.010 (0.007-0.012)	0.018 (0.015-0.022)
72	Star anise	Y=-1.299+112.427x	21.275	0.012 (0.009-0.014)	0.023 (0.019-0.030)
	Clove	Y=-1.594+186.578x	31.144	0.009 (0.006-0.011)	0.015 (0.013-0.021)

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และ ตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสตาย ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลือง พบว่าสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบและกานพลู มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลืองได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ วริยา และคณะ (2556) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากจันทร์แปดกลีบ มีประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงศัตรูในโรงเก็บ ได้แก่ มอดหัวป้อม ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง โดยมีค่า LC₅₀ เท่ากับ 9.889, 11.154 และ 19.330 µl/L air ตามลำดับ ขณะที่ Ho et al. (1995) ได้ทำการทดสอบสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบโดยสกัดด้วย hexane และ methanol พบว่ามีประสิทธิภาพในการฆ่าไข่ของมอดแป้งและด้วงงวงข้าวโพดได้ โดยที่ความเข้มข้น 0.01 g/ml สามารถฆ่าได้มากกว่า 70% กนกอร และคณะ (2559) ศึกษาความเป็นพิษของน้ำมันจากพืชบางชนิด ได้แก่ พริกไทยดำ ขมิ้นชัน กานพลู ตะไคร้หอม สะเดาช้าง และผักเสี้ยนผี เพื่อควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการสัมผัสตาย พบว่าน้ำมันกานพลูสามารถฆ่าด้วงงวงข้าวโพดได้ดีที่สุดมีค่า LC₅₀ เท่ากับ 10.10 µL/L

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และ ตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสตาย ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลือง พบว่าสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบและกานพลูที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเหลืองได้ดีที่สุด มีค่า LC₅₀ ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 0.013-0.014 µl/cm² ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าสูงกว่าด้วงงวงข้าวโพด ที่มีค่า LC₅₀ ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 0.131-0.232 µl/cm² เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจในการนำไปพัฒนาในรูปสารจากธรรมชาติในการป้องกันแมลงศัตรูจากการทำลายของแมลงศัตรู อีกทั้งยังช่วยลดการใช้สารฆ่าแมลงสังเคราะห์ให้ปลอดภัยด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กนกอร วุฒิมงคล, อรัญ งามผ่องใส และเยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2559. พิษของน้ำมันจากพืชบางชนิดต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ (3 พิเศษ) (III): M09/84-90.
- กวีวัฒน์ จาวสุวรรณวงษ์. 2558. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 32 หน้า.
- กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. 2543. แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด. เอกสารวิชาการ. กองกัญและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟีนี ฟับลิชชิง, กรุงเทพฯ. 1 หน้า.
- วริยา ธนะศิริกุล, จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และอำมร อินทร์สังข์. 2556. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรบางชนิดต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้ง มอดหัวป้อม และด้วงงวงข้าวโพด. หน้า 39. ใน ประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 12. 9-12 พฤษภาคม 2556. บางนา, กรุงเทพมหานคร.
- Abbott, W.S. 1987. A method of computing the effectiveness of an insecticide. 1925. Journal of the American Mosquito Control Association. 3(2): 302-303.
- Ho, S.H., Y. Ma, P.M. Goh. and K.Y. Sim. 1995. Star anise, *Illicium verum* Hook.f. as a potential grain protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. Postharvest Biology and Technology 6: 341-347.
- Lu, J.H and Y.Q. He. 2010. Fumigant toxicity of *Ailanthus altissima* Swingle, *Atractylodes lancae* (Thunb.) DC. And *Elsholtzia stauntonii* Benth extracts on three major stored-grain insect. Industrial Crop and Products 32: 681-683.
- Shaaya, E., M. Kostjukovski., J. Eilberg. and C. Sukprakarn. 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. Journal of Stored Products Research 33: 7-15.
- Zapataa, N. and G. Smagghea. 2010. Repellency and Toxicity of Essential Oils from the Leaves and Bark of *Laurelia sempervirens* and *Drimys winteri* Against *Tribolium castaneum*, Industrial Crops and Products 32: 405-410.
- Zettler, J.L., W.R. Halliday and F.H. Arthur. 1989. Phosphine resistance in insect infesting stored peanuts in the southeastern United States. Journal of Economic Entomology 82: 1508-1511.