รายงานการวิจัย

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เปลือกส้มโอ และเหง้าข่า ที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *Coptotermes curvignathus*

Efficacy of Essential Oils from *Piper sarmentosum* Leaf, *Citrus grandis* Peel and *Alpinia galanga* Rhizome against Subterranean Termite, *Coptotermes curvignathus*

พัชราภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์ Patcharaporn Vanichpakorn

คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2562

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยเงินรายได้ประจำปี 2562 ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ดร. จารุณี วงศ์ข้าหลวง บุคคลสำคัญที่จุดประกายให้ผู้วิจัยเห็นความสำคัญของปลวก ตั้งแต่ให้ความรู้พื้นฐานเรื่องปลวก สอนวิธีการสำรวจและเลี้ยงปลวก ให้หนังสือเรื่องปลวกและการป้องกันกำจัดไว้สำหรับศึกษา และใช้เป็นคู่มือในการวินิจฉัยปลวก ตลอดจนให้คำปรึกษา จนทำให้ผู้วิจัยทำการวิจัยเรื่องนี้สำเร็จ รวมทั้งสร้างแรงบันดาลใจให้ผู้วิจัยมองเห็นคุณค่าของปลวกที่มีต่อระบบนิเวศ ซึ่งสามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ประโยชน์เชิง-พาณิชย์ด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมอีกด้วย ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ มุจลินท์ ติณสิริสุข ผู้ช่วยศาสตราจารย์เยาวดี ติณสิริสุข ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรศิลป์ สีเผือก ที่กรุณาช่วยเก็บรวบรวมใบชะพลู และคุณรัตนา สมปรีดา ที่ให้ผลส้มโอ นำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยเพื่อศึกษาฤทธิ์ชีวภาพที่มีต่อปลวก *Coptotermes curvignathus* ในสภาพห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์อวยพร วงศ์กูล และคุณเกวลี ชัยชาญ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหย รวมทั้งขอขอบคุณเกษตรกรชาวสวนยางของอำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ให้ข้อมูลการใช้สารเคมีในการควบคุมปลวก และให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ เป็นแรงบันดาลใจและเป็นแบบอย่างที่ดีในการทำงาน ทำให้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชราภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์
หัวหน้าโครงการวิจัย
8 กันยายน 2563

บทคัดย่อ

ปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *Coptotermes curvignathus* เป็นแมลงศัตรูสำคัญที่สร้างความเสียหายในสวนยางพารา การใช้น้ำมันหอมระเหยจากพืชจัดเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อการควบคุมปลวก จึงทำการทดสอบพิษทางการกินและสัมผัส พิษทางการรม ฤทธิ์ไล่ ฤทธิ์ยับยั้งการสร้างท่อทางเดิน และประสิทธิภาพในการรักษาเนื้อไม้ของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ในห้องปฏิบัติการ การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบใช้วิธีกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรมิเตอร์ ผลการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ ได้แก่ 1,3-benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)- (46.96%), β-caryophyllene (5.55%) และ β-pinene (5.14%) ส่วนน้ำมันหอมระเหยเหง้าข่ามีสารองค์ประกอบหลักคือ eucalyptol (44.42%), (1 S,4 R,5 R)-1 ,3 ,3 -trimethyl-2 -oxabicyclo[2.2.2]octen-5-yl acetate (6.47%) และ phenol, 4-(2-propenyl)-, acetate (6.25%) และพบ d-limonene เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอในปริมาณ 83.77% ผลการทดสอบพิษทางการกินและสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอต่อปลวก *C. curvignathus* พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีพิษทางการกินและสัมผัสสูงสุด รองลงมา ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่า และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ โดยมีค่า LC_{50} ที่เวลา 7 วัน เท่ากับ 21.78, 61.06 และ 2,369.63 พีพีเอ็ม ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูยังมีพิษทางการรมสูงสุด รองลงมา ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่า และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ โดยค่า LC_{50} ที่เวลา 7 วัน เท่ากับ 689.43, 1,041.17 และ 1,574.88 พีพีเอ็ม ตามลำดับ สำหรับฤทธิ์ไล่ปลวก พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีฤทธิ์ไล่ปลวกสูงสุด (89.71%) รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู (84.57%) และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอ (57.07%) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอความเข้มข้น 15,000, 8000 และ 4,000 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพดีที่สุดสามารถยับยั้งไม่ให้ปลวกสร้างท่อทางเดินตลอดระยะเวลา 21 วันของการทดสอบ ในขณะที่ปลวกในสิ่งทดลองชุดควบคุมสามารถเคลื่อนที่เต็มความยาวของท่อแก้ว 150 มิลลิเมตรที่เวลา 7 วัน ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพในการรักษาเนื้อไม้ของน้ำมันหอมระเหยจากการทำลายของปลวกเป็นเวลา 30 วัน ผลปรากฏว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 15,000, 10,000 และ 8,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพดีที่สุดทำให้ปลวกตายทั้ง 100% และมีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก

ไม้ที่สูญหายต่ำสุดเท่ากับ 0.11-0.21% ส่วนชุดควบคุมไม่พบการตายของปลวกและมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักไม้ที่สูญหายสูงสุดเท่ากับ 2.63% การประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยควบคุมปลวกในสวนยางเปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงสารฟิโปรนิล (fipronil) โดยประเมินผลจากจำนวนปลวกในกับดัก น้ำหนักไม้ที่สูญหาย และคะแนนประเมินความเสียหายของไม้จากการทำลายของปลวก พบว่าสารฆ่าแมลงสารฟิโปรนิลและน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการควบคุมปลวก *C. curvignathus* โดยไม่พบปลวกในกับดัก และมีน้ำหนักไม้ที่สูญหายต่ำสุดเท่ากับ 0.23 และ 0.52% ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมพบปลวกสูงสุดจำนวน 2,897.67 และมีน้ำหนักไม้ที่สูญหายสูงสุดเท่ากับ 4.90% นอกจากนี้พบว่าสิ่งทดลองที่ใช้สารฆ่าแมลงสารฟิโปรนิลมีค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินความเสียหายของไม้เท่ากับ 10 หรือไม้อยู่ในสภาพดีไม่ถูกปลวกทำลาย ส่วนสิ่งทดลองที่ใช้น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูมีคะแนนประเมินความเสียหายของไม้เท่ากับ 9.83% หรือไม้ถูกทำลายเพียงเล็กน้อย ส่วนชุดควบคุมมีคะแนนประเมินความเสียหายของไม้เท่าหับ 8.10 หรือไม้ถูกทำลายปานกลาง แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์สำหรับการควบคุมปลวก

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย, ชะพลู, ข่า, ส้มโอ, ปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *Coptotermes curvignathus*

Abstract

The subterranean termite, *Coptotermes curvignathus* is a major insect pest, causing damage to live rubber trees. Plant essential oil has been considered as an effective and safe alternative for control termites. The feeding/contact and fumigant toxicities, repellent activity, wood preservative and tunneling inhibition activity of essential oils from *Piper sarmentosum* leaf, *Alpinia galanga* rhizome and *Citrus grandis* peel were evaluated against *C. curvignathus* in the laboratory. The essential oils from the tested plants were extracted by water and steam distillation and analyzed by Gas Chromatography-Mass Spectrometry. The major constituents identified in *P. sarmentosum* essential oil were 1,3-Benzodioxole, 4-methoxy-6- (2-propenyl) - (46.96%), β-caryophyllene (5.55%) and β-pinene (5.14%). The chemical components of *A. galanga* essential oil were eucalyptol (44.42%), (1S, 4R, 5R) -1,3,3-trimethyl-2-oxabicyclo [2.2.2] octen-5-yl acetate (6.47%) and phenol, 4- (2- propenyl) -, acetate (6.25%). D-limonene (83.77%) was the major component of *C. grandis* essential oil. *P. sarmentosum* essential oil showed the strongest feeding/contact and fumigant toxicities against *C. curvignathus* followed by *A. galanga* and *C. grandis* essential oils. Their LC_{50} values at 7 days for feeding/contact toxicity were 21.78, 61.06 and 2,369.63 ppm, respevtively and were 689.43, 1,041.17 and 1,574.88 ppm for fumigant toxicity, respectively. Among 3 plant essential oils, *A. galanga* essential oil exhibited the strongest repellent activity with repellency of 89.71%. The repellencies of *P. sarmentosum* and *C. grandis* essential oils were 84.57 and 57.07%, respectively. Furthermore, *P. sarmentosum* essential oil at 15,000 and 10,000 ppm and *C. grandis* essential oil at 15,000, 8,000 and 4,000 ppm completely inhibited tunneling activity of *C. curvignathus* at 21 days while termite in control was able to tunnel through the entire tube of 150.00 milimeters at 7 days. In addition, *P. sarmentosum* essential oil at of 15,000, 10,000 and 8000 ppm and *C. grandis* essential at 15,000 and 10,000 ppm had the strongest activity on wood protection from *C. curvignathus* infestation with mortality of 100% and gave the lowest weight loss of wood of 0.11-0.21% at 30 days. No mortality of termite and the higest weight loss of wood (2.63%) were found in control. The efficacy of 3 plant essential oils was also determined to control *C.*

curvignathus in rubber plantations compared to fironil at 3 months by evaluation of number of termites in the traps, weight loss of wood and visual rating of termite damage. Fipronil and *P. sarmentosum* essential oil were the most efficacy with no termites in the traps entire the experiments. On the other hand, the highest number of *C. curvignathus* was found in control with number of 2,897.67. Among 5 treatments, the lowest weight loss of wood was found in fironil with 0.23%, followed by *P. sarmentosum* essential oil (0.52%) while the highest weight loss of wood was found in control with 4.90%. In term of visual rating of termite damage, rubber woods in fironil and *P. sarmentosum* essential oil were visually rates as 10 (no attack of termite entire the experiment) and 9.83 (trace), respectively. On the other hand, termites in control showed moderate attack rubber wood with visual rating 8.10. The results suggest that *P. sarmentosum* essential oil has potential as a good candidate for the development of a new chemical for termite control.

Keywords: Eseential oil, *Piper sarmentosum*, *Alpinia galanga*, *Citrus grandis*, *Coptotermes curvignathus*

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
บทนำ	1
วัตุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
วิธีการดำเนินวิจัย	24
ผลการศึกษาและวิจารณ์	36
สรุป	64
เอกสารอ้างอิง	65

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบที่ได้จากการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ	36
4.2	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู	37
4.3	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่า	38
4.4	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ	39
4.5	ค่าเฉลี่ยการตายสะสมของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvigngthus* ที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ จากการทดสอบพิษทางการกินและสัมผัสโดยวิธีบังคับกิน	42
4.6	ค่าความเป็นพิษ (LC_{50}) ทางการกินและสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*	43
4.7	ค่าเฉลี่ยการตายสะสมของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvigngthus* ที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ จากการทดสอบพิษทางการรม	46
4.8	ค่าความเป็นพิษ (LC_{50}) ทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*	47
4.9	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักกระดาษที่สูญหายในสิ่งทดลองที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ จากการทดสอบพิษทางการกินและสัมผัส และพิษทางการรม	48
4.10	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvigngthus* ที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ	51
4.11	ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* เคลื่อนที่ในท่อแก้วบรรจุทรายผสมน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ที่เวลา 21 วัน	54
4.12	ค่าเฉลี่ยการตายและน้ำหนักไม้ที่สูญหายจากการกินไม้ของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvigngthus* ที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ที่เวลา 30 วัน	56
4.13	ค่าเฉลี่ยจำนวนปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* น้ำหนักไม้ที่สูญหาย และคะแนนการประเมินความเสียหายของไม้ ในกับดักที่ใช้น้ำมันหอมระเหยเปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงฟิโปรนิล	58

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะสำคัญของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*	5
2.2	ลักษณะการทำลายต้นยางของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ C. *curvignathus*	6
2.3	วิธีสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ	12
2.4	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของชะพลู	15
2.5	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส้มโอ	19
2.6	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข่า	22
3.1	การเพาะเลี้ยงปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ในห้องปฏิบัติการ	24
3.2	การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบ	25
3.3	การทดสอบพิษทางการกินและสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบ ต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*	27
3.4	การทดสอบพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบ ต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*	28
3.5	การทดสอบฤทธิ์ไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบ ต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*	29
3.6	การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบต่อการสร้าง ท่อทางเดินของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*	31
3.7	การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบในการรักษาเนื้อไม้ จากการทำลายของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*	33
3.8	การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบต่อการควบคุม ปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ในสวนยาง	35

บทที่ 1
บทนำ

ยางเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปี 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยาง 22,530,503 ไร่ มากเป็นอันดับสองของโลกรองจากประเทศอินโดนีเซีย โดยภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุดของประเทศประมาณ 13,503,158 ไร่ ซึ่งจังหวัดนครศรีธรรมราชมีพื้นที่ปลูกยางมากเป็นอันดับสามประมาณ 1,766,025 ไร่ รองจากจังหวัดสุราษฎร์ธานีและสงขลา (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) ปัจจุบันเกษตรชาวสวนยาง จังหวัดนครศรีธรรมราช เริ่มประสบปัญหาการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน *Coptotermes curvignathus* (Isoptera: Rhinotermitidae) ซึ่งเป็นปลวกชนิดเดียวที่ทำลายต้นยางที่มีชีวิต ปลวกชนิดนี้กัดกินต้นยางทุกระยะการเจริญเติบโต โดยกัดกินรากและโคนต้นที่อยู่ใต้ผิวดิน และกัดกินต่อไปภายในลำต้นจนเป็นโพรง ทำให้ต้นยางยืนต้นตายในที่สุด ปลวกชนิดนี้เพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วในสภาพอากาศร้อนและชื้น จึงสร้างความเสียหายต่อต้นยางได้มากและรวดเร็ว การใช้สารเคมีเป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในการควบคุมปลวกใต้ดิน เนื่องจากให้ผลในการควบคุมปลวกอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดพิษตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม รวมทั้งอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์อื่นๆในระบบนิเวศ เช่น นก ผึ้ง ปลา เป็นต้น ด้วยความตระหนักถึงพิษภัยจากการใช้สารเคมี จึงมีความจำเป็นเร่งด่วนในการหาทางเลือกเพื่อการควบคุมปลวกที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การใช้สารธรรมชาติจากพืชในรูปน้ำมันหอมระเหยเพื่อควบคุมแมลงเป็นวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสารธรรมชาติจากพืชสลายตัวเร็ว จึงปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม น้ำมันหอมระเหยจากพืชมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลง โดยออกฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลง ไล่แมลง ยับยั้งการวางไข่ ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ รวมทั้งไปรบกวนการผสมพันธุ์ของแมลง ปัจจุบันพบว่ามีน้ำมันหอมระเหยจากพืชหลายชนิดมีฤทธิ์ควบคุมปลวกใต้ดิน เช่น น้ำมันหอมระเหยจากรากหญ้าแฝก ดอกกานพลู เปลือกอบเชยจีน (Zhu *et al*., 2001) เป็นต้น เนื่องจากประเทศไทยมีความหลากหลายของพันธุกรรมพืช การค้นหาพืชชนิดใหม่ๆ เพื่อเป็นทางเลือกในการควบคุมปลวกใต้ดิน *C. curvignathus* ที่เหมาะสมกับท้องถิ่นและมีต้นทุนต่ำ จึงเป็นงานวิจัยที่น่าสนใจ

ชะพลู ส้มโอ และข่า เป็นพืชที่นิยมปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทยและหาได้ง่าย ใบชะพลู เปลือกส้มโอ และ เหง้าข่า มีสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ชีวภาพหลากหลายในการรักษาโรครวมทั้งมีฤทธิ์ควบคุมแมลงศัตรูพืช เช่น น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีพิษทางสัมผัสต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *Coptotermes* sp. (Chieng *et al*., 2008) และด้วงถั่วเขียว (นที และ สุภาณี, 2546) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* (Abdullah *et al*., 2015) รวมทั้งแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญหลายชนิด เช่น มอดแป้ง และ

มอดยาสูบ (สังวาล และ สุภาณี, 2546; Wu *et al*., 2014) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอมีพิษทางการรมต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. formosanus* (Raina *et al*., 2007) และมีฤทธิ์ไล่ตัวเต็มวัยของยุงลายบ้าน (Manorenjitha *et al*., 2017) อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานวิจัยฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู และเปลือกส้มโอ ที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีรายงานวิจัยเฉพาะฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* เท่านั้น เนื่องจากใบชะพลูและเหง้าข่าสามารถหาได้ง่าย ส่วนเปลือกส้มโอเป็นชิ้นส่วนที่เหลือทิ้งจากการบริโภคซึ่งมีจำนวนมาก ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เปลือกส้มโอ และ เหง้าข่า ทั้งพิษทางการกิน พิษทางการรม ฤทธิ์ไล่ ฤทธิ์ยับยั้งการสร้างท่อทางเดินของปลวก และศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ชีวภาพสูงสุดในห้องปฏิบัติการ ต่อการควบคุมปลวกสายพันธุ์ดังกล่าวในสวนยาง เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาน้ำหอมระเหยไปประยุกต์ใช้ควบคุมปลวกใต้ดินในสวนยางต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาฤทธิ์ฆ่าแมลง ฤทธิ์ไล่แมลง ประสิทธิภาพในการรักษาเนื้อไม้ และฤทธิ์ยับยั้งการสร้างท่อทางเดินของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ในสภาพห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ต่อการควบคุมปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ในสภาพสวนยาง

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ปลวก (Termite)

ปลวกเป็นแมลงที่มีความเป็นอยู่แบบสังคม มักอยู่รวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ภายในรัง โดยทั่วไปมีนิสัยไม่ชอบแสงสว่าง ชอบที่มืดและอับชื้น ประชากรปลวกมีการแบ่งแยกหน้าที่การทำงานออกไปตามวรรณะต่างๆ รวม 3 วรรณะ คือ

วรรณะสืบพันธุ์ หรือ แมลงเม่า

ประกอบด้วยตัวเต็มวัยที่มีปีกทั้งเพศผู้และเพศเมีย ทำหน้าที่สืบพันธุ์และกระจายพันธุ์โดยจะบินออกจากรัง เมื่อดินฟ้าอากาศเหมาะสม เมื่อจับคู่กันแล้วจะสลัดปีก ผสมพันธุ์กันและหาพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อวางไข่

วรรณะกรรมกร หรือ ปลวกงาน

เป็นปลวกตัวเล็กสีขาวนวล ไม่มีปีก ไม่มีตา ใช้หนวดเป็นอวัยวะรับความรู้สึกคลำทาง ทำหน้าที่สร้างรัง ทำความสะอาดรัง ดูแลไข่ เพาะเลี้ยงเชื้อราและซ่อมแซมรังที่ถูกทำลาย

วรรณะทหาร

เป็นปลวกที่มีหัวโต สีเข้มและแข็ง มีกรามขนาดใหญ่ ซึ่งดัดแปลงไปเป็นอวัยวะคล้ายคีมที่มีปลายแหลมคม เพื่อใช้ในการต่อสู้กับศัตรูที่มารบกวนสมาชิกภายในรัง ไม่มีปีก ไม่มีตา ไม่มีเพศ บางชนิดจะดัดแปลงส่วนหัวให้ยื่นยาวออกไปเป็นงวง เพื่อกลั่นสารเหนียวปล่อยหรือพ่นไปติดตัวศัตรู ทำให้เคลื่อนไหวไม่ได้หรืออาจทำให้ตายได้ (จารุณี และ ขวัญชัย, 2551)

นิเวศวิทยาของปลวก

สภาพความเป็นอยู่ หรือสภาพทางนิเวศวิทยา รวมถึงอุปนิสัยในการกินอาหารของปลวกแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดและประเภทของปลวก ซึ่งสามารถจำแนกปลวกอย่างกว้างๆเป็น 2 ประเภท โดยใช้แหล่งที่อยู่อาศัยเป็นหลักได้ดังนี้

1. ปลวกที่อาศัยอยู่ในไม้ อาจแบ่งปลวกประเภทนี้เป็นกลุ่มย่อยลงไปอีก ตามลักษณะความชื้นของไม้ที่ปลวกเข้าทำลาย ดังนี้

1.1 ปลวกไม้แห้ง (dry-wood termites) ปลวกชนิดนี้อาศัยอยู่ในไม้ที่แห้งหรือไม้ที่มีอายุใช้งานมานานมีความชื้นต่ำ

1.2 ปลวกไม้ชื้น (damp-wood termites) ปลวกชนิดนี้มักอาศัยและกัดกินอยู่ในเนื้อไม้ของไม้ยืนต้น หรือไม้ล้มตายที่มีความชื้นสูง

2. ปลวกที่อาศัยอยู่ในดิน ปลวกประเภทนี้จะอาศัยอยู่ในดินหรือเหนือพื้นดินขึ้นไปโดยส่วนใหญ่จะทำท่อทางเดินดินห่อหุ้มตัว เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นและหลบซ่อนตัวจากศัตรูที่จะมารบกวน จำแนกเป็น 3 พวก คือ

2.1 **ปลวกใต้ดิน (subterranean termites)** เป็นปลวกที่อาศัยและทำรังอยู่ใต้ดิน เช่น ปลวกในสกุล *Coptotermes, Microtermes, Ancistrotermes* และ *Hypotermes* เป็นต้น

2.2 ปลวกที่อาศัยอยู่ตามจอมปลวก (mound-building termites) เป็นปลวกที่สร้างรังขนาดกลางถึงขนาดใหญ่อยู่บนพื้นดิน เช่น ปลวกในสกุล *Globitermes, Odontotermes* และ *Macrotermes* เป็นต้น

2.3 ปลวกที่อาศัยอยู่ตามรังขนาดเล็ก (carton nest termites) เป็นปลวกที่สร้างรังขนาดเล็กอยู่บนดินหรือเหนือพื้นดิน เช่น ตามกิ่งไม้ ต้นไม้ เสาไฟฟ้า หรือโครงสร้างอื่นๆ ภายในอาคาร เช่น ปลวกในสกุล *Microcerotermes, Termes, Dicuspiditermes, Nasutitermes* และ *Hospitalitermes* เป็นต้น (จารุณี และ ขวัญชัย, 2551)

ลักษณะสำคัญของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* (Isoptera: Rhinotermitidae)

ปลวกในสกุล *Coptotermes* มีลักษณะเด่น คือ มีช่องเปิดบริเวณด้านหน้าของส่วนหัว เรียกว่า fontanelle มีขนาดใหญ่กว่าปลวกในสกุลอื่นๆ ซึ่งปลวกจะผลิตสารเคมีที่เป็นของเหลวสีขาวขุ่นออกมาเพื่อใช้ในการป้องกันตัวจากศัตรู ช่องเปิดนี้สามารถพบได้ในปลวกสกุลนี้ได้ทั่วไปในบริเวณเขตร้อน และสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ภายใต้สภาพแห้งแล้งและอุณหภูมิที่สูง มีขอบเขตกระจายไปทั่วโลก ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปลวกชนิด *C. curvignathus* มีดังนี้คือ

<u>ปลวกวรรณะทหาร</u>: บริเวณส่วนหัวมีสีเหลืองทอง เป็นรูปไข่ มีความยาวของหัววัดถึงฐานกราม 1.40-1.51 มิลลิเมตร ส่วนกว้างสุดประมาณ 1.15-1.24 มิลลิเมตร กรามยาว 0.82-0.93 มิลลิเมตร ใต้ริมฝีปากบนมีรูเปิดกว้างเรียกว่า fontanelle สำหรับปล่อยสารเหนียวสีขาวออกมาต่อสู้ศัตรู ส่วนของริมฝีปากบน (labrum) มีสีเหลืองปนน้ำตาล ส่วนกรามสีน้ำตาลแดง ส่วนหนวด (antenna) มีสีน้ำตาลอ่อน แผ่นแข็งปกคลุมส่วนอกปล้องแรก (pronotum) มีสีน้ำตาลอ่อนกว่าส่วนหัว บริเวณส่วนท้องและขามีสีขาว ที่ส่วนหัวพบขนสั้นๆ (setae) กระจายอยู่ทั่วไปเล็กน้อย ส่วนปลายของริมฝีปากบนมีขนสั้นๆ 2 เส้น ริมฝีปากล่างส่วนแรก (postmentum) มีขนสั้นๆ 1 คู่ บริเวณขอบด้านหน้า และอีก 1 คู่ ที่บริเวณขอบด้านล่าง แผ่นแข็งปกคลุมส่วนอกปล้องแรกพบขนน้อยมาก ส่วนหัวมีรูปร่างยาวรีรูปไข่ มีความยาวมากกว่าความกว้าง ริมฝีปากบนมีลักษณะแคบสั้น กรามมีความโค้งปานกลาง ริมฝีปากล่างส่วนแรกมีความยาวประมาณ 2 เท่าของด้านกว้าง หนวดมี 14-15 ปล้อง ปล้องที่สองยาวกว่าปล้องที่สาม แผ่นแข็งปกคลุมส่วนอกปล้องแรกด้านกว้างมีขนาดเป็น 2 เท่าของด้านยาวขอบด้านบนมีลักษณะเป็นหยัก ส่วนขอบล่างมีรอยหยักอยู่บริเวณตรงกลาง ขอบด้านล่างมีลักษณะเป็นแผ่นกลมใหญ่ (ภาพที่ 2.1)

ปลวกวรรณะกรรมกร: ส่วนหัวและกรามมีสีเหลืองอ่อน มีแผ่นแข็งปกคลุมส่วนอกปล้องแรกและส่วนท้อง แผ่นแข็งปกคลุมอกปล้องแรกมีความกว้างมากกว่าความยาว ขอบด้านบนเป็นรอยหยักลึกตรงกลาง ขอบด้านข้างท้ายตรงขาและท้องมีขนขนาดเท่ากับวรรณะทหาร ส่วนหัวและตามลำตัวจะมีขนปกคลุมหนาแน่น ลำตัวปลวกมีความยาวประมาน 4.00-4.40 มิลลิเมตร ส่วนหัวมีลักษณะกลม มีความกว้างมากกว่าความยาวเล็กน้อย ไม่มีตา หนวดสั้นประมาน 14-15 ปล้อง ปล้องที่สามสั้นกว่าหรือเท่ากับปล้องที่สองหรือสี่ ริมฝีปากบนค่อนข้างเป็นรูปเหลี่ยม ความกว้างมากกว่าความยาว ขอบด้านหน้าริมฝีปากบนโค้งกลม มีขนเล็กน้อย (ภาพที่ 2.1)

(ก) (ข)

ภาพที่ 2.1 ลักษณะสำคัญของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*
(ก) ปลวกวรรณะทหารมีลักษณะหัวโต สีเข้มและแข็ง มีกรามขนาดใหญ่
(ข) ปลวกวรรณะกรรมกร หรือ ปลวกงานเป็นปลวกตัวเล็กสีขาวนวล

ลักษณะการทำลายต้นยางของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*

ปลวกชนิดนี้กัดกินต้นยางทุกระยะการเจริญเติบโต และกัดกินทุกส่วนของลำต้นทั้งเนื้อเยื่อที่มีชีวิตและแห้งตาย โดยเฉพาะกัดกินรากแล้วสร้างรังอยู่ภายในโคนต้น ทำให้ต้นยางโค่นล้มได้ง่าย หรือใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและยืนต้นตายคล้ายอาการของโรคราก ซึ่งจะต้องขุดดูโคนต้นจึงจะทราบ บางครั้งต้นอาจโค่นล้มในขณะที่ยังให้ผลผลิต (ภาพที่ 2.2) โดยไม่พบจอมปลวกในบริเวณสวนยางที่มีปลวกชนิดนี้ ปลวกสายพันธุ์ *C. curvignathus* เป็นปลวกใต้ดินสามารถหากินในบริเวณที่ไกลจากรังมาก อาจสร้างรังย่อยขึ้นเป็นระยะ ระหว่างทางเดินจากรังใหญ่ไปสู่แหล่งอาหาร การกำจัดให้หมดสิ้นจึงทำได้ยาก นอกจากยางพาราแล้ว ปลวกสายพันธุ์ *C. curvignathus* ยังทำลายพืชยืนต้นอีกหลายชนิด ที่สำคัญได้แก่ ไม้ป่าต่างๆ ไม้ตระกูลสน กระถินเทพา มะม่วงหิมพานต์ ขนุน ส้มโอ กาแฟ

มะม่วง นุ่น และยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในหลายประเทศ ได้แก่ ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย อินเดีย พม่า เวียดนาม เขมร และสิงคโปร์ (ปัทมา, 2553)

ภาพที่ 2.2 ลักษณะการทำลายต้นยางของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ C. *curvignathus*

แนวทางการควบคุมปลวก

ปลวกเป็นแมลงอันดับต้นๆ ที่ทำความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้ ส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างมาก ดังนั้นมีจำเป็นอย่างยิ่งต้องควบคุม จารุณี และ ขวัญชัย (2551) แบ่งการควบคุมปลวกเป็น 2 ประเภท คือ การควบคุมปลวกโดยไม่ใช้สารเคมีและการใช้สารเคมี

1. การควบคุมปลวกโดยไม่ใช้สารเคมี

การใช้สารเคมีกันอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ในระบบนิเวศ เช่น อึ่ง ปลา ไส้เดือนดิน นก เป็นต้น รวมท้งทำให้เกิดพิษตกค้างในสภาพแวดล้อมทั้งในแหล่งน้ำ อากาศ และในดิน จึงมีการศึกษาวิธีการใช้เชื้อจุลินทรย์หรือชนิดต่างๆ เช่น เชื้อรา ไส้เดือนฝอย หรือปูนขาวมาใช้ควบคุมปลวกเพื่อลดการใช้สารเคมีดังต่อไปนี้

1.1 การใช้ศัตรูธรรมชาติ (Natural enemy)

การใช้เชื้อราในสกุล *Metarhizium* และ *Beauveria* หรือแบคทีเรียชนิด *Bacillus thuringiensis* หรือไส้เดือนฝอยในสกุล *Steinernema* sp. เป็นต้น โดยปกติประสิทธิภาพของการใช้เชื้อจุลินทรีย์จะขึ้นกับสภาพแวดล้อม แต่ถ้าใช้วิธีนี้ร่วมกับการใช้เหยื่อล่อเพื่อเพิ่มจำนวนปลวกให้มาสัมผัสกับเชื้อราหรือแบคทีเรียให้มากขึ้น แล้วปล่อยให้ปลวกกลับไปที่รัง จะทำให้การกำจัดโดยวิธีการนี้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

1.2 การใช้กับดักแสงไฟ (Light trap)

เป็นวิธีที่ดึงดูดหรือขับไล่แมลงเม่า เพื่อลดปริมาณที่จะผสมพันธุ์และสร้างรังปลวกใหม่ภายในบริเวณอาคาร เช่น การปิดไฟภายในบ้านแล้วเปิดไฟบริเวณด้านนอกของอาคารแทน เพื่อที่จะดึงดูดให้แมลงเม่าออกไปเล่นไฟภายนอกอาคาร แล้วจัดตั้งภาชนะปากกว้างใส่น้ำทิ้งไว้เพื่อดักแมลงเม่า

1.3 การใช้วิธีกล (Physical barrier)

การนำวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่น มาประยุกต์ใช้ในการป้องกันการเข้าทำลายของปลวก เพื่อเป็นการลดปัญหาจากการใช้สารเคมี โดยใช้หินปูนขาวมาบดให้ได้ตามขนาดต่างๆ เพื่อหาขนาดของหินที่เหมาะสมมาใช้ในการป้องกันกำจัดปลวก (ยุพาพร และ จารุณี, 2536) ซึ่งขวัญชัย (2542) พบว่า หินปูนขาวขนาด 14-17 และ 17-20 เหมาะสม ในประเทศออสเตรเลียได้ทำการศึกษาใช้วัสดุชนิดต่างๆ เช่น แผ่นอลูมิเนียมทำเป็นฝาครอบ หรือทำเป็นแผ่นผนังกั้นทางเดินของปลวกที่ขึ้นสู่ตัวอาคาร หรือใช้วัสดุธรรมชาติ เช่น หินปะการัง (Su and Scheffrehn, 1992) และหินแกรนิตบดมาใช้ทำเป็นแนวป้องกันปลวก รวมทั้งเศษแก้วบด (จารุณี และ ขวัญชัย, 2551) ก่อนใช้วัสดุเหล่านี้จะต้องนำมาร่อนให้มีขนาดสม่ำเสมอ เพื่อนำขนาดที่เหมาะสมโดยเฉพาะเจาะจงกับปลวกแต่ละชนิดด้วย

2. การควบคุมปลวกโดยใช้สารเคมี

การควบคุมโดยใช้สารเคมี เป็นการป้องกันและกำจัดปลวกที่ให้ผลเร็วและมีประสิทธิภาพที่ดีและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน (ยุพาพร, 2536) ซึ่งมีหลายวิธี ดังนี้

2.1 การใช้สารป้องกันรักษาเนื้อไม้

เป็นการทำให้สารเคมีแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ โดยการฉีดพ่น ทา แช่ จุ่มหรือการอัดสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ด้วยความดัน และทำให้เนื้อไม้เป็นพิษต่อปลวกโดยตรง เมื่อปลวกสัมผัสหรือกัดกินเนื้อไม้เข้าไป มีหลายประเภท เช่น ครีโสท คือ สารที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ สามารถกำจัดแมลงและเชื้อราได้ หรือสารเคมีละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งในปัจจุบันไม่ใช้แล้วเนื่องจากก่อให้เกิดมะเร็ง ได้แก่ เพนตาคลอโรฟีนอล และลินเดน หรือเกลือเคมีละลายน้ำ เช่น เกลือโบเรต กรดโบริค แต่ปัจจุบันที่นิยมใช้จะเป็นสารในกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ เช่น cypermethrin และ permethrin

2.2 การใช้เหยื่อพิษ

เป็นการที่ทำให้ปลวกตายอย่างต่อเนื่อง ในปัจจุบันจะมีเฉพาะสูตรที่เป็นเหยื่อผสมกับสารควบคุมการเจริญเติบโต หลักการของเหยื่อพิษ มี 2 แบบ ดังนี้

(1) การควบคุมปลวกโดยใช้สารเคมีที่ออกฤทธิ์ช้า เป็นแนวทางใหม่ในการควบคุมปลวกที่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมค่อนข้างต่ำ โดยออกฤทธิ์ขัดขวางกระบวนการการดำรงชีวิตของปลวก เช่น สารควบคุมการเจริญเติบโต (insect growth regulators; IGRS) ซึ่งมีผลยับยั้งการลอกคราบของปลวก ยับยั้งกระบวนการสร้างผนังลำตัว ซึ่งมีผลต่อการลดจำนวนประชากรลงไป จนถึงระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหาย สารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติพิเศษสามารถดึงดูดให้ปลวกเข้ามากินอาหาร และสามารถคงรูปอยู่ภายในตัวปลวกได้ดีในระยะเวลาที่เหมาะสม ที่จะเกิดการถ่ายทอดสารพิษไปสู่สมาชิกปลวกตัวอื่นๆภายในรังได้ ตัวอย่างการใช้เหยื่อล่อปลวกเป็นเหยื่อที่ผสมรวมกับสารเคมีที่ปราศจากพิษตกค้างกำจัดปลวก วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งในประเทศจีน

สหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย โดยมีการผลิตเหยื่อล่อออกมาหลายรูปแบบ ได้แก่ แบบผง เม็ดกลม เม็ดแบนและกระดาษวัตถุดิบที่ใช้ล่อปลวกมาจากวัตถุหลายชนิดที่ปลวกชอบ เช่น เศษไม้สน กากอ้อย กระดาษชำระ แกนข้าวโพด ผสมด้วยสารเคมีกำจัดปลวก 0.04% เหยื่อที่ประกอบด้วยสารเคมีกำจัดปลวก 1% สามารถป้องกันและกำจัดปลวกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(2) การควบคุมปลวกโดยใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติพิเศษในการดึงดูดให้ปลวกเข้ามากิน สารเคมีนี้สามารถคงอยู่ภายในตัวปลวกได้ดีในระยะเวลาที่เหมาะสม ที่จะถ่ายทอดไปสู่สมาชิกอื่นๆภายในรังได้ กล่าวคือ ปลวกที่ได้รับสารเคมีนี้จะไม่ตาย แต่จะเป็นตัวแพร่กระจายสารเคมีให้กับปลวกตัวอื่นๆ ในรัง โดยการสัมผัสทางปากและร่างกาย

2.3 การฉีดอัดหรือราดสารเคมีกำจัดปลวกลงดิน เพื่อทำให้ภายใต้อาคารเป็นพิษและปลวกไม่สามารถเจาะผ่านทะลุขึ้นมาได้ ซึ่งการควบคุมปลวกโดยวิธีนี้ จะใช้ในการป้องกันและกำจัดปลวกทั้งก่อนและหลังการปลูกสร้างอาคาร ทั้งนี้การควบคุมปลวกที่มีประสิทธิภาพ มีปัจจัยหนึ่งมาจากการเลือกใช้สารเคมีควบคุมปลวกที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา โดยใช้ในอัตราความเข้มข้นที่เหมาะสมตรงกับวัตถุประสงค์ เช่น ใช้สารเคมีที่ความเป็นพิษต่ำ เพื่อลดปัญหาเกี่ยวกับฤทธิ์ตกค้างซึ่งอาจเป็นอันตราย ต้องเลือกรูปแบบของสารเคมีให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน รวมทั้งเลือกอุปกรณ์และกรรมวิธีที่เหมาะสมกับสารเคมีที่จะใช้ควบคุมปลวก โดยทั่วไปสารเคมีที่นิยมใช้ฉีดอัดหรือราดเพื่อควบคุมปลวกมีหลายกลุ่ม เช่น

(1) กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต สารเคมีในกลุ่มนี้เป็นสารที่มีอันตรายต่อคนและสัตว์ รวมถึงมีพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างสารเคมีในกลุ่มนี้ เช่น chlorpyrifos, diazinon เป็นต้น โดยมักใช้ทำเป็นแนวเพื่อป้องกันปลวก และสามารถฆ่าปลวกได้ทันทีเมื่อปลวกสัมผัสกับสารเคมี

(2) กลุ่มคาร์บาเมต เป็นสารเคมีที่มีอันตรายต่อคนและสัตว์ รวมถึงมีพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างสารเคมีในกลุ่มนี้ เช่น propoxur, fenobucarb

(3) กลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ เริ่มแรกมีการใช้สารไพรีทริน ซึ่งเป็นสารสกัดจากพืชที่ถูกนำมาใช้ในการกำจัดแมลง แต่เนื่องจากสารไพรีทรินไม่คงทนต่อแสง สลายตัวเร็ว จึงมีการศึกษาปรับปรุงโครงสร้างทางเคมี แล้วสังเคราะห์ได้เป็นสารกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ขึ้นมาซึ่งมีความคงทนอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้ดีขึ้นและสามารถใช้กำจัดปลวกได้ สารในกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์เป็นสารที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทของแมลง จึงมีอันตรายต่ำต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่มีพิษสูงต่อสัตว์น้ำ สารเคมีกลุ่มนี้ที่นำมาใช้กำจัดปลวก เช่น cypermethrin, deltamethrin และ permethrin เป็นต้น

(4) กลุ่มอื่นๆ

- กลุ่มคลอโรนิโคตินิล เป็นสารเคมีที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทของแมลง เมื่อปลวกสัมผัสกับสารกลุ่มคลอโรนิโคตินิล จะทำให้ระบบประสาทผิดปกติ เช่น การเดินผิดปกติและตายได้ในที่สุด สารเคมีในกลุ่มนี้ที่ใช้ในการกำจัดปลวก เช่น imidacloprid, thiacopid เป็นต้น

- กลุ่มเฟนนีลไพราโซล เป็นสารเคมีที่มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางของแมลง โดยมีผลกระตุ้นระบบประสาทและกล้ามเนื้อของแมลงให้ทำงานมากกว่าปกติ ทำให้เกิดการชักและตายได้ สารเคมีในกลุ่มนี้ที่ใช้ในการกำจัดปลวก เช่น fipronil เป็นต้น

- กลุ่มไซเลน เช่น silafluofen เป็นต้น

- กลุ่มไพรอล เช่น chlorfenapyr เป็นต้น

1.4 สารธรรมชาติจากพืช สารธรรมชาติจากพืชเป็นสารที่สลายตัวเร็ว จึงมีอันตรายต่อสัตว์เลือดอุ่นต่ำและไม่มีมลภาวะต่อสภาพแวดล้อม จากรายงานการวิจัยพบพืชหลายชนิดมีประสิทธิภาพในการควบคุมปลวกใต้ดิน เช่น Henderson *et al*. (2001) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากรากหญ้าแฝก (*Vetiveria zizanioides*) มีฤทธิ์ไล่และฆ่าปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. Formosanus* Zhu *et al.* (2003) ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบพิมเสน (*Pogostemon cablin*) ต่อการควบคุมปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. formosanus* ผลการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นตั้งแต่ 100 มิลลิกรัมต่อทรายหนัก 1 กรัม มีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างท่อทางเดินของปลวก นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยจากใบพิมเสนยังมีพิษทางสัมผัสต่อปลวก โดยมีค่าความเป็นพิษ (LC_{50}) เท่ากับ 7.52 ไมโครกรัม/มิลลิกรัมของปลวก Raina *et al.* (2007) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มความเข้มข้น 5 พีพีเอ็ม มีพิษทางการรมต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. formosanus* ทำให้ปลวกตาย 96% ในเวลา 5 วัน โดยสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยคือสาร *d*-limonene Acda (2009) สรุปไว้ว่าน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำ (*Jatropha curcas*) ความเข้มข้นตั้งแต่ 10% ขึ้นไปมีฤทธิ์ฆ่าและไล่ปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. vastator* Santos *et al*. (2009) ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบพืช 6 ชนิด ที่มีต่อปลวกสายพันธุ์ *C. gestroi* และพบว่าสารสกัดจากใบเลี่ยน (*Melia azedarach*) มีประสิทธิภาพดีที่สุด ทำให้ปลวกตาย 100 % ในเวลา 20 วัน Ding and Hu (2010) รายงานว่าการคลุกชิ้นส่วนใบและลำต้นสดของผกากรอง (*Lantana camara*) ลงในดิน ไม่มีผลต่อการตายของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. formosanus* แต่สามารถลดการสร้างท่อทางเดินของปลวกได้ Yuan and Hu (2012) สรุปไว้ว่า สารสกัดคลอโรฟอร์มจากใบผกากรองมีพิษทางสัมผัส และมีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *Reticulitermes flavipes* ในระดับปานกลาง แต่มีฤทธิ์สูงในการไล่ปลวกชนิดดังกล่าว Acda (2014) พบว่าสารสกัดเอทานอลจากเมล็ดน้อยหน่า เมล็ดทุเรียนเทศ ความเข้มข้น 10-20% ทำให้ปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. gestroi* ตาย 87-100% ในเวลา 14 วันหลังการทดสอบ Adbullah *el al*. (2015) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหย

จากเหง้าข่ามีพิษทางการกินต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* และ *C. gestroi* โดยมีค่าความเป็นพิษเท่ากับ 3,456 และ 5,407 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

น้ำมันหอมระเหย (Essential oil)

น้ำมันหอมระเหยเป็นสารอินทรีย์ที่พืชผลิตขึ้นตามธรรมชาติ มีลักษณะเป็นของเหลวที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่สลับซับซ้อน ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติและกลิ่นแตกต่างกันไป (อมลยา, 2554) น้ำมันหอมระเหยไม่ได้เป็นส่วนของน้ำมันพืชทั้งหมด เป็นแค่บางส่วนเท่านั้น น้ำมันหอมระเหยนอกจากจะมีกลิ่นเฉพาะในแต่ละชนิดแล้ว ยังมีคุณสมบัติเป็นสารปฏิชีวนะ ซึ่งจะช่วยป้องกันต้นพืชได้ บางชนิดช่วยป้องกันต้นไม้โดยสามารถไล่แมลง บางชนิดสามารถกระตุ้นให้พืชออกดอก น้ำมันหอมระเหยมีส่วนประกอบเป็นสารเคมีมากมาย เช่น น้ำมันกุหลาบ ประกอบด้วยสารเคมีประมาณ 300 ชนิด เป็นต้น ถ้าเก็บพืชหอมสดอย่างระมัดระวังแล้วนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยกระบวนการที่ดีก็จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพดีกว่าสกัดจากพืชแห้ง 75-100 เท่า น้ำมันหอมระเหยมีประโยชน์หลายอย่าง เนื่องจากสามารถป้องกันและรักษาการติดเชื้อ ฆ่าและยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และยังช่วยฟื้นฟูสภาพผิวหนังได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประโยชน์เนื่องจากมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ ทำความสะอาดแผล ต้านไวรัส ต้านการอักเสบ กระตุ้น หรือช่วยผ่อนคลาย ทำให้สดชื่น หรือทำให้สงบเยือกเย็น น้ำมันหอมระเหยเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติขั้นทุติยภูมิ (secondary matabolites) ซึ่งส่วนใหญ่มีกระบวนการชีวสังเคราะห์มาจากหน่วยไอโซพรีน (isoprene unit) 2-3 หน่วย เกิดเป็นสารกลุ่มโมโนเทอร์พีน (monoterpene) เซสควิเทอร์พีน (sesquiterpene) และสังเคราะห์มาจากกรดชิคิมมิค (shikimic acid) เกิดเป็นสารกลุ่มฟีนิลโปรเพน (phenylpropane) พืชบางชนิดเก็บสะสมน้ำมันหอมระเหยไว้ในขนต่อมน้ำมัน เช่น วงศ์โหระพา (Labiatae) พืชบางชนิดเก็บสะสมไว้ในท่อน้ำมัน เช่น วงศ์ผักชี (Umbelliferae) พืชบางชนิดเก็บสะสมไว้ในช่องว่างของเนื้อเยื่อขนาดใหญ่ เช่น วงศ์ส้ม (Rutaceae) พืชบางชนิดเก็บสะสมไว้ในเซลล์พาเรนไคมา (parenchyma) เช่น ดอกกุหลาบ และดอกมะลิ เป็นต้น การศึกษาความหลากหลายของพืชที่สร้างน้ำมันหอมระเหย สะท้อนให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยที่พืชสร้างขึ้นและกระจายในบรรยากาศ ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศบริเวณใกล้เคียง อีกทั้งยังมีผลให้เกิดการเคลื่อนย้ายถิ่นฐานของสัตว์บางชนิด รวมทั้งการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดด้วย การที่พืชสร้างสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยและทำให้เกิดกลิ่นต่างๆกันในแต่ละชนิด ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ที่มารวมกัน ซึ่งแตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณทำให้เกิดกลิ่นที่แตกต่างกัน ชนิดและปริมาณขององค์ประกอบต่างๆ ในแต่ละพืชจะคงที่จึงทำให้เกิดเป็นกลิ่นเฉพาะตัว (กองการแพทย์ทางเลือก, 2550)

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

1. น้ำมันหอมระเหยชนิดไฮโดรคาร์บอน เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก อาจเป็น monocyclic terpene เช่น limonene, p-cymene หรือ dicyclic monoterpene เช่น pinene ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันยูคาลิปตัส น้ำมันกระวาน น้ำมันส้ม น้ำมันอบเชย

2 น้ำมันหอมระเหยชนิดแอลกอฮอล์ เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีแอลกอฮอล์เป็นองค์ประกอบหลัก อาจเป็น acyclic alcohol เช่น geraniol, citronellol หรือ monocyclic alcohol เช่น menthol, terpineol ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันสน น้ำมันดอกกุหลาบ น้ำมันดอกส้ม น้ำมันมิ้นท์

3. น้ำมันหอมระเหยชนิดอัลดีไฮด์ เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีอัลดีไฮด์เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น น้ำมันหอมระเหยเปลือกส้ม เปลือกมะนาว ต้นตะไคร้หอม เปลือกอบเชยจีน

4. น้ำมันหอมระเหยชนิดคีโตน เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีคีโตนเป็นองค์ประกอบหลักอาจเป็น monocyclic ketone เช่น menthone, carvone, piperitone, pulegone หรือเป็น dicyclic ketone เช่น camphor, fenchone, thujone ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันมิ้นท์ น้ำมันการบูร

5. น้ำมันหอมระเหยชนิดฟีนอล เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีฟีนอลเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น eugenol, thymol, carvacrol ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันกานพลู น้ำมันไทม์

6. น้ำมันหอมระเหยชนิดฟีโนลิกเอสเทอร์ เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีฟีโนลิกเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น anethole, safrole ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันจากจันทร์เทศ

7. น้ำมันหอมระเหยชนิดออกไซด์ เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น cineol (eucalyptol) ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันยูคาลิปตัส

8. น้ำมันหอมระเหยชนิดเอสเทอร์ เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น allyl isothiocyanate, methyl salicylate ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยประเภทนี้ เช่น น้ำมันมัสตาร์ด น้ำมัน Wintergreen (อมลยา, 2554)

วิธีสกัดน้ำมันหอมระเหย

1. การกลั่นด้วยน้ำร้อน (Water distillation หรือ Hydro–distillation) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการกลั่นน้ำมันหอมระเหย การกลั่นโดยวิธีนี้พืชที่ใช้กลั่นต้องจุ่มอยู่ในน้ำเดือดทั้งหมด ข้อควรระวังในการกลั่นโดยวิธีนี้คือ พืชจะได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอ ตรงกลางมักจะได้ความร้อนมากกว่าด้านข้าง มักมีปัญหาการไหม้ของตัวอย่าง กลิ่นไหม้จะปนมากับน้ำมันหอมระเหยและมีสารไม่พึงประสงค์ติดมาในน้ำมันหอมระเหยได้

2. การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam distillation) วิธีนี้เหมาะกับพืชที่เก็บสะสมน้ำมันหอมระเหยไว้ในขนต่อมน้ำมัน (glandular trichome) เช่น โหระพา เปปเปอร์มินต์ เป็นต้น หรือต่อมน้ำมัน (oil reservoir) เช่น เปลือกผลส้ม ใบมะกรูด เป็นต้น ทำได้โดยนำพืชมาวางบนตะแกรงซึ่งวางอยู่เหนือน้ำในภาชนะปิดที่ต่อกับเครื่องควบแน่น (condenser) เมื่อต้มน้ำจนเดือด ไอน้ำจะผ่านขึ้นไปสัมผัสกับพืชโดยตรงและทำให้ต่อมน้ำมันแตกออก น้ำมันจะระเหยไปพร้อมกับไอน้ำแล้วควบแน่นเป็นหยดน้ำออกมาด้วยกัน สามารถแยกชั้นน้ำกับน้ำมันออกจากกันได้ วิธีนี้จัดเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และเสียค่าใช้จ่ายน้อย

3. การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (Water and steam distillation) วิธีนี้ใช้ได้กับพืชทุกชนิด โดยเฉพาะพวกที่อาจถูกทำลายได้ง่ายเมื่อถูกต้ม ทำได้โดยวางพืชที่เปียกน้ำบนตะแกรง ต้มน้ำให้เดือดจะได้เป็นไอของน้ำที่จะผ่านพืชไปพร้อมกับน้ำมันที่ระเหย จนพบกับความเย็นเกิดการควบแน่น และสามารถแยกชั้นน้ำกับน้ำมันได้ (ภาพที่ 2.3)

ภาพที่ 2.3 วิธีสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ

4. การกลั่นทำลาย (Destructive distillation) วิธีนี้ใช้กับน้ำมันบางชนิด เช่น น้ำมันสน (pine oil) โดยใช้ไม้สนสับเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ในภาชนะเหล็กเผาด้วยอุณหภูมิสูง น้ำมันจะไหลออกมาจากเนื้อไม้ และบางส่วนถูกความร้อนทำลาย วิธีนี้จะได้น้ำมันง่ายไม่ยุ่งยาก แต่สีจะเข้ม คล้ำดำ เหมาะที่จะใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ หรือใช้ในอุตสาหกรรมทำน้ำยาฆ่าเชื้อโรค (disinfectant) ต่างๆ

5. การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) หลักการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายไม่สลับซับซ้อน ทำโดยแช่พืชที่จะสกัดในตัวทำละลายบริสุทธิ์ ซึ่งตัวทำละลายมักจะต้องระเหยง่าย มีความเป็นขั้วต่ำ กรองตัวทำละลายที่แช่พืชออก ระเหยโดยการกลั่นที่อุณหภูมิต่ำภายใต้ความดัน ส่วนที่เหลือเรียก concrete นำไปล้างด้วยแอลกอฮอล์หลาย ๆ ครั้ง เพื่อเอาสารเจือปนอื่นออก ส่วนที่ได้เรียก absolute

6. การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลวที่สภาวะเหนือวิกฤต (Supercritical carbondioxide) วิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายสูง แต่มีข้อดีเพราะเป็นสารไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟ เมื่อสกัดแล้ว แยกออกจากน้ำมันได้ง่าย เป็นสารสกัดด้วยวิธีการพิเศษที่ไม่ใช้ตัวทำละลาย (chemical solvents) สารสกัดที่ได้จะปราศจากสารปนเปื้อนตกค้างที่เป็นพิษ สามารถนำไปใช้ในกระบวนการทำงานของผิวหนังได้ โดยสารสกัดเหล่านั้นจะอยู่ในสถานะที่บริสุทธิ์และเข้มข้นมากที่สุด เทคนิคการสกัดโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลว 300 เท่าของชั้นบรรยากาศ และที่อุณหภูมิเหมาะสมประมาณ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งทำหน้าที่คล้ายกับการสกัดด้วยตัวทำละลาย หลังจากการสกัดด้วยการลดแรงดัน จะทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เปลี่ยนสถานะจากของเหลว กลับกลายเป็นก๊าซ ซึ่งจะทำให้สารที่สกัดได้ปราศจากสิ่งปนเปื้อน การใช้อุณหภูมิที่ต่ำ ทำให้สารสำคัญ (active ingredients) ยังคงอยู่และไม่ถูกทำลาย มีความใกล้เคียงกับสารที่มีอยู่ในธรรมชาติ เพราะเหตุนี้จึงทำให้สารที่สกัดด้วยกรรมวิธีนี้ยังคงคุณสมบัติของพืชนั้นๆ 100 เปอร์เซ็นต์ และปราศจากสารปนเปื้อนของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ขั้นตอนการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นวิธีการสกัดที่ให้สารสกัดจากธรรมชาติมากที่สุด

7. การสกัดด้วยไขมัน (Enfleurage) เป็นวิธีสกัดน้ำมันหอมระเหยจากกลีบดอกไม้ โดยที่น้ำมันหอมระเหยจะถูกเก็บอยู่ในเซลล์พาเรนไคมา เช่น ดอกกุหลาบ มะลิ เป็นต้น เป็นวิธีที่ได้ความหอมคล้ายธรรมชาติมากที่สุด ทำได้โดยใช้น้ำมันหรือไขมันที่ไม่มีกลิ่นเป็นตัวดูดซับน้ำมันที่ระเหยออกมาจากเซลล์ (ส่วนใหญ่ใช้ไขมันหมู วัว หรือแกะ) โดยนำตัวดูดซับแผ่บางบนถาด แล้วเอากลีบดอกไม้วางเรียงบนตัวดูดซับ เก็บไว้ในภาชนะปิด ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนกลีบดอกไม้ใหม่ทำเช่นนี้เรื่อยๆ จนตัวดูดซับดูดซับเอาน้ำมันหอมระเหยจนอิ่มตัว (pomade) จึงนำตัวดูดซับมาสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยออกด้วยแอลกอฮอล์

8. การสกัดโดยการบีบและคั้น (Hydraulic and screw press) การบีบและคั้น สามารถใช้กับพืชที่มีต่อมน้ำมัน (oil gland) เช่น ผิวส้ม มะนาว วิธีนี้ไม่ต้องใช้ความร้อน ไม่ทำให้เกิดการสลายตัว ค่าใช้จ่ายถูกแต่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันไปกับกาก

- การบีบโดยใช้แรงอัด (Expression) ทำให้น้ำมันและน้ำในเซลล์ไหลออกมา ซึ่งอาจจะอยู่ในรูป emulsion และสามารถแยกออกจากกันได้โดยการปั่นด้วยความเร็วสูง ทำให้น้ำกับน้ำมันแยกชั้นกันได้

- การสกัดจากต่อมน้ำมันของพืช (Acuelle) เป็นการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากผลของพวกส้ม ทำได้โดยให้ผลส้มกลิ้งไปบนภาชนะที่มีเข็มแหลมๆ เป็นจำนวนมาก เข็มจะแทงต่อมน้ำมัน ทำให้ต่อมน้ำมันแตกออก น้ำมันจะไหลออกมารวมกันที่รางลงไปในภาชนะที่รองรับข้างล่าง (กองการแพทย์ทางเลือก, 2550)

ชะพลู

ชะพลู (Piper sarmentosum Roxb.) มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Wildbetal leafbush จัดอยู่ในวงศ์ Piperaceae มีชื่อเรียกตามท้องถิ่นต่างๆ เช่น ผักพลูนก พลูลิง ปูลิง ปูลิงนก ผักปูนา (ภาคเหนือ) ผักอีเลิด ผักนางเลิด (ภาคอีสาน) ช้าพลู (ภาคกลาง) นมวา (ภาคใต้) ชะพลูมีถิ่นที่อยู่ตามธรรมชาติในสวนป่าทั่วไป ชะพลูเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในทุกสภาพดิน ชอบดินร่วนซุย มีอินทรียวัตถุมาก และมีความชุ่มชื้น ชอบแสงรำไร จึงมักพบชะพลูเจริญเติบโตดีในพื้นที่ชื้น มีร่มเงา โดยเฉพาะบริเวณใต้ร่มไม้ ชะพลูสามารถขยายพันธุ์ด้วยการแยกเหง้าหรือหน่อออกปลูก เหง้าที่แยกอาจเป็นต้นอ่อนหรือต้นแก่เพียง 2-3 ต้น ก็สามารถแตกกอใหญ่ได้

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชะพลูเป็นพืชล้มลุกขนาดเล็กหลายฤดู ลำต้นมีลักษณะตั้งตรงสูงประมาณ 40-50 เซนติเมตร สีเขียวเข้ม แตกหน่อและรากที่ข้อ มีข้อเป็นปม แตกกอออกเป็นพุ่มเตี้ยโตได้ดีในพื้นที่ดินชุ่ม ใบมีสีเขียวสดถึงเขียวแก่ ก้านใบยาว 1-3 เซนติเมตร ลักษณะใบเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับคล้ายรูปหัวใจ ใบกว้าง 5-10 เซนติเมตร ยาว 7-15 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบเว้า ผิวใบออกมัน แทงใบออก 2 ใบตรงข้ามกัน มีเส้นใบประมาณ 7 เส้น แทงออกจากฐานใบและซ่อใบ ใบใกล้ยอดก้านใบสั้น ดอกเป็นช่อแบบเชิงลด (spike) ออกที่ซอกใบหรือปลายกิ่ง ช่อดอกมีสีขาวและเปลี่ยนเป็นสีเขียวเมื่อแก่ ก้านช่อดอกยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร ดอกเป็นดอกแยกเพศ ผลเป็นผลสดแบบเบอร์รี (berry) เจริญบนช่อดอก มีลักษณะเป็นผลสีเขียวผิวมัน กลมเล็ก ฝังตัวในช่อดอก มีเมล็ดขนาดเล็ก (ภาพที่ 2.4) ชะพลูออกดอกมากในช่วงฤดูฝน (โครงการอนุรักษ์ทรัพยากรพันธุ์พืช, 2542; อรุณรัตน์, 2548)

(ก) (ข)

ภาพที่ 2.4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของชะพลู

(ก) ใบเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับคล้ายรูปหัวใจปลายใบแหลม โคนใบเว้า ผิวใบออกมัน แทงใบออก 2 ใบตรงข้ามกัน

(ข) ดอกเป็นช่อแบบเชิงลด ผลเป็นผลสดแบบเบอร์รี เจริญบนช่อดอก

สรรพคุณและการใช้ประโยชน์

ใบชะพลูมีรสหวาน เย็น และกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ จึงนิยมนำมาปรุงอาหารได้หลากหลายเมนู เช่น เมี่ยงคำ แกงอ่อม หรือเป็นผักเคียงทานกับข้าวยำ และน้ำพริกต่างๆ ในภาคอีสานนิยมนำมาทำแกงอ่อม นำมาทำเป็นผักกินกับลาบอีสาน ซึ่งจะให้รสชาติออกเผ็ด เย็นเล็กน้อย สำหรับสรรพคุณทางสมุนไพร ส่วนของรากพบว่า แก้อาการธาตุพิการ บรรเทาโรคเบาหวาน ขัดเบา ปวดเจ็บ ช่วยเจริญอาหาร บำรุงธาตุ แก้เมื่อย ขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ แก้ลมในกระเพาะอาหารและลำไส้ แก้ปวดท้อง ท้องเสีย แก้เสมหะ แก้อาการปัสสาวะรดที่นอน และแก้สะอึก ส่วนต้น ช่วยขับลม แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แก้ลมจุกแน่นท้อง สำหรับใบใช้เป็นยาลดเสมหะ ทำให้ชุ่มคอ แก้ธาตุพิการ (โครงการอนุรักษ์ทรัพยากรพันธุ์พืช, 2542; อรุณรัตน์, 2548) นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดใบชะพลูสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปส อะไมเลส และกลูโคซิเดส ซึ่งช่วยป้องกันโรคเบาหวาน ลดระดับน้ำตาลในเลือด (รุ่งฤดี, 2555) ปรับสมดุลของธาตุในร่างกาย (พัชรินทร์ และคณะ, 2557) รวมทั้งมีสารต้านอนุมูลอิสระหลายกลุ่ม ได้แก่ วิตามินซี เบต้า-แคโรทีน วิตามินเอ เซเลเนียม ทองแดง แมงกานีส และสังกะสี ซึ่งเป็นตัวช่วยยับยั้งกระบวนการเกิดโรคได้หลายโรค เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ และมะเร็ง ซึ่งมีกลไกยับยั้งทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยการไปจับกับอนุมูลอิสระไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อเซลล์ ชะพลูยังมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* และ *Sclerotium rolfsii* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคพืช (สุธานันทน์, 2550) ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียก่อโรค และเชื้อ *Staphylococcus aureus* สายพันธุ์ต่างๆ (สุรเดช และคณะ, 2559) ในส่วนความเป็นพิษของใบ

ชะพลูพบว่า มีพิษแบบเฉียบพลันต่ำ โดยมีค่าความเป็นพิษมากกว่า 5 กรัม/กิโลกรัม ในหนูขาว และยังมีพิษเรื้อรังในระดับต่ำอีกด้วย

องค์ประกอบทางเคมี

กันยารัตน์ และคณะ (2556) รายงานว่าการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลเป็นตัวสกัดพบสารที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ linalool, estragole, geranyl acetate, caryophyllene, α –terpineol, nerolidol, citral, anethole และ γ-terpinene นอกจากนี้ Qin *et al*. (2010) สรุปไว้ว่าการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูพบสารเป็นองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ myristicin (65.22%), trans-caryophyllene (13.89%), germacrene (3.60%), δ-cadinene (1.90%), α-copaene (1.81%), elemicine (1.53%), β -borbonene (1.33%), β-cadinene) (1.21%), eusarone (1.19%) และ trans-asarone (1.08%) ในขณะที่ Intirach *et al.* (2012) รายงานว่าองค์ประกอบหลักที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู คือ croeeacin (71.01%) และ β -caryophyllene (7.38%)

ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช

สำหรับประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหยจากชะพลูในด้านการควบคุมปลวก Chieng *et al*. (2008) ทดสอบพิษทางสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 1% โดยวิธี topical application ที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *Coptotermes* sp. ผลการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีพิษทางสัมผัสสูงต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ดังกล่าว โดยพบการตายของปลวกเท่ากับ 100% ภายในเวลา 2 วัน น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูยังมีฤทธิ์ควบคุมแมลงศัตรูผัก โดยอรทัย และ ศิริพรรณ (2551) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีพิษสูงต่อหนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) โดยมีค่าความเป็นพิษทางปากที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 4.34% และจากการศึกษา Qin *et al*. (2004) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู มีฤทธิ์ไล่และยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูยังมีฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูอื่นๆ เช่น นที และ สุภาณี (2546) พบว่า น้ำมันหอมระเหยง่ายจากใบชะพลูมีพิษสัมผัสตายต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) โดยมีค่าความเป็นพิษที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 8,864 พีพีเอ็ม เมื่อประเมินพิษสัมผัสตายโดยวิธี residual film technique ในขณะที่ Qin *et al*. (2010) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีพิษทางสัมผัสต่อตัวหนอนของแมลงดำหนามมะพร้าว (*Brontispa longissima*) รวมทั้งมีพิษทางการรมต่อไข่และดักแด้ของแมลงดังกล่าวอีกด้วย

สารธรรมชาติจากใบชะพลูในรูปของสารสกัดยังมีฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชด้วย โดย Choochote *et al*. (2006) ทดสอบฤทธิ์ฆ่าแมลงของสารสกัดเอทานอลจากพืชตระกูลพลูสามชนิด ได้แก่ ชะพลู ดีปลี (*P. retrofractum*) และสะค้าน (*P. interruptum*) ต่อยุงลายบ้าน (*Aedes*

aegypti) ผลการทดสอบพบว่า สารสกัดจากใบชะพลูมีฤทธิ์ฆ่าแมลงสูงสุด รองลงมา ได้แก่ สารสกัดจากสะค้าน และดีปลี โดยมีค่าความเป็นพิษเท่ากับ 0.14, 0.15 และ 0.26 มิลลิกรัม/ยุงลายบ้านเพศเมีย 1 ตัว ตามลำดับ Liu *et al*. 2014) รายงานว่า สารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์จากใบชะพลูมีฤทธิ์เป็นสารฆ่าไข่ของหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*) โดยมีค่าความเป็นพิษต่อไข่อายุ 1 วันเท่ากับ 1.9787%

สำหรับประสิทธิภาพของผงบดใบชะพลูในการควบคุมแมลงศัตรูพืช มีรายงานการศึกษาของ อรพิน และ ณัฏฐา (2554) พบว่า ผงบดใบชะพลูที่อัตราส่วน 5% (โดยน้ำหนัก) มีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus. zeamais*) 60% Vanichpakorn *et al*. (2017) ทดสอบพิษทางการกินของผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1, 2, 3 และ 4% (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ที่มีต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าว (*S. oryzae*) พบว่าผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 0.5- 4% มีพิษสูงมาก ทำให้ด้วงงวงข้าวตาย 95.00-100.00% ในเวลา 5 วัน ที่ความเข้มข้น 4% ทำให้ด้วงงวงข้าวตายทั้งหมดภายในเวลาเพียง 3 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าผงบดใบชะพลูทุกความเข้มข้นสามารถนำมาใช้คลุกกับเมล็ดข้าวเปลือกในระหว่างการเก็บรักษาผลผลิตได้นาน 3 เดือน โดยไม่มีการทำลายของด้วงงวงข้าว รวมทั้งไม่มีผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดข้าวเปลือก

ส้มโอ

ส้มโอ *(Citrus grandis* (L.) Orbeck) เป็นพืชในวงศ์ส้ม (Rutaceae) มีชื่อสามัญว่า Pomelo ซึ่งมีรากศัพท์มาจากภาษาดัตช์ pompelmoes ซึ่งแปลตรงตัวว่า “ส้มที่ลูกเท่าฟักทอง” มีชื่อพื้นเมืองอื่นๆอีกคือ โกร้ยตะลอง (ภาษาเขมร) มะขุน (เหนือ) มะโอ (เหนือ) ลีมาบาลี (มลายู ยะลา) และ สังอู (กะเหรี่ยง มลายู) ส้มโอเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางในตระกูลเดียวกับส้ม แหล่งกำเนิดอยู่ในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ส้มโอจัดว่าเป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย นิยมปลูกทางภาคตะวันตกของประเทศ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ส้มโอเป็นพืชที่มีลักษณะทาวพฤษศาสตร์ (ภาพที่ 2.5) ดังนี้คือ ลำต้นส้มโอมีลักษณะค่อนข้างเป็นเหลี่ยม และมีรูปทรงที่ไม่แน่นอน มีความสูงของลำต้นประมาณ 5-15 เมตร ลำต้นแตกกิ่งแขนงมาก กิ่งอ่อนมีขนปกคลุม ลำต้นและกิ่งมีหนามรูปทรงอ้วน ยาวประมาณ 1-5 เซนติเมตร ลำต้นมีทรงพุ่มบริเวณส่วนปลายของลำต้น ขนาดทรงพุ่มกว้างประมาณ 3-4 เมตร เปลือกลำต้นมีสีน้ำตาลอมเทา ส่วนเนื้อไม้มีลักษณะเหนียว แต่ไม่แข็ง กิ่งหักได้ยาก

ใบส้มโอแตกออกเป็นใบเดี่ยว เรียงวนสลับกันบนกิ่ง ใบมีขนาดใหญ่ สีเขียวเข้ม แผ่นใบหนาและเป็นมัน กว้าง 10-12 เซนติเมตร ยาว 15-20 เซนติเมตร ใบประกอบด้วยแผ่นใบ และก้านใบ โดย

ก้านใบจะมีแผ่นใบขนาดเล็กที่เรียกว่า wing ส่วนแผ่นใบมีรูปร่างคล้ายรูปไข่ยาว หรือรูปโล่ ฐานใบแหลมป้าน ปลายใบมน และมีรอยเว้าตรงกลางเป็นรูปหัวใจ ส่วนขอบใบจะมีหยักเล็กๆ แผ่นใบด้านบนมีสีเขียวเข้มเป็นมันวาว ส่วนแผ่นใบด้านล่างเป็นสีเขียวอ่อน และมีขนนุ่มปกคลุม

ดอกส้มโอออกเป็นช่อหรือออกเป็นดอกเดี่ยว แทงออกบริเวณปลายของกิ่งอ่อน ประกอบด้วยช่อดอกที่เกิดบริเวณปลายยอดและตายอดด้านข้าง แต่ละช่อมีดอก 1-20 ดอก ดอกมีขนาดใหญ่และเป็นดอกสมบูรณ์เพศที่ผสมเกสรตัวเอง แต่ละดอกมีขนาด 3-7 เซนติเมตร ประกอบด้วยกลีบเลี้ยงที่ฐานดอก 3-5 กลีบ กลีบดอกมีสีขาว รูปหอก จำนวน 4-5 กลีบ กว้างประมาณ 1.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3.5-4.0 เซนติเมตร แผ่นกลีบดอกหนา ด้านในกลีบดอกมีเกสรตัวผู้จำนวน 20-25 อัน เรียงซ้อนกันเป็นวงกลมรอบรังไข่ และมีฐานเกสรเชื่อมติดกันเป็นกลุ่ม 4-5 กลุ่ม ส่วนด้านในสุดเป็นรังไข่ที่แบ่งเป็นช่องๆ 11-16 ช่อง ดอกส้มโอจะบานจากดอกส่วนปลายก่อนและทยอยบานในดอกโคนช่อ ดอกส้มโอจะเริ่มออกเมื่อปลูกได้ประมาณ 4 ปี และให้ผลผลิตนานกว่า 10 ปี ถึง 20 ปี โดยจะเริ่มออกดอกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-มีนาคม และออกดอกมากที่สุดในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ หลังจากนั้นจะติดผล และเก็บผลได้หลังจากดอกบานประมาณ 8 เดือน หรือจะอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน

ผลส้มโอมีรูปร่างค่อนข้างกลม บางพันธุ์มีขั้วผลเรียวแหลม ผลมีขนาดใหญ่ ขนาดผลประมาณ 10-13 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียว ผลสุกมีสีเขียวอมเหลืองหรือสีเหลืองทองตามสายพันธุ์ เปลือกหนาประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร แบ่งออกเป็น 3 ชั้น ประกอบด้วยชั้นนอกสุด เรียกว่า flavedo มีสีเขียวอมเหลือง มีต่อมน้ำมันจำนวนมาก ชั้นต่อมาเรียกว่า albedo เป็นส่วนที่เป็นเนื้อเยื่ออ่อนนุ่มสีขาวที่มีความหนามาก และชั้นที่สามเป็นเนื้อเยื่อของพูที่หุ้มรอบเนื้อผล ส่วนเนื้อผลแบ่งออกเป็นกลีบๆ เรียงติดกันเป็นวงกลม แต่แกะแยกออกจากกันง่าย เรียกกลีบเนื้อผลว่า juice sac ภายในกลีบจะฉ่ำด้วยน้ำที่ให้รสหวานหรือหวานอมเปรี้ยว

ส้มโอเป็นผลไม้ที่มีเมล็ดค่อนข้างน้อย แต่บางพันธุ์มีเมล็ดมาก เมล็ดรวมกันอยู่ตรงแกนกลางของผล มีจำนวนตั้งแต่ 0-265 เมล็ด/ผล เมล็ดมีทั้งขนาดใหญ่ และขนาดเล็กสุด เมล็ดมีรูปร่างแบนและผิวย่น เปลือกเมล็ดมีสีเขียวอมเหลือง และเป็นร่องลึก ขนาดเมล็ดกว้าง 0.6-1.2 เซนติเมตร (ศูนย์วิจัยพืชยืนต้นและไม้ผลเมืองร้อน, 2554)

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2.5 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส้มโอ

(ก) ลำต้นส้มโอมีลักษณะค่อนข้างเป็นเหลี่ยมขนาดทรงพุ่มกว้างประมาณ 3-4 เมตร

(ข) ใบส้มโอแตกออกเป็นใบเดี่ยว เรียงวนสลับกันบนกิ่ง

(ค) ดอกออกเป็นช่อหรือออกเป็นดอกเดี่ยว แต่ละช่อมีดอก 1-20 ดอก

(ง) ผลส้มโอมีรูปร่างค่อนข้างกลม บางพันธุ์มีขั้วผลเรียวแหลม ผลมีขนาดใหญ่

องค์ประกอบทางเคมี

น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอที่สกัดด้วยไอน้ำ พบ limonene ปริมาณ 94.225 % ของน้ำมันหอมระเหยทั้งหมด สำหรับการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอโดยใช้ตัวทำละลายเอกเซนพบ limonene ปริมาณ 95.10% (พลอยทราย, 2553) Othman *et al*. 2016 รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ มีความอุดมไปด้วยไฮโดรคาร์บอน monoterpene ที่มี limonene เป็นส่วนประกอบหลัก จากการสกัดน้ำมันเปลือกส้มด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ พบสารที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ limonene (81.60 -96.90%), cis-carveol (1.40-1.50%) และ 1-**α**-terpineol (1.10-1.20%) ในขณะที่ Akono *et al*. (2016) สรุปไว้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอพบสารในกลุ่ม oxygenated monoterpenes เป็นปริมาณมากที่สุด (46.32%) โดยมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ iso-geranial (10.04%), octen-3-ol (7.71%) และ nerol (7.00%)

สรรพคุณและการใช้ประโยชน์

ผลส้มโอมีฤทธิ์แก้เสมหะ น้ำลายเหนียว เป็นยาระบายอ่อนๆ ช่วยเจริญอาหาร ขับลมในลำไส้ แก้เมาเหล้า เปลือกผลของส้มโอจะช่วยขับลม เสมหะ จุกแน่นหน้าอก แก้ไส้เลื่อน ใบส้มโอ แก้ไอ ช่วยย่อยอาหาร นำมาต้มพอกศีรษะแก้ปวดหัว และเป็นยาแก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ ดอกส้มโอแก้ขับลม ขับเสมหะ แก้อาการปวดกระบังลม แก้ปวดในกระเพาะอาหาร เมล็ดส้มโอใช้ประโยชน์แก้ไส้เลื่อน ลำไส้

หดตัว แก้ไอ แก้ปวดท้องน้อย และกระเพาะอาหารได้ดี (เตโชดม, 2543; นันทวัน, 2543) น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอเข้มข้น 10 % (ปริมาณ/ปริมาณ) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (วริษา และอมรรัตน์, 2552)

ประโยชน์ในการควบคุมแมลง

Raina *et al*. (2007) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอความเข้มข้น 2.5 และ 5 พีพีเอ็ม มีพิษทางการรมต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. formosanus* โดยพบอัตราการตายของปลวกสายพันธุ์ดังกล่าวเท่ากับ 49 และ 96% ตามลำดับ ที่เวลา 5 วันของการทดสอบ และพบสาร limonene เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยประมาณ 92% นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอยังมีฤทธิ์ควบคุมแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว โดย เจนจิรา และคณะ (2557) ทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารรมของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด พบว่า น้ำมันหอมระเหยความเข้มข้น 55, 70, 85 และ 100 ไมโครลิตร ทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตาย 98, 98, 96 และ 98% ที่เวลา 24 ชั่วโมง ฤชุอร และ รัชฎาพร (2558) ศึกษาประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยของพืชวงศ์ส้มด้วยวิธี impregnated filter paper พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็ม ทำให้ด้วงงวงข้าวตาย 100% ภายในเวลา 24 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 20,000 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพฆ่าด้วงงวงข้าวถึง 81.67% ภายในเวลา 48 ชั่วโมง Zia *et al*. (2013) รายงานพิษทางสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเหลือง (*C. chinensis*) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) โดยมีค่าความเป็นพิษ เท่ากับ 5.28 และ 92% ตามลำดับ ที่เวลา 168 ชั่วโมง

Ruiz *et al.* (2014) ได้ใช้ limonene ทดสอบพิษทางการรมต่อไข่ของเพลี้ยอ่อนถั่ว *(Anastrepha fratercalus*) โดยพบค่าความเป็นพิษเท่ากับ 34.04 ไมโครลิตร/มิลลิลิตร ส่วนการทดสอบพิษทางสัมผัสพบค่าความเป็นพิษเท่ากับ 0.84 ไมโครลิตร/มิลลิลิตร นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอยังมีฤทธิ์ควบคุมยุง โดย Manorenjitha *et al.* (2017) พบว่าน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 5, 10 และ 20 % มีฤทธิ์ไล่ตัวเต็มวัยของยุงลายบ้าน 52, 62.5 และ 94.7% ตามลำดับ ที่เวลา 3 ชั่วโมงหลังการทดสอบ สำหรับ Sarma *et al.* (2017) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มที่มีต่อการควบคุมยุงลายบ้าน โดยใช้ความเข้มข้น 10-1,000 พีพีเอ็ม และพบค่าความเป็นพิษต่อระยะลูกน้ำและตัวเต็มวัยของยุงเท่ากับ 61.71 และ 174.96 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

ข่า

ข่า *Alpinia galanga* (L). Willd. จัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ชื่อท้องถิ่นในภาคเหนือเรียก ข่าแดง ข่าหยวก และมีชื่อภาษาอังกฤษว่า Galangal, Greater galangal, False galangal

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ข่าเป็นไม้ล้มลุกมีเหง้าใต้ดิน สีน้ำตาลอมแสด เลื้อยขนานกับผิวดิน มีอายุหลายปี มีข้อปล้องสั้น ก้านใบแผ่เป็นกาบหุ้มซ้อนกันดูคล้ายลำต้น แตกกอสูง 1.5-2.5 เมตร ใบเดี่ยวเรียงสลับรอบลำต้นเหนือดิน ใบรูปใบหอกหรือรูปขอบขนานแกมใบหอก กว้าง 4-11 เซนติเมตร ยาว 25-45 เซนติเมตร กาบใบมีขน ปลายใบแหลม ฐานใบสอบแหลม ขอบใบเรียบเป็นคลื่น เส้นกลางใบใหญ่ ทางด้านท้องใบเป็นเส้นนูนชัด เส้นใบขนานกัน ก้านใบเป็นกาบหุ้ม ดอกช่อแยกแขนง ตั้งขึ้น ขนาดใหญ่ ออกที่ปลายยอด ก้านดอกยาว 15-20 เซนติเมตร เมื่อยังอ่อนมีสีเขียวปนเหลือง ดอกแก่สีขาวปนม่วงแดง ดอกย่อยจำนวนมากเรียงกันแน่น อยู่บนก้านช่อเดียวกัน ดอกย่อยคล้ายดอกกล้วยไม้มีขนาดเล็ก มีใบประดับย่อยเป็นแผ่นรูปไข่ กลีบดอกสีขาวแกมเขียว 3 กลีบ โคนเชื่อมติดกันตลอด ปลายแยกจากกันเป็นปาก แต่ละกลีบเป็นรูปไข่กลับ ที่ปากท่อดอกจะมีอวัยวะยาวเรียวจากโคนถึงยอดสีม่วงคล้ายตะขอ 1 คู่ ใต้อวัยวะมีต่อมให้กลิ่นหอม เกสรเพศเมียมี 1 อัน รังไข่อยู่ใต้วงกลีบ เกสรเพศผู้มี 3 อัน มี 2 อัน คล้ายกลีบดอก มีเรณู 1 อัน เกสรตัวผู้ที่เป็นหมันแผ่เป็นแผ่นคล้ายกลีบดอกสีขาว มีลายเส้นสีม่วงแดง ผลแห้งแตก รูปกระสวยหรือทรงกลม ขนาด 0.5-1 เซนติเมตร มีกลีบเลี้ยงติดอยู่ เมื่อแก่มีสีส้มแดง มี 1-2 เมล็ด (ภาพที่ 2.6) เมล็ดใช้เป็นเครื่องเทศ ดอกใช้เป็นผักจิ้มได้ ข่าออกดอกช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน (โชติอนันต์, 2551)

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2.6 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข่า

(ก) ข่าเป็นไม้ล้มลุกมีเหง้าใต้ดินมีข้อปล้องสั้น ก้านใบแผ่เป็นกาบหุ้มซ้อนกัน

(ข) ข่ามีลำต้นใต้ดินเรียกว่าเหง้า มีสีน้ำตาลอมแสด เลื้อยขนานกับผิว

(ค) ดอกช่อแยกแขนง ออกที่ปลายยอด ก้านดอกยาว 15-20 เซนติเมตร

องค์ประกอบทางเคมี

น้ำมันหอมระเหยของเหง้าข่าที่ได้จากการตรวจสอบโดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรมิเตอร์ พบองค์ประกอบหลัก คือ eucalyptol (22.63%), (1S)-(1)-β-pinene (14.36%), 1R-α-pinene (10.89%), α-terpineol (8.59%), L(-)-borneol (8.41%), (-)-camphor (4.21%), camphene (4.14%), 2,4(8)-*p*-menthadiene (2.14%), 4-carvomenthenol (3.76%) และ (Z)-geraniol (2.13%) (Wu *et al*., 2014)

สรรพคุณและการใช้ประโยชน์

ข่ามีสรรพคุณช่วยขับลมแก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ ท้องเดิน และบรรเทาอาการคลื่นไส้อาเจียน รักษาโรคผิวหนัง กลากเกลื้อน และแก้ลมพิษ สารสกัดจากข่านำมารักษาโรคได้หลายชนิด เช่น ยารักษาแผลสด แก้โรคปวดบวมตามข้อ แก้โรคหลอดลมอักเสบ ยาธาตุและยาขับลม ใช้ไล่แมลง (สำนักการแพทย์พื้นบ้าน, 2554) เหง้าข่ามีสรรพคุณใช้เป็นยาขับโลหิตที่เน่าในมดลูก รักษาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ คลื่นไส้ อาเจียน โรคกระเพาะอาหาร เมาเรือ ใช้เป็นยากระตุ้นและยาระบาย ส่วนต้นใช้รักษาบิดชนิดที่ตกเป็นโลหิต ใบใช้ทารักษากลาก ส่วนดอกใช้ทารักษาเกลื้อน ยาในรูปแบบผงใช้สูดดมลดอาการน้ำมูกไหล ส่วนของน้ำมันหอมหอมระเหยใช้เป็นน้ำหอม นอกจากนี้ยังมีการใช้เป็นยาในสัตว์ เช่น ใช้เป็นยากระตุ้นในม้า ผลมีสรรพคุณคล้ายกับเหง้า (Ly *et al*., 2001; Zhang *et al*., 2010)

นอกจากนี้ Oonmetta-aree *et al*. (2005) รายงานว่า สารสกัดเอทานอลจากเหง้าข่ามีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *S. aureus* โดยทำลายเยื่อหุ้มของแบคทีเรียทำให้เกิดการตกตะกอนของไซโทพลาสซึม และยังมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Micrococcus luteus* และ *Bacillus cereus* อีกด้วย

ประโยชน์ในการควบคุมแมลง

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าต่อการควบคุมปลวก มีรายงานวิจัยโดย Abdullah *et al*. (2015) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าความเข้มข้น 2,000 พีพีเอ็ม ทดสอบโดย วิธี filter paper test มีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ซึ่งพบอัตราการกินกระดาษของปลวกเพียง 8.16 มิลลิกรัม ที่เวลา 72 ชั่วโมง ในขณะที่สิ่งทดลองที่ไม่ใช้สาร พบอัตราการกินกระดาษของปลวกชนิดดังกล่าวสูงถึง 16.08 มิลลิกรัม โดยมีสาร 1,8-cineol เป็นสารออกฤทธิ์หลักในการยับยั้งการกินอาหารของปลวก ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าที่มีต่อแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวมีรายงานดังนี้ สังวาล และ สุภาณี (2546) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีพิษทางสัมผัสต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว โดยมีค่าความเป็นพิษที่เวลา 48 ชั่วโมงเท่ากับ 10,543 พีพีเอ็ม เมื่อทดสอบโดยวิธี impregnated filter paper แต่เป็นพิษต่อมอดแป้งต่ำ โดยมีค่าความเป็นพิษที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 24,417 พีพีเอ็ม Wu *et al*. (2014) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าที่สกัดด้วยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ มีพิษทางสัมผัสและมีพิษทางการรมสูงต่อตัวเต็มวัยของมอดยาสูบ (*Lasioderma serricorne*) โดยพิษทางสัมผัสมีค่าเท่ากับ 12.2 ไมโครกรัม/ตัว ส่วนพิษทางการรมมีค่าเท่ากับ 3.5 มิลลิกรัม/ลิตรอากาศ โดยมีสาร eucalytol เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งพบในปริมาณ 22.63% นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าที่มีต่อแมลงชนิดอื่นๆ เช่น Misni *et al*. (2017) สรุปไว้ว่า น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าในรูปแบบโลชั่นมีฤทธิ์ในการไล่ยุงรำคาญชนิด *Culex quinquefasciatus*

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเพาะเลี้ยงปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*

เก็บรวบรวมปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ด้วยการวางกับดักโดยใช้ถังพลาสติกปริมาตร 30 ลิตรที่ผ่านการเจาะรูรอบด้านพร้อมทั้งใส่ไม้ยางลงในถังเป็นเหยื่อล่อปลวกแล้วปิดฝาถัง (ภาพที่ 3.1) นำกับดักฝังดินบริเวณแปลงยางที่มีปลวก *C. curvignathus* เข้าทำลาย ของคณะเกษตรศาสตร์ อ.ทุ่งใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช เป็นเวลา 1-2 เดือน จากนั้นขุดกับดักที่มีปลวกมาไว้ในห้องปฏิบัติการ แล้วย้ายไม้ยางที่ถูกปลวกทำลายใส่ในกล่องพลาสติกสีดำขนาด 43x63.5x29 เซนติเมตร (ภาพที่ 3.1) นำปลวกที่ได้มาจำแนกชนิดโดยยึดรูปวิธานจากหนังสือชื่อ “The insects of Australia” (Watson and Gay, 1970) หรือหนังสือจำแนกปลวกของ Ahmad (1973) และผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง โดยใช้ปลวกวรรณะทหารในการจำแนกชนิด พร้อมทั้งเพาะเลี้ยงปลวกในห้องปฏิบัติการในสภาพมืด และให้น้ำเพื่อรักษาสภาพความชื้นให้เหมาะต่อการเจริญเติบโตของปลวก

(ก) (ข)

ภาพที่ 3.1 การเพาะเลี้ยงปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ในสภาพห้องปฏิบัติการ
(ก) กับดักถังน้ำสำหรับดักจับปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*
(ข) กล่องพลาสติกที่ใช้เพาะเลี้ยงปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*

3.2 การสกัดน้ำมันหอมระเหยและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

เก็บรวบรวมใบแก่ของชะพลู นำมาล้างทำความสะอาด แล้วหั่นหยาบๆ ส่วนเหง้าข่าเลือกจากต้นที่มีอายุ 1 ปีขึ้นไป นำมาตัดราก ล้างทำความสะอาด จากนั้นจึงหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ สำหรับเปลือกส้มโอเลือกผลที่สุกเอาเปลือกส่วนที่เป็นสีเขียวหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำชิ้นส่วนของพืชทดสอบที่เตรียมไว้มาใส่ในขวดกลมปริมาตร 5 ลิตร แล้วเติมน้ำ 3 ลิตร กลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง ไขเอาส่วนที่เป็นน้ำมันหอมระเหยใส่ในขวดไวแอล ปิดฝาขวดแล้วห่อด้วยกระดาษอลูมิเนียมเพื่อป้องกันแสง (ภาพที่ 3.2) นำน้ำมันหอมระเหยปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรมิเตอร์ เก็บน้ำมันหอมระเหยส่วนที่เหลือไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เพื่อรอนำไปทดสอบฤทธิ์ชีวภาพกับปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ต่อไป

(ก) (ข)

ภาพที่ 3.2 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบ

(ก) การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบโดยวิธีกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ

(ข) สีและลักษณะของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบ

3.3 การทดสอบฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ในห้องปฏิบัติการ

3.3.1 ฤทธิ์ฆ่าปลวก

3.3.1.1 พิษทางการกินและสัมผัส

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 4 ซ้ำ เพื่อทดสอบพิษทางการกินด้วยวิธีบังคับกิน (force feeding method) ดัดแปลงจากวิธีของ Sharma and Raina (1998) โดยนำน้ำหอมระเหยจากพืชทดสอบทั้ง 3 ชนิดปริมาตร 1, 2, 4, 8, 16, 20 และ 30 ไมโครลิตร ละลายในตัวทำละลายอะซิโตนปริมาตร 2 มิลลิลิตร คิดเป็นความเข้มข้น 500, 1000, 2,000, 4,000, 8,000, 10,000 และ 15,000 พีพีเอ็ม จากนั้นหยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบนกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงและชั่งน้ำหนัก เมื่อกระดาษกรองแห้งนำกระดาษกรองมาวางในจานเพาะเชื้อ แล้วย้ายปลวกงานจำนวน 20 ตัว และปลวกทหาร 2 ตัวที่ผ่านการอดอาหาร 3 ชั่วโมง ลงบนกระดาษกรอง กระดาษกรองที่หยดด้วยตัวทำละลายอะซีโตนเพียงอย่างเดียวคือชุดควบคุม หยดน้ำกลั่นลงในจานเพาะเชื้อที่มีน้ำมันหอมระเหยและชุดควบคุม 1-2 หยดทุกวัน เพื่อให้ความชื้นแก่ปลวก นำจานเพาะเชื้อที่มีปลวกทดสอบเก็บในที่มืด (ภาพที่ 3.3) บันทึกผลการตายของปลวกทุกวันเป็นเวลา 1, 3, 5 และ 7 วันหลังการทดลอง เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง ทำความสะอาดกระดาษกรองแล้วอบและชั่งน้ำหนัก คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายของปลวกตามวิธีของ Niber (1994) และคำนวณค่าความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหย (LC_{50}) โดยใช้ probit analysis พร้อมทั้งคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกระดาษที่สูญหาย ดังสมการ

การตายของแมลง (%) = (จำนวนแมลงที่ตาย/จำนวนแมลงทั้งหมด) x 100

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกระดาษที่สูญหาย} = \frac{(w1-w2)}{w1} \times 100$$

W1 = น้ำหนักกระดาษก่อนการทดลอง W2 = น้ำหนักกระดาษหลังการทดลอง

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3.3 การทดสอบพิษทางการกินและสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*

(ก) การหยดสารละลายลงบนกระดาษกรอง

(ข) ย้ายปลวกงานจำนวน 20 ตัว และปลวกทหาร 2 ตัว ลงบนกระดาษกรอง

(ค) นำจานเพาะเชื้อที่มีปลวกทดสอบเก็บในที่มืด

3.3.1.2 พิษทางการรม

การทดสอบพิษทางการรมใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ โดยนำน้ำหอมระเหยจากพืชทดสอบแต่ละชนิดปริมาตร 1, 2, 4, 8, 16, 20 และ 30 ไมโครลิตร ละลายในตัวทำละลายอะซิโตนปริมาตร 2 มิลลิลิตร คิดเป็นความเข้มข้น 500, 1000, 2,000, 4,000, 8,000, 10,000 และ 15,000 พีพีเอ็ม จากนั้นหยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบนกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร เมื่อกระดาษกรองแห้ง นำกระดาษกรองมาติดด้วยเยื่อกาวใต้ฝาภาชนะพลาสติกปริมาตร 950 มิลลิลิตร จากนั้นนำกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร ที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนัก มาใส่ในจานเพาะเชื้อ แล้วย้ายปลวกงานจำนวน 20 และปลวกทหาร 2 ตัวที่ผ่านการอดอาหารเป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำจานเพาะเชื้อที่มีปลวกทดสอบใส่ในก้นภาชนะพลาสติกแล้วปิดฝาภาชนะให้แน่น ใช้กระดาษกาวย่นพันรอบฝาภาชนะอีกครั้ง ชุดควบคุมคือกระดาษกรองที่ผ่านการหยดด้วยตัวทำละลายอะซิโตนเพียงอย่างเดียว นำจานเพาะเชื้อที่มีปลวกทดสอบเก็บในที่มืด (ภาพที่ 3.4) บันทึกจำนวนปลวกที่ตายที่เวลา 1, 3, 5 และ 7 วันหลังการทดสอบ เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบนำกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร มาทำความสะอาด อบกระดาษอีกครั้งและชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การตายของปลวกตามวิธีของ Niber (1994) และคำนวณค่าความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหย โดยใช้ probit analysis พร้อมทั้งคำนวณเปอร์เซ็นต์การกินกระดาษของปลวก ตามสมการดังกล่าวแล้วข้างต้น

(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ)

ภาพที่ 3.4 การทดสอบพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*

(ก) หยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบนกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร

(ข) นำกระดาษกรองมาติดด้วยเยื่อกาวใต้ฝาภาชนะพลาสติกปริมาตร 950 มิลลิลิตร

(ค) ย้ายปลวกงานจำนวน 20 และปลวกทหาร 2 ตัว ลงบนกระดาษกรอง

(ง) นำจานเพาะเชื้อที่มีปลวกทดสอบใส่ในก้นภาชนะพลาสติกแล้วปิดฝาภาชนะให้แน่น

(จ) นำจานเพาะเชื้อที่มีปลวกทดสอบเก็บในที่มืด

3.3.2 ฤทธิ์ไล่ปลวก

การทดสอบฤทธิ์ไล่ปลวกใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ โดยเตรียมสารละลายของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดความเข้มข้น 500, 1000, 2,000, 4,000, 8,000, 10,000 และ 15,000 พีพีเอ็ม ใช้การทดสอบแบบมีตัวเลือก (choice trial) ดัดแปลงจากวิธีของ McDonald *et al.* (1970) โดยตัดกระดาษกรองเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตรออกเป็นสองส่วนเท่ากัน แล้วหยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรลงบนกระดาษกรองส่วนแรก และหยดตัวทำละลายอะซิโตนบนกระดาษกรองส่วนที่สอง (ชุดควบคุม) เมื่อกระดาษกรองแห้ง ใช้สกอตเทปยึดกระดาษกรองทั้งสองส่วนเป็นวงกลมเหมือนเดิม แล้วใส่กระดาษกรองในจานเพาะ จากนั้นย้ายปลวกงานจำนวน 20 ตัว และปลวกทหาร 2 ตัวที่ผ่านการอดอาหารเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ลงบนตรงกลางของกระดาษกรอง (ภาพที่ 3.5) บันทึกจำนวนปลวกบนกระดาษกรองทั้งสองส่วน ที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6, และ 24 ชั่วโมงหลังการทดสอบ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงตามวิธีของ Liu *el al.* (2006) ดังสมการ

เปอร์เซ็นต์การไล่แมลง = (C-E) x 100 /T

C = จำนวนแมลงบนกระดาษกรองด้านที่ไม่ใช้สาร

E = จำนวนแมลงบนกระดาษกรองด้านที่ใช้สาร

T = จำนวนแมลงทั้งหมด

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3.5 การทดสอบฤทธิ์ไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*

(ก) ตัดกระดาษกรองเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตรออกเป็นสองส่วนเท่ากัน

(ข) หยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรลงบนกระดาษกรองส่วนแรก และหยดตัวทำละลายอะซิโตนบนกระดาษกรองส่วนที่สอง (ชุดควบคุม)

(ค) ย้ายปลวกงานจำนวน 20 ตัว และปลวกทหาร 2 ตัว ลงบนตรงกลางของกระดาษกรอง

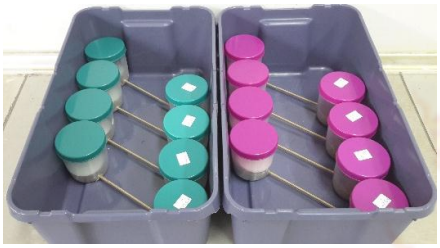
3.3.3 ฤทธิ์ยับยั้งการสร้างท่อทางเดินของปลวก

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการสร้างท่อทางเดินของปลวก ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ ดัดแปลงจากวิธีทดสอบของ Chauhan and Raina (2006) โดยเตรียมสารละลายของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดในตัวทำละลายอะซิโตน จนได้ความเข้มข้น 7 ระดับ ได้แก่ 500, 1000, 2,000, 4,000, 8,000, 10,000 และ 15,000 พีพีเอ็ม แล้วหยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงบนทรายละเอียดน้ำหนัก 2 กรัมที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นคลุกให้ทั่ว รอจนตัวทำละลายระเหยหมด จึงบรรจุทรายละเอียดที่ผ่านการหยดน้ำมันหอมระเหยในท่อแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ยาว 15 เซนติเมตร นำท่อแก้วมาเชื่อมต่อระหว่างภาชนะพลาสติกปริมาตร 250 มิลลิลิตร 2 ใบ ที่ผ่านการเจาะรูบริเวณด้านล่างของภาชนะ โดยภาชนะพลาสติกแต่ละใบบรรจุทรายละเอียดน้ำหนัก 70 กรัมและทำให้ชื้นโดยหยดน้ำ 1.2 มิลลิลิตร ที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว ย้ายปลวกงานจำนวน 20 ตัว และปลวกทหาร 2 ตัว ที่ผ่านการอดอาหารเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ลงในภาชนะพลาสติกใบใดใบหนึ่ง และใส่กระดาษกรองเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร ในภาชนะพลาสติกที่ไม่มีปลวก ปิดฝาภาชนะพลาสติกทั้งสองใบ เก็บภาชนะพลาสติกทดสอบในที่มืด (ภาพที่ 3.6) และหยดน้ำกลั่นในภาชนะพลาสติกที่มีปลวกจำนวน 3 หยดทุกวัน ชุดควบคุมคือทรายละเอียดที่ผ่านการหยดด้วยตัวทำละลายอะซิโตนเพียงอย่างเดียว บันทึกระยะทางที่ปลวกสร้างท่อทางเดินหรือที่ปลวกเคลื่อนที่ในท่อแก้วจากด้านที่เชื่อมกับภาชนะที่มีปลวกไปยังภาชนะที่มีกระดาษกรอง ที่เวลา 7, 10, 14 และ 21 วันหลังการทดสอบ และบันทึกจำนวนปลวกที่ตายหลังเสร็จสิ้นการทดสอบ

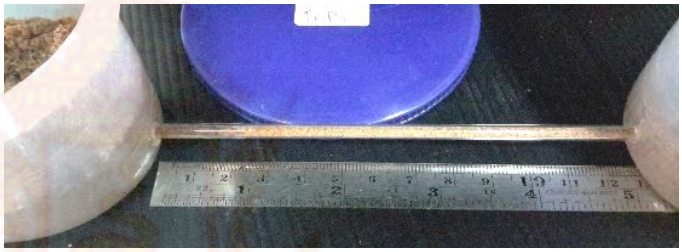
(ก)

(ข)

(ค)



(ง)



(จ)

ภาพที่ 3.6 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบต่อการสร้างท่อทางเดินของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*

(ก) หยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยลงบนทรายละเอียดน้ำหนัก 2 กรัมที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

(ข) นำท่อแก้วบรรจุทรายที่ผ่านการคลุกน้ำมันหอมระเหยมาเชื่อมต่อระหว่างภาชนะพลาสติกปริมาตร 250 มิลลิลิตร 2 ใบ

(ค) ย้ายปลวกงานจำนวน 20 ตัว และปลวกทหาร 2 ตัว ลงในภาชนะพลาสติกใบใดใบหนึ่ง และใส่กระดาษกรองเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร ในภาชนะพลาสติกที่ไม่มีปลวก

(ง) เก็บภาชนะพลาสติกที่ทำการทดสอบในที่มืด

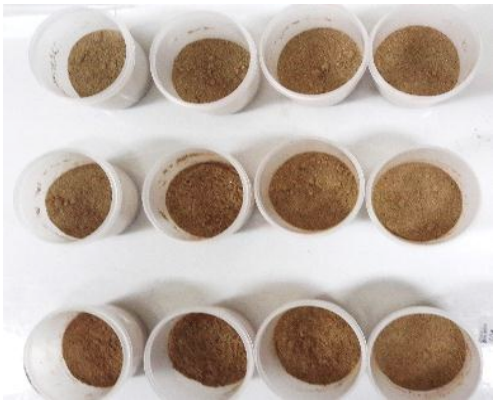
(จ) บันทึกระยะทางที่ปลวกเคลื่อนที่ในท่อแก้ว

3.3.4 ประสิทธิภาพในการรักษาเนื้อไม้

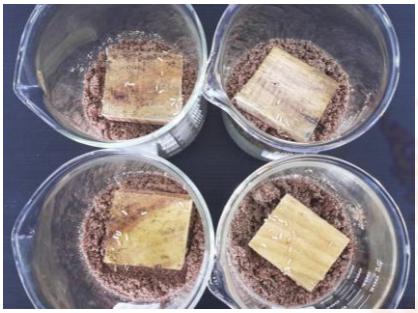
วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ ทดลองโดยตัดไม้ให้มีขนาด 4×5×2 เซนติเมตร (กว้างxยาวXสูง) นำไปอบฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นอบไม้อีกครั้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก นำไม้ที่ผ่านการอบมาแช่ในสารละลายของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดความเข้มข้น 500, 1000, 2,000, 4,000, 8,000, 10,000 และ 15,000 พีพีเอ็ม ปริมาตร 400 มิลลิลิตรที่บรรจุอยู่ในบิกเกอร์ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร แช่นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไม้มาวางไว้ในตู้ดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก เติมทรายละเอียดที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อจุลินทรีย์จำนวน 150 กรัม ลงไปในบิกเกอร์ปริมาตร 600 มิลลิลิตร และทำให้ทรายชื้นโดยหยดน้ำ 25 มิลลิลิตร วางไม้ที่ผ่านการแช่น้ำมันหอมระเหยลงบนทราย ย้ายปลวกงานจำนวน 20 ตัว และปลวกทหาร 2 ตัว ใส่ในบิกเกอร์ ปิดปากภาชนะด้วยกระดาษฟลอยด์ นำบิกเกอร์ที่มีปลวกทดสอบเก็บในที่มืด (ภาพที่ 3.7) เมื่อครบกำหนด 30 วัน บันทึกจำนวนปลวกที่ตาย จากนั้นล้างทำความสะอาดไม้ อบไม้อีกครั้งจนแห้งและชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การตายของปลวก พร้อมทั้งคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม้ที่สูญหายตามสมการดังกล่าวแล้วข้างต้น

(ก)

(ข)



(ค)



(ง)

(จ)

ภาพที่ 3.7 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบในการรักษาเนื้อไม้ต่อจากการทำลายของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*

(ก) นำไม้ที่ผ่านการอบแล้วมาแช่ในตัวทำละลายของน้ำมันหอมระเหย

(ข) นำไม้มาวางไว้ในตู้ดูดความชื้น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

(ค) เติมทรายละเอียดที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อจุลินทรีย์จำนวน 150 กรัม

(ง) วางไม้ที่ผ่านการแช่น้ำมันหอมระเหยลงบนทรายและย้ายปลวกงานบนไม้

(จ) ปิดปากภาชนะด้วยกระดาษฟลอยด์ นำบิกเกอร์ที่มีปลวกทดสอบเก็บในที่มืด

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ชีวภาพสูงสุดในห้องปฏิบัติการ ต่อการควบคุมปลวกใต้ดิน *C. curvignathus* ในสวนยาง

นำน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบทั้ง 3 ชนิด ความเข้มข้น 25,000 พีพีเอ็ม มาทดสอบผลต่อการควบคุมปลวกใต้ดิน *C. curvignathus* ในสวนยาง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Blocks Design, RCBD) จำนวน 5 สิ่งทดลอง 4 ซ้ำ ดังนี้ 1) น้ำมันหอมระเหยส้มโอความเข้มข้น 25,000 พีพีเอ็ม 2) น้ำมันหอมระเหยชะพลูความเข้มข้น 25,000 พีพีเอ็ม 3) น้ำมันหอมระเหยข่าความเข้มข้น 25,000 พีพีเอ็ม 4) สารฆ่าแมลงสังเคราะห์ฟิโพรนิล และ 5) น้ำเปล่าหรือชุดควบคุม การทดสอบทำโดยตัดไม้ให้มีขนาด 5×18×2 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) นำไปอบฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นอบไม้อีกครั้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไม้ที่ผ่านการอบแล้ว มาแช่ในตัวทำละลายของน้ำมันหอมระเหย หรือสารฆ่าแมลงสังเคราะห์ หรือน้ำเปล่า เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไม้ออกมาตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนักไม้ ใส่ไม้ที่ผ่านการแช่สารจำนวน 10 ชิ้น ในกับดักถังพลาสติกปริมาตร 4.5 ลิตร ที่ผ่านการเจาะรูรอบด้าน นำกับดักถังพลาสติกไปฝังรอบต้นยางที่มีปลวกใต้ดิน *C. curvignathus* เป็นเวลา 3 เดือน (ภาพที่ 3.8) เมื่อครบกำหนดเวลา ขุดกับดักถังพลาสติกแต่ละสิ่งทดลอง นับจำนวนปลวกทั้งหมดที่พบ แล้วล้างทำความสะอาดไม้ ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งแล้วอบอีกครั้ง ชั่งน้ำหนักหลังอบ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม้ที่สูญหาย พร้อมทั้งประเมินความเสียหายของไม้ที่ถูกปลวกทำลายตามเกณฑ์ของ Ameican Wood Protection Association (AWPA, 2009) โดยแบ่งคะแนนจาก 0-10 ดังนี้ คะแนน 10 หมายถึงไม้ปกติไม่ถูกทำลาย คะแนน 9.5 หมายถึง ผิวไม้ถูกแทะเล็กน้อย คะแนน 9 หมายถึง ไม้ถูกทำลายเล็กน้อยไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ คะแนน 8 หมายถึง ไม้ถูกทำลายปานกลางไม่เกิน 3-10 เปอร์เซ็นต์ คะแนน 7 หมายถึง ไม้ถูกทำลายปานกลาง/รุนแรง 10-30 เปอร์เซ็นต์ คะแนน 6 หมายถึง ไม้ถูกทำลายรุนแรง 30-50 เปอร์เซ็นต์ คะแนน 4 หมายถึง ไม้ถูกทำลายรุนแรงมาก 50-70 เปอร์เซ็นต์ และคะแนน 0 หมายถึง ไม้ถูกทำลายมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์หรือทั้งหมด

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

(ฉ)

ภาพที่ 3.8 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการควบคุมปลวกใต้ดิน *C. curvignathus* ในสวนยาง

(ก) ตัดไม้ให้มีขนาด 5×18×2 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง)

(ข) นำไม้ที่ผ่านการอบแล้ว มาแช่ในสารละลายของน้ำมันหอมระเหย หรือสารฆ่าแมลงสังเคราะห์ หรือ น้ำเปล่า เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

(ค) นำไม้ออกมาตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

(ง) ชั่งน้ำหนักไม้

(จ) ใส่ไม้ที่ผ่านการแช่สารจำนวน 10 ชิ้น ในกับดักถังพลาสติกเจาะรูรอบด้าน

(ฉ) นำกับดักถังพลาสติกที่บรรจุไม้ยางผ่านการแช่สารฝังรอบต้นยางที่มีปลวกใต้ดิน *C. curvignathus* เป็นเวลา 3 เดือน

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลทั้งหมด มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติตามแผนการทดลองแบบแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ด้วยโปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Ducan's Multiple Range Test (DMRT

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

ผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ โดยวิธีกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ พบว่า เปลือกส้มโอให้ปริมาณผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยสูงสุดเท่ากับ 0.80% โดยน้ำมันที่ได้มีสีใส รองลงมา ได้แก่ ใบชะพลู และเหง้าข่า ซึ่งได้ผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 0.30 และ 0.13% ตามลำดับ โดยน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูมีสีเหลืองอ่อน ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีสีเหลืองเข้ม (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบที่ได้จากการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ

ชนิดพืช	ส่วนที่ใช้	ผลผลิตที่ได้	
		สี	เปอร์เซ็นต์
ชะพลู	ใบ	สีเหลืองอ่อน	0.30
ข่า	เหง้า	สีเหลืองเข้ม	0.13
ส้มโอ	เปลือก	ใส	0.80

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู พบสารที่เป็นองค์ประกอบจำนวน 133 ชนิด โดยมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ 1,3-benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)- (46.96%) รองลงมาได้แก่ β-caryophyllene (5.55%), β-pinene (5.14%), 8-ISOPROPYL-1-METHYL-5-METHYLENE-1,6-CYCLODECADIENE (3.05% α-copaene (2.97%), (naphthalene,decahydro-4a-methyl-1-methylene-7-(1-methylethenyl)-, [4aR-(4aα7α,8a. β)]- (2.90%) , (1 H)-pyrrole (2.88%) , 2 -ISOPROPENYL-4 A,8 -DIMETHYL-1 ,2 ,3 ,4 ,4 A,5 ,6 ,8 A-OCTAHYDRONAPHTHALENE (2.52%), (1S,2E,6E,10R)-3,7,11,11-tetramethylbicyclo[8.1.0]undeca-2,6-diene (2.21%), δ-

cadinene (1.60%), 2,4-DIISOPROPENYL-1-METHYL-1-VINYLCYCLOHEXANE (1.41%), α-humulene (1.41%) และ 1,5,9-cyclododecatriene, 1,5,9-trimethyl- (1.28%) ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู

ชนิดสาร	RT (นาที)	ปริมาณที่พบ (%)
β-Pinene	4.21	5.14
α-Copaene	12.55	2.97
(1H)-pyrrole	13.17	2.88
2,4-DIISOPROPENYL-1-METHYL-1-VINYLCYCLOHEXANE	14.85	1.41
β-Caryophyllene	15.00	5.55
α-Humulene	16.64	1.41
8-ISOPROPYL-1-METHYL-5-METHYLENE-1,6-CYCLODECADIENE	17.53	3.05
Naphthalene, decahydro-4a-methyl-1-methylene-7-(1-methylethenyl)-, [4aR-(4aα,7α,8a.)β]-	17.75	2.90
2-ISOPROPENYL-4A,8-DIMETHYL-1,2,3,4,4A,5,6,8A-OCTAHYDRONAPHTHALENE	17.87	2.52
(1S,2E,6E,10R)-3,7,11,11-Tetramethylbicyclo[8.1.0]undeca-2,6-diene	18.08	2.21
δ-Cadinene	18.64	1.60
1,5,9-Cyclododecatriene, 1,5,9-trimethyl-	18.69	1.28
1,3-Benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)-	28.62	46.96

สำหรับสารที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีจำนวน 135 ชนิด โดยสารที่เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ eucalyptol (44.42%), (1S,4R,5R)-1,3,3-trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octen-5-yl acetate (6.47%), phenol, 4-(2-propenyl)-, acetate (6.25%) รองลงมา ได้แก่ phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-, acetate (4.18%), cis-β-farnesene (3.78%), BICYCLO[2.2.1]HEPT-2-ENE, 1,7,7-TRIMETHYL- (3.33%), α-terpineol (1.59%),

methyleugenol (1.51%), 2 -oxabicyclo[2 .2 .2]octan-6 -ol, 1 ,3 ,3 -trimethyl-, acetate (1.44%), farnesol, acetate (1.37%), β-bisabolene (1.35%), β -caryophyllene (1.34%), 2 ,6 -octadien-1 -ol, 3 ,7 -dimethyl-, acetate, (Z)- (1.14%), chavicol (1 .13%), β-pinene (1.07%), dodecanoic acid, 1,2,3,-propenetriyl ester (1.07%), β-myrcene (1.04%) และ γ-terpinene (1.01%) (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่า

ชนิดสาร	RT (นาที)	ปริมาณที่พบ (%)
β-Pinene	4.20	1.07
β-Myrcene	5.10	1.04
BICYCLO[2.2.1]HEPT-2-ENE, 1,7,7-TRIMETHYL-	5.82	3.33
Eucalyptol	6.03	44.42
γ-Terpinene	6.78	1.01
β-Caryophyllene	14.99	1.34
cis-β-Farnesene	16.65	3.78
α-Terpineol	17.28	1.59
2-Oxabicyclo[2.2.2]octan-6-ol, 1,3,3-trimethyl-,acetate	17.89	1.44
β-Bisabolene	17.98	1.35
(1S,4R,5R)-1,3,3-Trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octen-5-yl acetate	18.15	6.47
2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	18.62	1.14
Phenol, 4-(2-propenyl)-, acetate	22.77	6.25
Methyleugenol	23.93	1.51
Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-, acetate	28.46	4.18
Farnesol, acetate	28.55	1.37
chavicol	29.96	1.13
Dodecanoic acid, 1,2,3,-propenetriyl ester	41.93	1.07

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ พบสารที่เป็นองค์ประกอบจำนวน 4 ชนิด โดยมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลักส่วนใหญ่เป็น d-limonene (83.77%) ส่วนสารที่พบเป็นองค์ประกอบตัวอื่นๆ ได้แก่ β-myrcene (5.39%), bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)- (2.91%) และ β-pinene (1.82%) ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ

ชนิดสาร	RT (นาที)	ปริมาณที่พบ (%)
β-Pinene	12.39	1.82
Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	14.43	2.91
β-Myrcene	15.06	5.39
D-Limonene	17.39	83.77

4.2 ฤทธิ์ฆ่าปลวก

4.2.1 พิษทางการกินและสัมผัส

ผลการทดสอบพิษทางการกินและสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ระหว่างสิ่งทดลองแต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ โดยอัตราการตายของปลวกขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยรวมทั้งระยะเวลาที่ทดสอบ (ตารางที่ 4.5) น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าความเข้มข้น 15,000 พีพีเอ็ม มีพิษทางการกินและสัมผัสสูงสุดในวันแรกของการทดสอบทำให้ปลวกตาย 95.00% รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 15,000 พีพีเอ็ม มีพิษทางการกินและสัมผัสสูงเช่นกัน พบการตายของปลวกเท่ากับ 86.12% ส่วนน้ำมันหอมที่ทำให้ปลวกตายรองลงมาในระดับปานกลาง ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 10,000, 8,000 และ 4,000 พีพีเอ็ม น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าและน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 10,000 พีพีเอ็ม (51.91-75.99%) ในขณะสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางการกินและสัมผัสต่ำกว่า 50 % หรือไม่มีพิษทางการกินและสัมผัส

วันที่สามหลังการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยมีพิษทางการกินและสัมผัสต่อปลวกสูงขึ้น โดยน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม และ

น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าความเข้มข้น 15,000 พีพีเอ็ม ทำให้ปลวกตาย 100% น้ำมันหอมระเหยที่มีพิษทางการกินและสัมผัสสูงรองลงมา ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าความเข้มข้น 10,000 และ 8,000 พีพีเอ็ม น้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 8,000 และ 4,000 พีพีเอ็ม ซึ่งพบการตายของปลวก (85.79-98.69%) ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 2,000, 1,000 และ 500 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 8,000 และ 4,000 พีพีเอ็ม มีพิษทางการกินและสัมผัสปานกลาง (53.82-76.78%) ส่วนสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางการกินและสัมผัสต่ำกว่า 50%

วันที่ห้าของการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสามชนิดมีพิษทางการกินและสัมผัสส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง ซึ่งได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 2,000-15,000 พีพีเอ็ม น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าความเข้มข้น 8,000-15,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 4,000-15000 พีพีเอ็ม ทำให้ปลวกตาย (90.42-100%) น้ำมันหอมระเหยที่มีพิษปานกลางทำให้ปลวกตาย 53.75-75.97% ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 1,000 แล 500 พีพีเอ็ม น้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าความเข้มข้น 4,000 พีพีเอ็มน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 500-2,000 พีพีเอ็ม ส่วนน้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าความเข้มข้น 500-2,000 พีพีเอ็ม มีพิษทางการกินและสัมผัสต่ำทำให้ปลวกตายเพียง 2.50-26.25%

วันสุดท้ายของการทดสอบ แสดงให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสามชนิด มีพิษทางการกินต่อปลวกสูง โดยพบว่าน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอทุกความเข้มข้น รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าความเข้มข้น 8,000-15,000 พีพีเอ็ม มีพิษทางการกินและสัมผัสสูง (90.56-100%) มีเพียงน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าความเข้มข้น 4,000 พีพีเอ็ม ที่มีพิษทางการกินและสัมผัสปานกลาง 74.86% ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าความเข้มข้น 500-2000 พีพีเอ็ม มีพิษต่อปลวกต่ำ (2.50-46.39%) ในขณะที่สิ่งทดลองชุดควบคุมไม่พบการตายของปลวก

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นพิษ (LC_{50}) ทางการกินและสัมผัสของมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด ที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. coptotermes* พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีพิษสูงสุด โดยมีค่า LC_{50} ที่เวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน เท่ากับ 3,420.88, 637.70, 407.00 และ 21.78 พีพีเอ็ม รองลงมา ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอและเหง้าข่า ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาการซ้อนทับกันของค่า CL ของ LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด ผลปรากฏว่าค่า LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูและเปลือกส้มโอ แตกต่างทางสถิติกับค่า LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยเหง้าข่า

นอกจากนี้ยังพบว่าค่า LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูแตกต่างทางสถิติกับค่า LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอ ที่เวลา 1 และ 3 วัน หลังการทดสอบ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่เวลา 5 และ 7 วัน หลังการทดสอบ (ตารางที่ 4.6)

เมื่อพิจารณาน้ำหนักกระดาษกระดาษที่สูญหายหลังการทดสอบพิษทางกินและสัมผัส พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง กล่าวคือ สิ่งทดลองที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอความเข้มข้น 10,000 พีพีเอ็ม พบน้ำหนักกระดาษสูญหายน้อยสุดเท่ากับ 1.32% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูและน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าทุกความเข้มข้น รวมทั้งสิ่งทดลองชุดควบคุมซึ่งพบน้ำหนักกระดาษสูญหายมากสุด 8.38% แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนักกระดาษที่สูญหายระหว่างความเข้มข้นต่างๆของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ (ตารางที่ 4.9)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยการตายสะสมของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ จากการทดสอบพิษทางการกินและสัมผัสโดยวิธีบังคับกิน

ชนิดพืช	ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	ค่าเฉลี่ยการตายสะสม (mean ± SE, %)[1/]			
		1 วัน	3 วัน	5 วัน	7 วัน
ชะพลู	500	17.63±2.37^{ij}	57.50±4.46^{d}	69.31±5.34^{b}	95.97±2.64^{a}
	1,000	26.58±1.18^{hi}	53.82±4.66^{de}	65.70±1.85^{bc}	97.36±1.53^{a}
	2,000	45.53±2.62^{fg}	76.78±3.62^{bc}	90.70±1.46^{a}	100.00±0.00^{a}
	4,000	55.72±3.61^{d-f}	85.79±5.74^{ab}	98.61±1.39^{a}	100.00±0.00^{a}
	8,000	60.72±4.35^{de}	94.87±2.15^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}
	10,000	75.99±3.67^{bc}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}
	15,000	86.12±2.33^{ab}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}
ข่า	500	0.00±0.00^{k}	1.25±1.25^{i}	2.50±2.50^{e}	2.50±2.50^{d}
	1,000	0.00±0.00^{k}	1.25±1.25^{i}	10.70±6.05^{e}	12.08±7.37^{d}
	2,000	0.00±0.00^{k}	10.39±5.69^{hi}	26.25±10.28^{d}	46.39±16.78^{c}
	4,000	0.00±0.00^{k}	21.60±7.47^{gh}	61.67±4.41^{bc}	74.86±7.05^{b}
	8,000	24.01±9.41^{hi}	96.05±2.52^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}
	10,000	68.16±7.84^{cd}	96.12±2.51^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}
	15,000	95.00±2.04^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}
ส้มโอ	500	6.25±2.39^{jk}	29.47±3.24^{fg}	53.75±3.30^{c}	90.56±2.81^{ab}
	1,000	20.13±3.41^{h-j}	42.24±2.80^{ef}	69.72±4.24^{b}	96.11±2.42^{a}
	2,000	18.88±3.65^{ij}	49.87±3.75^{de}	75.97±4.07^{b}	98.61±1.39^{a}
	4,000	34.15±2.21^{gh}	64.08±2.11^{cd}	90.42±4.79^{a}	100.00±0.00^{a}
	8,000	43.09±1.85^{fg}	71.64±5.59^{c}	98.61±1.39^{a}	100.00±0.00^{a}
	10,000	51.91±3.13^{ef}	89.80±3.63^{ab}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}
	15,000	65.72±2.86^{c-e}	98.69±1.32^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}
ชุดควบคุม		0.00±0.00^{k}	0.00±0.00^{i}	0.00±0.00^{e}	0.00±0.00^{d}

[1/] ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

ตารางที่ 4.6 ค่าความเป็นพิษ (LC_{50}) ทางการกินและสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*

ชนิดพืช	เวลา (วัน)	LC_{50} (%)	95% CL	Slope±SE	χ^2(df)
ชะพลู	1	3,420.88	2,820.30-4,119.15	1.33±0.12	7.03(5)
ข่า	1	9,264.02	6,951.60-11,576.91	6.79±0.70	31.60(5)
ส้มโอ	1	9,891.89	7,972.93-12,992.93	1.33±0.15	6.52(5)
ชะพลู	3	637.70	242.68-901.45	1.54±0.14	16.09(5)
ข่า	3	5,222.98	4,127.06-6,182.08	7.52±0.70	17.23(5)
ส้มโอ	3	1,840.29	890.93-2,982.28	1.40±0.12	21.05(5)
ชะพลู	5	407.00	111.58-677.74	1.91±0.22	15.97(5)
ข่า	5	3,095.62	2,310.67-3,793.74	4.68±0.48	13.97(5)
ส้มโอ	5	559.96	303.12-816.40	1.69±0.16	8.60(5)
ชะพลู	7	21.78	0.00-115.72	1.25±0.49	1.44(5)
ข่า	7	2,369.63	1,939.94-2,825.02	3.98±0.32	9.19(5)
ส้มโอ	7	61.06	3.44-161.26	1.42±0.37	0.71(5)

95% CL หมายถึง 95% Confidence limit

4.2.2 พิษทางการรม

ผลการทดสอบพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. coptotermes* พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ระหว่างสิ่งทดลองแต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ (ตารางที่ 4.7) น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอทุกความเข้มข้นมีพิษทางการรมต่ำในวันแรกของการทดสอบ โดยน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 15,000 พีพีเอ็ม ทำให้ปลวกตายสูงสุด 31.25% ในขณะที่สิ่งทดลองที่เหลือไม่มีพิษทางการรมหรือมีพิษทางการรมต่ำ (0.00-23.75%)

ในวันที่สามหลังการทดสอบ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีพิษทางการรมสูงสุดความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม ทำให้ปลวกตาย 89.87 และ 70.99% ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 8,000 พีพีเอ็ม น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 15,000 พีพีเอ็ม มีพิษทางการรมปานกลาง (50.59-64.47%) ในขณะที่สิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางการรมต่ำกว่า 50%

ในวันที่ห้าของการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสามชนิดมีพิษทางการรมสูงขึ้น โดยน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 8,000-15,000 พีพีเอ็ม น้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม น้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม มีพิษทางการรมสูงมากทำให้ปลวกตาย (84.54-100%) ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 4,000 และ 2,000 พีพีเอ็ม น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าและเปลือกส้มโอความเข้มข้น 8,000 พีพีเอ็ม มีพิษทางการรมต่อปลวกปานกลาง ทำให้ปลวกตาย (52.50-75.53%) สำหรับสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางการรมต่ำกว่า 50%

วันสุดท้ายของการทดสอบ ผลปรากฏว่า สิ่งทดลองที่ทำให้ปลวกตายทั้งหมด 100% ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูและเหง้าข่าความเข้มข้น 8,000-15000 พีพีเอ็ม และเปลือกส้มโอความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม สำหรับน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 4,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอ 8,000 พีพีเอ็ม มีพิษทางการรมสูงเช่นกันทำให้ปลวกตาย 98.69 และ 83.22% ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 500-2,000 พีพีเอ็ม น้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าความเข้มข้น 1,000-4,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 4,000 และ 2,000 พีพีเอ็ม มีปานกลางทำให้ปลวกตาย (50.00-76.91%) ในขณะที่สิ่งทดลองที่เหลือไม่มีพิษทางการรมต่ำ ในขณะที่สิ่งทดลองชุดควบคุมไม่พบการตายของปลวก

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด ที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. coptotermes* น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูมีความเป็นพิษสูงสุด โดยมีค่า LC_{50} ที่เวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน เท่ากับ 25,385.54, 5,989.64, 1,482.54 และ 689.43 พีพีเอ็ม ตามลำดับ รองลงมา ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยเหง้าข่า และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาการซ้อนทับกันของค่า CL ของ LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด พบว่า ค่า LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู แตกต่างจากน้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าและเปลือกส้มโออย่างมีนัยสำคัญยิ่งทุกช่วงเวลาที่ทดสอบ (ตารางที่ 4.8)

เมื่อพิจารณาน้ำหนักกระดาษกระดาษที่สูญหายหลังการทดสอบพิษทางรม พบว่า สิ่งทดลองที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าความเข้มข้น 15,000 พีพีเอ็ม พบน้ำหนักกระดาษสูญหายน้อยสุดเท่ากับ 1.20% ไม่แตกต่างทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากเหง่าความเข้มข้นอื่นๆ และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 8,000 พีพีเอ็ม รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 15,000 พีพีเอ็ม ซึ่งมีน้ำหนักกระดาษสูญหายในช่วง 1.46-2.79% แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสิ่งทดลองที่เหลือ รวมทั้งชุดควบคุมซึ่งมีน้ำหนักกระดาษสูญหายมากสุด 13.27% (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยการตายสะสมของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ จากการทดสอบพิษทางการรม

ชนิดพืช	ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	ค่าเฉลี่ยการตายสะสม (mean ± SE, %)[1/]			
		1 วัน	3 วัน	5 วัน	7 วัน
ชะพลู	500	0.00±0.00^{i}	12.63±1.37^{i-l}	37.24±4.03^{ef}	50.00±5.20^{ef}
	1,000	2.50±1.44^{hi}	20.13±3.41^{g-j}	43.55±2.31^{d-f}	60.26±3.23^{be}
	2,000	1.25±1.25^{hi}	20.13±3.41^{g-j}	52.57±2.38^{d}	75.53±3.46^{bc}
	4,000	5.00±2.04^{f-i}	27.83±2.41^{g}	75.53±2.80^{c}	98.69±1.32^{a}
	8,000	10.00±2.04^{e-g}	50.59±3.30^{de}	98.67±1.32^{a}	100.00±0.00^{a}
	10,000	17.50±1.44^{b-d}	70.99±2.90^{b}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}
	15,000	31.25±2.39^{a}	89.87±2.05^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}
ข่า	500	2.50±1.44^{hi}	6.25±2.39^{k-m}	19.15±3.62^{h}	35.72±5.08^{g}
	1,000	3.75±1.25^{g-i}	15.13±2.81^{h-k}	31.84±5.25^{fg}	54.94±5.75^{be}
	2,000	7.50±1.44^{f-i}	23.95±2.96^{g-i}	42.30±2.38^{d-f}	65.33±2.69^{cd}
	4,000	8.75±1.25^{f-h}	26.51±2.17^{gh}	47.37±5.94^{de}	76.91±5.48^{bc}
	8,000	20.00±3.54^{bc}	39.15±2.78^{f}	73.03±2.57^{c}	100.00±0.00^{a}
	10,000	20.00±2.04^{bc}	50.59±1.59^{de}	84.54±3.79^{bc}	100.00±0.00^{a}
	15,000	23.75±2.39^{b}	64.47±3.81^{bc}	96.25±2.39^{ab}	100.00±0.00^{a}
ส้มโอ	500	0.00±0.00^{i}	2.50±1.44^{lm}	17.96±1.51^{h}	30.72±3.40^{g}
	1,000	0.00±0.00^{i}	6.32±1.23^{k-m}	21.84±1.51^{gh}	40.99±1.72^{fg}
	2,000	1.25±1.25^{hi}	10.13±0.13^{j-m}	32.04±1.05^{fg}	55.07±2.76^{be}
	4,000	3.75±2.39^{g-i}	17.63±3.13^{g-k}	40.86±4.11^{d-f}	65.20±5.21^{cd}
	8,000	7.50±1.44^{f-i}	25.26±2.74^{gh}	52.50±4.08^{d}	83.22±3.43^{b}
	10,000	11.25±1.25^{d-f}	47.96±4.84^{ef}	88.42±3.92^{ab}	100.00±0.00^{a}
	15,000	16.25±2.39^{c-e}	59.34±4.63^{cd}	98.68±1.32^{a}	100.00±0.00^{a}
ชุดควบคุม		0.00±0.00^{i}	0.00±0.00^{m}	0.00±0.00^{i}	0.00±0.00^{h}

[1/] ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

ตารางที่ 4.8 ค่าความเป็นพิษ (LC_{50}) ทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus*

ชนิดพืช	เวลา (วัน)	LC_{50} (%)	95% CL	Slope±SE	χ^2(df)
ชะพลู	1	25,385.54	16,084.50-19,742,839.84	2.78±0.66	10.65(5)
ข่า	1	48,252.70	26,891.88-229,948.58	1.50±0.36	3.51(5)
ส้มโอ	1	41,385.36	-	2.59±0.98	14.26(5)
ชะพลู	3	5,989.64	3,049.37-11,460.97	1.85±0.19	30.76(5)
ข่า	3	11,075.10	8,870.40-14,802.81	1.36±0.16	5.84(5)
ส้มโอ	3	13,119.31	11,203.95-16,481.54	2.25±0.33	7.48(5)
ชะพลู	5	1,482.54	731.18-2,418.04	1.97±0.15	37.70(5)
ข่า	5	2,844.51	1,734.25-4,266.02	1.61±0.13	18.20(5)
ส้มโอ	5	3,905.80	1,258.05-8,518.66	1.80±0.15	53.70(5)
ชะพลู	7	689.43	364.55-997.46	2.17±0.20	15.67(5)
ข่า	7	1,041.17	509.41-1,609.84	1.94±0.15	23.64(5)
ส้มโอ	7	1,574.88	729.54-2,566.91	1.72±0.13	28.37(5)

95% CL หมายถึง 95% Confidence limit

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักกระดาษที่สูญหายในสิ่งทดลองที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ จากการทดสอบพิษทางการกินและสัมผัส และพิษทางการรม

ชนิดพืช	ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักกระดาษที่สูญหาย (mean ± SE, %)[1/]	
		พิษทางการกินและสัมผัส	พิษทางการรม
ชะพลู	500	5.01±0.14^{ef}	7.81±0.25^{b}
	1,000	5.05±0.11^{ef}	7.82±0.45^{b}
	2,000	5.13±0.12^{d-f}	6.31±0.24^{bc}
	4,000	4.10±0.32^{f}	6.54±0.30^{bc}
	8,000	4.49±0.26^{f}	5.57±0.33^{c}
	10,000	3.94±0.44^{fg}	3.37±0.52^{de}
	15,000	4.68±0.67^{f}	2.79±0.80^{d-g}
ข่า	500	8.35±0.37^{a}	1.70±0.24^{e-g}
	1,000	7.94±0.19^{a}	1.46±0.34^{fg}
	2,000	7.52±0.17^{a-c}	2.19±0.24^{d-g}
	4,000	7.74±0.22^{ab}	2.41±0.17^{d-g}
	8,000	6.09±0.20^{de}	2.17±0.14^{d-g}
	10,000	6.47±0.32^{b-d}	2.04±0.22^{d-g}
	15,000	6.29±0.26^{c-e}	1.20±0.25^{g}
ส้มโอ	500	1.91±0.14^{hi}	5.11±0.54^{c}
	1,000	1.90±0.16^{hi}	3.65±0.38^{d}
	2,000	2.77±0.49g^{h}	3.59±0.25^{d}
	4,000	1.62±0.15^{hi}	3.28±0.28^{de}
	8,000	1.67±0.10^{hi}	2.65±0.31^{d-g}
	10,000	1.32±0.17^{i}	3.05±0.33^{d-f}
	15,000	1.95±0.31^{hi}	2.90±0.29^{d-f}
ชุดควบคุม		8.38±0.91^{a}	13.27±0.74^{a}

[1/] ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

4.3 การทดสอบฤทธิ์ไล่ปลวก

ผลการทดสอบฤทธิ์ไล่ของน้ำมันหอมระเหยทั้งสามชนิดต่อปลวก *C. curvignathus* พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลองทุกช่วงเวลาที่ทดสอบ (ตารางที่ 4.10) ชั่วโมงแรกของการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม มีฤทธิ์ไล่ปลวกสูงสุด 97.50% ในขณะที่ความความเข้มข้น 1,000-8,000 พีพีเอ็ม มีฤทธิ์ไล่ปลวกปานกลาง ส่วนความความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม มีฤทธิ์ไล่ปลวกต่ำ (22.50%) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าทุกความเข้มข้นมีฤทธิ์ไล่ปลวกสูงมากในช่วง 87.50-92.50% สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอทุกความเข้มข้นมีฤทธิ์ไล่แมลงปานกลาง 47.50-60.00%

ชั่วโมงที่สองหลังการทดสอบ ปรากฏว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบทั้ง 3 ชนิด มีฤทธิ์ไล่ปลวกสูงขึ้น โดยน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 15,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าความเข้มข้น 2,000 และ 8,000 พีพีเอ็ม สามารถไล่ปลวกได้ 100% ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูและเหง้าข่าความเข้มข้นที่เหลือมีฤทธิ์ไล่ปลวกสูงมากเช่นกันในช่วง 72.50-97.50% ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอมีฤทธิ์ไล่ปลวกปานกลาง โดยมีเปอร์เซ็นต์การไล่ปลวกในช่วง 52.50-75.00%

ชั่วโมงที่สามหลังการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูและเหง้าข่ายังคงมีฤทธิ์ไล่สูงมากในระดับ 87.50-100% ยกเว้นน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม มีฤทธิ์ไล่ลดลงเหลือ 70.00% โดยน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ไล่ปลวก 100% ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 8,000 และ 15,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าความเข้มข้น 2,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอมีฤทธิ์ไล่ปลวกลดลงเหลือ 25.00-65.00%

ชั่วโมงที่สี่ของการทดสอบ ผลปรากฏว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูมีฤทธิ์ไล่ปลวกสูงขึ้นในช่วง 77.50-100% โดยความเข้มข้น 2,000-15,000 พีพีเอ็ม สามารถไล่ปลวกได้ 100% รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าความเข้มข้น 15,000 พีพีเอ็ม ส่วนน้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าความเข้มข้น 500-10,000 พีพีเอ็ม มีฤทธิ์ไล่ปลวกงมากเช่นกันในช่วง 80.00-95.00% ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอมีฤทธิ์ไล่ปลวกต่ำถึงปานกลางในช่วง 25.00-62.50%

ชั่วโมงสุดท้ายของการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 2,000-15,000 พีพีเอ็ม ยังคงมีฤทธิ์ไล่ปลวกสูงมาก 95.00-100% ส่วนความเข้มข้น 1,000 และ 500 พีพีเอ็ม มีฤทธิ์ไล่ปลวกลดลงเป็น 67.50 และ 22.50% ตามลำดับ สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีฤทธิ์ไล่ปลวกลดลงเล็กน้อยในระดับ 57.50-97.50% ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอมีทธิ์ไล่ปลวกสูงขึ้นเมื่อเทียบกับชั่วโมงที่สี่มาอยู่ในระดับ 57.50-85.00%

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ปลวกในห้าช่วงเวลาที่ทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 15,000 พีพีเอ็ม มีฤทธิ์ไล่ปลวกสูงสุด สามารถไล่ปลวกได้ 99.50% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าความเข้มข้น 500-1,000 พีพีเอ็ม (79.50-81.00%) น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 500-2,000 พีพีเอ็ม (54.50-76.00%) และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอทุกความเข้มข้น (47.00-65.50%) ฤทธิ์ไล่ปลวกของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 15,000 พีพีเอ็มแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับน้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าความเข้มข้น 2,000-15,000 พีพีเอ็ม (90.50-96.00%) และน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 4,000-10,000 พีพีเอ็ม (89.50-98.00%) จากผลการทดสอบในภาพรวมชี้ให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีฤทธิ์ไล่ปลวกสูงสุด (89.71%) รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู (84.57%) และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอ (57.07%) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ

ชนิดพืช	ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	ค่าเฉลี่ยการไล่ปลวก (mean ± SE, %)[1/]					
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย
ชะพลู	500	22.50±11.09^{e}	80.00±4.08^{a-e}	70.00±14.72^{a-d}	77.50±8.54^{a-d}	22.50±10.31^{c}	54.50±7.31^{hi}
	1,000	52.50±6.29^{d}	82.50±4.79^{a-e}	87.50±7.50^{a-c}	90.00±5.77^{a}	67.50±7.50^{ab}	76.00±4.13^{e-g}
	2,000	55.00±10.41^{d}	72.50±2.50^{b-g}	87.50±9.47^{a-c}	100.00±0.00^{a}	95.00±2.89^{a}	82.00±4.57^{b-e}
	4,000	65.00±2.88^{b-d}	85.00±6.46^{a-c}	97.50±2.50^{ab}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	89.50±3.36^{a-e}
	8,000	70.00±7.07^{a-d}	97.50±2.50^{ab}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	95.00±2.89^{a}	92.50±2.98^{a-d}
	10,000	97.50±2.50^{a}	95.00±8.89^{ab}	97.50±2.50^{ab}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	98.00±0.92^{ab}
	15,000	97.50±2.50^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	99.50±0.50^{a}
							84.57
ข่า	500	90.00±4.08^{ab}	90.00±0.00^{a-c}	87.50±2.50^{a-c}	80.00±8.17^{a-c}	57.50±8.54^{b}	81.00±3.62^{c-e}
	1,000	92.50±4.79^{ab}	72.50±13.77^{b-g}	90.00±7.07^{a-c}	82.50±7.50^{ab}	60.00±7.07^{b}	79.50±4.38^{d-f}
	2,000	92.50±4.79^{ab}	100.00±0.00^{a}	100.00±0.00^{a}	87.50±7.50^{a}	87.50±4.79^{ab}	93.50±2.21^{a-d}
	4,000	92.50±4.79^{ab}	97.50±2.50^{ab}	95.00±2.89^{ab}	95.00±2.89^{a}	72.50±6.29^{ab}	90.50±2.66^{a-e}
	8,000	90.00±5.77^{ab}	100.00±0.00^{a}	95.00±2.89^{ab}	90.00±7.07^{a}	97.50±2.50^{a}	94.50±1.98^{a-d}
	10,000	87.50±6.29^{a-c}	92.50±4.79^{a-c}	100.00±0.00^{a}	90.00±4.08^{a}	95.00±2.89^{a}	93.00±1.93^{a-d}
	15,000	92.50±4.79^{ab}	95.00±2.89^{ab}	95.00±2.89^{ab}	100.00±0.00^{a}	97.50±2.50^{a}	96.00±1.34^{a-c}
							89.71

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ชนิดพืช	ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	ค่าเฉลี่ยการไล่ปลวก (mean ± SE, %)[1/]					
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย
ส้มโอ	500	52.50±12.50^{d}	60.00±9.13^{e-g}	25.00±13.23^{f}	57.50±4.79^{d-f}	82.50±4.79^{ab}	55.50±5.69^{hi}
	1,000	47.50±11.09^{de}	70.00±5.77^{c-g}	30.00±12.91^{ef}	52.50±6.29^{ef}	67.50±16.52^{ab}	53.50±5.59^{hi}
	2,000	57.50±4.79^{cd}	52.50±2.50^{g}	30.00±10.80^{ef}	25.00±6.46^{f}	70.00±17.80^{ab}	47.00±5.58^{i}
	4,000	60.00±4.08^{b-d}	67.50±2.69^{d-g}	42.50±11.09^{d-f}	42.50±4.79^{e-g}	57.50±8.57^{b}	54.00±3.73^{hi}
	8,000	55.00±8.66^{d}	57.50±7.50^{fg}	65.00±6.45^{b-d}	40.00±4.08^{f-g}	85.00±8.66^{ab}	60.50±4.44^{hi}
	10,000	57.50±8.54^{cd}	75.00±8.66^{a-e}	60.00±4.08^{c-e}	62.50±7.50^{d-e}	72.50±8.54^{ab}	65.50±3.44^{f-h}
	15,000	57.50±8.54^{cd}	60.00±8.17^{e-g}	60.00±9.13^{c-e}	60.00±2.69^{c-f}	80.00±4.08^{ab}	63.50±3.42^{gh}
							57.07

[1/] ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test

4.4 ฤทธิ์ยับยั้งต่อการสร้างท่อทางเดินของปลวก

การทดลอบฤทธิ์ยับยั้งประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด ต่อการสร้างท่อทางเดินปลวกสายพันธุ์ *C. coptotermes* ปรากฏผลดังตารางที่ 4.11 กล่าวคือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลองแต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ ซึ่งฤทธิ์ยับยั้งการสร้างท่อทางเดินปลวกขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย ช่วงเจ็ดวันแรกของการทดสอบไม่พบการเคลื่อนที่ของปลวกในท่อแก้วของสิ่งทดลองที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 4,000-15,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอความเข้มข้น 15,000, 8,000 และ 4,000 พีพีเอ็ม ส่วนสิ่งทดลองที่เหลือพบการเคลื่อนที่ของปลวกในท่อแก้วเป็นระยะทาง 22.50-63.75, 23.75-150.00 และ 61.25-150 มิลลิเมตร ในสิ่งทดลองที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 500-2,000 พีพีเอ็ม น้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าความเข้มข้น 500-15,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 10,000 และ 500-2000 พีพีเอ็ม ตามลำดับ รวมทั้งพบว่าปลวกสามารถเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 150 มิลลิเมตรในสิ่งทดลองชุดควบคุม

วันที่สิบหลังการทดสอบ ไม่พบการเคลื่อนที่ของปลวกในท่อแก้วของสิ่งทดลองที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 8,000-15,000 พีพีเอ็ม รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 15,000, 8,000 และ 4,000 พีพีเอ็ม ในขณะที่สิ่งทดลองที่เหลือพบการเคลื่อนที่ของปลวกเพิ่มขึ้นนเป็นระยะทาง 7.50-150.00 มิลลิเมตร

วันที่สิบสี่หลังการทดสอบ ยังคงไม่พบการเคลื่อนที่ของปลวกในท่อแก้วของสิ่งทดลองที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 8,000-15,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอความเข้มข้น 15,000, 8,000 และ 4,000 พีพีเอ็ม ส่วนสิ่งทดลองที่เหลือพบการเคลื่อนที่ของปลวกป็นระยะทาง 10.00-150.00 มิลลิเมตร ซึ่งปลวกเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับวันที่สิบ

วันสุดท้ายของการทดสอบ ผลปรากฏว่า เฉพาะสิ่งทดลองที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 15,000, 8,000 และ 4,000 พีพีเอ็ม มีฤทธิ์ยับยั้งการเคลื่อนที่ของปลวกในท่อแก้วอย่างสมบูรณ์ ส่วนสิ่งทดลองที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 8,000 พีพีเอ็ม พบการเคลื่อนที่ของปลวกในท่อแก้วเป็นระยะทางเล็กน้อยเพียง 2.50 มิลลิเมตร สำหรับสิ่งทดลองที่เหลือปลวกยังคงเคลื่อนที่ในท่อแก้วเป็นระยะทางเพิ่มขึ้น 10.00-150.00 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* เคลื่อนที่ในท่อแก้วบรรจุทรายผสมน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ที่เวลา 21 วัน

ชนิดพืช	ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ปลวกเคลื่อนที่ (Mean± SE, มิลลิเมตร)[1/]			
		7 วัน	10 วัน	14 วัน	21 วัน
ชะพลู	500	63.75±6.88^{b-f}	81.25±4.27^{b-d}	90.00±4.08^{a-c}	111.25±4.27^{ab}
	1,000	43.75±5.54^{d-f}	61.25±5.15^{b-e}	65.00±3.54^{b-f}	77.50±3.23^{bc}
	2,000	22.50±11.09^{ef}	38.75±9.66^{c-e}	40.00±8.90^{c-f}	58.75±7.18^{b-e}
	4,000	0.00±0.00^{f}	15.00±9.57^{e}	17.50±8.54^{ef}	31.25±6.58^{c-e}
	8,000	0.00±0.00^{f}	0.00±0.00^{e}	0.00±0.00^{f}	2.50±2.50^{e}
	10,000	0.00±0.00^{f}	0.00±0.00^{e}	0.00±0.00^{f}	0.00±0.00^{e}
	15,000	0.00±0.00^{f}	0.00±0.00^{e}	0.00±0.00^{f}	0.00±0.00^{e}
ข่า	500	150.00±0.00^{a}	150.00±0.00^{a}	150.00±0.00^{a}	150.00±0.00^{a}
	1,000	100.00±29.16^{a-d}	101.25±28.31^{a-c}	102.50±27.73^{a-c}	103.75±27.19^{ab}
	2,000	121.25±28.75^{ab}	121.25±28.75^{ab}	121.25±28.75^{ab}	121.25±28.75^{ab}
	4,000	112.50±37.50^{a-c}	112.50±37.50^{ab}	112.50±37.50^{ab}	112.50±37.50^{ab}
	8,000	72.50±16.39^{b-e}	82.50±23.94^{b-d}	83.75±23.22^{b-d}	85.00±22.55^{bc}
	10,000	57.50±17.85^{c-f}	67.50±15.88^{b-e}	71.25±15.33^{b-e}	73.75±15.46^{bc}
	15,000	23.75±9.44^{ef}	23.75±9.44^{de}	23.75±9.44^{d-f}	23.75±9.44^{c-e}
ส้มโอ	500	150.00±0.00^{a}	150.00±0.00^{a}	150.00±0.00^{a}	150.00±0.00^{a}
	1,000	147.50±2.50^{a}	150.00±0.00^{a}	150.00±0.00^{a}	150.00±0.00^{a}
	2,000	61.25±31.65^{b-f}	61.25±31.65^{b-e}	61.25±31.65^{b-f}	66.25±28.68^{b-d}
	4,000	0.00±0.00^{f}	0.00±0.00^{e}	0.00±0.00^{f}	0.00±0.00^{e}
	8,000	0.00±0.00^{f}	0.00±0.00^{e}	0.00±0.00^{f}	0.00±0.00^{e}
	10,000	6.25±6.25^{f}	7.50±7.50^{e}	10.00±7.07^{ef}	10.00±7.07^{de}
	15,000	0.00±0.00^{f}	0.00±0.00^{e}	0.00±0.00^{f}	0.00±0.00^{e}
ชุดควบคุม		150.00±0.00^{a}	150.00±0.00^{a}	150.00±0.00^{a}	150.00±0.00^{a}

[1/] ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

4.5 ประสิทธิภาพในการรักษาเนื้อไม้

ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการรักษาเนื้อไม้ของสารละลายน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ ปรากฏผลดังตารางที่ 4.12 กล่าวคือ สิ่งทดลองที่ผ่านการแช่น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 8,000-15,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 10,000-15,000 พีพีเอ็ม ทำให้ปลวกตายสูงสุดเท่ากับ 100% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่น้ำมันหอมระเหยเหง้าข่าความเข้มข้น 500-8,000 พีพีเอ็ม (44.73-85.58%) น้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 500-4,000 พีพีเอ็ม (27.68-73.95%) น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 500-1,000 พีพีเอ็ม (30.09-63.32%) และสิ่งทดลองชุดควบคุมซึ่งไม่พบการตายของปลวก

เมื่อพิจารณาน้ำหนักไม้ที่สูญหาย พบว่า สิ่งทดลองชุดควบคุมมีน้ำหนักไม้ที่สูญหายสูงสุดเท่ากับ 2.63% ต่างแตกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่น้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีน้ำหนักไม้ที่สูญหายในช่วง 0.11-1.13% โดยสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่น้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 10,000 พีพีเอ็ม มีน้ำหนักไม้ที่สูญหายต่ำสุดเท่ากับ 0.11% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 1,000 และ 500 พีพีเอ็ม ซึ่งมีน้ำหนักไม้ที่สูญหายสูงสุดเท่ากับ 1.13 และ 1.11% แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสิ่งทดลองที่เหลือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยการตายและน้ำหนักไม้ที่สูญหายจากการกินไม้ของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ที่เวลา 30 วัน

ชนิดพืช	ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	ค่าเฉลี่ยการตาย (Mean± SE, %)[1/]	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักไม้ที่สูญหาย (Mean± SE, %)[1/]
ชะพลู	500	30.09±4.75^{h}	1.11±0.35^{bc}
	1,000	63.32±4.38^{ef}	1.13±0.21^{b}
	2,000	88.28±4.31^{a-e}	0.61±0.17^{b-e}
	4,000	88.47±6.52^{a-c}	0.43±0.16^{b-e}
	8,000	100.00±0.00^{a}	0.20±0.04^{de}
	10,000	100.00±0.00^{a}	0.17±0.04^{de}
	15,000	100.00±0.00^{a}	0.15±0.03^{de}
ข่า	500	44.73±5.37^{g}	0.79±0.17^{b-e}
	1,000	48.03±2.25^{g}	0.99±0.25^{b-d}
	2,000	72.27±2.73^{e}	0.81±0.24^{b-e}
	4,000	76.52±4.67^{c-e}	0.21±0.20^{de}
	8,000	85.58±2.42^{b-d}	0.34±0.10^{b-e}
	10,000	92.30±3.25^{ab}	0.23±0.06^{de}
	15,000	98.75±1.25^{ab}	0.19±0.04^{de}
ส้มโอ	500	27.68±2.63^{h}	0.75±0.14^{b-e}
	1,000	51.19±3.00^{fg}	0.44±0.07^{b-e}
	2,000	63.62±3.75^{ef}	0.59±0.10^{b-e}
	4,000	73.95±3.85^{de}	0.29±0.07^{c-e}
	8,000	96.05±2.52^{ab}	0.14±0.03^{de}
	10,000	100.00±0.00^{a}	0.11±0.03^{e}
	15,000	100.00±0.00^{a}	0.21±0.03^{de}
ชุดควบคุม		0.00±0.00^{i}	2.63±0.61^{a}

[1/] ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

4.6 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการควบคุมปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ในสวนยาง

4.6.1 จำนวนปลวกในกับดัก

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เหง้าข่า และ เปลือกส้มโอ ต่อการควบคุมปลวก *C. curvignathus* ในสวนยางเปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงฟิโปรนิล โดยนำไม้ยางที่ผ่านการแช่น้ำมันหอมระเหยหรือสารฆ่าแมลงใส่ในกับดัก และฝังกับดักบริเวณที่มีปลวกเป็นเวลา 3 เดือน ผลปรากฏว่า ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของจำนวนปลวกระหว่างสิ่งทดลอง โดยสิ่งทดลองที่ใช้น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูและสารฆ่าแมลงฟิโปรนิลไม่พบปลวกในกับดัก ส่วนสิ่งทดลองที่ใช้น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าและเปลือกส้มโอ พบปลวกในกับดักจำนวน 348.67 และ 1,405.33 ตัว ตามลำดับ ส่วนสิ่งทดลองชุดควบคุมพบปลวกสูงสุดจำนวน 2,897.67 ตัว (ตารางที่ 4.13)

4.6.2 น้ำหนักไม้ที่สูญหาย

เมื่อพิจารณาน้ำหนักไม้ที่สูญหายแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า สิ่งทดลองใช้สารฆ่าแมลงฟิโปรนิล มีน้ำหนักไม้สูญหายต่ำสุดเท่ากับ 0.52% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสิ่งทดลองชุดควบคุมซึ่งมีน้ำหนักไม้สูญหายสูงสุดเท่ากับ 4.90% แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนักไม้ที่สูญหายระหว่างสิ่งทดลองที่ใช้สารฆ่าแมลงฟิโปรนิลกับน้ำมันหอมระเหย โดยสิ่งทดลองที่ใช้น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ มีน้ำหนักไม้ที่สูญหาย 0.52, 0.98 และ 2.02% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)

4.6.3 คะแนนความเสียหายของไม้

การประเมินความเสียหายของไม้จากการทำลายของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ในสิ่งทดลองที่ใช้น้ำมันหอมระเหย สารฆ่าแมลงฟิโปรนิล และชุดควบคุม ผลปรากฏว่า สิ่งทดลองที่ใช้สารฆ่าแมลงฟิโปรนิลมีค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินความเสียหายของไม้เท่ากับ 10 ซึ่งหมายถึงไม้อยู่ในสภาพดีไม่ถูกปลวกทำลาย แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินความเสียหายของไม้เท่ากับ 8.1 หมายถึงไม้ถูกปลวกทำลายปานกลางไม่เกิน 3-10% และไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างสิ่งทดลองที่ใช้สารฆ่าแมลงฟิโปรนิลกับสิ่งทดลองที่ใช้น้ำมันหอมระเหย โดยสิ่งทดลองที่ใช้น้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ มีค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินความเสียหายของไม้เท่ากับ 9.83, 9.40 และ 8.93 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยจำนวนปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* น้ำหนักไม้ที่สูญหาย และคะแนนการประเมินความเสียหายของไม้ ในกับดักที่ใช้น้ำมันหอมระเหยเปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงฟิโปรนิล

สิ่งทดลอง	จำนวนปลวก (Mean± SE, ตัว)	น้ำหนักไม้ที่สูญหาย (Mean± SE, %)[1/]	คะแนนการประเมินไม้ (Mean± SE)[1/]
ชะพลู	0.00±1,074.89	0.52±1.13[b]	9.83±0.51[ab]
ข่า	348.67±1,074.89	0.98±1.13[b]	9.40±0.51[ab]
ส้มโอ	1,405.33±1,074.89	2.02±1.13[ab]	8.93±0.51[ab]
ฟิโปรนิล	0.00±1,074.89	0.23±1.13[b]	10.00±0.51[a]
ชุดควบคุม	2,897.67±1,074.89	4.90±1.13[a]	8.10±0.51[b]

[1/] ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมแมลงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ และถูกส่งเสริมให้มีการพัฒนาจนสามารถทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ได้ เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยมีความเป็นพิษต่ำต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีฤทธิ์ชีวภาพค่อนข้างกว้าง และมีสารที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีจำนวนมาก ทำให้แมลงสร้างความต้านทานต่อสารค่อนข้างช้า เมื่อเปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงสังเคราะห์ที่มีสารออกฤทธิ์เพียงชนิดเดียว อีกทั้งน้ำมันหอมระเหยจากพืชสามารถสกัดได้ง่าย ยิ่งเป็นพืชท้องถิ่นที่หาได้ง่ายในปริมาณมาก จะช่วยลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรจากการซื้อสารเคมีสังเคราะห์ที่มีราคาแพงอีกด้วย

ผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ โดยวิธีกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด 0.80% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู และเหง้าข่า ซึ่งได้ปริมาณผลผลิตเท่ากับ 0.30 และ 0.13% ตามลำดับ สาเหตุเนื่องจากลักษณะทางกายภาพของเปลือกส้มโอมีต่อมน้ำมันจำนวนมาก กระจายทั่วส่วนเปลือก จึงส่งผลให้สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยได้ค่อนข้างมาก จักรพันธ์ และคณะ (2552) รายงานว่าการสกัดน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอด้วยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 0.40% ซึ่งปริมาณผลผลิตน้ำมันหอมระเหยที่ได้แตกต่างจากผลการทดลอง

ครั้งนี้ อาจเนื่องจากความแตกต่างของสภาพแวดล้อมในการปลูกพืช อายุ พันธุ์พืช รวมทั้งวิธีสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู พบสารที่เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1,3-benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)- (46.96) β-caryophyllene (5.55%) และ β-pinene (5.14%) ส่วนสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่า ได้แก่ eucalyptol (44.42%) (1S,4R,5R)-1,3,3-trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octen-5-yl acetate (6.47%) phenol, 4-(2-propenyl)-, acetate (6.25%) ในขณะที่องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอพบสารที่เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ d-limonene (83.77%) β-myrcene (5.39%) bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)- (2.91%) และ β-pinene (1.82 %) ผลการทดสอบที่ได้แตกต่างจาก Qin *et al.* (2010) ซึ่งพบสาร myristicin (65.222%) trans-caryophyllene (13.894%) germacrene (3.602%) เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูที่สกัดด้วยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ รวมทั้งแตกต่างจาก Intirach *et al.* (2012) ได้สกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูโดยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ และพบสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู คือ croeeacin (71.01%) และ β-caryophyllene (7.38%) และ α-copaene (3.77%) ส่วน Wu *et al.* (2014) สกัดน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่า และตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรมิเตอร์ พบ eucalyptol (22.63%) เป็นองค์ประกอบหลัก เช่นเดียวกับการสกัดน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ ซึ่งพลอยทราย (2553) พบ d-limonene เป็นองค์ประกอบหลักในปริมาณ 95.101% ในขณะที่ Othman *et al.* (2016) รายงานว่า d-limonene เป็นองค์ประกอบหลักที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอเช่นกันในปริมาณ 81.60-96.90% สาเหตุที่พบสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูในผลการทดลองของผู้วิจัย แตกต่างจากรายงานวิจัยดังกล่าวแล้ว รวมทั้งพบ eucalyptol และ d-limonene เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าและเปลือกส้มโอตามลำดับ สอดคล้องกับนักวิจัยท่านอื่น แต่พบสารในปริมาณที่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากสภาพแวดล้อมในการปลูกพืช อายุพืช รวมทั้งวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อชนิดและปริมาณสารที่พบ (Ozcan and Chalchat, 2006)

ผลการทดสอบพิษทางการกินและสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีพิษทางการกินและสัมผัสสูงสุด รองลงมา ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่า และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ โดยมีค่า LC_{50} ที่เวลา 7 วัน เท่ากับ 21.78, 61.06 และ 2369.63 พีพีเอ็ม ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chieng *et al*. (2008) ได้รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความ

เข้มข้น 1% มีพิษทางสัมผัสสูงต่อปลวกใต้สายพันธุ์ *Coptotermes* sp. โดยพบการตายของปลวกเท่ากับ 100% ภายในเวลา 2 วัน และสอดคล้องกับ ยืนยง และคณะ (2562) รายงานพิษทางการกิน (LC_{50}) ของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* เท่ากับ 3,301.87, 605.29, 376.36 และ 18.94 พีพีเอ็ม ที่เวลา 24, 72, 120 และ 168 ชั่วโมงหลังการทดสอบ ตามลำดับ ในขณะเดียวกัน อรทัย และ ศิริวรรณ (2551) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีพิษทางการกินสูงต่อหนอนใยผัก โดยมีค่า LC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 4.34% สำหรับพิษทางสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าได้ถูกรายงานโดยสังวาล และ สุภาณี (2546) ว่ามีพิษทางสัมผัสต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว โดยมีค่าความเป็นพิษที่เวลา 48 ชั่วโมงเท่ากับ 10,543 พีพีเอ็ม เช่นเดียวกับ Wu *et al*. (2014) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีพิษทางสัมผัสต่อตัวเต็มวัยของมอดยาสูบ (*Lasioderma serricorne*) โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 12.2 ไมโครกรัม/ตัว

ผลการทดสอบพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* พบว่า อัตราการตายของปลวกขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยรวมทั้งระยะเวลาที่ทดสอบ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีพิษทางการรมสูงสุด รองลงมา ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่า และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ ซึ่งค่า LC_{50} ที่เวลา 7 วัน ของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวเท่ากับ 689.43, 1,041.17 และ 1,574.88 พีพีเอ็ม ตามลำดับ สำหรับพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูที่มีต่อปลวกสอดคล้องกับงานวิจัยของยืนยง และคณะ (2562) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีพิษทางการรมต่อปลวก *C. curvignathus* ที่ความเข้มข้น 8,000-15,000 พีพีเอ็ม ทำให้ปลวกตายทั้ง 100% ที่เวลา 168 ชั่วโมง หลังการทดสอบ และมีค่า LC_{50} เท่ากับ 665.61 พีพีเอ็ม สำหรับน้ำมันหอมระเหยข่า Wu *et al*. (2014) ได้ทำการทดสอบพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้ง พบว่า มีค่า LC_{50} เท่ากับ 3.5 มิลลิกรัม/ลิตรอากาศ ในขณะที่ Raina *et al*. (2007) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 2.5 และ 5 พีพีเอ็ม มีพิษทางการรมต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. formosanus* โดยพบการตายของปลวกสายพันธุ์ดังกล่าวเท่ากับ 49 และ 96% ตามลำดับ ที่เวลา 5 วันของการทดสอบ

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการไล่ของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่า มีฤทธิ์ไล่แมลงดีที่สุดเท่ากับ 89.71% รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูและเปลือกส้มโอ ตามลำดับ สอดคล้องกับ มัตตนา และคณะ (2562) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีฤทธิ์ไล่ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวสูงสุดโดยมีค่า RC_{50} เท่ากับ 0.10, 0.01, 0.01, 0.01 และ 0.05 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ที่เวลา 1, 2, 3, 4 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูและน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอ เช่นเดียวกับ ดวงสมร และคณะ (2554) ได้รายงานว่า

น้ำมันหอมระเหยจากข่าลิง (*Alphinia conchigera*) ความเข้มข้น 0.003 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร สามารถไล่มอดแป้งได้ดี 96-100% ในระยะเวลา 1-48 ชั่วโมง และความเข้มข้น 0.63 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร สามารถไล่ด้วงงวงข้าวโพดได้ 76-100% ในระยะเวลา 1-48 ชั่วโมง รวมทั้งสอดคล้องกับมัตตนา และคณะ (2562) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวสูงกว่าเปลือกส้มโอ โดยมีค่า RC_{50} เท่ากับ 0.011, 0.008, 0.010, 0.007 และ 0.045 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร.ที่เวลา 1, 2, 3, 4 และ 24 ชม. ตามลำดับ ส่วนค่า RC_{50}ของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอเท่ากับ 0.471, 0.141, 0.706, 1.343 และ 1.539 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร นอกจากนี้ Misni *et al*. (2017) สรุปไว้ว่า น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าในรูปแบบโลชั่นมีฤทธิ์ในการไล่ยุงรำคาญชนิด *C. quinquefasciatus* ส่วนฤทธิ์ไล่ของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ Manorenjitha *et al*. (2017) พบว่า น้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มความเข้มข้น 5, 10 และ 20% มีฤทธิ์ไล่ตัวเต็มวัยของยุงลายบ้าน 52, 62.5 และ 94.7% ตามลำดับ ที่เวลา 3 ชั่วโมงหลังการทดสอบ ผลการทดสอบในครั้งนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Qin *et al*. (2004) ซึ่งพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีฤทธิ์ไล่หนอนใยผัก

น้ำมันหอมระเหยเป็นสารอินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่งที่ถูกสะสมไว้ตามส่วนต่างๆ ของพืช มีฤทธิ์ชีวภาพในการควบคุมแมลง ซึ่งสารที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยประกอบด้วยสารกลุ่มเทอปีน (terpenes) เป็นส่วนใหญ่ สารในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ชีวภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืช โดยมีพิษทางสัมผัส พิษทางการรม ฤทธิ์ไล่ ฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหาร รวมทั้งฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง (Zhang *et al*., 2015; *Zhou et al*., 2018) β-caryophyllene, d-limonene, β-pinene และ eucalyptol เป็นสารในกลุ่ม monoterpenes สารในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ชีวภาพในการควบคุมแมลง (Abdelgaleil *et al*., 2009) Park and Shin (2005) รายงานพิษทางการรมของสาร β-caryophyllene ที่มีต่อปลวก *Reticulitermes speratus* โดยความเข้มข้น 5 ไมโครลิตร/ลิตร ทำให้ปลวกตาย 6% ที่เวลา 72 ชั่วโมง Raina *et al*. (2007) รายงานว่า limonene มีพิษทางการรมต่อปลวก *C. Formosanus* ส่วน Pal *et al*. (2011) สรุปไว้ว่า β-pinene และ limonene ปริมาณ 5 มิลลิกรัม/กรัม ทำให้ปลวก *Microcerotermes beesoni* ตาย 28.7 และ 10.0% ที่เวลา 14 วันจากการทดสอบพิษทางการกิน นอกจากนี้ Almeida *et al*. (2015) รายงานพิษทางการกินของ limonene และ β-pinene ปริมาณ 3.5 มิลลิกรัม/กรัม ทำให้ปลวก *Heterotermes sulcatus* ตาย 100 และ 76% ที่เวลา 14 วัน ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ มีฤทธิ์ชีวภาพต่อปลวก อาจเนื่องมาจากการออกฤทธิ์ของสารที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยดังกล่าว

สำหรับประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอต่อการยับยั้งการสร้างท่อทางเดินดินของปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* พบว่ า สิ่งทดลองที่ใช้น้ำมันหอม

ระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้มโอความเข้มข้น 15,000, 8,000 และ 4,000 พีพีเอ็ม ไม่พบการสร้างท่อทางเดินของปลวกตลอดระยะเวลา 21 วันของการทดสอบ ในขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่ใช้สาร พบการสร้างท่อทางเดิน 150 มิลลิเมตร สาเหตุหลักที่น้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบทั้งสามชนิดมีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างท่อทางเดินของปลวก อาจเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ไล่ปลวกไม่ให้เคลื่อนที่ในท่อแก้ว โดยสังเกตพบว่าปลวกที่เดินผ่านท่อแก้ว มีการเดินกลับมาที่เดิม ส่วนปลวกบางส่วนที่ตายอาจเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยมีพิษทางสัมผัสและพิษทางการรมต่อปลวก

ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการรักษาเนื้อไม้ของน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 30 วัน พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 15,000, 10,000 และ 8,000 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพดีที่สุด ทำให้ปลวกตายทั้งหมด 100% และพบน้ำหนักไม้สูญหายต่ำสุดเท่ากับ 0.11-0.20% ส่วนสิ่งทดลองในชุดควบคุมไม่พบการตายของปลวกและมีน้ำหนักไม้สูญหายสูงสุด 2.63% Himmi *et al*. (2013) รายงานว่า สารธรรมชาติจากพืชที่มีประสิทธิภาพในการรักษาเนื้อไม้จากการทำลายของปลวกที่ดี ควรมีพิษทำให้ปลวกตาย 100% และน้ำหนักของไม้ที่สูญหายจากการทำลายของปลวกไม่ควรเกิน 3% แสดงให้เห็นว่าสิ่งทดลองที่กล่าวมานั้นมีประสิทธิภาพในการรักษาเนื้อไม้จากการเข้าทำลายของปลวก

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยทั้งสามชนิดมาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ในสวนยาง เปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงสารฟิโปรนิล โดยพิจารณาจากจำนวนปลวกที่พบในกับดัก น้ำหนักไม้ที่สูญหาย และคะแนนประเมินความเสียหายของไม้ที่เกิดจากการทำลายของปลวกในช่วงเวลา 3 เดือนหลังการทดสอบ พบว่า สารฆ่าแมลงสารฟิโปรนิลมีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมปลวก โดยไม่พบปลวกในกับดัก ไม้ยางที่ทดสอบมีน้ำหนักไม้สูญหายเพียง 0.23% และมีคะแนนประเมินความเสียหายของไม้เท่ากับ 10 ซึ่งหมายถึงไม้อยู่ในสภาพดีไม่ถูกปลวกทำลาย สารฆ่าแมลงฟิโปรนิลเป็นสารฆ่าแมลงดูดซึมในกลุ่มฟินิลไพราโซล (Phenylpyrazole) มีคุณสมบัติแบบไม่ขับไล่แมลง แต่แมลงจะได้ผลกระทบจากสารเคมีไม่ว่าจะโดยการกิน หรือการสัมผัส โดยสารเคมีนั้นจะกระจายไปทั่วร่างกาย ออกฤทธิ์โดยไปรบกวนการทำงานระบบประสาทส่วนกลางของแมลง เป็นสารที่ออกฤทธิ์ช้า จึงทำให้แมลงไม่รู้ตัวว่ากำลังได้รับสารอยู่พิษอยู่ เมื่อระบบประสาทส่วนกลางไม่สามารถทำงานได้ หรือทำงานผิดปกติ ก็จะทำให้แมลงตายในที่สุด น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีประสิทธิภาพในการควบคุมปลวก *C. curvignathus* ไม่แตกต่างทางสถิติกับสารฆ่าแมลงฟิโปรนิล โดยไม่พบปลวกในกับดักเช่นกัน ไม้ที่ทดสอบมีน้ำหนักสูญหาย 0.52% และมีคะแนนประเมินความเสียหายของไม้เท่ากับ 9.83% ซึ่งหมายถึง ไม้ถูกทำลายเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าหรือน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอเนื่องจาก

น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูมีฤทธิ์สูงในการไล่ปลวก รวมทั้งมีพิษทางการรม พิษทางการกินและสัมผัสสูงกว่าน้ำมันหอมระเหยที่เหลือ ผลการทดสอบยังชี้ให้เห็นว่า สิ่งทดลองในชุดควบคุมมีปลวกสูงสุดจำนวน 2,897.67 ตัว และมีน้ำหนักไม้สูญหายสูงสุดเท่ากับ 4.90% โดยมีค่าคะแนนประเมินความเสียของไม้ต่ำสุดเท่ากับ 8.10 หรือไม้ถูกทำลายปานกลาง จะเห็นได้ว่าจำนวนปลวกที่พบในสิ่งทดลองชุดควบคุมไม่แตกต่างทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ใช้สารฆ่าแมลงฟิโปรนิลและน้ำมันหอมระเหย อาจเนื่องจากช่วงเวลาที่ทดสอบประสิทธิภาพของสารเพื่อควบคุมปลวก *C. curvignathus* อยู่ในช่วงฤดูฝน (กันยายน -พฤศจิกายน) เมื่อทำการขุดกับดักพบว่าสิ่งทดลองชุดควบคุมมีน้ำขังอยู่ในกับดัก อาจทำให้ปลวกขาดออกซิเจนในการหายใจและตายในที่สุด จึงเป็นสาเหตุให้พบปลวกในสิ่งทดลองชุดควบคุมน้อยกว่าความเป็นจริง การทดสอบประสิทธิภาพของสารเพื่อควบคุมปลวกในสวนยางอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้ ทั้งปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้น ศัตรูตามธรรมชาติ จึงอาจเป็นสาเหตุให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงและน้ำมันหอมระเหยเพื่อควบคุมปลวกใต้ดินขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สอดคล้องกับ Ahmed *et al*. (2017) รายงานว่าประสิทธิภาพของสารเคมีในการควบคุมปลวกใต้ดินขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เนื้อดิน และปริมาณความชื้นในดิน ในกรณีที่ดินเป็นกรดอ่อนๆ เนื้อดินไม่เป็นดินเหนียว และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ สารเคมีจะคงประสิทธิภาพอยู่ในดินได้นาน เมื่อพิจารณาน้ำหนักไม้ที่สูญหาย พบว่าสิ่งทดลองที่ใช้สารฆ่าแมลงฟิโปรนิลมีน้ำหนักไม้ที่สูญหายแม้นไม่พบตัวปลวก ในขณะที่สิ่งทดลองชุดควบคุมมีน้ำหนักไม้สูญหายสูงสุด แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักไม้ที่สูญหายขึ้นอยู่กับจำนวนปลวกที่เข้ามาในกับดัก ถ้ามีปลวกเข้าทำลายมากย่อมส่งผลให้น้ำหนักไม้สูญหายมาก นอกจากนี้อาจขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์ในดินทำหน้าที่ย่อยสลายไม้ให้กลายเป็นอินทรีย์วัตถุด้วย จึงเป็นสาเหตุให้ไม้มีน้ำหนักลดลงแม้นไม่พบตัวปลวก

บทที่ 5
สรุป

การศึกษาฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ ที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* สรุปได้ว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เหง้าข่า และเปลือกส้มโอ มีฤทธิ์ชีวภาพของต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. curvignathus* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูมีพิษทางการกินและสัมผัส และพิษทางการรมดีที่สุด ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยเหง้าข่ามีประสิทธิภาพในการไล่ดีที่สุด นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูและเปลือกส้มโอยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการสร้างท่อทางเดินปลวกและรักษาเนื้อไม้ได้ดี สำหรับประสิทธิภาพในการควบคุมปลวกในสวนยาง พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีประสิทธิภาพเทียบเคียงการใช้สารฆ่าแมลงสังเคราะห์ฟิโปรนิล ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูจึงมีศักยภาพในการนำไปใช้ควบคุมปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *C. urvignathus* ผสมผสานกับวิธีการอื่นๆ เพื่อลดปริมาณการใช้สารฆ่าแมลงสังเคราะห์ อย่างไรก็ตามควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย เช่น ความชื้นในดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เนื้อดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน รวมทั้งการพัฒนารูปแบบของน้ำมันหอมระเหยให้คงประสิทธิภาพและสะดวกต่อการใช้งาน เพื่อให้สามารถนำมาทดแทนการใช้สารฆ่าแมลงสังเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เอกสารอ้างอิง

กันยารัตน์ มาแย้ม, อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์. 2556. การวิเคราะห์สารสำคัญจากพืชวงศ์ Piperaceae สำหรับนำมาใช้ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44: 45- 48.

กองการแพทย์ทางเลือก. 2550. ตำราวิชาการสุคธบำบัด. สำนักกิจการโรงพิมพ์องค์การสังเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.

โครงการอนุรักษ์ทรัพยากรพันธุ์พืช. 2542. ผักพื้นบ้านและสมุนไพร. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี.

จารุณี วงศ์ข้าหลวง และ ขวัญชัย เจริญกรุง. 2551. ปลวก การป้องกันและกำจัด. ห้างหุ้นส่วนจำกัดอักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

จักรพันธ์ จุลศรีไกวัล, สรินยา ขัดชุ่มแสง, เอื้อพร ไชยวรรณ และสุวรรณา เวชอภิกุล. 2552. ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยเพื่อสุขภาพจากมะกรูดและส้มโอและการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้. วารสารเภสัชศาสตร์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ 5: 203-213.

เจนจิรา ยองรัมย์, วนิดา อ่วมเจริญ และ อังศุมาลย์ จันทราปัตย์. 2557. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ, 4-7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557, หน้า 1-11.

โชติอนันต์ รัตนวงษ์. 2551. สมุนไพรสำหรับงานสาธารณสุขมูลฐาน. ดวงกมลพับลิชชิ่ง, กรุงเทพ.

ดวงสมร สุทธิสุทธิ์, Paul G. Fields และอังศุมาลย์ จันทราปัตย์. 2554. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลขิงในการไล่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)). แก่นเกษตร 39 : 345-358.

เตโชดม ภัทรศัย. 2543. ผลไม้สมุนไพร. โปรเอสเอ็มอี, กรุงเทพมหานคร.

นที ชาวนา และ สุภาณี พิมพ์สมาน. 2546. พิษสัมผัสตายของน้ำมันระเหยง่ายจากผักพื้นบ้านต่อด้วงถั่วเขียว, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 34 (ฉบับพิเศษ 3): 180-182.

นันทวัน บุณยะประภัศร. 2543. สมุนไพรไทยพื้นบ้าน. สำนักพิมพ์ประชาชน, กรุงเทพมหานคร.

ปัทมา ชนะสงคราม. 2553. ปลวกทำลายต้นยางสด. วารสารยางพารา 31: 28-31.

พลอยทราย แก้วไทรฮะ. 2553. การศึกษาประสิทธิภาพในการละลายโฟมบอลิสไตรรีนโดยสารสกัดจากเปลือกพืชตระกูลส้ม. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยราชภัฏสุนันทา, กรุงเทพฯ.

พัชรินทร์ บุญหล้า, เมธิน ผดุงกิจ, อุดมศักดิ์ มหาวีรวัฒน์ และธิดารัตน์ สมตี. 2557. ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และฤทธิ์ต้านการก่อกลายพันธุ์ของสารสกัดใบชะพลู. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน 10 (ฉบับพิเศษ 3): 283-294.

มัตตนา กล้าคง, ยืนยง วาณิชย์ปกรณ์ และพัชราภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์. 2562. ฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าและเปลือกส้มโอ. แก่นเกษตร. (ฉบับพิเศษ 1) 47:345-350.

ยืนยง วาณิชย์ปกรณ์, นันทวุฒิ สวนกูล และพัชราภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์. 2562. พิษของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู ที่มีต่อปลวกใต้ดินสายพันธุ์ *Coptotermes curvignathus*. แก่นเกษตร 47 (ฉบับพิเศษ 1): 971-978.

ยุพาพร สรนุวัต. 2536. การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันปลวกที่ใช้ทาเนื้อไม้ภายในห้องปฏิบัติการ. *ใน* เอกสารประชุมวิชาการป่าไม้ ปี 2536 กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ,

ยุพาพร สรนุวัตร และ จารุณี วงศ์ข้าหลวง. 2536. การใช้หินบดเพื่อป้องกันปลวกใต้ดิน. *ใน* เอกสารประชุมวิชาการป่าไม้ ปี 2536. กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.

รุ่งฤดี ศรีสวัสดิ์. 2555. ผลของสารสกัดจากพืชสมุนไพรบางชนิดในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่มีต่อการทำงานของ เอนไซม์ไลเปส เอนไซม์อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคซิเดส. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

ฤชุอร วรรณะ และ รัชฎาพร วันชูเสริม. 2558. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มกำจัดด้วงงวงข้าว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46 (ฉบับพิเศษ 3/1): 371-374.

วริษา พิพัฒน์เมฆินทร์ และ อมรรัตน์ ดาวดี. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อจุลชีพที่ทำให้เกิดกลิ่นเท้าจากน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ. คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

วีรยุทธ ทองคง. 2552. การจำแนกชนิด ลักษณะของรังปลวกและการควบคุมโดยใช้เหยื่อล่อในสวนยางพาราของภาคใต้ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

สุธานันทน์ นาคประนม. 2550. ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรบางชนิดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* และ *Sclerotium rolfsii* เชื้อราสาเหตุโรคพืช. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สุรเดช สิงห์เพ็ชร, อุไรวรรณ วิจารณกุล และนฤมล เถื่อนกูล. 2559. การศึกษาผลของสารสกัดใบชะพลู ต่อการเติบโตของแบคทีเรียก่อโรคและ *Staphylococcus aureus* สายพันธุ์ต่างๆ. การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14 ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, วันที่ 1-2 พฤศจิกายน 2559, หน้า 141-145.

สังวาล สมบูรณ์ และ สุภาณี พิมพ์สมาน. 2546. ศักยภาพของการใช้น้ำมันระเหยง่ายจากพืชตระกูล Zingiberaceae ในการควบคุมมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* Herbst) และด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* L.). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 34 (ฉบับพิเศษ 4-6): 183-186.

สำนักงานการแพทย์พื้นบ้าน กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข. 2554. สมุนไพรพื้นบ้านลดความเสี่ยงโรคมะเร็งตามภูมิปัญญาของหมอพื้นบ้าน. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2552. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยพืชยืนต้นและไม้ผลเมืองร้อน. 2554. ส้มโอ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

อมลยา สุจิวรพันธ์พงค์. 2554. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากข่าเล็กในการป้องกันยุงลายบ้านและยุงรำคาญ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนรินทรวิโรฒ

อรุณรัตน์ ฉวีราช. 2548. พืชสกุลพริกไทยในประเทศไทย. ขอนแก่นการพิมพ์, ขอนแก่น.

อรทัย วรสุทธิ์พิศาล และ ศิริพรรณ ตันตาคม. 2551. ประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าหนอนใยผักของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39: 309-312.

อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์. 2554. ประสิทธิภาพของพืชพื้นบ้านไทยต่อการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดในข้าวสาร. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abdelgaleil, S.A.M., Mohamed, M.I.D., Badawy, M.E.I. and El-arami, S.A.A. 2009. Fumigant and contact toxicities of monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their Inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. Journal of Chemical Ecology 35: 518-525.

Abdullah, F., Subramanian, P., Ibrahim, H., Malek, S.N.A., Lee, G.S. and Hong, S.L. 2015 Chemical composition, Antifeedant, Repellent, and Toxicity Activities of Rhizomes of Galangal, *Alpinia galangal* Against Asian Subterranean Termites, *Coptotermes gestroi* and *Coptotermes curvignathus* (Isoptera: Rhinotermitidae). Journal of Insect Science 15: 1-7

Acda, M.N. 2009. Toxicity, tunneling and feeding behavior of the termite, *Coptotermes vastator* in sand treated with oil of the physic nut, *Jatropha curcas*. Journal of Insect Science 9: 1-8.

Acda, M.N. 2014. Repellent effects of Annona crude seed extract on the Asian subterranean termite *Coptotermes gestroi* Wasmann (Isoptera: Rhinotermitidae). Sociobiology 61: 332-337.

Ahmad, M. 1973. Termites (Isotera) of Thailand. Bulletin of the American Museum of History. Vol. 131. Article 1. New York.

Ahmed, S., Hassan, S., Yaqoob, M.M., Nisar, M.S. and Rashid, A. 2017. Efficacy of chlorpyrifos and fipronil in relation to soil depths against subterranean termites. Journal of Entomological and Acarological Research 49: 63-86.

Akono, P.N., Mbida, J.A.M., Dongmo, P.M.J., Tonga, C., Tchamga, L.A.D., Mounbain, F., Magne, G.T., Mache, P.N. and Kekeunou, S. 2016. Chemical composition and Insecticidal activity of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum*, *Citrus grandis*, *Citrus medica* and *Citrus sinensis* leaves from Cameroon on Anopheles gambiae Giles, 1902. Journal of Entomology and Zoology Studies 4: 17-23.

Almeida, M., Casarin, L.S., Oliveira, A.S., Rodrigues, A.A., Carvalho, G.S., Silva, L.B., Lago, J.G. and Casarin, F.E. 2015. Antitermititic activity of plant essential oils and their major constituents against termite *Heterotermes sulcatus* (Isoptera: Rhinotermitidae). Journal of Medicinal Plants Research 9: 97-103.

Chauhan, K.R. and Raina, A.K. 2006. Effect of catnip oil and its major components on the Formosan subterranean termite *Coptotermes formosanus*. Biopesticides International. 2:137-143.

Chieng, T.C., Assim, Z.B. and Fasihuddin B.A. 2008. Toxicity and antitermite activities of the essential oils from *Piper sarmentosum*. The Malaysian Journal of Analytical Sciences 12: 234-239.

Choochote, W., Chaithong, U., Kamsuk, K., Rattanachanpichai, E., Jitpakdi, A., Tippawangkosol, P., Chaiyasit, D., Champakaew, D., Tuetun, D.and Pitasawat, B. 2006. Adulticidal activity against *Stegomyia aegypti* (Diptera: Culicidae) of three *Piper* spp. Revista do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo 48: 33-37.

Ding, W. and Hu, X.P. 2010. Antitermitic effect of the *Lantana camara* plant on subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). Insect Science 17: 427–433.

Henderson, G., Laine, R.A., Heumann, D.O., Chen, F. and Zhu, B.C.R. 2001. Vetiver Oil extracts as Termite Repellent and Toxicant. World Intellectual Property Organization. Publication Number: WO/2001/028343. International Application No.: PCT/US2000/029006.

Himmi, S.K., Tarmadi, D., Ismayati, M. and Yusui, S. 2013. Bioeffecacy performance of neem-based formulation on wood protection and soil barrier against subterranean termite. Coptotermes gestroi Wasmann (Isoptera: Rhinotermitidae). Precedia Environmental Science 17: 135-141.

Intirach, J., Junkum, A., Tuetun, B., Choochote, W., Chaithong, U., Jitpakdi, A., Riyong, D., Champakaew, D. and Ditasawat, B. 2012. Chemical constituents and combined larvicidal effecfs of seleoted essential oils against *Anopheles cracens* (Diptera: culicidae). Hindani Publishing corporatin.

Liu, C.H., Mishra, A.K., Tan, R.X., Tang, C., Yang, H. and She, Y.H. 2006. Repellent and insecticidal activities of essential oils from *Artemisia princeps* and *Cinnamomum comphora* and their effect on seed germination of wheat and broad bean. Bioresource Technology 97: 1969- 1973.

Liu, H.F., Di, S.Z. and Fu, Y.G. 2014. Effects of different extracts from polarity positions of *Piper sarmentosum* on biological activity of *Spodoptera litura*. Journal of Southern Agriculture 45: 995-999.

Ly, T.M., Yamauchi, R. and Kato, K. 2001. Volatile components of the essential oils in galangal (*Alpinia officinarum* Hance) from Vietinam. Food Science Technology Research 7: 303-308.

Manorenjitha, M.S., Jamil, M., Hashim, N., Kiong, L.S. and Jaal, Z. 2017. Repellency effect of white flesh *Citrus grandis* osbeck fruit peel extracts against *Aedes aegypti* (Linn.) Mosquitoes. International Journal of Mosquito Research 4: 88-94.

McDonald, L.L., Guy, R.H. and Speirs, R.D. 1970. Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing Research Report No. 882. Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, Washington, pp 8.

Misni, N., Nor, Z.M. and Ahmad, R. 2017. Repellent effect of microencapsulated essential oil in lotion formulation against mosquito bites. Journal of Vector Borne Diseases 54: 44-53.

Niber, B.T. 1994. The ability of powders and slurries from ten plant species to protect stored grain from attack by *Prostephanus truncatus* horn (Coleoptera: Bostrichidae) and *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Stored Products Research 30: 297-301.

Oonmetta-aree, J., Suzukib, T., Gasalucka, P. and Eumkebc, G. 2005. Antimicrobial properties and action of galangal (*Alpinia galangal* Linn) on *Staphylo coccus* aureus. LWT-Food Science and Technology 105: 1214-1220.

Othman, S.N.A.M., Hassan, M.A., Nahar, L., Basar, N., Jamil, S. and Sarker, S.D. 2016. Essential Oils from the Malaysian Citrus (Rutaceae) Medicinal Plants. Medicines 3: 1-11.

Ozcan, M.M. and Chalchat, J.C. 2006. Effect of collection time on chemical composition of the essential oil of *Foeniculum vulgare* subsp. *Piperitum growing* wild in Turkey. European Food Research and Technology 224: 279-281.

Pal, M., Verma, R.K. and Tewari, SK. 2011. Anti-termite activity of essential oil and its components from *Myristica fragrans* against *Microcerotermes beesoni*. Journal of Applied Sciences and Environmental Management 15: 597-599.

Qin, W., Zhang, M.X., Ling, B. and Peng, Z.Q. 2004. Influence of three volatiles from topical rank grasses on behavior of *Plutella xylostella*. Journal of South China Agricultural University 25: 39-42.

Qin, W., Huang, S., Li, C., Chen, S. and Peng, Z. 2010. Biological activity of the essential oil from the leaves of *Piper sarmentosum* Roxb. (Piperaceae) and its chemical constituents on *Brontispa longissima* (Gestro) (Coleoptera: Hispidae). Pesticide Biochemistry and Physiology 96: 130-139.

Raina, A., J. Bland, M. Doolittle, A. Lax, R. Boopathy and M. Folkins. 2007. Effect of orange oil extract on the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). Journal of Economic Entomology 100: 880-885.

Ruiz, M.J., Juárez, M.L., Alzogaray, R.A, Arrighi, F., Arroyo, L., Gastaminza, G., Willink, E., Bardón, A.V.D. and Vera, T. 2014. Toxic effect of citrus peel constituents on *Anastrepha fraterculus* Wiedemann and *Ceratitis capitata* Wiedemann immature stages. Journal of Agricultural and Food Chemistry 62: 10084-10091.

Santos, M. N. , Teixeira, M. L. F., Pereira, M.B. and Menezes, E.B. 2009. Potential insecticidal effects of aqueous tree leaf extracts against the subterranean termite *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae) . Sociobiology 53: 719 -728.

Sarma, R., Khanikor, B. and Mahanta, S. 2017. Essential oil from Citrus grandis (Sapindales: Rutaceae) as insecticide against *Aedes aegypti* (L) (Diptera: Culicidae). International Journal of Mosquito Research 4: 88-92

Sharma, R.N. and Raina, R.M. 1998. Evaluating chemicals for eco-friendly pest management- I: terpenoids and fatty acids for building termites. Journal of Scientific and Industrial Research 57: 306–309.

Sharma, R.N. and Raina, R.M. 1998. Evaluating chemicals for eco-friendly pest management-I: terpenoids and fatty acids for building termites. Journal of Scientific & Industrial Research 57:306–309

Su, N.Y. and Scheffrehn, R.H. 1992. Penetration of sized – particle barriers by field populations of subterranean termites Isoptera: Rhinotermitidae) . Journal of Economic Entomology 55: 2275-2278.

Vanichpakorn, P., Klakong, M., Chaipet, A. and Vanichpakonrn, Y. 2017. Evaluation of *Piper sarmentosum* leaf powders as seed protectant against *sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) in stored rice. Walailak Journal of Science and Technology (WJST) 14: 597-606.

Watson, J.A.L and Gay, F.J. 1970. Isotera (Termite). Insects of Australia A Textbook for Students and Researeh Workers Volume II. Melbourne University Press.

Wu, Y., Wang, Y., Li, Z.H., Wang, C.F., Wei, J.Y., Li, X.L., Wang, P.J., Zhou, Z.F., Du, S.S., Huang, D.Y. and Deng, Z.W. 2014. Composition of the essential oil from *Alpinia galanga* rhizomes and its bioactivity on *Lasioderma serricorne*. Bulletin of Insectology 67: 247-254.

Yuan, Z. and Hu, X.P. 2012. Repellent, antifeedant, and toxic activities of *Lantana camara* leaf extract against *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). Journal of Economic Entomology 105: 2115-2121.

Zhang, J., Dou, J., Zhang, S., Liand, Q. and Meng, Q. 2010. Chemical composition and antiox idant properties of the essentianl oil and methanol extracts of rhizome *Alpinia officinarum* Hance from chian vitro. African Journal of Biotechnology 9: 4414-4434.

Zhang, W.J., Yang, K., You, C.X., Wang, Y., Wang, C.F., Wu, Y., Geng, Z.F., Su, Y., Du, S.S. and Deng, Z.W. 2015. Bioactivity of essential oil from *Artemisia stolonifera* (Maxim.) Komar and its main compounds against two stored-product insects. Journal of Oleo Science 64: 299-307.

Zhou, J., Zou, K., Zhang, W., Guo, S., Liu, H., Sun, J., Li, J., Huang, D., Wu, Y., Du, S. and Borjigidai, A. 2018. Efficacy of compounds isolated from the essential oil of *Artemisia lavandulaefolia* in control of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne.* Molecules 23: 1-11.

Zhu, B.C.R., Henderson, G., Yu, Y. and Laine, R.A. 2003. Toxicity and repellency of patchouli oil and patchouli alcohol against Formosan subterranean termites *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae). Journal of Agricultural Food Chemistry 51: 4585-4588.

Zhu, B.C.R., Henderson, G., ChenHuixin, F and Laine, F.A. 2001. Evaluation of vetiver oil and seven insect-active essential oils against the Formosan subterranean termite. Journal of Chemical Ecology. 27: 1617-1625.

Zia, S., Sagheer, M., Razaq, A., Mahboob, A., Mehmood, K. and Haider, Z. 2013. Comparative bioefficacy of different citrus peel extracts as grain protectant against *Callosobruchus chinensis*, *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. World Applied Sciences Journal 21: 1760-1769.