รายงานการวิจัย

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยและผงบดจากเมล็ดพริกไทยดำ ใบชะพลู และผลดีปลี ที่มีต่อมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าว ในข้าวอินทรีย์พื้นเมืองพันธุ์เล็บนก

Efficacy of Essential Oils and Powders of *Piper nigrum* Seeds, *Piper sarmentosum* Leaves and *Piper retrofractum* Fruits against Lesser Grain Borer *(Rhyzopertha dominica)* and Rice Weevil (*Sitophilus oryzae*) in Organic Rice Local Variety Leb Nok

พัชราภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์ Patcharaporn Vanichpakorn

ยืนยง วาณิชย์ปกรณ์ Yuenyong Vanichpakorn

คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2560 ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์มุจลินท์ ติณสิริสุข ผู้ช่วยศาสตราจารย์เยาวดี ติณสิริสุข และผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรศิลป์ สีเผือก ที่กรุณาช่วยเก็บรวบรวมใบชะพลู และเมล็ดพริกไทยดำ เพื่อนำมาศึกษาฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยและผงบดจากพืชดังกล่าวที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือกในห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์อวยพร วงศ์กูล และคุณเกวลี ชัยชาญ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหย ขอขอบคุณบุคลากรของคณะเกษตรศาสตร์ประกอบด้วยคณะอนุกรรมการวิจัย ที่ช่วยแนะนำในการจัดทำโครงร่างงานวิจัย ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์อรัญ งามผ่องใส คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้คำแนะนำวิธีการเลี้ยงมอดข้าวเปลือกในห้องปฏิบัติการ และให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และเป็นแรงบันดาลใจในการทำงาน ทำให้คณะผู้วิจัยดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชราภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์
หัวหน้าโครงการวิจัย
8 กันยายน 2560

บทคัดย่อ

ด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก จัดเป็นแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวสำคัญที่สุดของข้าวพื้นเมืองพันธุ์เล็บนก ซึ่งสารธรรมชาติจากพืชสามารถนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูทั้งสองชนิดอย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำการทดสอบพิษทางการกินและสัมผัส พิษทางสัมผัส พิษทางการรม ฤทธิ์ไล่แมลง และฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ของน้ำมันหอมระเหยและผงบดจากใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือกในสภาพห้องปฏิบัติการ การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสามชนิดใช้วิธีสกัดด้วยน้ำร้อน รวมทั้งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรมิเตอร์ (GC-MS) ผลการทดสอบพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ 1,3-benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)- (35.92%), benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)- (5.21%), copaene (4.82%), 2(10)-pinene (4.66), methylenetricyclo [4.4.0.02,7]decane-rel- (4.65%), .beta.-selinene (3.64).3R-trans)- (2.12%) สำหรับสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยได้แก่ caryophyllene (23.84%), .delta. 3 carene (20.95%), d-limonene 12.98%), 2(10)-pinene (8.15%), 1-phellandrene (6.78%), 3-carene (5.09%), .beta.-selinene (2.45%), bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-,(1S)- (2.34%) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากผลดีปลีมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ caryophyllene (12.53%), (1R,2S,6S,7S,8S)-8-Isopropyl-1-methyl-3-methylenetricyclo[4.4.0.02,7]decane-rel- (9.33%), pentadecane (9.07%), 1,4,7,-cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-,*Z*′,*Z*′,*Z*′- (7.34%), cis-1-c hloro-9-octadecene (5.96%), 3-heptadecene, (Z)- (5.08%), .beta.-bisabolene (5.06%), heptadecene (4.94%) น้ำมันหอมระเหยและผงบดจากพืชทดสอบทั้งสามชนิดมีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก โดยมอดข้าวเปลือกมีความทนทานมากกว่าด้วงงวงข้าว เมื่อพิจารณาพิษทางการกินและสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบทั้งสามชนิดพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีพิษสูงสุด โดยมีค่า LC_{50} ที่เวลา 7 วันต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก เท่ากับ 3.09 และ 5.42 ไมโครลิตร/เมล็ดข้าว 20 กรัม ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูยังมีพิษทางสัมผัสสูงสุดต่อแมลงทั้งสองชนิดอีกด้วย โดยมีค่า LC_{50} ที่เวลา 3 วัน ต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก เท่ากับ 0.02 และ 0.03 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพิษทางการรมพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำมีพิษสูงสุด โดยค่า LC_{50} ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวเท่ากับ 32.06 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ส่วนค่า LC_{50} ที่มีต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือกเท่ากับ 264.16 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ที่เวลา 3 วัน สำหรับฤทธิ์ไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยทั้งสามชนิดพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากผลดีปลีมีประสิทธิภาพสูงสุดในการไล่ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว โดยมีค่า RC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 0.039 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูมีฤทธิ์สูงสุดในการไล่ตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก โดยมีค่า RC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 0.373 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร

นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบทั้งสามชนิดยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ รวมทั้งลดความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เกิดจากการทำลายของด้วงงวงข้าว โดยน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 20 และ 40 ไมโครลิตร/เมล็ดข้าว 20 กรัม สามารถยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่อย่างสมบูรณ์ และพบน้ำหนักเมล็ดที่สูญหายต่ำสุด 1.79 และ 1.38% ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพของผงบดจากพืชทดสอบทั้งสามชนิดพบว่า ผงบดผลดีปลีมีพิษทางการกินและสัมผัสสูงสุด โดยมีค่า LC_{50} ที่เวลา 7 วันต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก เท่ากับ 0.20 และ 0.34% รวมทั้งมีพิษทางการรมสูงสุดต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวอีกด้วย โดยมีค่า LC_{50} ที่เวลา 4 วัน เท่ากับ 0.14 กรัม/ลิตรอากาศ ในขณะที่ผงบดเมล็ดพริกไทยดำมีพิษทางการรมสูงสุดต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก ซึ่งค่า LC_{50} ที่เวลา 7 วัน เท่ากับ 0.66 กรัม/ลิตรอากาศ เมื่อพิจารณาฤทธิ์ไล่แมลงพบว่า ผงบดผลดีปลีมีฤทธิ์สูงสุดในการไล่ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว โดยมีค่า RC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 1.391 % ในขณะที่ผงบดใบชะพลูมีฤทธิ์สูงสุดในการไล่ตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก ซึ่งค่า RC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 1.090% ผงบดจากพืชทดสอบทั้งสามชนิดยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ และลดความเสียหายของเมล็ดข้าวที่เกิดจากการทำลายของด้วงงวงข้าว โดยผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 4% พบจำนวนลูกรุ่นใหม่ต่ำสุด 4.50 ตัว ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่สูงสุด 82.85% และพบน้ำหนักเมล็ดที่สูญหายต่ำสุด 2.28% จากผลการทดสอบอาจสรุปได้ว่า น้ำมันหอมระเหยและผงบดจากใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และ ผลดีปลี สามารถใช้เป็นทางเลือกสำหรับควบคุมด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือกอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ชะพลู, พริกไทยดำ, ดีปลี, ด้วงงวงข้าว, มอดข้าวเปลือก

Abstract

Rice weevil (*Sitophilus oryzae*) and lesser grain borer *(Rhyzopertha dominica*) are considered as the most important insect pests of stored local rice variety Leb Nok. Natural products from plants can be effective used for their control. The present study aimed to evaluate feeding/contact, contact and fumigant toxicities, repellent and progeny production inhibitory activities of essential oils and powders of *Piper sarmentosum* leaves, *P. nigrum* seeds and *P. retrofractum* fruits against adults of *S. oryzae* and *R. dominica* in the laboratory conditions. Essential oils of the three plant species were extracted by hydrodistillation and analyzed using gas chromatography–mass spectrometry (GC/MS). The major compounds in essential oil of *P. sarmentosum* leaves were 1,3-benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)- (35.92%), benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)- (5.21%), copaene (4.82%), 2(10)-pinene (4.66), methylenetricyclo [4.4.0.02,7]decane-rel- (4.65%), .beta.-selinene (3.64).3R-trans)- (2.12%). Caryophyllene (23.84%), .delta. 3 carene (20.95%), d-limonene 12.98%), 2(10)-pinene (8.15%), 1-phellandrene (6.78%), 3-carene (5.09%), .beta.-selinene (2.45%), bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-,(1S)- (2.34%) were the major compounds of essential oil of *P. nigrum* seeds. In essential oil of *P. retrofractum* fruits, the major components were caryophyllene (12.53%), (1R,2S,6S,7S,8S)-8-Isopropyl-1-methyl-3-methylenetricyclo[4.4.0.02,7]decane-rel- (9.33%), pentadecane (9.07%), 1,4,7,-cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-,Z′,Z′,Z′- (7.34%), cis-1-c hloro-9-octadecene (5.96%), 3-heptadecene, (Z)- (5.08%), .beta.-bisabolene (5.06%), heptadecene (4.94%). Essential oils and powders of the three plant species had bioactivity against the both insect pests. *R. dominica* was more toterant than *S. oryzae*. Among the three plant species, the essential oil of *P. sarmentosum* leaves showed the strongest feeding/contact toxicity against the pests. Its LC_{50} values for adults of *S. oryzae* and *R. dominica* were 3.09 and 5.42 µL/20 g of rice seeds at 7 d. respectively. The strongest contact activity against *S. oryzae* and *R. dominica* was also obtained from the essential oil of *P. sarmentosum* leaves with LC_{50} values of 0.02 and 0.03 µL/cm^2 at 3 d, respectively. In fumigant assays, the essential oil of *P. nigrum* seeds was the most toxic against adults of *S. oryzae* and *R. dominica* with LC_{50} values of 32.06 and 264.16 µL/L air at 3 d, respectively. RC_{50} values showed that the essential oil of *P. retrofractum* fruits was the most effective to adults of *S. oryzae* with values of 0.039 µL/cm^2 at 24 h while the strongest repellent activity against adults of *R. dominica* was observed from the essential oil of *P. sarmentosum* leaves with RC_{50} value of 0.373 µL/ cm^2 at 24 h. In addition, the

essential oil of *P. sarmentosum* leaves at concentration of 20 and 40 µL/20 g of rice seeds completely inhibited progeny production of *S. oryzae* and also produced the lowest weight loss with 1.79 and 1.38%, respectively. Moreover, the powder of *P. retrofractum* fruits have the strongest feeding/contact activity to adults of *S. oryzae* and *R. domonica* with LC_{50} values of 0.20 and 0.34% at 7 d, respectively. It also was the most effective in fumigant assays against adults of *S. oryzae* with LC_{50} value at 4 d of 0.14 g/L air while the strongest fumigant toxicity to adults of *R. dominica* was observed from powder of *P. nigrum* seeds with LC_{50} value at 7 d of 0.66 g/L air. In repellent test, the powder of *P. retrofractum* fruits had strongest repellent activity against adults of *S. oryzae* with RC_{50} value of 1.391% at 24 h while the strongest repellent activity against adults of *R. domonica* with RC_{50} value of 1.096% was obtained from the powder of *P. sarmentosum* leaves. In addition, all powders of the three plant species had progeny production inhibitory effects and reduced weight loss caused by *S. oryzae* in rice seeds. The powder of *P. retrofractum* fruits at concentration of 4% produced the lowest number of F1 adult emergence with 4.50 adults and gave the highest inhibition rate of progeny production with 82.85%. It also produced the lowest weight loss with 2.28%. These investigations showed that the essential oils and powders of *Piper sarmentosum* leaves, *P. nigrum* seeds and *P. retrofractum* fruits can be used as alternative grain-protectant for *S. oryzae* and *R. dominica*.

Keywords: *Piper sarmentosum*, *P. nigrum*, *P. retrofractum*, *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica*

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
วิธีดำเนินการวิจัย	19
ผลการศึกษาและวิจารณ์	29
สรุป	79
เอกสารอ้างอิง	80

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 Extraction yields of essential oils from *P. sarmentosum* leaves, *P. nigrum* seeds and *P. retrofractum* fruits 29
4.2 Main chemical composition of essential oil of *P. sarmentosum* leaves 30
4.3 Main chemical composition of essential oil of *P. nigrum* seeds 31
4.4 Main chemical composition of essential oil of *P. retrofractum* fruits 32
4.5 Percent mortality of adults of *S. oryzae* treated with essential oils of *P. sarmentosum, P. nigrum* and *P. retrofractum* by grain treatment test 34
4.6 Feeding/contact toxicity of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *S. oryzae* 35
4.7 Percent mortality of adults of *S. oryzae* treated with essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* by contact toxicity test 37
4.8 Contact toxicity of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum and P. retrofractum* against adult of S. oryzae 38
4.9 Percent mortality of adults of *S. oryzae* treated with essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* by vapour toxicity test 40
4.10 Fumigant toxicity of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adult of S. oryzae 41
4.11 Repellent activity of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *S. oryzae* 43
4.12 Effect of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* on F_1 adult emergence of *S. oryzae* and rice seed weight loss 45
4.13 Percent mortality of adults of *S. oryzae* treated with powders of *P. sarmentosum, P. nigrum* and *P. retrofractum* by grain treatment test 47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.14 Feeding/contact toxicity of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *S. oryzae.* 48

4.15 Percent mortality of adults of *S. oryzae* treated with powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* by vapour toxicity test 49

4.16 Fumigant toxicity of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum and P. retrofractum* against adults of *S. oryzae*. 50

4.17 Repellent activity of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum and P. retrofractum* against adults of *S. orzae* 52

4.18 Effect of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* on F_1 adult emergence of *S. oryzae* and rice seed weight loss 54

4.19 Percent mortality of adults of *R. domonica* treated with essential oils of *P. sarmentosum, P. nigrum* and *P. retrofractum* by grain treatment test 56

4.20 Feeding/contact toxicity of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *R. dominica* 57

4.21 Percent mortality of adults of *R. dominica* treated with essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* by contact toxicity test 59

4.22 Contact toxicity of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *R. dominica* 60

4.23 Percent mortality of adults of *R. dominica* treated with essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* by vapour toxicity test 62

4.24 Fumigant toxicity of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *R. dominica* 63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.25 Repellent activity of essential oils of *P. sarmantosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *R. dominica* 66

4.26 Percent mortality of adults of *R. dominica* treated with powders of *P. sarmentosum, P. nigrum* and *P. retrofractum* by grain treatment test 68

4.27 Feeding/contact toxicity of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *R. dominica* 69

4.28 Percent mortality of adults of *R. dominica* treated with powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* by vapour toxicity test 70

4.29 Fumigant toxicity of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum and P. retrofractum* against adults of *R. dominica* 71

4.30 Repellent activity of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum and P. retrofractum* against adults of *R. dominica* 73

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 Morphology of *R. Dominica* 3
2.2 Damage of rice seeds caused by *R. dominica* 4
2.3 Morphology of *S. oryzae* 6
2.4 Damage of rice seeds caused by *S. oryzae* 6
2.5 Extraction of essential oils from tested plant by hydrodistillation method 9
2.6 Morphology of *P. nigrum* 11
2.7 Morphology of *P. sarmentosum* 14
2.8 Morphology of *P. retrofractum* 17
3.1 Culture of *S. oryzae* and *R. dominica* in the laboratory 19
3.2 Preparation of powders from tested plants 20
3.3 Essential oils of tested plant 20
3.4 Feeding/contact toxicity test of essential oils of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by grain treatment test 21
3.5 Contact toxicity test of essential oils of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by impregnated-paper method 22
3.6 Fumigant toxicity test of essential oils of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by vapour toxicity method 23
3.7 Repellent activity test of essential oils of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by area preference method 24
3.8 Progeny production inhibitory activity test of essential oils of tested plants against *S. oryzae* 25
3.9 Feeding/contact toxicity test of powders of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by grain treatment test 26

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

3.10 Fumigant toxicity test of powders of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by vapour toxicity method 26

3.11 Repellent activity test of powders of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by cup bioassay method 27

3.12 Progeny production inhibitory activity test of powders of tested plants against *S. oryzae* 28

บทที่ 1
บทนำ

ข้าวเล็บนกเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของภาคใต้ ที่เกษตรกรอำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง มีการปลูกในรูปแบบของข้าวอินทรีย์ (organic rice) เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมีความต้องการของตลาดมาก เกษตรกรจึงขายผลผลิตได้ในราคาสูง ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวอินทรีย์ เพื่อรอการจำหน่ายหรือบริโภคหรือรอปลูกในฤดูถัดไป เกษตรกรอำเภอเขาชัยสน ประสบปัญหาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าว โดยตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูทั้งสองชนิด อาศัยกัดกินภายในเมล็ดข้าว ส่งผลให้เมล็ดข้าวได้รับความเสียหายอย่างรวดเร็ว ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ทำให้เกษตรกรมีรายได้จากการขายผลผลิตลดลง รวมทั้งทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง ไม่สามารถนำไปใช้ในการขยายพันธุ์ได้ ซึ่งสร้างความเสียหายให้กับเกษตรกรเป็นอย่างมาก

การนำสารธรรมชาติจากพืชในรูปน้ำมันหอมระเหย หรือผงบด มาใช้ควบคุมมอดข้าวเปลือกหรือด้วงงวงข้าว เป็นทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ควบคุมแมลง ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวอินทรีย์ได้ เนื่องจากข้อกำหนดในการผลิตข้าวอินทรีย์ต้องเป็นข้าวที่ได้จากการผลิต ที่หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีทุกชนิด หรือสารสังเคราะห์ต่างๆ ในทุกขั้นตอนการผลิต รวมทั้งในระหว่างการเก็บรักษาผลผลิต หากมีความจำเป็นสามารถใช้วัสดุจากธรรมชาติ และสารสกัดต่างๆจากพืชที่ไม่มีพิษต่อคน หรือไม่มีสารพิษตกค้างปนเปื้อนในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม (สุรีรัตน์ และ อัญชลี, 2557) การใช้สารธรรมชาติจากพืชเพื่อการควบคุมแมลง พบได้ทั่วไปในภูมิปัญญาชาวบ้าน ที่สืบทอดกันมาตั้งแต่บรรพบุรุษ เช่น การนำตะไคร้ และพริกไทยแห้ง ใส่ลงในภาชนะที่บรรจุข้าวสารเพื่อไล่แมลง การนำใบสะเดา ใบมะกรูดทั้งสดและแห้งผสมข้าวกล้องในภาชนะบรรจุ พบว่าสามารถเก็บรักษาข้าวกล้องได้นาน โดยไม่มีด้วงงวงข้าวโพดและมอดเข้าทำลาย (วรัญญา, 2550) เป็นต้น เนื่องจากประเทศไทยมีความหลากหลายของพืช การศึกษาหาชนิดพืชที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ที่มีประสิทธิภาพสูง ในการควบคุมมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าว จึงเป็นเรื่องที่มีความจำเป็นต่อการเก็บรักษาข้าวอินทรีย์ให้มีคุณภาพดี ปลอดภัยจากการทำลายของแมลง

พริกไทยดำ ชะพลู และดีปลี เป็นพืชสมุนไพรในวงศ์ Piperaceae ที่ปลูกทั่วไปและหาได้ง่ายในท้องถิ่นภาคใต้ เมล็ดพริกไทยดำมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาค่อนข้างกว้าง เช่น มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็ง มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ มีฤทธิ์ต้านอากาซึมเศร้า (Ahmad *et al*., 2012) สำหรับใบชะพลู มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็ง มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ มีฤทธิ์ลดไข้ มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด มีฤทธิ์แก้ปวด (Hieu *et al*., 2014) ส่วนผลดีปลี มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ มีฤทธิ์ต้านเบาหวาน (Prasad *et al*., 2012) นอกจากนี้มีรายงานวิจัยว่าเมล็ดพริกไทยดำมีฤทธิ์ควบคุมด้วงงวงข้าว (Chaubey, 2011) ส่วนใบชะพลูมีฤทธิ์ควบคุมด้วงถั่วเขียว (นที และ สุภาณี, 2546) ซึ่งเป็นงานวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ และยังไม่มีรายงานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ชีวภาพของดีปลี ที่มีต่อมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าว รวมทั้งยังไม่มีรายงานวิจัยถึงประสิทธิภาพของพืชทั้งสามชนิด ในการ

ป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการทำลายของมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าว และผลกระทบที่มีต่อความงอกของเมล็ดระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยต้องการศึกษาฤทธิ์ชีวภาพในแง่ฤทธิ์ฆ่าแมลง ฤทธิ์ไล่แมลง และฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเป็นตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่ ของน้ำมันหอมระเหยและผงบดจากพืชทั้งสามชนิด ที่มีต่อมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าวในสภาพห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรนำไปใช้ในการเก็บรักษาข้าวอินทรีย์ให้มีคุณภาพดี และปลอดภัยจากการทำลายของแมลงต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาฤทธิ์ฆ่าแมลง ฤทธิ์ไล่แมลง และฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเป็นตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่ของน้ำมันหอมระเหยและผงบดจากเมล็ดพริกไทยดำ ใบชะพลู และผลดีปลี ที่มีต่อมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าวในสภาพห้องปฏิบัติการ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้องค์ความรู้ใหม่เรื่องฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหย และผงบดจากเมล็ดพริกไทยดำ ใบชะพลู และผลดีปลี ที่มีต่อมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าว

2) พริกไทยดำ ชะพลู และดีปลี เป็นพืชทางเลือกที่มีประสิทธิภาพต่อการควบคุมมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าวในการเก็บรักษาข้าวอินทรีย์พันธุ์เล็บนก

3) เกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์พันธุ์เล็บนกสามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าว ให้ปลอดภัยจากการทำลายของมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าว

4) ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารระดับชาติ/นานาชาติอย่างน้อย 2 เรื่อง

5) ได้นักวิจัยรุ่นใหม่ในระดับปริญญาโท ที่มีความเชียวชาญในการควบคุมแมลงศัตรูสำคัญหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้สารธรรมชาติจากพืชอย่างน้อย 1 คน

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

มอดข้าวเปลือก

รูปร่างลักษณะและชีวประวัติ

มอดข้าวเปลือก (*Rhyzopertha dominica* F.) จัดอยู่ในวงศ์ Bostrichidae อันดับ Coleoptera มีการเจริญเติบโตแบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ ระยะตัวหนอน ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือกมีรูปร่างทรงกระบอกสีน้ำตาลเข้มปนแดงมีความยาว 2.5-3.0 มิลลิเมตร ส่วนหัวสั้นและงุ้มซ่อนอยู่ใต้อกปล้องแรก เมื่อมองดูด้านบนจะเห็นส่วนของอกเป็นหัว จึงทำให้มีชื่อว่ามอดหัวป้อม หนวดมี 10 ปล้องแบบกระบอง ปลายหนวด 3 ปล้องสุดท้ายขยายใหญ่กว่าปล้องอื่น ๆ ปีกคู่หน้าค่อนข้างขรุขระเป็นหลุม (puncture) เรียงเป็นแถวอย่างมีระเบียบ มอดข้าวเปลือกเพศเมียวางไข่แบบเดี่ยวตามเศษผงในกองข้าว หรือเป็นกลุ่มตามรอยแตกกะเทาะบนเมล็ดครั้งละ 30 ฟอง ตลอดชีวิตสามารถวางไข่ได้มากที่สุดถึง 500 ฟอง ไข่มีขนาดเล็กมาก ลักษณะเรียวยาวคล้ายเมล็ดข้าวสารตรงกลางคอดเล็กน้อย ไข่จะฟักเป็นตัวหนอนในเวลา 5-9 วัน ตัวหนอนมี 4 วัยอาศัยกัดกินภายในเมล็ด หนอนเมื่อฟักออกจากไข่จะมีสีขาวความยาวเฉลี่ยประมาณ 0.5 ลำตัวตรงมีขนาดเล็กมาก หนอนวัย 3-4 มีลักษณะเป็นรูปโค้งเป็นตัวซี มีส่วนหัวเล็ก ส่วนอกใหญ่ ตัวหนอนโตเต็มที่มีความยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ตัวหนอนอายุประมาณ 21-28 วัน จึงเข้าดักแด้ภายในเมล็ดเป็นเวลา 6-8 วัน เมื่อดักแด้พัฒนาเป็นตัวเต็มวัยจะเจาะเมล็ดออกมา วงจรชีวิตใช้เวลา 1 เดือนขึ้นไป (Figure 2.1) ตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่นาน 5 เดือนหรือมากกว่า (กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2548)

(a) (b) (c)

Figure 2.1 Morphology of *R. Dominica* (a) larva (b) pupa (c) adult

ความสำคัญและลักษณะการทำลาย

มอดข้าวเปลือกสามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้ไกล และเข้าทำลายผลผลิตได้หลายชนิด เช่น ข้าวเปลือก ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง ข้าวสาร ข้าวบาร์เลย์ เป็นต้น พบการแพร่ระบาดทั่วไปในที่เก็บผลผลิตทางการเกษตร นอกจากเข้าทำลายผลผลิตทางการเกษตรแล้ว มอดข้าวเปลือกยังสามารถเจาะทะลุภาชนะบรรจุเมล็ดพันธุ์ เช่น กระสอบ กล่องกระดาษ ถุงพลาสติก ถุงผ้าดิบหรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น อาหารสัตว์ รากไม้แห้ง มันสำปะหลังอัดเม็ด และไม้คอร์ก เป็นต้น

มอดข้าวเปลือกทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย สามารถเข้าทำลายผลผลิตให้เกิดความเสียหายได้ทั้งภายนอกและภายใน โดยตัวอ่อนจะอาศัยและกัดกินอยู่ภายในเมล็ดจนกลายเป็นตัวเต็มวัย จากนั้นจึงเจาะรูออกมาโดยใช้ปากกัดเมล็ดจนเป็นรู ซึ่งมีลักษณะกลมหรือรี บริเวณขอบของรูจะขรุขระไม่เรียบ เปลือกของเมล็ดเป็นรูพรุนบางและอาจแตกจากกัน หากแกะเปลือกออก จะพบว่ามอดข้าวเปลือกกินเมล็ดภายในจนหมด เมื่อกินเมล็ดข้าวหมดแล้ว แมลงจะเจาะออกมาภายนอก เพื่อเข้าทำลายเมล็ดอื่นต่อไป (Figure 2.2) ในระหว่างการกัดกินผลผลิตจะเกิดฝุ่นผงภายในภาชนะบรรจุ หรือกระจายตกตามพื้นเกิดความสกปรก ซึ่งอาจเป็นปัจจัยดึงดูดให้ศัตรูพืชชนิดอื่นเข้าทำลายซ้ำ หรือเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคได้ (กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2548)

Figure 2.2 Damage of rice seeds caused by *R. Dominica*

การควบคุมมอดข้าวเปลือกโดยใช้สารธรรมชาติจากพืช

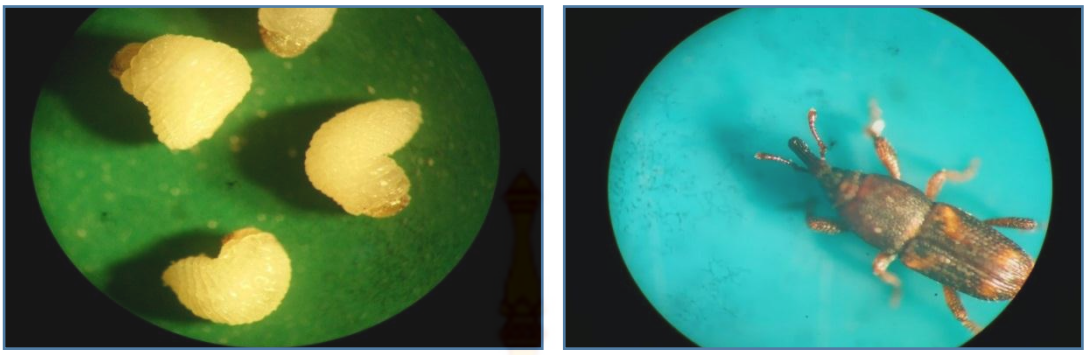
Kumar *et al*. (2008) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบมะตูม (*Aegle marmelos*) ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม มีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของมอดข้าวเปลือก 97.26% Ogendo *et al*. (2008) ทดสอบฤทธิ์ฆ่าแมลงและฤทธิ์ไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยี่หร่า (*Ocimum gratissimum*) ที่มีต่อมอดข้าวเปลือก และพบว่าน้ำมันหอมระเหยชนิดนี้ มีความเป็นพิษทางการรมต่อแมลงสูง โดยมีค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมงเท่ากับ 0.20 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ รวมทั้งมีอัตราการไล่แมลงที่เวลา 24 ชั่วโมงหลังการทดสอบเท่ากับ 65-78% โดยมีสารออกฤทธิ์หลักได้แก่ methyl eugenol (64.28%), b-(Z)-ocimene (10.40%), E-caryophyllene (5.14%), germacrene-D (4.71%) และ eugenol (2.43%) Gandhi and Pillai (2011) ศึกษาประสิทธิภาพของผงใบทับทิม (*Punica granatum*) และผงใบหอมแขก (*Murraya koenigii*) เพื่อการควบคุมมอดข้าวเปลือก โดยคลุกผงใบพืชอัตรา 0.05-1 กรัม/เมล็ดข้าวสาสีหนัก 10 กรัม ผลการทดสอบพบว่า ผงใบทับทิมและใบหอมแขก ทำให้มอดข้าวเปลือกตายใกล้เคียงกันในช่วง 18-71% และ 18-65% ตามลำดับ Ileke and

Bulus (2012) รายงานว่า ผงเมล็ดสะเดา (*Azadirachta indica*) อัตรา 1, 2 และ 4 กรัม เมื่อนำมาคลุกกับเมล็ดข้าวสาลีหนัก 20 กรัม ทำให้มอดข้าวเปลือกตาย 100% ในเวลา 3 วันหลังการทดสอบ และมีฤทธิ์ยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่ 95, 100 และ 100% ตามลำดับ Kumawat and Naga (2013) ศึกษาประสิทธิภาพน้ำมันสะเดา น้ำมันละหุ่ง (*Ricinus communis*) น้ำมันผักกาดเขียวปลี (*Brassica juncea*) และน้ำมันยูคาลิปตัส (*Eucalyptus melanophloia*) ความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1% ในการควบคุมมอดข้าวเปลือก ผลการทดสอบพบว่า น้ำมันสะเดาความเข้มข้น 1% มีประสิทธิภาพดีที่สุด สามารถยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ของแมลงสูงถึง 270 วัน Forouzan *et al*. (2013) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโชกุน (*Citrus reticulata*) มีฤทธิ์ฆ่ามอดข้าวเปลือก โดยมีค่าความเป็นพิษทางการรม (LC_{50}) เท่ากับ 18.30 และ 15.52 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

ด้วงงวงข้าว

รูปร่างลักษณะและชีวประวัติ

ด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* L.) จัดอยู่ในวงศ์ Curculionidae อันดับ Coleoptera มีการเจริญเติบโตแบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ ระยะตัวหนอน ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวมีสีน้ำตาลดำยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ส่วนหัวจะยื่นออกมาเป็นงวง (snout หรือ rostrum) สามารถบินออกไปทำลายเมล็ดพืชตั้งแต่ยังอยู่ในไร่นา ตัวเต็มวัยเพศเมียเมื่อผสมพันธุ์สามารถวางไข่ได้ถึง 150 ฟอง โดยตัวเมียจะเจาะรูที่เมล็ดพืชแล้ววางไข่รูละ 1 ฟอง เมื่อวางไข่แล้วจะปล่อยสารเหนียวออกมาปิดหลุมไข่ไว้ และย้ายไปวางไข่ที่จุดอื่นในเมล็ดเดียวกัน ตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่ประมาณ 1-4 ฟองต่อเมล็ด โดยเริ่มวางไข่เมื่ออายุได้ประมาณ 10 วัน ระยะไข่ใช้เวลา 3-5 วัน จึงฟักเป็นตัวหนอน ตัวหนอนมีลำตัวสั้นป้อมอาศัยกัดกินอยู่ภายในเมล็ด ตัวหนอนลอกคราบ 4 ครั้ง ระยะตัวหนอนใช้เวลาประมาณ 25-30 วัน จึงเจริญเป็นดักแด้อยู่ในเมล็ดข้าว ระยะดักแด้ใช้เวลา 5-7 วัน จึงพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งอาศัยอยู่ในเมล็ดอีกหลายวัน จึงกัดเปลือกของเมล็ดข้าวออกมาสู่ภายนอก (Figure 2.3) ตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้นาน 1-2 เดือนหรือมากกว่า ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมซึ่งประกอบด้วยอุณหภูมิและความชื้น ระยะการเติบโตของแมลงจากไข่ถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาประมาณ 30-35 วัน (กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร, 2543; กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2548)



(a) (b)

Figure 2.3 Morphology of *S. oryzae* (a) larva (b) adult

ความสำคัญและลักษณะการทำลาย

ด้วงงวงข้าวเป็นแมลงศัตรูผลิตผลทางการเกษตรที่สำคัญที่สุด ทำลายเมล็ดพืชได้หลายชนิดโดยเฉพาะข้าวเปลือก ข้าวสาร ทั้งตัวเต็มวัยและตัวอ่อนร่วมกันทำลายเมล็ดพืช โดยตัวเต็มวัยเพศเมียจะวางไข่ในเมล็ด ขณะที่เมล็ดเริ่มสุกแก่ โดยใช้ส่วนปากเจาะเข้าไปและวางไข่ภายในเมล็ด หลังจากนั้นปิดปากรูด้วยไข ตัวหนอนที่ฟักออกมาจากไข่ จะอาศัยกัดกินอยู่ในเมล็ดแล้วเข้าดักแด้ เมื่อเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยจะเจาะผิวเมล็ดออกมาสู่ภายนอก ทำให้เมล็ดที่ถูกทำลายเป็นรูและข้างในเป็นโพรง (Figure 2.4) ถ้ามีการทำลายรุนแรง เมล็ดจะเหลือแต่เปลือกภายในเป็นโพรง นำไปใช้ประโยชน์ต่อไม่ได้ (พรทิพย์ และคณะ, 2551; Koehler, 2008)

Figure 2.4 Damage of rice seeds caused by *S. oryzae*

การควบคุมด้วงงวงข้าวโดยใช้สารธรรมชาติจากพืช

จากรายงานการวิจัยพบว่า สารธรรมชาติจากพืชหลายชนิดมีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าว เช่น Varma and Dubey (2001) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยของ *Cymbopogon martini*, *Caesulia axillaris* และ มิ้นต์ (*Mentha arvensis*) เมื่อนำมาคลุกเมล็ดข้าวสาลี สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวนาน 12 เดือน Tripathi *et al.* (2002) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) มีความเป็นพิษทางสัมผัสและทางการรมต่อด้วงงวงข้าว Kumar *et al*. (2008) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบมะตูม ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม

สามารถยับยั้งการกินอาหารของด้วงงวงข้าว 98.02% Chaubey (2011) สรุปไว้ว่า น้ำมันหอมระเหยจากผลยี่หร่าและเมล็ดพริกไทยดำ มีความเป็นพิษทางการรม และมีฤทธิ์ไล่ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว Franz *et al.* (2011) เปรียบเทียบฤทธิ์ฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้ (*C. citratus*) เหง้าขิง (*Zingiber officinale*) และใบสะระแหน่ (*M. cordifolia*) ที่มีต่อด้วงงวงข้าว ผลการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้มีความเป็นพิษทางสัมผัสสูงสุด (LD_{50} เท่ากับ 0.027 ไมโครลิตร/ลิตร) รองลงมาได้แก่น้ำมันหอมระเหยจากใบสะระแหน่และเหง้าขิง ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าขิง มีความเป็นพิษทางการรมสูงสุด (LC_{50} เท่ากับ 1.18 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร) รองลงมาตามลำดับได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบสะระแหน่และใบตะไคร้ Usha Rani (2012) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดผักชี (*Coriandrum sativum*) ความเข้มข้น 130 ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร มีพิษทางสัมผัสต่อด้วงงวงข้าว โดยทำให้แมลงตาย 76.6, 84.6 และ 100% ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ Mishra *et al.* (2013) ทดสอบความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกานพลู (*Syzygium aromaticum*) และใบมะตูม ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว ผลการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสองชนิดมีความเป็นพิษต่อแมลงสูง โดยมีค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 15.347 และ 16.133 ไมโครลิตร 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 ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ

บริเวณใกล้เคียง 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 จะเป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีคีโตนเป็นองค์ประกอบหลักอาจเป็น 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 น้ำมันยูคา-ลิปตัส

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

วิธีสกัดน้ำมันหอมระเหย

1. การกลั่นด้วยน้ำร้อน (Water distillation หรือ Hydrodistillation) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการกลั่นน้ำมันหอมระเหย การกลั่นโดยวิธีนี้พืชที่ใช้กลั่นต้องจุ่มอยู่ในน้ำเดือดทั้งหมด ข้อควรระวังในการกลั่นโดยวิธีนี้คือ พืชจะได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอ ตรงกลางมักจะได้ความร้อนมากกว่าด้านข้าง จะมีปัญหาในการไหม้ของตัวอย่าง กลิ่นไหม้จะปนมากับน้ำมันหอมระเหย และมีสารไม่พึงประสงค์ติดมาในน้ำมันหอมระเหยได้ (Figure 2.5)

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

Figure 2.5 Extraction of essential oils from tested plant by hydrodistillation method

3. การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (Water and steam distillation) วิธีนี้ใช้ได้กับพืชทุกชนิด โดยเฉพาะพวกที่อาจถูกทำลายได้ง่ายเมื่อถูกต้ม ทำได้โดยวางพืชที่เปียกน้ำบนตะแกรง ต้มน้ำให้เดือด จะได้เป็นไอของน้ำที่จะผ่านพืชไปพร้อมกับน้ำมันที่ระเหย จนพบกับความเย็นเกิดการควบแน่น และสามารถแยกชั้นน้ำกับน้ำมันได้

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 แต่มีข้อดี เพราะเป็นสารไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟ เมื่อสกัดแล้ว แยกออกจากน้ำมันได้ง่าย เป็นการสกัดด้วยวิธีการพิเศษที่ไม่ใช้ตัวทำละลาย (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% และปราศจากสารปนเปื้อนของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ขั้นตอนการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นวิธีการสกัดที่ให้สารสกัดจากธรรมชาติมากที่สุด

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

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

- การบีบโดยใช้แรงอัด (Expression) ทำให้น้ำมันและน้ำในเซลล์ไหลออกมา ซึ่งอาจจะอยู่ในรูป emulsion และสามารถแยกออกจากกันได้โดยการปั่นด้วยความเร็วสูง ทำให้น้ำกับน้ำมันแยกชั้นกันได้

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

พริกไทยดำ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

พริกไทยดำ (*Piper nigrum* L.) มีลักษณะเป็นเถาเลื้อย ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับรูปไข่หรือรี ปลายใบแหลม โคนใบมนหรือรูปหัวใจปลายแหลมเล็กน้อย ใบกว้าง 3.5-6 เซนติเมตร ยาว 7-10 เซนติเมตร ก้านใบยาว 10-20 เซนติเมตร ผิวใบด้านบนเป็นมัน ด้านล่างสีเขียวอ่อนกว่าด้านบน ขอบใบบางพันธุ์เรียบบางพันธุ์หยักเป็นคลื่น ดอกออกเป็นช่อยาวประมาณ 7-14 เซนติเมตร เกิดตามข้อตรงข้ามกับใบ ดอกย่อยไม่มีก้านดอก แต่ละช่อดอกมีดอกย่อยประมาณ 150 ดอกย่อย ช่อดอกขณะอ่อนมีสีเหลืองอมเขียว เมื่อแก่ดอกมีสีเขียว ดอกบานทั้งช่อประมาณ 5-7 วัน ช่อดอกตัวเมียมีกลีบประดับเกือบกลมขนาด 4-5 มิลลิเมตร ติดอยู่ตามแกนช่อดอกรองรับดอก รังไข่กลมปลายเกสรแยก 3-5 แฉก ช่อดอกตัวผู้มีเกสรตัวผู้ 2 อัน ผลเป็นผลรวมกันบนช่อยาว 5-15 เซนติเมตร ผลรูปทรงกลมขนาด 3-6 มิลลิเมตร ผลอ่อนมีสีเขียวอ่อน ผลแก่สุกเต็มที่มีสีส้มหรือสีแดง เมื่อผลแห้งมีสีดำ ภายในมี 1 เมล็ด เมล็ดมีลักษณะแข็งค่อนข้างกลม (Figure 2.6) มีกลิ่นเฉพาะฉุน รสเผ็ด (อภิชาติ, 2551)

Figure 2.6 Morphology of *P. nigrum* (a) whole plant (b) dried seeds

องค์ประกอบทางเคมี

Gorgani *et al*. (2017) รายงานว่าเมล็ดพริกไทยดำมีสารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหย ซึ่งพบในปริมาณ 0.4-7% และสารประกอบแอลคาลอยด์ที่สำคัญได้แก่ สารพิเพอรีน (piperine) ซึ่งพบในปริมาณ 2-7.4% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งปลูก สภาพแวดล้อมในการปลูก รวมทั้งสภาพอากาศ นอกจากนี้ยังพบสารประกอบแอลคาลอยด์ชนิดอื่นๆได้แก่ piperanine, piperettine, piperylin A, piperolein B และ pipericine ซึ่งสารประกอบแอลคาลอยด์เหล่านี้ทำให้พริกไทยมีรสเผ็ด ร้อน

Rmili *et al*. (2014) เปรียบเทียบวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำ 2 วิธี ได้แก่ การกลั่นด้วยน้ำร้อนกับการกลั่นโดยเทคนิคไมโครเวฟ ผลการทดสอบพบว่า การกลั่นด้วย

น้ำร้อนได้น้ำมันหอมระเหย 1.24% โดยพบสารที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ β-caryophyllene (47.14-50.88 %), α-copaene (7.79-8.02 %), sabinene (5.52-6.92 %) และ cubenol (3.97-5.20%) ส่วนการกลั่นโดยเทคนิคไมโครเวฟได้น้ำมันหอมระเหย 1.45% โดยมี β-caryophyllene (8.25-52.68%), caryophyllene oxide (4.79- 63.13%), sabinene (2.04-11.73%), α-copaene (5.95-9.28%) และ cubenol (3.85-5.10 %) เป็นองค์ประกอบหลัก Morshed *et al*. (2017) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำโดยการกลั่นด้วยไอน้ำและวิเคราะห์ชนิดของสารที่เป็นองค์ประกอบโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรมิเตอร์ พบสารที่เป็นองค์ประกอบ 30 ชนิด โดยมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ caryophellene (19.12%), limonene (9.74%) และ camphene (8.44%)

สรรพคุณและการใช้ประโยชน์

พริกไทยดำมีสรรพคุณตามตำรับยาไทยคือ ใช้เป็นยาขับลม แก้ท้องอืดเฟ้อ บำรุงธาตุ เจริญอาหาร ขับเหงื่อ ขับปัสสาวะและกระตุ้นประสาท ชาวจีนและชาวอินเดียโบราณใช้พริกไทยดำระงับอาการปวดท้อง อาการหนาวสั่น อาการหวัด อาการไข้ออักเสบ อาการปวดกล้ามเนื้อ พริกไทยดำในรูปของชาสามารถบรรเทาอาการปวดหัวไมเกรน ลดอาการคออักเสบ ลดอาการอาหารไม่ย่อย (Parthasarathy *et al*., 2008) รวมทั้งเพิ่มการไหลเวียนของเลือด เพิ่มการหลั่งของน้ำลาย และกระตุ้นความอยากรับประทานอาหาร (Pruthi, 1993) สารพิเพอรีน (piperine) ในเมล็ดพริกไทยดำมีคุณสมบัติที่สำคัญคือต้านอนุมูลอิสระ ต้านเบาหวาน ต้านมะเร็ง ต้านการอักเสบ ต้านอาการท้องเสีย ลดระดับไขมันในเลือด รวมทั้งมีฤทธิ์ฆ่าแมลงและฆ่าไรด้วย (Ahmad *et al*., 2012; Gorgani *et al*., 2017)

ประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืช

การใช้เมล็ดพริกไทยดำควบคุมแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว มีรายงานการวิจัยดังต่อไปนี้ ยืนยง และคณะ (2558) ทดสอบผลของผงเมล็ดพริกไทยดำอัตราความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1, 2 และ 4% ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) ผลการทดสอบพบว่า ผงเมล็ดพริกไทยดำทุกความเข้มข้นมีความเป็นพิษสูงมาก ทำให้ด้วงถั่วเขียวตาย 95.00-100.00% ในเวลา 4 วันหลังการทดสอบ ผงเมล็ดพริกไทยดำยังมีฤทธิ์ยับยั้งการวางไข่ และยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่อีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าผงเมล็ดพริกไทยดำทุกความเข้มข้น ไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว และสามารถป้องกันความเสียหายของเมล็ดถั่วเขียวจากการถูกทำลายโดยด้วงถั่วเขียวได้นาน 3 เดือน Mahdi and Rahman (2008) พบว่า ผงเมล็ดพริกไทยดำอัตรา 25 และ 30 กรัม เมื่อนำมาคลุกกับเมล็ดถั่วเขียวผิวดำหนัก 1 กิโลกรัม มีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของด้วงถั่วเขียว โดยมีสารสารพิเพอรีนเป็นสารออกฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหาร และออกฤทธิ์ฆ่าแมลง Govindan *et al*. (2009) รายงานว่า ผงบดเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 2% เมื่อนำไปคลุกกับเมล็ดถั่ว สามารถฆ่าตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวตายทั้ง 100% ภายในเวลาเพียง 12 ชั่วโมง รวมทั้งมีฤทธิ์ยับยั้งการวางไข่ และยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่ 100% Ashouri and Shayesteh (2010) ทดสอบประสิทธิภาพของผงพริกไทยดำความเข้มข้น 0.5, 0.85, 1.5, 3.0 และ 5.0% ในการควบคุมด้วงงวงข้าวสาลี (*S. granarius*) โดยวิธีคลุกกับเมล็ดข้าวสาลีหนัก 20 กรัม

ผลการทดสอบพบว่า ผงพริกไทยดำความเข้มข้น 0.5% สามารถฆ่าด้วงงวงข้าวสาลีตาย 100% ภายในระยะเวลา 5 วัน Islam *et al*. (2013) รายงานว่า ผงเมล็ดพริกไทยดำอัตรา 1 กรัม/เมล็ดถั่วเขียว 1 กิโลกรัม มีฤทธิ์ฆ่าด้วงถั่วเขียวตาย 83.0% ในเวลา 7 วัน รวมทั้งมีฤทธิ์ยับยั้งการวางไข่ และยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่อีกด้วย

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำที่มีต่อแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว มีการศึกษาโดย กันยารัตน์ และคณะ (2556) ทดสอบฤทธิ์ไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำที่มีต่อด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*) ผลการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมเหยความเข้มข้น 8 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่แมลงสูงมากในระดับ 80.1-100% Chaubey (2011) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำ มีพิษทางการรมต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.58 ไมโครลิตร/ลูกบากศ์เซนติเมตรอากาศ นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยยังมีฤทธิ์ไล่แมลงดังกล่าวอีกด้วย Khani *et al*. (2012) ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากผลสดพริกไทยดำ ที่มีต่อแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว 2 ชนิด ได้แก่ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวและตัวหนอนวัย 3 ของผีเสื้อข้าวเปลือก (*Sitotroga cerealella*) ผลการทดลองพบว่า น้ำมันหอมระเหยดังกล่าวมีความเป็นพิษทางการรมสูงต่อแมลงทั้งสองชนิด โดยมีค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมงเท่ากับ 287.7 และ 530.5 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ตามลำดับ โดยสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ limonene, β-pinene, α-pinene และ caryophyllene

ชะพลู

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชะพลู (*Piper sarmentosum* Roxburgh.) มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก หรือเป็นเถาทอดเลื้อยไปตามพื้นดิน สูงประมาณ 30 เซนติเมตร ลำต้นสีเขียวและมีไหลงอกยาวเป็นลำต้นใหม่ ใบเรียงแบบสลับ เนื้อใบบางถึงหนา กว้าง 5-10 เซนติเมตร ยาว 7-15 เซนติเมตร ใบบนลำต้นฐานใบลึกแบบสมมาตร ใบบนกิ่งฐานใบรูปลิ่มหรือเกือบตัดตรง ปลายใบแหลม เส้นใบมีจำนวน 7 เส้นออกจากฐานใบ ช่อดอกรูปทรงกระบอกตั้งขึ้น ดอกมีสีขาวเป็นช่อแบบเชิงลด (spike) ออกตามซอกใบ ช่อดอกมีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย ขนาด 0.3-0.5x1 เซนติเมตร ก้านช่อดอกยาว 1.5 เซนติเมตร ผลมีสีเขียวสด ลักษณะกลมผิวมัน (Figure 2.7) ชะพลูออกดอกและติดผลตลอดปี แต่พบมากในฤดูฝน (อรุณรัตน์, 2548)

Figure 2.7 Morphology of *P. sarmentosum*

สรรพคุณและการใช้ประโยชน์

ใบชะพลูมีรสหวาน เย็น และกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ จึงนิยมนำมาปรุงอาหารได้หลากหลายเมนู เช่น เมี่ยงคำ แกงอ่อม หรือเป็นผักเคียงทานกับข้าวยำ และน้ำพริกต่างๆ ในภาคอีสานนิยมนำมาทำแกงอ่อม นำมาทำเป็นผักกินกับลาบอีสาน ซึ่งจะให้รสชาติออกเผ็ด เย็นเล็กน้อย สำหรับสรรพคุณทางสมุนไพร ส่วนรากพบว่า 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) รวมทั้งยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค และเชื้อ *Staphylococcus aureus* สายพันธุ์ต่างๆ (สุรเดช และคณะ, 2559) ในส่วนความเป็นพิษของใบชะพลูพบว่า มีพิษแบบเฉียบพลันต่ำ โดยมีค่าความเป็นพิษมากกว่า 5 กรัม/กิโลกรัม ในหนูขาว และยังมีพิษเรื้อรังในระดับต่ำอีกด้วย

องค์ประกอบทางเคมี

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย มีรายงานโดยกันยารัตน์ และคณะ (2556) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลเป็นตัวสกัด พบสารที่

เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ linalool, estragole, geranyl acetate, caryophyllene, α – terpineol, nerolidol, citral, anethole และ γ-terpinene มัตตนา และคณะ (2561) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำหอมระเหยจากใบชะพลูจากการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ และวิเคราะห์ชนิดของสารที่เป็นองค์ประกอบโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรมิเตอร์ พบสารที่เป็นองค์ประกอบทั้งหมด 61 ชนิด โดยมีสารหลักได้แก่ 1H-cyclopropa[a]naphthalene, decahydro-1,1,3a-trimethyl-7-methylene-, [1aS-(1a. alpha.,3a.alpha.,7a.beta.,7b.alpha.)]- (18.61%), 1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)- (17.25%), 1,3-Benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)- (14.50%), Copaene (13.43%), 2(10)-pinene (12.96%) และ methylenetricyclo[4.4.0.02,7]decane-rel- (12.95%) Qin *et al*. (2010) สรุปไว้ว่าการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูพบสารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ myristicin (65.222%), trans-caryophyllene (13.894%), germacrene (3.602%), δ-cadinene (1.896%), α-copaene (1.814%), elemicine (1.529%), β -borbonene (1.334%), β-cadinene) (1.207%), eusarone (1.185%) และ trans-asarone (1.078%)

ประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืช

สำหรับประโยชน์ในด้านการควบคุมแมลงศัตรูพืช นที และ สุภาณี (2546) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยง่ายจากใบชะพลู มีพิษสัมผัสตายต่อด้วงถั่วเขียว โดยมีค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 8864 พีพีเอ็ม เมื่อประเมินพิษสัมผัสตายโดยวิธี residual film technique อรทัยและศิริพรรณ (2551) กล่าวว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู มีพิษสูงต่อหนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) โดยมีค่า LC_{50} ทางปากที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 4.34% Qin *et al.* (2004) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู มีฤทธิ์ไล่และมีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก Choochote *et al.* (2006) ทดสอบฤทธิ์ฆ่าแมลงของสารสกัดเอทานอลจากพืชตระกูลพลูสามชนิดได้แก่ ชะพลู ดีปลี และสะค้าน (*P. interruptum*) ที่มีต่อตัวเต็มวัยเพศเมียของยุงลาย (*Stegomyia aegypti*) โดยหยดสารสกัดลงบนอกปล้องที่ 2 ของยุง ผลปรากฏว่า สารสกัดจากชะพลูมีฤทธิ์ฆ่าแมลงสูงสุด รองลงมาได้แก่สารสกัดจากสะค้านและดีปลี โดยมีค่า LD_{50} เท่ากับ 0.14, 0.15 และ 0.26 มิลลิกรัมต่อยุงลายเพศเมีย 1 ตัว ตามลำดับ เมื่อทดสอบโดยวิธี topical application Chieng *et al.* (2008) สรุปไว้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 1% มีความเป็นพิษต่อปลวกใต้ดิน (*Coptotermes* sp.) โดยทำให้ปลวกตาย 100 % ภายในเวลา 2 วัน โดยมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยได้แก่ spathulenol, myristicin, β-caryophyllene และ (E,E)-farnesol Qin *et al.* (2010) รายงานฤทธิ์ฆ่าแมลงและฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู ที่มีต่อแมลงดำหนามมะพร้าว (*Brontispa longissima*) ระยะตัวหนอนวัย 1 และ 2 โดยมีสาร myristicin เป็นสารออกฤทธิ์หลักในการฆ่าและยับยั้งการกินอาหารของแมลง นอกจากนี้ Qin *et al.* (2010) ยังรายงานความเป็นพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู ต่อระยะไข่และระยะดักแด้ของแมลงดำหนามมะพร้าวอีกด้วย อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยและผงบดจากใบชะพลู ที่มีต่อมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าว

สำหรับประสิทธิภาพของผงบดใบชะพลูในการควบคุมแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว มีรายงานการศึกษาของ อรพิน และ ณัฏฐา (2554) พบว่า ผงบดใบชะพลูที่อัตราส่วน 5% (โดย

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

ดีปลี

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ดีปลี (*Piper retrofractum* Vahl.) เป็นไม้เถาเนื้อแข็ง ลำต้นค่อนข้างกลมเรียบเปราะ หักง่าย บริเวณข้อมีรากสำหรับยึดเกาะ แตกกิ่งก้านมาก ใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับตามข้อใบ รูปไข่แกมขอบขนาน กว้าง 3-5 เซนติเมตร ยาว 7-10 เซนติเมตร ผิวด้านหลังใบเป็นมัน หลังใบมีขนปกคลุมเล็กน้อย โคนเบี้ยว ปลายแหลม ขอบเรียบ มีเส้นใบออกจากโคน 3-5 เส้น ก้านใบยาว 1-1.5 เซนติเมตร ใบยอดกิ่งไม่มีก้าน ใบและเถามีรสเผ็ดร้อน ดอกเป็นช่อตั้งตรงข้ามกับใบ ออกเป็นช่อจากง่ามใบ หรือปลายยอด มีดอกย่อยเรียงกันอัดแน่นบนแกนช่อ ลักษณะเป็นแท่งกลมยาว ทรงกระบอก ปลายเรียวมน ยาวประมาณ 1-2 นิ้ว ดอกมีสีเขียว เมื่อแก่มีสีเหลืองอมแดง มีขนปกคลุมเล็กน้อย ไม่มีก้านดอกย่อย ช่อดอกเพศผู้และเพศเมียอยู่ต่างต้นกัน ไม่มีกลีบเลี้ยงและกลีบดอก ก้านช่อดอกยาวเท่ากับก้านใบ ช่อดอกเพศผู้ยาว 4-5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 มิลลิเมตร ก้านดอกยาว 2-3.5 เซนติเมตร มีเกสรเพศผู้ 2-3 อัน ช่อดอกเพศเมีย ยาว 3-4 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ผลสดอัดกันแน่นบนแกนช่อ ยาว 2.5-5 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร โคนกว้าง ปลายมน ผิวผลเรียบ ผลย่อยขนาดเล็กจะติดกันเป็นแท่งหลอมรวมกัน แยกจากกันไม่ได้ ผลมีรสเผ็ดร้อน มีสีเขียว เมื่อสุกมีสีน้ำตาลแกมแดง ผลย่อยมีเมล็ดเดียว เมล็ดมีขนาดเล็กมาก กลมและแข็ง (Figure 2.8) (Backer and Bakhuizen Van Den Brink, 1963)

(a) (b)

Figure 2.8 Morphology of *P. retrofractum* (a) whole plant (b) fresh fruits

สรรพคุณและการใช้ประโยชน์

ตามทฤษฎีของแพทย์แผนไทย ดีปลีจัดเป็นสมุนไพรประจำธาตุดิน ช่วยระงับธาตุปถวีโทษ ดอกดีปลีเป็นยารสเผ็ดร้อนขม สรรพคุณทางแพทย์แผนโบราณใช้บำรุงธาตุ ขับลม แก้จุกเสียด ใช้เป็นยาสำหรับรักษาโรคทางเดินหายใจ เช่น ขับเสมหะ แก้หืด แก้หลอดลมอักเสบ และแก้อาการนอนไม่หลับ แก้ลมบ้าหมู เป็นยาขับน้ำดี เป็นยาขับระดู ทำให้สตรีเกิดอาการแท้งบุตร เป็นยาขับพยาธิในท้อง ใช้เป็นยาทาภายนอก สำหรับบรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้อ โดยทำให้ร้อนแดงและมีเลือดมาเลี้ยงบริเวณนั้นมากขึ้นจึงสามารถแก้อาการอักเสบ ดีปลีถูกใช้เป็นตัวยาตัวหนึ่งในตำรับยาไทย เช่น ยาสหัสธาราเบญจกูล และอีกหลายตำรับ นอกจากนี้จากการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารสกัดจากผลดีปลีพบว่า สารสกัดเอทานอลจากผลดีปลีมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ทั้งแบบเฉียบพลันและกึ่งเรื้อรัง รวมทั้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรังของผลดีปลี ไม่พบอาการก่อให้เกิดพิษในสัตว์ทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี

Hieu *et al*. (2014) รายงานว่า การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบดีปลีโดยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ พบสารที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ benzyl benzoate (14.4%), myrcene (14.4%), bicycloelemene (9.9%), bicyclogermacrene (7.0%) และ β-caryophyllene (5.3%)

ประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืช

Tripathi *et al*. (1999) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากผลดีปลี มีฤทธิ์ไล่มอดแป้ง (*Trobolium castaneum*) สูงในระดับ 52, 76 และ 90% ที่อัตราความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2% Chansang *et al*. (2005) ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดด้วยน้ำจากพืช 9 ชนิดได้แก่ ดีปลี ขมิ้นชัน กระเทียม (*Allium sativum*) กานพลู ผักเผ็ด (*Spilanthes paniculata*) ว่านมหากาฬ (*Gynura pseudochina*) ไพล (*Zingiber montanum*) ทองพันชั่ง (*Rhinacanthus nasutus*)

และ ผักเสี้ยน-ผี (*Cleome viscosa*) ในการควบคุมลูกน้ำวัย 4 ของยุงลาย (*Aedes aegypti)* และยุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus*) ผลการทดสอบพบว่า สารสกัดจากผลดีปลีมีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีค่า LC_{50} ต่อลูกน้ำยุงลายและยุงรำคาญ เท่ากับ 79 และ 135 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยและผงบดจากผลดีปลี ที่มีต่อมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าว

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเพาะเลี้ยงมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าว

เก็บรวบรวมมอดข้าวเปลือกและด้วงงวงข้าวจากเมล็ดข้าวเปลือกที่ถูกทำลายในธรรมชาติ นำมาเพาะเลี้ยงแยกกันในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5% มีสัดส่วนความสว่าง : ความมืด เท่ากับ 12 : 12 โดยใส่แมลงจำนวน 50 ตัว ในภาชนะพลาสติกปริมาตร 950 มิลลิลิตร ที่บรรจุเมล็ดข้าวเปลือกอินทรีย์พันธุ์เล็บนกปริมาณ 250 กรัม ซึ่งผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง สำหรับเป็นอาหารของแมลง ใช้ผ้าขาวบางปิดปากภาชนะ และรัดด้วยยางวง ปล่อยให้แมลงผสมพันธุ์ และวางไข่เป็นเวลา 2 สัปดาห์ แล้วใช้ตะแกรงร่อนเอาตัวเต็มวัยของแมลงออก เก็บเมล็ดข้าวเปลือกที่มีไข่ของแมลงในภาชนะเดิม ประมาณ 30 วัน ไข่จะพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย นำตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่ อายุ 1-7 วัน มาใช้ในการทดสอบต่อไป (Figure 3.1)

Figure 3.1 Culture of *S. oryzae* and *R. dominica* in the laboratory

3.2 การเตรียมผงบดจากพืชทดสอบ

ซื้อเมล็ดพริกไทยดำและผลดีปลีแห้งจากร้านไทรบุรี อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งลมให้แห้ง แล้วอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วบดให้เป็นผงละเอียด ส่วนการเตรียมผงบดจากใบชะพลู ทำโดยเก็บรวบรวมใบชะพลูระยะใบแก่จากแปลงปลูกพืช สาขาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.ทุ่งใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช นำมาล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ผึ่งลมให้แห้ง แล้วอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วบดให้เป็นผงละเอียด ร่อนผงบดจากพืชทดสอบทั้งสามชนิดผ่านตะแกรงเบอร์ 80 (Figure 3.2) แล้วนำมาเก็บในตู้ดูดความชื้น เพื่อรอการทดสอบฤทธิ์ชีวภาพกับด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือกต่อไป

Figure 3.2 Preparation of powders from tested plants

3.3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำผงบดเมล็ดพริกไทยดำและผลดีปลีชนิดละ 500 กรัม ใส่ในผ้าขาวบาง แล้วห่อเป็นถุงๆละ 100 กรัม จากนั้นนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีกลั่นด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 4-6 ชั่วโมงส่วนการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู ใช้ใบชะพลูสดหั่นหยาบๆให้เป็นชิ้น จำนวน 2 กิโลกรัมนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยการกลั่นด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 4-6 ชั่วโมงเช่นกัน นำน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบแต่ละชนิดปริมาตร 1 มิลลิลิตร (Figure 3.3) ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรมิเตอร์ (GC/MS) เก็บน้ำมันหอมระเหยส่วนที่เหลือในขวดไวแอล (vial) ปิดฝา แล้วห่อด้วยกระดาษอลูมิเนียมฟลอยด์ เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เพื่อรอนำไปทดสอบฤทธิ์ชีวภาพกับตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือกต่อไป

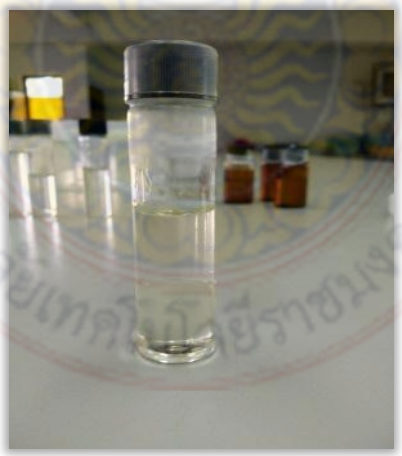


Figure 3.3 Essential oils of tested plant

3.4 การศึกษาฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยและผงบดพืชกับแมลงทดสอบในห้องปฏิบัติการ

3.4.1 ฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อด้วงงวงข้าวหรือมอดข้าวเปลือก

3.4.1.1 ฤทธิ์ฆ่าแมลง

1) พิษทางการกินและสัมผัส

การทดสอบใช้วิธี grain treatment test โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) เริ่มจากเจือจางน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบทั้งสามชนิดปริมาตร 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตร ในตัวทำละลายอะซิโตนปริมาตร 1 มิลลิลิตรสำหรับการทดสอบกับด้วงงวงข้าว ส่วนการทดสอบกับมอดข้าวเปลือก เจือจางน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบปริมาตร 1, 2.5, 5, 10, 20, 40 และ 80 ไมโครลิตร ในตัวทำละลายอะซิโตนปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วหยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยปริมาตร 1 มิลลิลิตร คลุกกับเมล็ดข้าวเปลือกอินทรีย์พันธุ์เล็บนกหนัก 20 กรัม ซึ่งบรรจุในภาชนะพลาสติกปริมาตร 250 มิลลิลิตร คนให้ทั่วแล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จึงย้ายตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวหรือมอดข้าวเปลือกคละเพศจำนวน 10 ตัว ลงในภาชนะ ชุดควบคุมคือข้าวเปลือกที่ผ่านการคลุกด้วยตัวทำละลายอะซิโตนเพียงอย่างเดียว (Figure 3.4) การทดสอบในแมลงแต่ละชนิด ประกอบด้วย 22 สิ่งทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ บันทึกจำนวนแมลงที่ตายหลังการทดสอบทุกวันเป็นเวลา 7 วัน คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของแมลงตามวิธีของ Niber (1994) และคำนวณค่า LC_{50} โดยใช้ probit analysis

การตายของแมลง (%) = (จำนวนแมลงที่ตาย/จำนวนแมลงทั้งหมด) x100

Figure 3.4 Feeding/contact toxicity test of essential oils of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by grain treatment test

2) พิษทางสัมผัส

ทดสอบด้วยวิธี impregnated-paper assays (Lorini and Galley, 1998) โดยเจือจางน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบปริมาตร 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตร ในตัวทำละลายอะซิโตนปริมาตร 1 มิลลิลิตร สำหรับการทดสอบกับด้วงงวงข้าว แล้วหยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบนกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร (คิดเป็นความเข้มข้น 0.01, 0.02, 0.04, 0.08, 0.16, 0.31 และ 0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร) ปล่อยให้กระดาษกรองแห้งเป็นเวลา 10 นาที แล้วย้ายด้วงงวงข้าวคละเพศจำนวน 10 ตัว ลงบนกระดาษกรอง กระดาษกรองที่ผ่านการหยดด้วยตัวทำละลายอะซิโตนเพียงอย่างเดียวเป็นชุดควบคุม (Figure 3.5) ส่วนการทดสอบกับมอดข้าวเปลือกใช้น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดความเข้มข้น 0.02, 0.04, 0.08, 0.16, 0.31, 0.63 และ 1.26 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร การทดสอบพิษทางสัมผัสในแมลงแต่ละชนิด ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 22 สิ่งทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ บันทึกผลการตายของแมลงทุกวันเป็นเวลา 3 วัน คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงตามวิธีของ Niber (1994) และคำนวณค่า LC_{50} โดยใช้ Probit analysis

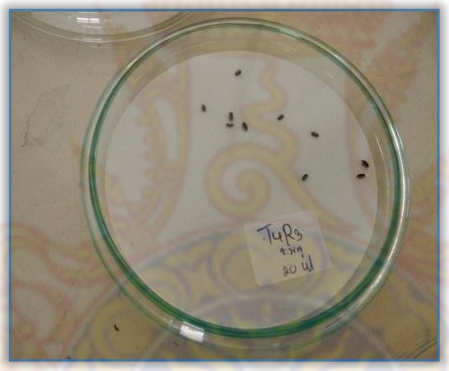


Figure 3.5 Contact toxicity test of essential oils of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by impregnated-paper method

3) พิษทางการรม

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยย้ายตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวหรือมอดข้าวเปลือกคละเพศจำนวน 10 ตัว ใส่ในขวดแก้วขนาด 6.3x1.7 เซนติเมตร (สูงx เส้นผ่าศูนย์กลาง) ปิดปากขวดด้วยผ้าขาวบางและรัดด้วยยางวง นำขวดแก้วจำนวน 4 ขวด ที่มีแมลงทดสอบใส่ในภาชนะพลาสติกปริมาตร 950 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบแต่ละชนิดปริมาตร 20, 40, 50, 60, 80, 160, และ 320 ไมโครลิตร ในตัวทำละลายอะซิโตนปริมาตร 1 มิลลิลิตร สำหรับการทดสอบกับด้วงงวงข้าว แล้วหยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบนกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ปล่อยทิ้งไว้ 10 นาที จึงนำกระดาษกรองดังกล่าวมาติดใต้ฝาภาชนะพลาสติก (คิดเป็นความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย 21.05, 42.11, 52.63, 63.16, 84.21, 168.42 และ 336.84 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ) โดยใช้เยื่อกาวเป็นตัวยึด จากนั้นปิดฝาภาชนะพลาสติกให้แน่น และใช้กระดาษกาวย่นพันรอบฝาอีกครั้ง กระดาษกรองที่

ผ่านการหยดด้วยตัวทำละลายอะซิโตนปริมาตร 1 มิลลิลิตรเพียงอย่างเดียวเป็นชุดควบคุม (Figure 3.6) สำหรับการทดสอบพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยกับตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก ใช้ความเข้มข้น 42.11, 84.21, 168.42, 252.63, 421.05, 631.58 และ 842.11 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ การทดสอบในแมลงแต่ละชนิดประกอบด้วย 22 สิ่งทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ บันทึกจำนวนแมลงที่ตายหลังการทดสอบทุกวันเป็นเวลา 3 วัน คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงตามวิธีของ Niber (1994) และคำนวณค่า LC_{50} โดยใช้ Probit analysis

Figure 3.6 Fumigant toxicity test of essential oils of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by vapor toxicity method

3.4.1.2 ฤทธิ์ไล่แมลง

การทดสอบใช้วิธี area preference method ดัดแปลงจากวิธีของ McDonald *et al*. (1970) โดยแบ่งกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ออกเป็นสองส่วนเท่ากัน เจือจางน้ำมันหอมระเหยของพืชทดสอบแต่ละชนิดปริมาตร 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตร ในตัวทำละลายอะซิโตนปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วหยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงบนกระดาษกรองส่วนที่หนึ่ง หยดตัวทำละลายอะซิโตนปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรลงบนกระดาษกรองส่วนที่สอง (ชุดควบคุม) คิดเป็นความเข้มข้น 0.02, 0.04, 0.08, 0.16, 0.31 0.63 และ1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร เมื่อกระดาษกรองทั้งสองส่วนแห้ง นำมาต่อเป็นวงกลมเหมือนเดิมโดยใช้สกอตเทปใสเป็นตัวยึด แล้วใส่กระดาษกรองในจานเพาะเชื้อ จากนั้นย้ายตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวคละเพศจำนวน 10 ตัว ลงบนกระดาษกรอง (Figure 3.7) สำหรับการทดสอบกับตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือกใช้น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดความเข้มข้น 0.04, 0.08, 0.16, 0.31 0.63, 1.25 และ 2.51 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร การทดสอบในแมลงแต่ละชนิด ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 21 สิ่งทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ บันทึกข้อมูลจำนวนแมลงที่อยู่บนกระดาษกรองด้านที่ใช้สารและด้านที่ไม่ใช้สารที่เวลา 1, 2, 3, 4 และ 24 ชั่วโมงหลังการทดสอบ นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงตามวิธีการของ Abbott (1925) ดังนี้

อัตราการไล่แมลง (%) = (A-B/A) X100

A= จำนวนแมลงที่อยู่บนกระดาษกรองด้านที่ไม่ใช้สาร

B= จำนวนแมลงที่อยู่บนกระดาษกรองด้านที่ใช้สาร

แล้วจัดกลุ่มอัตราการไล่แมลงเป็น 6 กลุ่มตามเกณฑ์ของ Roy *et al*. (2005) ได้แก่ Class 0 = >0.01-<0.10%, Class I = 0.10-20.00%, Class II = 20.10-40.00%, Class III = 40.10- 60.00%, Class IV = 60.10-80.00% และ Class 80.10-100.00% และคำนวณค่า RC_{50} โดยใช้ Probit analysis

Figure 3.7 Repellent activity test of essential oils of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by area preference method

3.4.1.3 ฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 22 สิ่งทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ทดสอบโดยปล่อยตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวจำนวน 5 คู่ลงในภาชนะพลาสติกปริมาตร 250 มิลลิลิตร ที่บรรจุข้าวเปลือกอินทรีย์พันธุ์เล็บนกหนัก 20 กรัมสำหรับเป็นอาหารของแมลง ปล่อยให้แมลงผสมพันธุ์และวางไข่เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จึงร่อนเอาตัวเต็มวัยของแมลงออกทั้งหมด แล้วเจือจางน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบแต่ละชนิดปริมาตร 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 20 และ 40 ไมโครลิตร ในตัวทำละลายอะซิโตนปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นหยดสารละลายของน้ำมันหอมระเหยแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร คลุกกับเมล็ดข้าวเปลือกที่มีไข่ของแมลง คนให้ทั่ว ตั้งทิ้งไว้จนตัวทำละลายระเหยหมด เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ผ่านการคลุกเมล็ดด้วยตัวทำละลายอะซิโตนปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรเพียงอย่างเดียว ประมาณ 30 วัน ไข่จะพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย นับจำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมาทุกๆ 3 วัน แล้วร่อนเอาตัวเต็มวัยออก ทำเช่นนี้จนกระทั่งไม่มีลูกรุ่นใหม่ฟักออกมา (Figure 3.8) คำนวณเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่ (Tapondjou *et al.* 2002) ดังสมการ

การยับยั้งการเจริญเป็นตัวเต็มวัย (Inhibition rate, %)=(Cn-Tn) 100/Cn

Cn = จำนวนตัวเต็มวัยในสิ่งทดลองที่ไม่ใช้สาร

Tn= จำนวนตัวเต็มวัยในสิ่งทดลองลองที่ใช้สาร

เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบ ชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดที่สูญหาย (weight loss) ดังสมการ

น้ำหนักเมล็ดที่สูญหาย (%) = (W1-W2) X 100/W1
W1 = น้ำหนักเมล็ดก่อนทดสอบ, W2 = น้ำหนักเมล็ดหลังทดสอบ

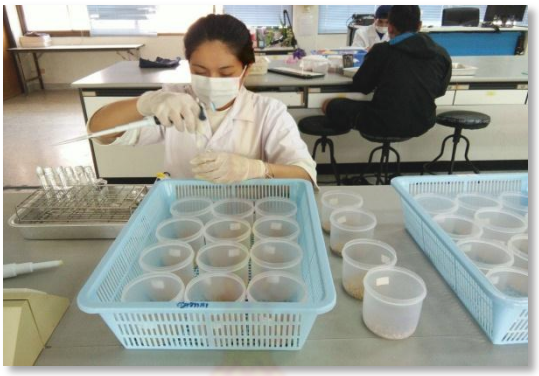


Figure 3.8 Progeny production inhibitory activity test of essential oils of tested plants against *S. oryzae*

3.4.2 ฤทธิ์ชีวภาพของผงบดที่มีต่อด้วงงวงข้าวหรือมอดข้าวเปลือก

3.4.2.1 ฤทธิ์ฆ่าแมลง

1) พิษทางการกินและสัมผัส

การทดสอบใช้วิธี grain treatment test วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยนำผงบดจากพืชแต่ละชนิดปริมาณ 0.0125, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 และ 0.8 กรัม คลุกกับเมล็ดข้าวเปลือกอินทรีย์หนัก 20 กรัม (คิดเป็นความเข้มข้น 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 และ 4.0% โดยน้ำหนัก) ซึ่งบรรจุในภาชนะพลาสติกปริมาตร 250 มิลลิลิตร คนให้ทั่ว ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที จึงย้ายตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวหรือมอดข้าวเปลือกคละเพศจำนวน 10 ตัว ลงในภาชนะสำหรับชุดควบคุมทำวิธีการเดียวกันแต่ไม่ใส่ผงบดจากพืช (Figure 3.9) การทดสอบในแมลงแต่ละชนิดมีจำนวน 22 สิ่งทดลองๆละ 4 ซ้ำๆละ 10 ตัว บันทึกจำนวนแมลงที่ตายหลังการทดสอบทุกวันเป็นเวลา 7 วัน คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงตามวิธีของ Niber (1994) และคำนวณค่า LC_{50} โดยใช้ Probit analysis

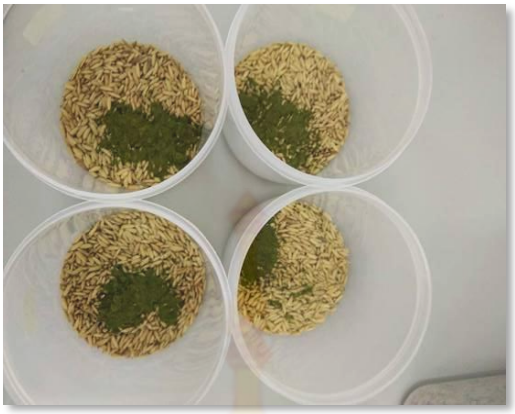


Figure 3.9 Feeding/contact toxicity test of powders of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by grain treatment test

2) พิษทางการรม

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 22 สิ่งทดลองๆละ 4 ซ้ำๆละ 10 ตัว ย้ายตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวหรือมอดข้าวเปลือกคละเพศจำนวน 10 ตัว ใส่ในขวดแก้วขนาด 6.3x1.7 เซนติเมตร (ความสูงxเส้นผ่าศูนย์กลาง) ปิดปากขวดด้วยผ้าขาวบาง และรัดด้วยยางวง นำขวดแก้วจำนวน 4 ขวดที่มีแมลงทดสอบ ใส่ในภาชนะพลาสติกปริมาตร 950 มิลลิลิตร จากนั้นนำถ้วยกระดาษที่ใส่ผงบดจากพืชทั้ง 3 ชนิด ปริมาณ 0.0125, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 และ 0.8 กรัม (คิดเป็นความเข้มข้น 0.013, 0.026, 0.05, 0.11, 0.21, 0.42 และ 0.84 กรัม/ลิตรอากาศ) สำหรับการทดสอบกับด้วงงวงข้าว มาวางในภาชนะพลาสติก ปิดปากภาชนะด้วยฝาปิดให้แน่น แล้วใช้กระดาษกาวย่นพันรอบฝาภาชนะพลาสติกอีกครั้ง สำหรับชุดควบคุมทำวิธีการเดียวกันแต่ไม่ใส่ผงบดจากพืช (Figure 3.10) สำหรับการทดสอบกับมอดข้าวเปลือกใช้ผงบดจากพืชทดสอบแต่ละชนิดความเข้มข้น 0.026, 0.05, 0.11, 0.21, 0.42, 0.84 และ 1.05 กรัม/ลิตรอากาศ บันทึกจำนวนแมลงที่ตายหลังการทดสอบทุกวันเป็นเวลา 4 วันสำหรับด้วงงวงข้าว และ 7 วันสำหรับมอดข้าวเปลือก คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงตามวิธีของ Niber (1994) และคำนวณค่า LC_{50} โดยใช้ Probit analysis

Figure 3.10 Fumigant toxicity test of powders of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by vapour toxicity method

3.4.2.2 ฤทธิ์ไล่แมลง

การทดสอบใช้วิธี cup bioassay โดยนำผงบดจากพืชทดสอบปริมาณ 0.0125, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 และ 0.8 กรัม คลุกกับเมล็ดข้าวเปลือกหนัก 20 กรัม (คิดเป็นความเข้มข้น 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 4% โดยน้ำหนัก) ซึ่งบรรจุในภาชนะพลาสติกขนาด 11x5 เซนติเมตร (ความสูงxเส้นผ่าศูนย์กลาง) ที่เจาะรูจำนวน 50 รูด้านข้างภาชนะ โดยปิดรูด้วยสกอตเทปใส เมื่อคลุกผงบดกับเมล็ดข้าวเปลือดจนทั่ว ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จึงย้ายตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวหรือมอดข้าวเปลือกคละเพศจำนวน 10 ตัวลงในภาชนะ ปิดปากภาชนะด้วยฝาปิด แล้วดึงสกอตเทปใสออก นำภาชนะพลาสติกขนาดดังกล่าว ใส่ในภาชนะพลาสติกใบใหญ่กว่าซึ่งมีขนาด 25x10 เซนติเมตร (ความสูงxเส้นผ่าศูนย์กลาง) ปิดปากภาชนะด้วยฝาปิด (Figure 3.11) การทดสอบฤทธิ์ไล่ในแมลงแต่ละชนิด ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 22 สิ่งทดลองๆละ 4 ซ้ำ บันทึกจำนวนแมลงที่หนีออกจากภาชนะพลาสติกขนาดเล็ก มาอยู่ในภาชนะพลาสติกขนาดใหญ่กว่า ที่เวลา 1, 2, 3, 4 และ 24 ชั่วโมงหลังการทดสอบ คำนวณเปอร์เซ็นต์การไล่แมลง แล้วจัดกลุ่มการไล่แมลงเป็น 6 กลุ่มตามเกณฑ์ของ Roy *et al*. (2005)

Figure 3.11 Repellent activity test of powders of tested plants against adults of *S. oryzae* or *R. domonica* by cup bioassay method

3.4.2.3 ฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่

ย้ายตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวจำนวน 5 คู่ ลงในภาชนะพลาสติกขนาด 9x9 เซนติเมตร (ความสูงxเส้นผ่าศูนย์กลาง) ที่บรรจุข้าวเปลือกอินทรีย์พันธุ์เล็บนกหนัก 20 กรัม สำหรับเป็นอาหารของแมลง (คิดเป็นความเข้มข้น 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 4% โดยน้ำหนัก) ปล่อยให้แมลงผสมพันธุ์และวางไข่เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จึงร่อนเอาตัวเต็มวัยของแมลงออก นำผงบดจากพืชแต่ละชนิดอัตรา 0.0125, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 และ 0.8 กรัม คลุกกับเมล็ดข้าวเปลือกที่มีไข่ของแมลง แล้วคนให้ทั่ว ชุดควบคุมคือข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการคลุกผงบดจากพืชทดสอบ ประมาณ 30 วัน ไข่จะพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย นับจำนวนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมาทุกๆ 3 วัน แล้วร่อนเอา

ตัวเต็มวัยออก ทำเช่นนี้จนกระทั่งไม่มีลูกรุ่นใหม่ฟักออกมา (Figure 3.12) คำนวณเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่ (Tapondjou *et al.* 2002) เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบ ชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดที่สูญหาย (weight loss) ตามสมการดังกล่าวแล้วข้างต้น

Figure 3.12 Progeny production inhibitory activity test of powders of tested plants against *S. oryzae*

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

ผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และ ผลดีปลี โดยวิธีกลั่นด้วยน้ำร้อน พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากผลดีปลี มีปริมาณผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยสูงสุดเท่ากับ 0.70% รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำ และ ใบชะพลู โดยมีปริมาณผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 0.50 และ 0.30% ตามลำดับ (Table 4.1)

Table 4.1 Extraction yields of essential oils from *P. sarmentosum* leaves, *P. nigrum* seeds and *P. retrofractum* fruits.

Plant	Plant part	Yield (%)
P. sarmentosum	Leaf	0.30
P. nigrum	Seed	0.50
P. retrofractum	Fruit	0.70

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู พบสารที่เป็นองค์ประกอบจำนวน 52 ชนิด โดยมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1,3-benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)- (35.92%) รองมาได้แก่ benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)- (5.21%), copaene (4.82%), 2(10)-Pinene (4.66%), methylenetricyclo [4.4.0.02,7]decane-rel- (4.65%), .beta.-selinene (3.64%), 2,4-diisopropenyl-1-methyl-1-vinylcyclohexane (3.58%), cyclohexene,4-ethenyl-4-methyl-3-(1-methylethenyl)-1-(1-methylethyl)-,(3R-trans)- (2.12%) ดัง Table 4.2

Table 4.2 Main chemical composition of essential oil of *P. sarmentosum* leaves.

Compound	Retention time (min)	Content (%)
(1R)-2,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene	12.26	1.96
2(10)-Pinene	14.32	4.66
D-Limonene	16.81	1.16
Linalool	20.54	1.08
Cyclohexene, 4-ethenyl-4-methyl-3-(1-methylethenyl)-1-(1-methylethyl)-,(3R-trans)-	34.12	2.12
Copaene	35.91	4.82
2,4-Diisopropenyl-1-methyl-1-vinylcyclohexane	36.47	3.58
(1R,2S,6S,7S,8S)-8-Isoproply-1-methyl-3-methylenetricyclo[4.4.0.02,7]decane-rel-	38.97	4.65
.beta.-Selinene	39.09	3.64
1,3-Benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)-	40.05	35.92
Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)-	40.51	5.21
1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-	40.61	1.38
Junenol	41.63	1.2

สำหรับสารที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำจำนวน 26 ชนิด โดยสารที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ caryophyllene, .delta. 3 carene, d-limonene, 2(10)-pinene, 1-phellandrene, 3-carene, .beta.-selinene, bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-,(1S)- ซึ่งพบในปริมาณ 23.84, 20.95, 12.98, 8.15, 6.78, 5.09, 2.45 และ 2.34% ตามลำดับ (Table 4.3)

Table 4.3 Main chemical composition of essential oil of *P. nigrum* seeds.

Compound	Retention time (min)	Content (%)
3-Carene	6.76	5.09
2(10)-Pinene	8.25	8.15
Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-,(1S)-	8.86	2.34
1-PHELLANDRENE	9.34	6.78
.DELTA. 3 CARENE	9.56	20.95
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	10.2	1.94
D-Limonene	10.35	12.98
Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	13.11	1.55
2,4-DIISOPROPENYL-1-METHYL-1-VINYLCYCLOHEXANE	28.4	1.13
Caryophyllene	29.71	23.84
1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-,Z,Z,Z	31.79	1.72
.beta.-Selinene	33.91	2.45
4A-METHYL-1-METHYLENE-7-(1-METHYLETHYLIDENE)DECAHYDRONAPHTHALENE	34.39	1.92

ส่วนน้ำมันหอมระเหยผลดีปลี พบสารที่เป็นองค์ประกอบจำนวน 49 ชนิด โดยมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ caryophyllene (12.53%), (1R,2S,6S,7S,8S)-8-isopropyl-1-methyl-3-methylenetricyclo[4.4.0.02,7]decane-rel- (9.33%), pentadecane (9.07%), 1,4,7,-cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-,Z',Z',Z'- (7.34%), cis-1-chloro-9-octadecene (5.96%), 3-heptadecene, (Z)- (5.80%), .beta.-bisabolene (5.06%), heptadecene (4.94%) ดัง Table 4.4

Table 4.4 Main chemical composition of essential oil of *P. retrofractum* fruits.

Compound	Retention time (min)	Content (%)
Tridecane	24.02	3.74
2,4-DIISOPROPENYL-1-METHYL-1-VINYLCYCLOHEXANE	28.49	1.66
Caryophyllene	29.87	12.53
1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-,Z′,Z′,Z′-	31.93	7.34
4,11,11-TRIMETHYL-8-METHYLENEBICYCLO[7.2.0]UNDEC-4-ENE	32.58	1.47
(1R,2S,6S,7S,8S)-8-Isopropyl-1-methyl-3-methylenetricyclo[4.4.0.02,7]decane-rel-	33.80	9.33
cis-1-Chloro-9-octadecene	34.06	5.96
Cyclopentadecane	34.39	3.66
Naphthalene, decahydro-4a-methyl-1-methylene-7-(1-methylethylidene)-, (4aR-trans)-	34.48	1.59
1,3-Cyclohexadiene, 5-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-2-methyl-, [S-(R*,S*)]-	34.70	3.88
Pentadecane	35.03	9.07
.beta.-Bisabolene	35.24	5.06
.alpha.-Maaliene	35.38	2.17
Cyclohexene, 4-[(1E)-1,5-dimethyl-1,4-hexadien-1-yl]-1-methyl-	36.37	2.11
8-Heptadecene	39.31	3.91
3-Heptadecene, (Z)-	39.46	5.80
Heptadecene	39.67	4.94

4.2 ผลการทดสอบฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว

4.2.1 ฤทธิ์ฆ่าแมลง

4.2.1.1 พิษทางการกินและสัมผัส

ผลการทดสอบพิษทางการกินและสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลองในแต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ (Table 4.5) น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 20 และ 40 ไมโครลิตร/เมล็ดข้าว 20 กรัม ทำให้ด้วงงวงข้าวตายสูงถึง 82.50 และ 87.50%

ในวันแรกของการทดสอบ สำหรับสิ่งทดลองที่เหลือไม่มีพิษทางการกินและสัมผัสหรือมีพิษต่ำ (0.00-17.50%)

วันที่สามของการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 40 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม มีพิษสูงสุด ทำให้ด้วงงวงข้าวตายทั้ง 100 % รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 20 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม (95.00%) ส่วนน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี ความเข้มข้น 40 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม มีพิษทางการกินและสัมผัสปานกลางซึ่งพบการตายของด้วงงวงข้าว 57.50 และ 55.00% ตามลำดับ ในขณะที่สิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางการกินและสัมผัสต่ำกว่า 55.00%

สำหรับวันที่ห้าของการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 20 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม มีพิษสูงขึ้น ทำให้ด้วงงวงข้าวตายทั้งหมด รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำ และ ผลดีปลี ความเข้มข้น 40 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม ทำให้ด้วงงวงข้าวตายสูงถึง 95.00 และ 80.00% ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 10, 5 และ 2.5 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 20 และ 10 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม มีพิษทางการกินและสัมผัสต่อด้วงงวงข้าวปานกลาง (50.00-75.00%) สำหรับสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางการกินและสัมผัสต่อด้วงงวงข้าวต่ำกว่า 50.00%

ในวันที่เจ็ดของการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่มีพิษทางการกินและสัมผัสต่อด้วงงวงข้าวสูงขึ้น ยกเว้นน้ำมันหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้นต่ำกว่า 10 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม ยังคงไม่มีพิษต่อด้วงงวงข้าว โดยน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 40, 20 และ 10 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำ และ ผลดีปลี ความเข้มข้น 40 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม มีพิษต่อด้วงงวงข้าวสูง พบการตายของแมลง 82.50-100.00% ส่วนน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 20 และ 10 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 5 และ 2.5 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม มีพิษทางการกินและสัมผัสต่อด้วงงวงข้าวปานกลาง (52.50-77.50%) น้ำมันหอมระเหยส่วนที่เหลือมีพิษต่อด้วงงวงข้าวต่ำ (2.50-27.50%) นอกจากนี้ไม่พบการตายของด้วงงวงข้าวในสิ่งทดลองที่ไม่ใช้สาร (ชุดควบคุม) ตลอดช่วงเวลา 7 วันของการทดสอบ

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นพิษทางการกินและสัมผัส (LC_{50}) ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสามชนิดที่มีต่อด้วงงวงข้าว พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีพิษทางการกินและทางสัมผัสสูงสุด โดยมีค่าความเป็นพิษเท่ากับ 16.48, 9.65, 3.69 และ 3.09 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม ที่เวลา 1, 3, 5 และ 7 วันหลังการทดสอบ รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำ และ ผลดีปลี ตามลำดับ (Table 4.6)

Table 4.5 Percent mortality of adults of *S. oryzae* treated with essential oils of *P. sarmentosum, P. nigrum* and *P. retrofractum* by grain treatment test.

Plant	Conc. (µL/20 g of seeds)	Mortality (mean ± SE, %)[a]			
		1 d	3 d	5 d	7 d
P. sarmentosum	40	87.50±4.79a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	20	82.50±2.5a	95.00±5.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	10	17.50±4.79b	40.00±4.08c	75.00±2.89bc	85.00±5.00a-c
	5	0.00±0.00c	25.00±2.89de	65.00±6.46bc	70.00±5.77cd
	2.5	0.00±0.00c	7.50±2.50f	50.00±4.08d	52.50±2.50e
	1	0.00±0.00c	0.00±0.00f	10.00±4.08fg	15.00±6.46f-h
	0.5	0.00±0.00c	0.00±0.00f	0.00±0.00g	2.50±2.50
P. nigrum	40	2.50±2.5c	57.50±4.79b	95.00±2.89a	97.50±2.50ab
	20	0.00±0.00c	35.00±5.00cd	70.00±4.08bc	77.50±6.29cd
	10	0.00±0.00c	10.00±4.08f	60.00±4.08cd	62.50±2.50de
	5	0.00±0.00c	2.50±2.50f	27.50±4.79e	27.50±4.79f
	2.5	0.00±0.00c	0.00±0.00f	10.00±7.07fg	17.50±4.79fg
	1	0.00±0.00c	0.00±0.00f	0.00±0.00g	2.50±2.50gh
	0.5	0.00±0.00c	0.00±0.00f	0.00±0.00g	2.50±2.50gh
P. retrofractum	40	5.00±2.89c	55.00±10.41b	80.00±7.07b	82.50±7.50bc
	20	0.00±0.00c	15.00±6.46ef	20.00±7.07ef	22.50±4.79f
	10	0.00±0.00c	2.50±2.50f	5.00±5.00fg	5.00±5.00gh
	5	0.00±0.00c	0.00±0.00f	0.00±0.00g	0.00±0.00h
	2.5	0.00±0.00c	0.00±0.00f	0.00±0.00g	0.00±0.00h
	1	0.00±0.00c	0.00±0.00f	0.00±0.00g	0.00±0.00h
	0.5	0.00±0.00c	0.00±0.00f	0.00±0.00g	0.00±0.00h
Control	-	0.00±0.00c	0.00±0.00f	0.00±0.00g	0.00±0.00h

[a] Mortality within a column followed by the same letter are not significantly different at P <0.01 by DMRT

Table 4.6 Feeding/contact toxicity of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *S. oryzae.*

Plant	Time (d)	LC_{50} (µL/20 g of seeds)	95% CL[a]	Slope±SE	χ^2(df)[b]
P. sarmentosum	1	16.48	9.60-26.86	4.16±0.34	47.79(5)
P. nigrum	1	9.546E38	-	0.10±2.51	32.93(5)
P. retrofractum	1	8.662E16	-	0.28±11.79	31.58(5)
P. sarmentosum	3	9.65	5.98-13.63	4.02±0.40	27.66(5)
P. nigrum	3	33.16	23.18-77.38	2.87±0.36	19.85(5)
P. retrofractum	3	77.69	54.59-345.46	3.90±0.58	23.68(5)
P. sarmentosum	5	3.69	2.22-5.68	2.48±0.17	30.06(5)
P. nigrum	5	10.11	7.10-14.28	2.49±0.19	18.24(5)
P. retrofractum	5	57.28	38.65-103.06	4.18±0.49	28.24(5)
P. sarmentosum	7	3.09	2.29-4.03	2.54±0.18	12.19(5)
P. nigrum	7	8.66	6.76-10.95	2.50±0.19	9.16(5)
P. retrofractum	7	54.93	38.65-93.21	4.22±0.48	28.20(5)

[a]CL denotes confidence limit

[b]NS, not significant at $P<0.05$

4.2.1.2 พิษทางสัมผัส

ผลการทดสอบพิษทางสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติแต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ ซึ่งเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวขึ้นอยู่กับชนิด ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยและระยะเวลาที่ใช้ทดสอบ (Table 4.7) ในวันแรกของการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีพิษทางสัมผัสสูงสุด ทำให้ด้วงงวงข้าวตาย 100% รองลงมาได้แก่ความเข้มข้น 0.31, 0.16 และ 0.08 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร พบเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวเท่ากับ 87.50, 82.50 และ 60.00% ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยในสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางสัมผัสต่ำหรือไม่มีพิษทางสัมผัส (0.00-22.50%)

วันที่สองของการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 0.31, 0.16 และ 0.08 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีพิษทางสัมผัสต่อด้วงงวงข้าวสูงขึ้น ทำให้ด้วงงวงข้าวตายทั้ง 100% ส่วนน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 0.04 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร และน้ำมันหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้น 0.63, 0.31 และ 0.16 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีพิษทางสัมผัสต่อด้วงงวงข้าวปานกลาง (50.00-77.50%) ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยในสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางสัมผัสต่ำหรือไม่มีพิษทางสัมผัส (0.00-32.50%)

น้ำมันหอมระเหยทุกสิ่งทดลองยังคงมีพิษทางสัมผัสต่อด้วงงวงข้าวเพิ่มสูงขึ้นในวันที่สามของการทดสอบ โดยน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 0.04-0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร น้ำมันหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้น 0.08-0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร และน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีพิษทางสัมผัสสูงมาก ทำให้ด้วงงวงข้าวตาย 80.00-100.00% น้ำมันหอมระเหยที่มีพิษทางสัมผัสปานกลางได้แก่ น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.31 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร (57.50%) และ น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 0.02 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร (55.00%) ส่วนน้ำมันหอมระเหยในสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางสัมผัสต่ำ พบการตายของด้วงงวงข้าวในช่วง 7.50-45.00% นอกจากนี้ไม่พบการตายของด้วงงวงข้าวในสิ่งทดลองที่ไม่ใช้สาร

Table 4.7 Percent mortality of adults of *S. oryzae* treated with essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* by contact toxicity test.

Plant	Conc. ($\mu L/cm^2$)	Mortality (mean ± SE, %)[a]		
		1 d	2 d	3 d
P. sarmentosum	0.63	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	0.31	87.50±4.79b	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	0.16	82.50±6.29b	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	0.08	60.00±0.00c	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	0.04	20.00±7.07de	77.50±2.50b	90.00±4.08ab
	0.02	2.50±2.50de	10.00±7.07ef	55.00±2.89cd
	0.01	0.00±0.00g	2.50±2.50f	12.50±4.79hi
P. nigrum	0.63	7.50±2.50	50.00±5.77c	80.00±4.08b
	0.31	2.50±2.50fg	20.00±5.77e	57.50±2.50c
	0.16	2.50±2.5fg	10.00±4.08ef	35.00±2.89ef
	0.08	0.00±0.00g	5.00±2.89f	27.05±2.50fg
	0.04	0.00±0.00g	0.00±0.00f	20.00±4.08gh
	0.02	0.00±0.00g	0.00±0.00f	20.00±4.08gh
	0.01	0.00±0.00g	0.00±0.00f	7.50±2.50ij
P. retrofractum	0.63	22.50±2.50d	77.50±4.79b	100.00±0.00a
	0.31	15.00±6.46d-f	72.50±2.50b	100.00±0.00a
	0.16	10.00±4.08e-g	57.50±2.50c	90.00±5.77ab
	0.08	2.50±2.50fg	32.50±2.50d	82.50±2.50b
	0.04	0.00±0.00g	12.50±2.50ef	45.00±2.89de
	0.02	0.00±0.00g	10.00±4.08ef	27.50±2.50fg
	0.01	0.00±0.00g	2.50±2.50ef	25.00±2.89fg
Control	-	0.00±0.00g	00.00±0.00f	0.00±0.00j

[a] Mortality within a column followed by the same letter are not significantly different at P <0.01 by DMRT

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นพิษทางสัมผัส (LC_{50}) ของน้ำมันหอมระเหยทั้งสามชนิดที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว ชี้ให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูมีพิษทางสัมผัสสูงสุด รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยผลดีปลี และพริกไทยดำ โดยค่า LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูเท่ากับ

0.09, 0.03 และ 0.02 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ที่เวลา 1, 2 และ 3 วัน ตามลำดับ ส่วนค่า LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยผลดีปลีเท่ากับ 1.87, 0.18 และ 0.04 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ที่เวลา 1, 2 และ 3 วัน ตามลำดับ สำหรับค่า LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำที่เวลา 2 และ 3 วัน เท่ากับ 0.67 และ 0.23 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (Table 4.8)

Table 4.8 Contact toxicity of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *S. oryzae*.

Plant	Time (d)	LC_{50} ($\mu L/cm^2$)	95% CL[a]	Slope±SE	χ^2(df)[b]
P. sarmentosum	1	0.09	0.06-0.12	2.83±0.19	26.27(5)
P. nigrum	1	-	-	-	-
P. retrofractum	1	1.87	-	1.76±0.40	19.09(5)
P. sarmentosum	2	0.03	0.03-0.03	7.34±0.86	1.72(5)
P. nigrum	2	0.67	0.46-4.27	2.83±0.49	16.17(5)
P. retrofractum	2	0.18	0.13-0.25	1.76±0.14	10.93(5)
P. sarmentosum	3	0.02	0.02-0.02	4.48±0.43	0.99(5)
P. nigrum	3	0.23	0.15-0.42	1.32±0.13	11.89(5)
P. retrofractum	3	0.04	0.02-0.05	2.16±0.16	16.59(5)

[a] CL denotes confidence limit.

[b] NS, not significant at $P<0.05$.

4.2.1.3 พิษทางการรม

การทดสอบพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลีที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว ปรากฏผลดัง Table 4.9 กล่าวคือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลองแต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำและใบชะพลูความเข้มข้น 336.84 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ทำให้ด้วงงวงข้าวตาย 30.00 และ 20.00% ตามลำดับ ในวันแรกของการทดสอบ ขณะที่น้ำหอมระเหยในสิ่งทดลองอื่นๆ มีพิษทางการรมต่ำมากหรือไม่มีพิษทางการรม (0.00-5.00%) เมื่อพิจารณาผลการทดสอบในวันที่สองพบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 336.84 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ มีพิษทางการรมสูงสุด ทำให้ด้วงงวงข้าวตาย 97.50% รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยความเข้มข้น 336.84 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูและเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 168.42 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ พบการตายของด้วงงวงข้าว 80.00, 75.00 และ 57.50% ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยใน

สิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางการรมต่ำหรือไม่มีพิษทางการรม (0.00-47.50%) สำหรับวันที่สามของการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 336.84 และ 168.42 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ และน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 336.84 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ มีพิษทางการรมสูงสุด ทำให้ด้วงงวงข้าวตายทั้ง 100% รองลงได้แก่ น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 84.21 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ (95.00%) น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 168.42 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ (95.00%) น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 63.16 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ (87.50%) และ น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 84.21 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ (80.00%) น้ำมันหอมระเหยที่มีพิษทางการรมปานกลาง (50.00 - 77.50%) ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 52.63 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 63.16, 52.63, 42.11 และ 21.05 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้น 336.84 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 42.11 และ 21.05 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้น 21.05-168.42 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ มีพิษทางการรมต่ำกว่า 50.00% นอกจากนี้ไม่พบเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวในสิ่งทดลองที่ไม่ใช้สาร

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นพิษทางการรมพบว่า น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำมีพิษต่อด้วงงวงข้าวสูงสุด โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 470.26, 154.59 และ 32.06 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ที่เวลา 1, 2 และ 3 วัน ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยใบชะพลู และน้ำมันหอมระเหยผลดีปลี ตามลำดับ (Table 4.10)

Table 4.9 Percent mortality of adults of *S. oryzae* treated with essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* by vapour toxicity test.

Plant	Conc. (µL/ L air)	Mortality (mean ± SE, %)[a]		
		1 d	2 d	3 d
P. sarmentosum	336.84	20.00±6.29b	97.50±2.50a	100.00±0.00a
	168.42	2.50±2.50c	75.00±6.46b	100.00±0.00a
	84.21	2.50±2.50c	40.00±5.77d	95.00±2.89ab
	63.16	0.00±0.00c	25.00±5.00e	87.50±2.50a-c
	52.63	0.00±0.00c	17.50±6.29e-f	77.50±2.50cd
	42.11	0.00±0.00c	10.00±7.07e-g	35.00±2.89hi
	21.05	0.00±0.00c	0.00±0.00g	10.00±4.08j-l
P. nigrum	336.84	30.00±4.08a	80.00±5.77b	100.00±0.00a
	168.42	5.00±2.89c	57.50±2.50c	95.00±5.00ab
	84.21	5.00±2.89c	47.50±2.50cd	80.00±4.08b-d
	63.16	0.00±0.00c	10.00±4.08e-g	72.50±2.50c-e
	52.63	0.00±0.00c	7.50±4.79fg	57.50±6.29e-g
	42.11	0.00±0.00c	2.50±2.50fg	57.50±2.50e-g
	21.05	0.00±0.00c	0.00±0.00g	50.00±4.08f-h
P. retrofractum	336.84	0.00±0.00c	12.50±4.79e-g	65.00±6.46d-f
	168.42	0.00±0.00c	5.00±2.89fg	47.50±7.50gh
	84.21	0.00±0.00c	2.50±2.50fg	22.50±2.50ij
	63.16	0.00±0.00c	0.00±0.00g	17.50±4.79jk
	52.63	0.00±0.00c	0.00±0.00g	10.00±4.08j-l
	42.11	0.00±0.00c	0.00±0.00g	7.50±4.79j-l
	21.05	0.00±0.00c	0.00±0.00g	5.00±2.89kl
Control	-	0.00±0.00c	0.00±0.00g	0.00±0.00l

[a]Mortality within a column followed by the same letter are not significantly different at P <0.01 by DMRT

Table 4.10 Fumigant toxicity of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adult of *S. oryzae*.

Plant	Time (d)	LC_{50} % (μL/L air)	95% CL[a]	Slope±SE	χ^2(df)[b]
P. sarmentosum	1	928.74	-	2.59±0.69	27.19(5)
P. nigrum	1	470.26	-	4.40±1.28	21.88(5)
P. retrofractum	1	-	-	-	-
P. sarmentosum	2	107.39	98.54-117.76	3.73±0.27	6.75(5)
P. nigrum	2	154.59	102.05-305.00	3.01±0.22	44.93(5)
P. retrofractum	2	1771.21	-	2.22±0.98	23.40(5)
P. sarmentosum	3	45.14	34.90-50.36	6.91±0.95	11.63(5)
P. nigrum	3	32.06	18.08-43.55	1.99±0.20	13.85(5)
P. retrofractum	3	221.72	169.72-328.24	2.65±0.24	12.07(5)

[a] CL denotes confidence limit.

[b] NS, not significant at P<0.05.

4.2.2 ฤทธิ์ไล่แมลง

สำหรับฤทธิ์ไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลองในแต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ โดยเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงขึ้นอยู่กับชนิด ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย และระยะเวลาที่ใช้ทดสอบ (Table 4.11) น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำมันหอมระเหยในสิ่งทดลองอื่นๆ โดยมีเปอร์เซ็นต์ไล่ด้วงงวงข้าวเท่ากับ 100% ทั้งห้าช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ ส่วนความเข้มข้น 0.63, 0.31, 0.16 และ 0.08 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวสูงมากเช่นกัน และมีฤทธิ์ไล่แมลงค่อนข้างคงที่จนถึงชั่วโมงที่ยี่สิบสี่ของการทดสอบ (75.00-100.00%) ส่วนความเข้มข้น 0.04 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวสูงมากในชั่วโมงแรกของการทดสอบ (85.00%) ฤทธิ์ไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยค่อยๆลดลงจนเหลือ 20.00% ในชั่วโมงที่ยี่สิบสี่ของการทดสอบ ในขณะที่ความเข้มข้น 0.02 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวสูง (65.00%) ในชั่วโมงแรกของการทดสอบ และลดลงอย่างรวดเร็วมาอยู่ในระดับต่ำ (20.00%) ในชั่วโมงที่สองของการทดสอบจนถึงชั่วโมงที่ยี่สิบสี่ของการทดสอบ

น้ำมันหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้น 0.16-1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่แมลงสูงมาก (85.00-95.00%) ในชั่วโมงแรกของการทดสอบ และมีฤทธิ์ค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงเวลาที่

ทำการทดสอบ ส่วนความเข้มข้น 0.08, 0.04 และ 0.02 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่แมลงสูง (80.00%) ในชั่วโมงแรกจนถึงชั่วโมงที่สามของการทดสอบ และลดลงอยู่ในระดับปานกลางในชั่วโมงที่สี่จนถึงชั่วโมงที่ยี่สิบสี่ของการทดสอบ

สำหรับฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูพบว่า ความเข้มข้น 1.25 และ 0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่แมลงสูงมาก (85.00-90.00%) ในสองชั่วโมงแรกของการทดสอบ และลดลงเล็กน้อยอยู่ในระดับสูงจนถึงชั่วโมงที่ยี่สิบสี่ของการทดสอบ (70.00-85.00%) ส่วนความเข้มข้น 0.31 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวสูงตลอดห้าช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (65.00-80.00%) ในขณะที่ความเข้มข้น 0.16 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่แมลงสูงเช่นเดียวกัน และลดลงเหลือ 45.00% ในชั่วโมงที่ 24 ของการทดสอบ สำหรับความเข้มข้น 0.08 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่แมลงปานกลาง (55.00%) ในชั่วโมงแรกของการทดสอบ หลังจากนั้นฤทธิ์ไล่แมลงลดลงอยู่ในระดับต่ำจนถึงชั่วโมงที่สี่ (30.00%) และฤทธิ์ไล่แมลงเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลางในชั่วโมงสุดท้ายของการทดสอบ ในขณะที่ความเข้มข้น 0.04 และ 0.02 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวต่ำมาก (10.00-35.00%) ทุกช่วงเวลาที่ทดสอบ

สำหรับค่าเฉลี่ยฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสามชนิดในห้าช่วงเวลาที่ทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.08-1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร น้ำหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้น 0.16-1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่แมลงสูงมาก 82.00-100.00% (class V) ส่วนน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 0.16-0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร น้ำมันหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้น 0.08 และ 0.04 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร และน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.04 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวสูง 62.00-79.00% อยู่ใน class IV สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากผลดีปลีความเข้มข้น 0.02 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวปานกลาง 50.00% (class III) ส่วนน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.02 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ และน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 0.08 และ 0.04 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวต่ำอยู่ใน class II ในขณะที่นั้นหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 0.02 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวต่ำมาก (class I)

เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยทั้งสามชนิดที่ไล่ด้วงงวงข้าว 50% (RC_{50}) แต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากผลดีปลี มีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าวสูงสุด โดยมีค่า RC_{50} เท่ากับ 0.000, 0.007, 0.007, 0.040 และ 0.039 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ที่เวลา 1, 2, 3, 4 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำ และใบชะพลู ตามลำดับ

Table 4.11 Repellent activity of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *S. oryzae*

Plant	Conc. ($\mu L/cm^2$)	Repellency (mean ± SE, %)[a]						Repellency Class
		1 h	2 h	3 h	4 h	24 h	Mean	
P. sarmentosum	1.25	85.00±9.57ab	90.00±5.77ab	85.00±9.57ab	80.00±8.17ab	70.00±5.77a-d	82.00±3.52cd	V
	0.63	85.00±9.57ab	90.00±10.00ab	70.00±10.00ab	80.00±11.55ab	70.00±5.77a-d	79.00±4.22c-e	IV
	0.31	70.00±10.00ab	80.00±8.17ab	75.00±5.00ab	75.00±5.00a-c	65.00±9.57b-d	71.00±3.69d-f	IV
	0.16	75.00±12.58ab	75.00±9.57ab	65.00±9.57b	70.00±5.77a-c	45.00±5.00c-e	66.00±4.37d-g	IV
	0.08	55.00±5.00bc	30.00±5.77c	25.00±12.58c	30.00±10.00ef	45.00±9.57c-e	37.00±4.42h	II
	0.04	35.00±12.58cd	20.00±11.55c	15.00±5.00c	10.00±5.77f	20.00±11.5de	20.00±4.35ij	II
	0.02	10.00±5.77d	15.00±9.57c	5.00±5.00c	10.00±5.77f	15.00±9.57e	11.00±3.07j	I
	RC_{50}	0.104	0.124	0.199	0.178	0.235		
P. nigrum	1.25	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	V
	0.63	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	95.00±5.00a	100.00±5.00a	99.00±1.00a	V
	0.31	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	95.00±5.00a	95.00±5.00ab	98.00±1.38ab	V
	0.16	95.00±5.00a	90.00±5.77ab	90.00±5.77ab	85.00±9.57ab	85.00±9.57ab	89.00±3.07a-c	V
	0.08	90.00±10.00ab	75.00±9.57ab	85.00±9.57ab	80.00±0.00ab	85.00±9.57ab	83.00±3.64b-d	V
	0.04	85.00±9.57ab	70.00±5.77ab	65.00±5.00b	70.00±5.77a-c	20.00±14.14de	62.00±6.14fg	IV
	0.02	65.00±9.57a-c	20.00±8.17ab	10.00±5.77c	35.00±9.57d-f	20.00±8.17de	30.00±5.53hi	II
	RC_{50}	0.012	0.038	0.042	0.028	0.058		
P. retrofractum	1.25	90.00±5.77ab	95.00±5.00a	90.00±5.77ab	95.00±5.00a	100.00±5.00a	94.00±2.10a-c	V
	0.63	90.00±5.77ab	85.00±9.57ab	85.00±5.00ab	95.00±5.00a	100.00±5.00a	91.00±2.70a-c	V
	0.31	85.00±9.57ab	85.00±5.00ab	85.00±5.00ab	95.00±5.00a	100.00±5.00a	90.00±2.71a-c	V
	0.16	85.00±9.57ab	80.00±8.17ab	75.00±5.97ab	85.00±9.57ab	85.00±9.57ab	82.00±3.81cd	V
	0.08	80.00±8.17ab	75.00±9.57ab	75.00±5.00ab	60.00±8.17b-d	75.00±9.57a-c	73.00±3.64d-f	IV
	0.04	80.00±8.17ab	75.00±5.00ab	70.00±5.77ab	50.00±5.77c-e	45.00±9.57c-e	64.00±4.26fg	IV
	0.02	80.00±8.17ab	60.00±0.00b	60.00±8.17b	40.00±8.17de	40.00±8.17de	56.00±4.50g	III
	RC_{50}	0.000	0.007	0.007	0.040	0.039		

[a]Repellency within a column followed by the same letter are not significantly different at $P<0.01$ by DMRT

4.2.3 ฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่และน้ำหนักเมล็ดที่สูญหาย

ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการการเกิดลูกรุ่นใหม่ของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง (Table 4.12) น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 40 และ 20 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม มีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ได้ 100 % รองลงมาคือความเข้มข้น 10 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม พบลูกรุ่นใหม่เฉลี่ย 2.25 ตัว โดยสามารถยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ได้ 89.79% ส่วนความเข้มข้น 5, 2.5 และ 1 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำ และ ผลดีปลี ความเข้มข้น 40 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ปานกลาง 61.72-70.75% ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยในสิ่งทดลองที่เหลือมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ต่ำกว่า 50%

เมื่อพิจารณาน้ำหนักเมล็ดที่สูญหาย พบว่า สิ่งทดลองที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู ความเข้มข้น 40 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม มีน้ำหนักเมล็ดที่สูญหายต่ำสุด 1.38% แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ไม่ใช้สารอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ซึ่งพบน้ำหนักเมล็ดที่สูญหายสูงสุด 2.75% อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของน้ำมันหอมระเหยในสิ่งทดลองที่เหลือกับสิ่งทดลองที่ไม่ใช้สาร (Table 4.12)

Table 4.12 Effect of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* on F_1 adult emergence of *S. oryzae* and rice seed weight loss.

Plant	Conc. (µL/20 g rice seeds)	No. of F1 adult emerge (mean±SE)[a]	Inhibition rate (mean±SE, %)[a]	Weight loss (mean±SE, %)[a]
P. sarmentosum	40	0.00±0.00g	100.00±0.00a	1.38±0.14b
	20	0.00±0.00g	100.00±0.00a	1.79±0.44ab
	10	2.25±0.63fg	89.79±2.64a	2.00±0.25ab
	5	6.50±1.25d-f	70.30±3.23b	1.96±0.29ab
	2.5	6.25±1.25ef	70.75±6.40b	1.76±0.10ab
	1	8.25±1.03b-e	61.72±5.76bc	2.17±0.62ab
	0.5	11.75±0.85b-d	45.67±9.58c	2.36±0.29ab
P. nigrum	40	6.75±1.70d-f	68.93±7.59b	1.81±0.07ab
	20	11.25±1.11b-d	48.21±4.78c	1.98±0.05ab
	10	11.25±0.63b-d	48.15±2.91c	2.18±0.12ab
	5	11.25±1.03b-d	48.36±3.60c	2.22±0.14ab
	2.5	12.25±1.32b	43.78±5.30c	2.17±0.02ab
	1	17.25±0.63a	17.82±6.19d	2.27±0.16ab
	0.5	17.25±0.63a	20.47±3.42d	2.37±0.13ab
P. retrofractum	40	7.25±0.75c-e	67.43±3.76b	1.78±0.03ab
	20	10.25±1.44b-e	45.18±8.27c	2.15±0.21ab
	10	19.25±2.14a	13.70±4.94d	2.37±0.22ab
	5	18.25±0.85a	14.83±2.57d	2.49±0.21ab
	2.5	17.25±2.02a	16.33±6.12d	2.47±0.12ab
	1	18.50±0.86a	13.47±4.54d	2.40±0.15ab
	0.5	20.75±12.50a	2.17±3.76d	2.50±0.13ab
Control	-	21.75±0.75a	-	2.75±0.19a

[a] Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at P <0.01 by DMRT

4.3 ผลการทดสอบฤทธิ์ชีวภาพของผงบดจากพืชทดสอบที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว

4.3.1 ฤทธิ์ฆ่าแมลง

4.3.1.1 พิษทางการกินและสัมผัส

ผลการทดสอบพิษทางการกินและสัมผัสของผงบดใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี ที่มีต่อด้วงงวงข้าว พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติแต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ โดยการตายของด้วงงวงข้าวขึ้นอยู่กับชนิดพืช ความเข้มข้น และระยะเวลาที่ใช้ทดสอบ (Table 4.13) ในวันแรกของการทดสอบ พบว่า ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 4% มีพิษเพียงเล็กน้อย ทำให้ด้วงงวงข้าวตาย 10.00% ในขณะที่สิ่งทดลองที่เหลือไม่มีพิษต่อด้วงงวงข้าว

ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 4% มีพิษสูงสุดในวันที่สามของการทดสอบ โดยพบการตายของด้วงงวงข้าว 82.50% รองลงมาได้แก่ ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 2 และ 1% ผงบดใบชะพลู และ เมล็ดพริกไทยดำ ความเข้มข้น 4 และ 2% ทำให้ด้วงงวงข้าวตายในช่วง 52.50-72.50% ส่วนสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางทางการกินและสัมผัสต่ำหรือไม่มีพิษ (0.00-45.00%)

วันที่ห้าของการทดสอบ พบว่า ผงบดจากพืชทดสอบมีพิษต่อด้วงงวงข้าวสูงขึ้น โดยผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 4% ยังคงมีพิษสูงสุด ทำให้ด้วงงวงข้าวตายทั้ง 100% ส่วนผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 2, 1 และ 0.5% ผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 4 และ 2% และ ผงบดเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 4 แล 2% มีพิษต่อด้วงงวงข้าวสูงเช่นกัน โดยพบการตายของแมลง 87.50-97.50% สารที่มีพิษปานกลางได้แก่ ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 0.25% ผงบดเมล็ดพริกไทยดำ และ ใบชะพลูความเข้มข้น 1% ในขณะที่สิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางการกินและสัมผัสต่อด้วงงวงข้าวต่ำหรือไม่มีพิษ

ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 2% ผงบดเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 4 และ 2% รวมทั้งผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 4% ทำให้ด้วงงวงข้าวตายทั้ง 100% ในวันที่เจ็ดของการทดสอบ ส่วนผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 0.5, 0.25 และ 0.125% ผงบดเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.125 และ 0.0625% และผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 0.0625% ไม่มีพิษต่อด้วงงวงข้าว รวมทั้งไม่พบการตายของด้วงงวงข้าวในสิ่งทดลองที่ไม่ใช้สารตลอดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ

เมื่อพิจารณาค่า LC_{50} ของพิษทางการกินและสัมผัสของผงบดทั้งสามชนิดที่มีต่อด้วงงวงข้าว พบว่า ผงบดผลดีปลีมีค่าความเป็นพิษสูงสุด โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.88, 0.27 และ 0.20% ที่เวลา 3, 5 และ 7 วัน ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ ผงบดเมล็ดพริกไทยดำ และ ใบชะพลู (Table 4.14)

Table 4.13 Percent mortality of adults of *S. oryzae* treated with powders of *P. sarmentosum, P. nigrum* and *P. retrofractum* by grain treatment test.

Plant	Conc. (%)	Mortality (mean ± SE, %)[a]			
		1 d	3 d	5 d	7 d
P. sarmentosum	4	0.00±0.00b	62.50±11.09ab	95.00±5.00a	100.00±0.00a
	2	0.00±0.00b	62.50±6.29ab	97.50±2.50a	97.50±2.50a
	1	0.00±0.00b	37.50±10.31de	50.00±17.80cd	50.00±17.80b
	0.5	0.00±0.00b	0.00±0.00h	0.00±0.00e	0.00±0.00e
	0.25	0.00±0.00b	0.00±0.00h	0.00±0.00e	0.00±0.00e
	0.125	0.00±0.00b	0.00±0.00h	0.00±0.00e	0.00±0.00e
	0.0625	0.00±0.00b	2.50±2.50h	2.50±2.50e	2.50±2.50e
P. nigrum	4	0.00±0.00b	62.50±8.54ab	97.50±2.50a	100.00±0.00a
	2	0.00±0.00b	52.50±11.09b-d	95.00±2.89a	100.00±0.00a
	1	0.00±0.00b	17.50±4.79f-h	75.00±11.90ab	90.00±5.78a
	0.5	0.00±0.00b	7.50±2.50gh	32.50±11.09d	57.50±14.36b
	0.25	0.00±0.00b	2.50±2.50h	7.50±2.50e	10.00±4.08cd
	0.125	0.00±0.00b	0.00±0.00h	0.00±0.00e	0.00±0.00e
	0.0625	0.00±0.00b	0.00±0.00h	0.00±0.00e	0.00±0.00e
P. retrofractum	4	10.00±4.08a	82.50±2.50a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	2	0.00±0.00b	72.50±4.79ab	95.00±5.00a	100.00±0.00a
	1	0.00±0.00b	62.50±7.50ab	90.00±4.08ab	95.00±2.89a
	0.5	0.00±0.00b	45.00±2.89c-e	87.50±2.50ab	90.00±0.00a
	0.25	0.00±0.00b	27.50±4.79e-g	67.50±8.54bc	80.00±4.08a
	0.125	0.00±0.00b	2.50±2.50h	10.00±4.08e	25.00±5.00c
	0.0625	0.00±0.00b	0.00±0.00h	0.00±0.00e	0.00±0.00e
Control	-	0.00±0.00b	0.00±0.00h	0.00±0.00e	0.00±0.00e

[a] Mortality within a column followed by the same letter are not significantly different at P <0.01 by DMRT

Table 4.14 Feeding/contact toxicity of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *S. oryzae*.

Plant	Time (d)	LC_{50} (%)	95% CL[a]	Slope±SE	χ^2(df)[b]
P. sarmentosum	1	-	-	-	-
P. nigrum	1	-	-	-	-
P. retrofractum	1	-	-	-	-
P. sarmentosum	3	2.17	1.17-7.14	2.39±0.21	49.38(5)
P. nigrum	3	2.62	1.78-4.96	2.43±0.26	19.52(5)
P. retrofractum	3	0.88	0.53-1.52	1.75±0.12	25.99(5)
P. sarmentosum	5	1.12	0.42-2.45	4.75±0.38	84.37(5)
P. nigrum	5	0.73	0.52-0.98	3.47±0.26	21.59(5)
P. retrofractum	5	0.27	0.13-0.51	2.75±0.18	62.03(5)
P. sarmentosum	7	1.05	0.84-1.29	7.49±0.83	18.78(5)
P. nigrum	7	0.50	0.40-0.62	4.84±0.42	13.53(5)
P. retrofractum	7	0.20	0.12-0.31	3.36±0.24	38.71(5)

[a] CL denotes confidence limit.

[b] NS, not significant at $P<0.05$.

4.3.1.2 พิษทางการรม

ผลการทดสอบพิษทางการรมของผงบดทั้งสามชนิด ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลองในวันที่ 2, 3 และ 4 ของการทดสอบ โดยเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวขึ้นอยู่กับชนิด ความเข้มข้นของผงบด และระยะเวลาที่ใช้ทดสอบ สองวันแรกของการทดสอบพบว่า เฉพาะผงบดเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.84 และ 0.42 กรัม/ลิตรอากาศ มีพิษทางการรมต่อด้วงงวงข้าว แต่มีพิษต่ำ (2.50-10.00%) ผงบดทั้งสามชนิดมีพิษทางการรมสูงขึ้นในวันที่สามของการทดสอบ แต่ยังคงมีพิษต่อด้วงงวงข้าวต่ำ (0.00-27.50%) ในวันที่สี่ของการทดสอบ พบว่า ผงบดทั้งสามชนิดมีพิษทางการรมสูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 0.84 กรัม/ลิตรอากาศ มีพิษทางการรมสูงสุด ทำให้ด้วงงวงข้าวตาย 77.50% รองลงมาได้แก่ ผงบดเมล็ดพริกไทยดำ และ ใบชะพลูความเข้มข้น 0.84 กรัม/ลิตรอากาศ ตามลำดับ ในขณะที่ผงบด

เมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.013 กรัม/ลิตรอากาศ มีพิษทางการรมต่ำสุด (5.00%) และไม่พบการตายของด้วงงวงข้าวในสิ่งทดลองที่ไม่ใช้สารตลอดช่วงเวลาที่ทดสอบ (Table 4.15)

Table 4.15 Percent mortality of adults of *S. oryzae* treated with powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* by vapour toxicity test.

Plant	Conc. (g/L air)	Mortality (mean ± SE, %)[a]			
		1 d	2 d	3 d	4 d
P. sarmentosum	0.84	0.00±0.00	0.00±0.00b	15.00±6.46a-d	70.00±4.08a
	0.42	0.00±0.00	0.00±0.00b	10.00±5.78a-d	55.00±2.89a-e
	0.21	0.00±0.00	0.00±0.00b	5.00±2.89cd	45.00±6.46b-f
	0.11	0.00±0.00	0.00±0.00b	2.50±2.50cd	45.00±2.89b-f
	0.05	0.00±0.00	0.00±0.00b	5.00±2.89cd	37.50±4.79d-f
	0.026	0.00±0.00	0.00±0.00b	5.00±2.89cd	37.50±4.79d-f
	0.013	0.00±0.00	0.00±0.00b	5.00±2.89cd	40.00±4.08c-f
P. nigrum	0.84	0.00±0.00	10.00±4.08a	27.50±2.50a	72.50±8.54a
	0.42	0.00±0.00	2.50±2.50b	20.00±4.08a-c	62.50±4.79a-c
	0.21	0.00±0.00	0.00±0.00b	7.50±4.79b-d	40.00±7.07c-f
	0.11	0.00±0.00	0.00±0.00b	7.50±4.79b-d	35.00±8.66e-g
	0.05	0.00±0.00	0.00±0.00b	2.50±2.50cd	35.00±2.87e-g
	0.026	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00d	12.50±7.5hi
	0.013	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00d	5.00±5.00g-i
P. retrofractum	0.84	0.00±0.00	0.00±0.00b	27.50±9.47a	77.50±7.50a
	0.42	0.00±0.00	0.00±0.00b	25.00±6.46ab	67.50±7.50ab
	0.21	0.00±0.00	0.00±0.00b	12.50±4.79a-d	60.00±4.08a-d
	0.11	0.00±0.00	0.00±0.00b	7.50±4.79b-d	37.50±4.79d-f
	0.05	0.00±0.00	0.00±0.00b	10.00±4.08a-d	40.00±4.08c-f
	0.026	0.00±0.00	0.00±0.00b	2.50±2.50cd	35.00±8.67e-g
	0.013	0.00±0.00	0.00±0.00b	2.50±2.50cd	25.00±2.89f-h
Control	-	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00d	0.00±0.00i

[a] Mortality within a column followed by the same letter are not significantly different at P <0.01 by DMRT

เมื่อพิจารณาพิษทางการรมของผงบดทั้งสามชนิด พบว่า ผงบดดีปลีมีพิษทางการรมสูงสุด โดยมีค่า LC_{50} ที่เวลา 3 และ 4 วัน เท่ากับ 2.77 และ 0.14 กรัม/ลิตรอากาศ รองลงมาได้แก่ ผงบดใบชะพลู ซึ่งค่า LC_{50} เท่ากับ 3.75 และ 0.23 กรัม/ลิตรอากาศ ที่เวลา 3 และ 4 วัน ตามลำดับ ส่วนผงบดเมล็ดพริกไทยดำ มีค่า LC_{50} เท่ากับ 2.01 และ 0.28 กรัม/ลิตรอากาศ ตามลำดับ (Table 4.16)

Table 4.16 Fumigant toxicity of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum and P. retrofractum* against adults of *S. oryzae*.

Plant	Time (d)	LC50 (g/L air)	95% CL[a]	Slope±SE	χ^2(df)[b]
P. sarmentosum	1	-	-	-	-
P. nigrum	1	-	-	-	-
P. retrofractum	1	-	-	-	-
P. sarmentosum	2	-	-	-	-
P. nigrum	2	-	-	-	-
P. retrofractum	2	-	-	-	-
P. sarmentosum	3	3.75	1.58-9,5517.27	1.88±0.82	1.88(5)
P. nigrum	3	2.01	0.89-8.529E10	1.72±0.38	13.90(5)
P. retrofractum	3	2.77	1.47-10.91	1.20±0.24	7.08(5)
P. sarmentosum	4	0.23	0.09-1.71	0.42±0.09	8.17(5)
P. nigrum	4	0.28	0.17-0.54	1.18±0.19	14.02(5)
P. retrofractum	4	0.14	0.10-0.19	1.81±0.09	5.91(5)

[a] CL denotes confidence limit.

[b] NS, not significant at P<0.05.

4.3.2 ฤทธิ์ไล่แมลง

ผลการทดสอบฤทธิ์ไล่แมลงของผงบดใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และ ผลดีปลี ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลองในแต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ (Table 4.17) โดยผงบดจากพืชทั้งสามชนิดทุกความเข้มข้นมีฤทธิ์ไล่ต่ำมากหรือไม่มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าว (0.00-25.00%) ในสี่ชั่วโมงแรกของการทดสอบ ในชั่วโมงที่ยี่สิบสี่ของการทดสอบ พบว่าผงบดทั้งสามชนิดมีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวสูงขึ้น โดยผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 2% มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวสูงสุด (75.00%) ในขณะที่ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 0.0625% และผงบดใบชะพลูความเข้มข้น

0.125% ไม่มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าว สำหรับค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่ด้วงงวงข้าวในห้าช่วงเวลาที่ทดสอบ พบว่า ผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 0.0625-4% มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวต่ำมาก (2.50-15.50%) อยู่ใน class I ส่วนผงบดเมล็ดพริกไทยดำเข้มข้น 0.0625-4% มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวต่ำมากเช่นกัน (0.50-10.50%) สำหรับผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 4% มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวต่ำ 29.00% จัดอยู่ใน class II ส่วนความเข้มข้น 0.125-2% มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวต่ำมาก (2.50-16.00%) ส่วนความเข้มข้น 0.0625% ไม่มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าว เมื่อพิจารณาค่า RC_{50} ของพืชแต่ละชนิดที่มีต่อด้วงงวงข้าว พบว่า ผงบดผลดีปลีมีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าวดีที่สุด โดยมีค่า RC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 1.391% รองลงมาได้แก่ ผงบดใบชะพลู และ เมล็ดพริกไทยดำ ซึ่งมีค่า RC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 1.839 และ 3.826% ตามลำดับ

Table 4.17 Repellent activity of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum and P. retrofractum* against adults of *S. oryzae*

Plant	Conc. (%)	Repellency (mean ± SE, %)[a]						Repellency class
		1 h	2 h	3 h	4 h	24 h	Mean	
P. sarmentosum	4	2.50±2.50ab	7.50±4.79ab	7.50±4.79ab	5.00±2.89b	55.00±2.89ab	15.50±4.78a-c	I
	2	2.50±2.50ab	2.50±2.50ab	2.50±2.50b	5.00±2.89b	60.00±8.17ab	14.50±5.50bc	I
	1	2.50±2.50ab	0.00±0.00b	0.00±0.00b	2.50±2.50b	45.00±10.41a-d	10.00±4.47bc	I
	0.5	0.00±0.00b	2.50±2.50ab	0.00±0.00b	0.00±0.00b	52.50±17ab	11.00±5.75bc	I
	0.25	5.00±5.00ab	2.50±2.50ab	0.00±0.00b	0.00±0.00b	5.00±5.00ef	2.50±1.43bc	I
	0.125	12.50±4.79a	7.50±2.50ab	10.00±4.08ab	10.00±5.77b	0.00±0.00f	8.00±1.86bc	I
	0.0625	2.50±2.50ab	5.00±2.89ab	5.00±2.89ab	5.00±2.89b	15.00±8.66d-f	6.50±2.09bc	I
	RC_{50}	0.000	-	-	-	1.839		
P. nigrum	4	0.00±0.00b	2.50±2.50ab	0.00±0.00b	0.00±0.00b	50.00±4.08ab	10.50±4.62bc	I
	2	2.50±2.50ab	2.50±2.50ab	5.00±2.89ab	5.00±2.89b	35.00±14.43b-e	10.00±3.98bc	I
	1	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	2.50±2.50ef	0.50±0.50bc	I
	0.5	0.00±0.00b	0.00±0.00b	2.50±2.50b	0.00±0.00b	7.50±2.50ef	2.00±0.92bc	I
	0.25	0.00±0.00b	0.00±0.00b	2.50±2.50b	2.50±2.50b	2.50±2.50ef	1.50±0.82bc	I
	0.125	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	2.50±2.50ef	0.50±0.50bc	I
	0.0625	2.50±2.50ab	5.00±2.89ab	5.00±2.89ab	5.00±2.89b	5.00±5.00ef	4.50±1.35bc	
	RC_{50}	0.000	0.000	0.000	0.000	3.826		
P. retrofractum	4	10.00±7.07ab	17.50±14.36a	20.00±14.14a	25.00±12.58a	72.50±14.93a	29.00±7.25a	II
	2	0.00±0.00b	2.50±2.50ab	2.50±2.50b	0.00±0.00b	75.00±2.89a	16.00±6.82ab	I
	1	0.00±0.00b	0.00±0.00b	5.00±5.00ab	5.00±2.89b	47.50±10.31a-c	11.50±4.67bc	I
	0.5	0.00±0.00b	2.50±2.50ab	0.00±0.00b	0.00±0.00b	17.50±2.50c-f	4.00±1.69bc	I
	0.25	2.50±2.50ab	2.50±2.50ab	2.50±2.50b	0.00±0.00b	12.50±4.79ef	4.00±1.52bc	I
	0.125	0.00±0.00b	2.50±2.50ab	0.00±0.00b	0.00±0.00b	10.00±7.07ef	2.50±1.60bc	I
	0.0625	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00f	0.00±0.00c	0
	RC_{50}	-	6.742	5.984	5.386	1.391		
Control	-	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00f	0.00±0.00c	

[a]Repellency within a column followed by the same letter are not significantly different at $P<0.01$ by DMRT

4.3.3 ฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่และน้ำหนักเมล็ดที่สูญหาย

ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ของผงบดใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และ ผลดีปลี ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง (Table 4.18) ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 4% พบลูกรุ่นต่ำสุดเฉลี่ย 4.50 ตัว ซึ่งสามารถยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ 82.85% รองลงมาได้แก่ ผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 4% พบลูกรุ่นใหม่เฉลี่ย 8.00 ตัว สามารถยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ 70.56% ผงบดที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ในระดับปานกลาง (53.72-67.13%) ได้แก่ ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 0.25-2% ผงบดเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 2-4% และผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 2% ส่วนผงบดในสิ่งทดลองที่เหลือมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ต่ำกว่า 50% ในขณะที่สิ่งทดลองที่ไม่ใช้สารพบลูกรุ่นใหม่สูงสุดเฉลี่ย 27.50 ตัว

เมื่อพิจารณาน้ำหนักเมล็ดที่สูญหาย ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง อย่างไรก็ตามสิ่งทดลองที่ได้รับผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 4% มีน้ำหนักเมล็ดที่สูญหายต่ำสุด 2.28% ในขณะที่สิ่งทดลองที่ไม่ใช้สารพบน้ำหนักเมล็ดที่สูญหายสูงสุด 3.27% (Table 4.18)

Table 4.18 Effect of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* on F_1 adult emergence of *S. oryzae* and rice seed weight loss.

Plant	Conc. (%)	No. of F1 adult emerge (mean±SE)[a]	Inhibition rate (mean±SE, %)[a]	Weight loss (mean±SE, %)[a]
P. sarmentosum	4	8.00±1.29fg	70.56±4.89ab	2.49±0.31
	2	10.50±1.89c-g	62.31±3.62a-e	2.78±0.28
	1	16.25±1.49b-e	41.04±3.62c-g	2.90±0.27
	0.5	16.75±1.11b-d	38.78±3.93d-g	3.02±0.38
	0.25	17.00±1.73b-d	38.52±4.29d-g	3.05±0.08
	0.125	16.75±2.18b-d	36.78±10.40e-g	3.04±0.28
	0.0625	20.25±1.11b	25.95±4.77g	3.10±0.09
P. nigrum	4	11.50±0.96c-g	58.05±3.09a-e	2.94±0.18
	2	12.75±1.25b-f	53.72±3.33b-f	3.04±0.47
	1	13.75±1.65b-f	48.66±8.59b-g	3.10±0.07
	0.5	15.50±3.80b-f	43.53±14.24b-g	3.12±0.23
	0.25	17.50±2.90bc	36.64±10.19e-g	3.13±0.55
	0.125	17.25±1.89b-d	35.23±6.00e-g	3.19±0.48
	0.0625	20.00±1.50b	26.81±4.43fg	3.21±0.57
P. retrofractum	4	4.50±1.19g	82.85±5.15a	2.28±0.25
	2	9.00±0.82e-g	67.13±3.15a-c	2.43±0.33
	1	9.50±0.87d-g	64.84±4.44a-d	2.44±0.04
	0.5	10.50±1.85c-g	62.29±6.10a-e	2.72±0.29
	0.25	10.75±0.85c-g	60.67±3.13a-e	2.73±0.09
	0.125	16.50±1.76b-e	40.42±3.62c-g	3.06±0.20
	0.0625	17.00±2.27b-d	38.99±5.35d-g	3.20±1.61
Control	-	27.50±1.50a	-	3.27±0.54

[a]Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at $P<0.01$ by DMRT

4.4 ผลการทดสอบฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบที่มีต่อตัวเต็มวัยของมอด-ข้าวเปลือก

4.4.1 ฤทธิ์ฆ่าแมลง

4.4.1.1 พิษทางการกินและสัมผัส

การทดสอบพิษทางการกินและสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และ ผลดีปลี ที่มีต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลองในแต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ (Table 4.19) น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 80 และ 40 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม มีพิษทางการกินและสัมผัสสูงสุด พบการตายของมอดข้าวเปลือก 70.00 และ 65.00% ตามลำดับ ในวันแรกของการทดสอบ สำหรับสิ่งทดลองที่เหลือไม่มีพิษทางการกินและสัมผัสหรือมีพิษต่ำ (0.00-42.50 %)

วันที่สามของการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 80 และ 40 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม มีพิษสูงสุด ทำให้มอดข้าวเปลือกตายทั้ง 100% รองลงมาได้แก่ความเข้มข้น 20 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม ทำให้มอดข้าวเปลือกตายสูงถึง 97.50% ส่วนน้ำมันหอมระเหยผลดีปลี และ เมล็ดพริกไทยดำ ความเข้มข้น 80 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม ทำให้มอดข้าวเปลือกตายปานกลาง 72.50 และ 60.00 % ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางการกินและสัมผัสต่ำกว่า 50 % หรือไม่มีพิษทางการกินและสัมผัส

สำหรับวันที่ห้าของการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 20 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม มีพิษสูงขึ้น ทำให้มอดข้าวเปลือกตายทั้งหมด ส่วนน้ำมันหอมระเหยผลดีปลี และ เมล็ดพริกไทยดำ ความเข้มข้น 80 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม และน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 10 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม มีพิษสูงขึ้นเช่นกัน โดยพบการตายของมอดข้าวเปลือกเท่ากับ 77.50, 70.00 และ 55.00% ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยที่เหลือมีพิษทางการกินและสัมผัสต่ำ (2.50-35.00%)

ส่วนผลการทดลองในวันที่เจ็ด พบว่า น้ำมันหอมระเหยทุกชนิดและทุกความเข้มข้นมีพิษทางการกินและสัมผัสสูงขึ้น เมื่อเทียบกับวันที่ห้าของการทดสอบ โดยน้ำมันหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้น 80 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม ทำให้แมลงตาย 95.00% ส่วนน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 80 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม และ น้ำมันหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้น 40 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม ทำให้มอดข้าวเปลือกตายเท่ากันคือ 72.50% สำหรับน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 10 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 40 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม และน้ำมันหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้น 20 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม ทำให้มอดข้าวเปลือกตายปานกลาง 52.50-65.00% ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยในสิ่งทดลองที่เหลือทำให้มอดข้าวเปลือกตาย 25.00-47.50%

Table 4.19 Percent mortality of adults of *R. domonica* treated with essential oils of *P. sarmentosum, P. nigrum* and *P. retrofractum* by grain treatment test.

Plant	Conc. (µL/20 g of seeds)	Mortality (mean ± SE, %)[a]			
		1 d	3 d	5 d	7 d
P. sarmentosum	80	70.00±7.07a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	40	65.00±2.89a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	20	42.50±7.50b	97.50±2.50a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	10	12.50±6.29d	47.50±7.50d	55.00±6.46c	65.00±5.00bc
	5	0.00±0.00d	2.50±2.50f	20.00±7.07d-f	25.00±6.46f
	2.5	0.00±0.00d	5.00±5.00f	17.50±6.29e-g	30.00±4.08ef
	1	0.00±0.00d	0.00±0.00f	17.50±4.79e-g	27.50±4.79ef
P. nigrum	80	27.50±4.78c	60.00±5.78c	70.00±0.00b	72.50±2.50b
	40	7.50±4.79d	17.50±7.50e	32.50±4.79	55.00±5.00b-d
	20	0.00±0.00d	0.00±0.00f	15.00±2.89f-h	47.50±2.50c-e
	10	0.00±0.00d	0.00±0.00f	10.00±4.08f-h	45.00±2.89d-f
	5	0.00±0.00d	0.00±0.00f	10.00±5.77f-h	40.00±4.08d-f
	2.5	0.00±0.00d	0.00±0.00f	5.00±2.89f-h	37.50±4.79d-f
	1	0.00±0.00d	0.00±0.00f	5.00±2.89f-h	37.50±2.50d-f
P. retrofractum	80	27.50±6.29c	72.50±2.50b	77.50±2.50b	95.00±2.89a
	40	2.50±2.50d	7.50±4.79f	35.00±2.89d	72.50±8.54b
	20	2.50±2.50d	7.50±4.79f	15.00±5.00f-h	52.50±7.50cd
	10	0.00±0.00d	0.00±0.00f	20.00±4.08d-f	42.50±6.29d-f
	5	0.00±0.00d	0.00±0.00f	7.50±2.50f-h	40.00±9.13d-f
	2.5	0.00±0.00d	0.00±0.00f	2.50±2.50gh	30.00±4.08ef
	1	0.00±0.00d	0.00±0.00f	5.00±5.00f-h	25.00±6.46f
Control	-	0.00±0.00d	0.00±0.00f	0.00±0.00h	2.50±2.50g

[1/]Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at $P<0.01$ by DMRT

เมื่อพิจารณาค่า LC_{50} ของพิษทางการกินและสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยทั้งสามชนิดที่ทีต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก พบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูมีพิษสูงสุด โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 35.62, 10.57, 8.44 และ 5.42 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม ที่เวลา 1, 3, 5 และ 7 วันหลังการทดสอบ รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยผลดีปลี และ เมล็ดพริกไทยดำ ตามลำดับ โดยน้ำมันหอมระเหยผลดีปลีมีค่า LC_{50} ที่เวลา 1, 3, 5 และ 7 วันหลังการทดสอบ เท่ากับ 133.23, 66.96, 49.98 และ 10.70 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม ส่วนน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำมีค่า LC_{50} เท่ากับ 124.76, 72.49, 57.35 และ 18.37 ไมโครลิตร/เมล็ด 20 กรัม (Table 4.20)

Table 4.20 Feeding/contact toxicity of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *R. dominica.*

Plant	Time (d)	LC_{50} (µL/20 g of seeds)	95% CL[a]	Slope±SE	χ^2(df)[b]
P. sarmentosum	1	35.62	21.53-71.54	2.26±0.18	33.25(5)
P. nigrum	1	124.76	-	3.48±0.81	27.00(5)
P. retrofractum	1	133.23	-	3.45±0.90	27.16(5)
P. sarmentosum	3	10.57	9.79-11.37	7.37±0.87	7.51(5)
P. nigrum	3	72.49	50.11-230.21	3.96±0.51	28.09(5)
P. retrofractum	3	66.96	-	4.04±0.60	37.05(5)
P. sarmentosum	5	8.44	-	4.53±0.80	66.89(5)
P. nigrum	5	57.35	49.38-69.50	2.63±0.43	7.30(5)
P. retrofractum	5	49.98	31.12-121.69	2.28±0.30	21.52(5)
P. sarmentosum	7	5.42	0.20-12.84	2.20±0.20	74.52(5)
P. nigrum	7	18.37	11.11-35.87	0.46±0.08	7.49(5)
P. retrofractum	7	10.70	5.13-21.91	1.07±0.10	21.70(5)

[a] CL denotes confidence limit.

[b] NS, not significant at $P<0.05$.

4.4.1.2 พิษทางสัมผัส

ผลการทดสอบพิษทางสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี ที่มีต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติแต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ โดยอัตราการตายของมอดข้าวเปลือกขึ้นอยู่กับชนิด ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย และ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 1.26 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีพิษทางสัมผัสสูงสุด ทำให้มอดข้าวเปลือกตาย 97.50% ในวันแรกของการทดสอบ รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 1.26, 0.63 และ 0.31 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ซึ่งพบการตายของมอดข้าวเปลือกเท่ากับ 90.00, 82.50 และ 82.50% ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 0.16 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร น้ำมันหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้น 1.26 และ 0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร และ น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ทำให้มอดข้าวเปลือกตายปานกลาง 60.00-70.00% ส่วนสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางสัมผัสต่ำหรือไม่มีพิษทางสัมผัส (0.00-37.50%)

วันที่สองของการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 0.31 และ 0.04 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำและผลดีปลีความเข้มข้น 1.26 และ 0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ทำให้มอดข้าวเปลือกตายทั้ง 100% ส่วนน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 0.16 และ 0.08 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ทำให้มอดข้าวเปลือกตายรองลงมาเท่ากับ 97.50 และ 95.00% ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำ และ ผลดีปลีความเข้มข้น 0.31 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีพิษทางสัมผัสปานกลาง ทำให้มอดข้าวเปลือกตายเท่ากัน 65.00% ในขณะที่สิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางสัมผัสต่ำหรือไม่มีพิษทางสัมผัส (0.00-35.00%)

วันที่สามของการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 0.16 และ 0.08 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ทำให้มอดข้าวเปลือกตายเพิ่มขึ้นเป็น 100% ส่วนน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.31 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร และน้ำมันหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้น 0.31 และ 0.16 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ทำให้มอดข้าวเปลือกตายเพิ่มขึ้นเท่ากับ 72.50-87.50% ส่วนน้ำมันหอมระเหยในสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางสัมผัสต่ำกว่า 50% หรือไม่มีพิษทางสัมผัส รวมทั้งไม่พบอัตราการตายของมอดข้าวเปลือกตายในสิ่งทดลองที่ไม่ใช้สาร (Table 4.21)

เมื่อพิจารณาค่าพิษทางสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดที่มีต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก พบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูมีพิษทางสัมผัสสูงสุด โดยมีค่า LC_{50} ที่เวลา 1, 2 และ 3 วัน เท่ากับ 0.13, 0.03 และ 0.03 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนค่า LC_{50} ของ

น้ำมันหอมระเหยผลดีปลีเท่ากับ 0.66, 0.21 และ 0.11 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร สำหรับน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำ มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.39, 0.26 และ 0.22 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ที่เวลา 1, 2 และ 3 วัน ตามลำดับ (Table 4.22)

Table 4.21 Percent mortality of adults of *R. dominica* treated with essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* by contact toxicity test.

Plant	Conc. ($\mu L/cm^2$)	Mortality (mean ± SE, %)[a]		
		1 d	2 d	3 d
P. sarmentosum	1.26	90.00±5.77a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	0.63	82.50±4.79ab	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	0.31	82.50±4.79ab	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	0.16	70.00±4.08bc	97.50±2.50a	100.00±0.00a
	0.08	37.50±4.79d	95.00±5.00a	100.00±0.00a
	0.04	32.50±4.79d	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	0.02	0.00±0.00f	10.00±4.08de	17.50±6.29f
P. nigrum	1.26	97.50±2.50a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	0.63	60.00±7.07c	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	0.31	37.50±4.79d	65.00±2.89b	75.00±2.89c
	0.16	15.00±6.46ef	17.50±6.29d	30.00±4.08e
	0.08	0.00±0.00f	0.00±0.00e	0.00±0.00g
	0.04	0.00±0.00f	0.00±0.00e	0.00±0.00g
	0.02	0.00±0.00f	0.00±0.00e	0.00±0.00g
P. retrofractum	1.26	67.50±2.50bc	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	0.63	65.00±2.89c	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	0.31	25.00±2.89de	65.00±2.89b	87.50±4.79b
	0.16	10.00±5.77ef	35.00±5.00c	72.50±4.79c
	0.08	0.00±0.00f	15.00±5.00d	45.00±5.00d
	0.04	2.50±2.50f	7.50±4.79de	10.00±4.08fg
	0.02	0.00±0.00f	0.00±0.00e	0.00±0.00g
Control	-	0.00±0.00f	0.00±0.00e	0.00±0.00g

[a]Mortality within a column followed by the same letter are not significantly different at $P<0.01$ by DMRT

Table 4.22 Contact toxicity of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *R. dominica.*

Plant	Time (d)	LC_{50} ($\mu L/cm^2$)	95% CL[a]	Slope±SE	χ^2(df)[b]
P. sarmentosum	1	0.13	0.06-0.24	1.62±0.11	36.101(5)
P. nigrum	1	0.39	0.26-0.67	3.75±0.36	17.22(4)
P. retrofractum	1	0.66	0.42-1.21	2.43±0.22	26.32(5)
P. sarmentosum	2	0.03	-	4.50±0.41	201.74(5)
P. nigrum	2	0.26	0.20-0.33	5.97±0.63	18.29(5)
P. retrofractum	2	0.21	0.15-0.28	3.67±0.36	16.63(5)
P. sarmentosum	3	0.03	0.01-0.04	4.51±0.52	36.73(5)
P. nigrum	3	0.22	0.17-0.28	5.40±0.50	19.34(5)
P. retrofractum	3	0.11	0.08-0.14	3.12±0.22	14.67(5)

[a] CL denotes confidence limit.

[b] NS, not significant at P<0.05.

4.4.1.3 พิษทางการรม

การทดสอบพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลีที่มีต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก ปรากฏผลดัง Table 4.23 กล่าวคือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลองในแต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 631.58 และ 842.11 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ทำให้มอดข้าวเปลือกตายสูงสุด 77.50 % รองลงมาเป็นน้ำมันหอมพริกไทยดำความเข้มข้น 421.03 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ทำให้มอดข้าวเปลือกตายปานกลาง 52.50 % ในวันแรกของการทดสอบ ขณะที่น้ำหอมระเหยในสิ่งทดลองอื่นๆ มีพิษทางการรมต่ำมากหรือไม่มีพิษทางการรม (0.00-17.50%) เมื่อพิจารณาผลการทดสอบในวันที่สองพบว่า น้ำมันหอมระเหยพริกไทยดำความเข้มข้น 631.58 และ 842.11 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ มีพิษทางการรมสูงขึ้น ทำให้ด้วงงวงข้าวตาย 95.00 และ 100% รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยความเข้มข้น 421.03 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ (75.00%) และน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 842.11 และ 631.58 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ (67.50 และ 50.00%) ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยในสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางการรมต่ำหรือไม่มีพิษทางการรม (0.00-42.50%) สำหรับวันที่สามของการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 631.58 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ยังคงมีพิษทางการรมสูงขึ้น ทำให้ด้วงงวงข้าวตายทั้งหมด 100% รองลงมา

ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 842.11 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ และน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 421.05 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ซึ่งพบการการตายของมอดข้าวเปลือก 87.50 และ 80.00% ส่วนน้ำมันหอมระเหยที่มีพิษทางการรมปานกลาง (52.50-72.50%) ได้แก่น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 631.58, 421.05 และ 252.63 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ และน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 252.63 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ส่วนน้ำมันหอมระเหยในสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางการรมต่ำกว่า 52.50% หรือไม่มีพิษทางการรม รวมทั้งไม่พบอัตราการตายของมอดข้าวเปลือกตายในสิ่งทดลองที่ไม่ใช้สารตลอดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นพิษทางการรมพบว่า น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำมีพิษสูงสุดต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก โดยมีค่า LC_{50} ที่เวลา 1, 2 และ 3 วัน เท่ากับ 470.52, 305.27 และ 264.16 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูและน้ำมันหอมระเหยผลดีปลีตามลำดับ (Table 4.24)

Table 4.23 Percent mortality of adults of *R. domonica* treated with essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* by vapour toxicity test.

Plant	Conc. (µL/ L air)	Mortality (mean ± SE, %)[a]		
		1 d	2 d	3 d
P. sarmentosum	842.11	10.00±4.08cd	67.50±4.79b	87.50±4.79ab
	631.58	5.00±2.89d	50.00±4.08c	72.50±4.79b
	421.05	2.50±2.50d	27.50±4.79d	52.50±4.79c
	252.63	2.50±2.50d	27.50±4.79d	52.50±4.79c
	168.42	0.00±0.00d	2.50±2.50e	20.00±4.08de
	84.21	0.00±0.00d	0.00±0.00e	5.00±5.00ef
	42.11	0.00±0.00d	0.00±0.00e	2.50±2.50ef
P. nigrum	842.11	77.50±4.79a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	631.58	77.50±2.50a	95.00±2.89a	100.00±0.00a
	421.05	52.50±4.79b	75.00±2.89b	80.00±5.77b
	252.63	17.50±6.29c	42.50±7.50c	52.50±4.79c
	168.42	2.50±2.50d	10.00±5.78e	20.00±4.08de
	84.21	0.00±0.00d	0.00±0.00e	0.00±0.00f
	42.11	0.00±0.00d	0.00±0.00e	0.00±0.00f
P. retrofractum	842.11	2.50±2.50d	7.50±2.50e	22.50±6.29d
	631.58	2.50±2.50d	7.50±4.79e	20.00±7.07de
	421.05	2.50±2.50d	2.50±2.50e	20.00±8.17de
	252.63	0.00±0.00d	0.00±0.00e	10.00±0.00d-f
	168.42	0.00±0.00d	0.00±0.00e	2.50±2.50ef
	84.21	0.00±0.00d	0.00±0.00e	0.00±0.00f
	42.11	0.00±0.00d	0.00±0.00e	0.00±0.00f
Control	-	0.00±0.00d	0.00±0.00e	0.00±0.00f

[a]Mortality within a column followed by the same letter are not significantly different at P <0.01 by DMRT

Table 4.24 Fumigant toxicity of essential oils of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *R. dominica.*

Plant	Time (d)	LC_{50} (μL/ L air)	95% CL[a]	Slope±SE	χ^2(df)[b]
P. sarmentosum	1	-	-	-	-
P. nigrum	1	470.52	361.73-609.00	4.07±0.33	24.40(4)
P. retrofractum	1	2.131E14	-	0.34±5.42	25.02(5)
P. sarmentosum	2	637.94	457.56-1204.97	3.012±0.31	27.98(5)
P. nigrum	2	305.27	254.78-357.23	5.38±0.41	14.74(5)
P. retrofractum	2	-	-	-	-
P. sarmentosum	3	356.61	270.76-466.68	2.74±0.22	17.08(5)
P. nigrum	3	264.16	214.74-315.42	5.34±0.42	17.86(5)
P. retrofractum	3	2083.19	952.21-1.944E16	1.93±0.38	18.25(5)

[a] CL denotes confidence limit.

[b] NS, not significant at P<0.05.

4.4.2 ฤทธิ์ไล่แมลง

การทดสอบฤทธิ์ไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำและผลดีปลีที่มีต่อตัวเต็มวัยมอดข้าวเปลือก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง โดยเปอร์เซนต์การไล่มอดข้าวเปลือกขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย (Table 4.25) ชั่วโมงแรกของการทดสอบพบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 2.51 และ 0.31 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร และน้ำมันหอมเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 2.51 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือกสูงมาก 85.00-95.00% น้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือกสูง (65.00-80.00%) ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูความเข้มข้น 1.25, 0.63 และ 0.16 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 1.25 และ 0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร รวมทั้งน้ำมันหอมระเหยผลดีปลีความเข้มข้น 2.51 และ 1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ส่วนน้ำมันหอมระเหยที่เหลือมีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือก 0.00-60.00%

ในชั่วโมงที่สองของการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 2.51 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร และน้ำมันหอมระเหยจากผลดีปลีความเข้มข้น 2.51 และ 1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือกสูงมาก 85.00-90.00% ส่วนน้ำมันหอมระเหย

ใบชะพลูความเข้มข้น 0.31-2.51 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร และน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 1.25 และ 0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่แมลงสูง (65.00-80.00%) ส่วนสิ่งทดลองที่มีฤทธิ์ไล่แมลงปานกลาง (45.00-60.00%) ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 0.16 และ 0.08 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.31 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร และน้ำมันหอมระเหยจากดีปลีความเข้มข้น 0.63, 0.31 และ 0.16 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร สำหรับสิ่งทดลองที่เหลือมีฤทธิ์ไล่แมลงต่ำกว่า 45%

ชั่วโมงที่สามหลังการทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสามชนิดที่ความเข้มข้น 2.51 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือกสูงมาก (85.00-90.00%) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 1.25 และ 0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำและผลดีปลีความเข้มข้น 1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่แมลงสูง 70.00-80.00% ส่วนสิ่งทดลองที่เหลือยกเว้นน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.04 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือก 5.00-60.00%

สำหรับผลการทดสอบชั่วโมงที่สี่ใกล้เคียงกับชั่วโมงที่สาม น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูและเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือกสูงมาก (85.00%) น้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ไล่แมลงสูง (65.00-80.00%) ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 2.51, 0.63, 0.31 และ 0.16 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำและผลดีปลีความเข้มข้น 2.51 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร

ในชั่วโมงที่ยี่สิบสี่ พบว่า มีเพียงน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 2.51 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์มอดข้าวเปลือกสูงมาก (85.00%) ส่วนน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ไล่สูง (65.00-80.00%) ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 2.51 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร และน้ำมันหอมระเหยจากผลดีปลีความเข้มข้น 2.51 และ 1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยอัตราการไล่แมลงในห้าช่วงเวลาที่ทดสอบ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำ และ ใบชะพลูความเข้มข้น 2.51 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่แมลงสูงมาก 85.00% จัดอยู่ใน class V สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 0.16-1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 1.25 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร และน้ำมันหอมระเหยจากผลดีปลีความเข้มข้น 1.25 และ 2.51 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือก 61.00-78.00% ซึ่งอยู่ในระดับสูง (IV) น้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ไล่ปานกลาง (III) ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 0.08 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.31 และ 0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร และน้ำมันหอมระเหยจากผลดีปลีความเข้มข้น 0.63 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ซึ่งไล่มอดข้าวเปลือกได้ 41.00-54.00% ในขณะที่สิ่งทดลองที่เหลือมีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือกต่ำมาก (I) ถึงต่ำ (II)

เมื่อพิจารณาค่า RC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดที่มีต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก พบว่า น้ำมันหอมระเหยใบชะพลูมีประสิทธิภาพในการไล่มอดข้าวเปลือดสูงสุด โดยมีค่า RC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 0.373 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทย

ดำ และผลดีปลี ซึ่ง RC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 0.625 และ 1.088 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (Table 4.25)

Table 4.25 Repellent activity of essential oils of *P.* sarmantosum, P. *nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *R. dominica.*

Plant	Conv. (μL/ cm^2)	Repellency (mean ± SE, %)[a]						Repellency class
		1 h	2 h	3 h	4 h	24 h	mean	
P. sarmentosum	2.51	95.00±5.00a	80.00±8.17	90.00±5.77a	80.00±8.17ab	80.00±8.17ab	85.00±14.33a	V
	1.25	80.00±8.17ab	75.00±5.00ab	75.00±5.00a-c	85.00±9.57a	60.00±8.17a-c	75.00±15.73a-c	IV
	0.63	75.00±9.57a-c	80.00±11.55ab	70.00±10.00a-d	65.00±5.00a-d	50.00±10.00a-d	68.00±19.89b-d	IV
	0.31	85.00±9.57ab	65.00±8.17a-c	60.00±11.55a-e	70.00±5.77a-c	50.00±10.00a-d	66.00±19.57b-d	IV
	0.16	65.00±12.58a-d	60.00±8.17a-d	60.00±8.17a-e	70.00±12.91a-c	50.00±10.00a-d	61.00±18.89c-e	IV
	0.08	40.00±11.55c-f	45.00±5.00b-e	35.00±9.57d-h	40.00±8.17c-e	45.00±9.5b-e	41.00±16.51f-h	III
	0.04	40.00±8.17c-f	35.00±15.00c-e	25.00±15.00e-i	25.00±9.57ef	20.00±8.17d-f	29.00±21.98hi	I
	RC_{50}	0.101	0.123	0.195	0.146	0.373		
P. nigrum	2.51	85.00±5.00ab	90.00±5.77a	85.00±5.00ab	80.00±8.17ab	85.00±9.57a	85.00±12.77a	V
	1.25	80.00±11.55ab	80.00±8.17ab	75.00±9.57a-c	85.00±9.57a	70.00±25.77a-c	78.00±17.05ab	IV
	0.63	65.00±5.00a-d	65.00±9.57a-c	50.00±10.00a-f	50.00±5.77a-e	40.00±8.17c-f	54.00±17.29d-f	III
	0.31	60.00±11.55a-e	55.00±9.57a-e	40.00±16.33c-h	45.00±9.57b-e	45.00±12.58b-e	49.00±22.92e-g	III
	0.16	30.00±12.91d-g	25.00±12.58d-f	5.00±5.00hi	30.00±10.00d-f	15.00±9.57d-f	21.00±21.00ij	I
	0.08	0.00±0.00g	20.00±0.00e-g	10.00±5.77g-i	0.00±8.17f	15.00±9.57d-f	9.00±13.73j-l	I
	0.04	0.00±0.00g	0.00±0.00fg	-5.00±5.00i	-5.00±5.00f	10.00±5.77e-g	6.75±9.18l	I
	RC_{50}	0.445	0.401	0.661	0.545	0.652		
P. retrofractum	2.51	75.00±5.00a-c	85.00±5.00a	85.00±9.57ab	75.00±9.57a-c	65.00±5.00a-c	77.00±14.90ab	IV
	1.25	80.00±0.00ab	85.00±9.57a	80.00±8.17ab	55.00±9.57a-e	65.00±9.57a-c	73.00±18.67a-c	IV
	0.63	55.00±5.77b-e	60.00±0.00a-d	50.00±5.77a-e	40.00±8.16c-e	45.00±5.00b-e	50.00±13.77e-g	III
	0.31	50.00±5.77b-f	45.00±5.00b-e	45.00±12.58b-g	25.00±5.00ef	20.00±8.17d-f	37.00±18.67gh	I
	0.16	30.00±5.77d-g	45.00±5.00b-e	25.00±5.00e-i	30.00±10.00d-f	10.00±10.00e-g	28.00±17.65hi	I
	0.08	25.00±9.57e-g	35.00±15.00c-e	15.00±9.57f-i	20.00±8.17ef	5.00±9.57fg	20.00±21.52i-k	I
	0.04	15.00±9.57fg	10.00±5.77g	20.00±8.17f-i	0.00±8.17f	0.00±0.00g	5.00±17.01kl	I
	RC_{50}	0.452	0.288	0.477	0.960	1.088		

[1]Repellency within a column followed by the same letter are not significantly different at $P<0.01$ by DMRT

4.5 ผลการทดสอบฤทธิ์ชีวภาพของผงบดจากพืชทดสอบที่มีต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก

4.5.1 ฤทธิ์ฆ่าแมลง

4.5.1.1 พิษทางการกินและสัมผัส

ผลการทดสอบพิษทางการกินและสัมผัสของผงบดใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลีที่มีต่อมอดข้าวเปลือก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติแต่ละช่วงเวลาที่ทดสอบ โดยการตายของมอดข้าวเปลือกขึ้นอยู่กับชนิดพืช ความเข้มข้น และระยะเวลาที่ใช้ทดสอบ (Table 4.26) ในวันแรกของการทดสอบ พบว่า ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 4, 2 และ 1% มีพิษเพียงเล็กน้อย ทำให้ด้วงงวงข้าวตายเพียง 5.00-12.50% ในขณะที่สิ่งทดลองที่เหลือไม่มีพิษต่อด้วงงวงข้าว

ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 4% มีพิษสูงสุด ในวันที่สามของการทดสอบ โดยพบการตายของมอดข้าวเปลือก 72.50% รองลงมาได้แก่ ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 2 และ 1% ทำให้มอดข้าวเปลือกตาย 60.00 และ 52.50 % ตามลำดับ ส่วนสิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางทางการกินและสัมผัสต่ำหรือไม่มีพิษต่อมอดข้าวเปลือก (0.00-10.00%)

วันที่ห้าของการทดสอบ พบว่า ผงบดจากพืชทดสอบทั้งสามชนิดมีพิษต่อมอดข้าวเปลือกสูงขึ้น โดยผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 4% ยังคงมีพิษสูงสุด ทำให้มอดข้าวเปลือกตาย 90.00% ส่วนผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 2 และ 1% มีพิษทางการกินและสัมผัสต่อมอดข้าวเปลือกรองลงมา 80.00 และ 70.00% ตามลำดับ สำหรับผงบดเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 4% มีพิษทางการกินและสัมผัสปานกลาง 52.50% ในขณะที่สิ่งทดลองที่เหลือมีพิษทางการกินและสัมผัสต่อมอดข้าวเปลือกต่ำหรือไม่มีพิษ (0.00-27.50%)

ในวันที่เจ็ดของการทดสอบเห็นได้ชัดว่า ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 4, 2 และ 1% และผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 4% มีพิษทางการกินและสัมผัสสูง ทำให้ด้วงงวงข้าวตาย 80.00-92.50% ส่วนผงบดเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 4% ผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 2% และผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 0.5% มีพิษทางการกินและสัมผัสปานกลาง (57.50-60.00%) สำหรับสิ่งทดลองอื่นๆ ไม่มีพิษต่อมอดข้าวเปลือกหรือมีพิษทางการกินและสัมผัสต่ำกว่า 57.50% นอกจากนี้ไม่พบการตายของมอดข้าวเปลือกในสิ่งทดลองที่ไม่ใช้สารตลอดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ

เมื่อพิจารณาค่า LC_{50} ของพิษทางการกินและสัมผัสของผงบดทั้งสามชนิดที่มีต่อมอดข้าวเปลือก พบว่า ผงบดผลดีปลีมีค่าความเป็นพิษสูงสุด โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 16.71, 1.71, 0.73 และ 0.34% ที่เวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน ตามลำดับ รองลงมาเป็นผงบดใบชะพลู และผงบดเมล็ดพริกไทยดำ ตามลำดับ (Table 4.27)

Table 4.26 Percent mortality of adults of *R. dominica* treated with powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* by grain treatment test.

Plant	Conc. (%)	Mortality (mean ± SE, %)[a]			
		1 d	3 d	5 d	7 d
P. sarmentosum	4	0.00±0.00b	7.50±4.79c	27.50±7.50de	80.00±7.07a
	2	0.00±0.00b	5.00±2.89c	15.00±5.00ef	57.50±4.79b
	1	0.00±0.00b	2.50±2.50c	12.50±6.29ef	40.00±4.08c
	0.5	0.00±0.00b	2.50±2.50c	2.50±2.50f	35.00±2.89cd
	0.25	0.00±0.00b	0.00±0.00c	0.00±0.00f	7.50±4.79fg
	0.125	0.00±0.00b	0.00±0.00c	0.00±0.00f	7.50±4.79fg
	0.0625	0.00±0.00b	0.00±0.00c	0.00±0.00f	5.00±5.00g
P. nigrum	4	0.00±0.00b	10.00±4.08c	52.50±4.79c	60.00±4.08b
	2	0.00±0.00b	5.00±2.89c	17.50±4.79ef	35.00±2.89cd
	1	0.00±0.00b	2.50±2.50c	5.00±2.8f	25.00±2.89c-e
	0.5	0.00±0.00b	0.00±0.00c	2.50±2.50f	12.50±2.50
	0.25	0.00±0.00b	0.00±0.00c	0.00±0.00f	5.00±2.89
	0.125	0.00±0.00b	0.00±0.00c	0.00±0.00f	0.00±0.00g
	0.0625	0.00±0.00b	0.00±0.00c	0.00±0.00f	0.00±0.00g
P. retrofractum	4	12.50±12.58a	72.50±6.29a	90.00±7.07a	92.50±7.50a
	2	7.50±9.57ab	60.00±7.07b	80.00±4.08ab	85.00±2.89a
	1	5.00±5.77b	52.50±7.50b	70.00±5.77b	82.50±2.50a
	0.5	0.00±0.00b	10.00±4.08c	37.50±4.79d	57.50±4.79b
	0.25	0.00±0.00b	0.00±0.00c	25.00±2.89de	40.00±4.08c
	0.125	0.00±0.00b	2.50±2.50c	12.50±4.79f	32.50±4.79ce
	0.0625	0.00±0.00b	0.00±0.00c	0.00±0.00f	22.50±4.79d-f
Control	-	0.00±0.00b	0.00±0.00c	0.00±0.00f	0.00±0.00g

[a]Mortality within a column followed by the same letter are not significantly different at P<0.01 by DMRT

Table 4.27 Feeding/contact toxicity of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *R. dominica.*

Plant	Time (d)	LC50 (%)	95% CL[a]	Slope±SE	χ^2(df)[b]
P. sarmentosum	1	-	-	-	-
P. nigrum	1	-	-	-	-
P. retrofractum	1	16.71	-	2.25±1.28	21.18(5)
P. sarmentosum	3	-	-	-	-
P. nigrum	3	8.46	-	4.98±16.10	22.37(5)
P. retrofractum	3	1.71	0.98-3.72	2.25±0.18	38.78(5)
P. sarmentosum	5	9.45	-	1.83±0.38	20.23(5)
P. nigrum	5	3.97	2.91-14.35	3.86±0.66	17.34(5)
P. retrofractum	5	0.73	0.54-1.00	1.94±0.13	11.87(5)
P. sarmentosum	7	1.46	1.07-2.12	1.76±0.16	9.83(5)
P. nigrum	7	3.16	2.12-6.52	1.91±0.21	13.05(5)
P. retrofractum	7	0.34	0.28-0.41	1.36±0.11	5.31(5)

[a] CL denotes confidence limit.

[b] NS, not significant at P<0.05.

4.5.1.2 พิษทางการรม

ผลการทดสอบพิษทางการรมของผงบดจากพืชทั้งสามชนิด ที่มีต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง สามวันแรกของการทดสอบพบว่า ผงบดจากพืชทั้งสามชนิดมีพิษทางการรมต่ำมากหรือไม่มีพิษทางการรม (0.00-17.50%) การตายของมอดข้าวเปลือกเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลา ชนิดพืช และความเข้มข้นของพืชที่ใช้ทดสอบ ซึ่งวันที่ห้าของการทดสอบพบว่า ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 1.05 กรัม/ลิตรอากาศ มีพิษทางการรมสูงสุด ทำให้มอดข้าวเปลือกตาย 47.50% ในขณะที่ผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 0.026-0.21 กรัม/ลิตรอากาศ อากาศ รวมทั้งผงบดเมล็ดพริกไทยดำและผลดีปลีความเข้มข้น 0.026 และ 0.05 กรัม/ลิตรอากาศ ไม่มีพิษทางการรมต่อมอดข้าวเปลือก ในวันที่เจ็ดของการทดสอบพบว่า ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 1.05 กรัม/ลิตรอากาศ ยังคงมีพิษทางการรมสูงสุด ทำให้มอดข้าวเปลือกตาย 67.50% รองลงมาได้แก่ ผงบดเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 1.05 และ 0.84 กรัม/ลิตรอากาศ ผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 1.05 กรัม/ลิตรอากาศ และผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 0.84 กรัม/ลิตรอากาศ

ในขณะที่ผงบดผลดีปลีความเข้มข้น 0.026 กรัม/ลิตรอากาศ และผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 0.026-0.21 กรัม/ลิตรอากาศ ไม่มีพิษทางการรมต่อมอดข้าวเปลือก นอกจากนี้ไม่พบการตายของมอดข้าวเปลือกในสิ่งทดลองที่ไม่ใช้ผงบด (Table 4.28)

Table 4.28 Percent mortality of adults of *R. dominica* treated with powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* by vapour toxicity test.

Plant	Conc. (g/L air)	Mortality (mean ± SE, %)[a]			
		1 d	3 d	5 d	7 d
P. sarmentosum	1.05	0.00±0.00	12.50±4.79ab	22.50±6.29bc	55.00±6.46a
	0.84	0.00±0.00	2.50±2.50cd	20.00±5.77b-d	25.00±5.00bc
	0.42	0.00±0.00	2.50±2.50cd	10.00±4.08de	10.00±4.08d-f
	0.21	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00e	0.00±0.00f
	0.11	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00e	0.00±0.00f
	0.05	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00e	0.00±0.00f
	0.026	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00e	0.00±0.00f
P. nigrum	1.05	0.00±0.00	17.50±2.50a	30.00±0.00b	65.00±5.00a
	0.84	0.00±0.00	10.00±10.00a-c	17.50±2.50cd	62.50±4.79a
	0.42	0.00±0.00	10.00±0.00a-c	17.50±2.50cd	37.50±4.79b
	0.21	0.00±0.00	5.00±2.89b-d	5.00±2.89e	22.50±4.79cd
	0.11	0.00±0.00	2.50±2.50cd	2.50±2.50e	7.50±2.50ef
	0.05	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00e	2.50±2.50ef
	0.026	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00e	2.50±2.50ef
P. retrofractum	1.05	0.00±0.00	5.00±2.89b-d	47.50±4.79a	67.50±2.50a
	0.84	0.00±0.00	0.00±0.00d	42.50±2.50a	55.00±6.46a
	0.42	0.00±0.00	0.00±0.00d	17.50±4.79cd	25.00±2.89bc
	0.21	0.00±0.00	0.00±0.00d	12.50±2.50c-e	17.50±4.79c-e
	0.11	0.00±0.00	0.00±0.00d	2.50±2.50e	5.00±2.89ef
	0.05	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00e	2.50±2.50ef
	0.026	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00e	0.00±0.00f
Control	-	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00e	0.00±0.00f

[a]Mortality within a column followed by the same letter are not significantly different at $P<0.01$ by DMRT

เมื่อพิจารณาค่า LC_{50} พิษทางการรมของผงบดจากพืชทั้งสามชนิดที่มีต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก พบว่า ผงบดเมล็ดพริกไทยดำมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งค่า LC_{50} ที่เวลา 3, 5 และ 7 วัน เท่ากับ 4.86, 2.46 และ 0.66 กรัม/ลิตรอากาศ รองลงมาได้แก่ ผงบดผลดีปลี และใบชะพลู ตามลำดับ *(*Table 4.*29*)

Table 4.29 Fumigant toxicity of powders of *P. sarmentosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *R. dominica.*

Plant	Time (d)	LC50 (g/L air)	95% CL[a]	Slope±SE	χ^2(df)[b]
P. sarmentosum	1	-	-	-	-
P. nigrum	1	-	-	-	-
P. retrofractum	1	-	-	-	-
P. sarmentosum	3	-	-	-	-
P. nigrum	3	4.86	-	1.81±0.75	13.85(5)
P. retrofractum	3	9.761E16	-	0.23±3.49	31.60(5)
P. sarmentosum	5	2.18	-	2.63±0.67	22.45(5)
P. nigrum	5	2.46	-	1.90±0.40	17.72(5)
P. retrofractum	5	1.16	0.81-3.24	2.31±0.34	14.40(5)
P. sarmentosum	7	1.09	-	4.74±1.26	26.25(5)
P. nigrum	7	0.66	0.57-0.78	2.10±0.21	5.12(5)
P. retrofractum	7	0.77	0.59-1.08	2.47±0.29	10.34(5)

[a] CL denotes confidence limit.

[b] NS, not significant at $P<0.05$.

4.5.2 ฤทธิ์ไล่แมลง

ผลการทดสอบฤทธิ์ไล่แมลงของผงบดใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และ ผลดีปลี ที่มีต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก พบว่า ผงบดจากพืชทดสอบทั้งสามชนิดมีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือกต่ำมากหรือไม่มีฤทธิ์ไล่ในสี่ชั่วโมงแรกของการทดสอบ (0.00-10.00%) ส่วนชั่วโมงที่ยี่สิบสี่ของการทดสอบ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง โดยผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 1-4% ผงบดผลดีปลีและเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 4% มีฤทธิ์ไล่มอดข้าวปลือกปานกลาง (50.00-60.00%) ส่วนผงบดในสิ่งทดลองที่เหลือมีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือกต่ำกว่า 50.00%

สำหรับค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การไล่มอดข้าวเปลือกในห้าช่วงเวลาที่ทดสอบพบว่า ผงบดจากพืชทดสอบทั้งสามชนิดมีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือกต่ำมากในช่วง 1.50-14.50% จัดอยู่ใน class I เมื่อพิจารณาค่า RC_{50} ของพืชแต่ละชนิดที่มีต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก พบว่า ผงบดใบชะพลูมีประสิทธิภาพในการไล่มอดข้าวเปลือกดีที่สุด โดยมีค่า RC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 1.090% รองลงมาได้แก่ ผงบดผลดีปลี และ เมล็ดพริกไทยดำ ซึ่งค่า RC_{50} ของพืชทั้งสองชนิดที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 3.873 และ 5.225% ตามลำดับ (Table 4.30)

Table 4.30 Repellent activity of powders of *P. sarmantosum*, *P. nigrum* and *P. retrofractum* against adults of *R. dominica*

Plant	Conc. (%)	Repellency (mean ± SE, %)[a]						Repellency class
		1 h	2 h	3 h	4 h	24 h	mean	
P. sarmentosum	4	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00	7.50±4.79	60.00±4.08a	13.50±5.49	I
	2	0.00±0.00	0.00±0.00b	5.00±5.00	7.50±4.79	55.00±8.66ab	14.50±5.15	I
	1	0..00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00	5.00±2.89	60.00±10.80a	13.00±5.76	I
	0.5	0.00±0.00	0.00±0.00b	2.50±2.50	5.00±5.00	45.00±8.66a-d	11.00±4.35	I
	0.25	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00	5.00±5.00	40.00±7.07a-d	9.00±3.90	I
	0.125	0..00±0.00	0.00±0.00b	2.50±2.50	5.00±2.89	42.50±7.50a-d	10.50±4.01	I
	0.0625	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00	0.00±0.00	17.50±4.79c-e	3.50±1.82	I
	RC_{50}	-	-	3.867E53	229.309	1.090	-	
P. nigrum	4	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00	0.00±0.00	50.00±7.07a-c	10.00±4.76	I
	2	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00	2.50±2.50	32.50±9.47a-e	7.50±2.98	I
	1	0.00±0.00	0.00±0.00b	2.50±2.50	2.50±2.50	30.00±7.07a-e	7.50±2.98	I
	0.5	0.00±0.00	2.50±2.50ab	2.50±2.50	0.00±0.00	25.00±6.45b-e	5.50±2.56	I
	0.25	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00	0.00±0.00	7.50±2.50e	1.50±0.82	I
	0.125	0..00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00	0.00±0.00	7.50±2.50e	1.50±0.82	I
	0.0625	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00	2.50±2.50	12.50±6.29d-e	3.50±1.67	I
	RC_{50}	-	0.000	4.911E15	0.000	5.225	-	
P. retrofractum	4	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00	2.50±2.50	57.50±8.54ab	12.00±5.46	I
	2	0.00±0.00	5.00±2.89a	7.50±2.50	10.00±0.00	42.50±9.47a-d	13.50±3.86	I
	1	0..00±0.00	2.50±2.50ab	2.50±2.50	2.50±2.50	35.00±10.41a-e	8.50±3.65	I
	0.5	0.00±0.00	0.00±0.00b	10.00±7.07	12.50±6.29	42.50±2.50a-d	15.00±3.94	I
	0.25	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00	0.00±0.00	27.50±4.79a-e	5.50±2.66	I
	0.125	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00	5.00±2.89	30.00±9.13a-e	7.00±3.17	I
	0.0625	0.00±0.00	0.00±0.00b	0.00±0.00	0.00±0.00	20.00±8.17c-e	4.00±2.34	I
	RC_{50}	-	6.813E21	6.871E13	24125929.07	3.873	-	

[a]Repellency within a column followed by the same letter are not significantly different at $P<0.01$ by DMRT

การใช้สารธรรมชาติจากพืชในรูปน้ำมันหอมระเหยหรือผงบดหรือสารสกัดเป็นทางเลือกของการควบคุมแมลงศัตรูพืช ซึ่งทวีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืช รวมทั้งยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สารธรรมจากพืชมีกลไกในการออกฤทธิ์ต่อแมลงในหลายลักษณะพร้อมกันเช่น มีฤทธิ์ฆ่าแมลง ไล่แมลง ยับยั้งการกินอาหารของแมลง ยับยั้งการวางไข่ รวมทั้งยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง นอกจากนี้สารธรรมจากพืชประกอบด้วยสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) หลายชนิดออกฤทธิ์ควบคุมแมลงศัตรูพืช จึงช่วยชะลอการพัฒนาสร้างความต้านทานของแมลง เมื่อเปรียบกับสารฆ่าแมลงสังเคราะห์ที่มีสารออกฤทธิ์เพียงชนิดเดียว แมลงจึงพัฒนาความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงสังเคราะห์ได้เร็วกว่า การนำสารธรรมชาติจากพืชมาใช้เป็นทางเลือกควบคุมแมลงศัตรูพืช มักใช้พืชที่หาได้ง่ายและมีปริมาณมากในท้องถิ่น จึงช่วยลดต้นทุนในการผลิตพืชให้กับเกษตรกร ข้อดีอีกประการหนึ่งของการใช้สารธรรมจากพืชคือ เกษตรกรสามารถเตรียมไว้ใช้ได้เองด้วยวิธีง่ายๆ และนำไปประยุกต์ใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ง่ายในลักษณะเดียวกับการใช้สารฆ่าแมลงสังเคราะห์อีกด้วย

ชะพลู พริกไทยดำ และดีปลี เป็นพืชสมุนไพรที่หาได้ง่ายในภาคใต้ จากการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้งสามชนิดโดยวิธีกลั่นด้วยน้ำร้อน พบสาร 1,3-benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)- (35.92%), benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)- (5.21%), copaene (4.82%), 2(10)-pinene (4.66), methylenetricyclo [4.4.0.02,7]decane-rel- (4.65%), .beta.-selinene (3.64).3R-trans)- (2.12%) เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยใบชะพลู แตกต่างจากรายงานของ Chieng *et al*. (2008) ซึ่งพบสาร Spathulenol (21.0%), myristicin (18.8%), β-caryophyllene (18.2%) and (*E*,*E*)-farnesol (10.5%) เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู และแตกต่างจากผลการทดลองของ Qin *et al*. (2010) ซึ่งสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูโดยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ และพบสารที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ myristicin (65.22%) และ trans-caryophyllene (13.89%) ผลการทดสอบยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยพบสารที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ caryophyllene (23.84%), .delta. 3 carene (20.95%), d-limonene 12.98%), 2(10)-pinene (8.15%), 1-phellandrene (6.78%), 3-carene (5.09%), .beta.-selinene (2.45%), bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-,(1S)- (2.34%) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Rmili *et al*. (2014) พบว่า การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำโดยวิธีกลั่นด้วยน้ำร้อนได้น้ำมันหอมระเหย 1.24% และพบสารที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ β-caryophyllene (47.14-50.88 %), α-copaene (7.79-8.02 %), sabinene (5.52-6.92 %) และ cubenol (3.97-5.20%) และยังสอดคล้องกับ Morshed *et al*. (2017) ซึ่งศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ และพบสาร caryophellene (19.12%), limonene (9.74%) และ camphene (8.44%) เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหย ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากผลดีปลีจากงานวิจัยในครั้งนี้ พบสารที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ caryophyllene (12.53%), (1R,2S,6S,7S,8S)-8-Isopropyl-1-methyl-3-methylenetricyclo[4.4.0.02,7]decane-rel- (9.33%), pentadecane (9.07%), 1,4,7,-cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-,*Z*′,*Z*′,*Z*′- (7.34%), cis-1-c hloro-9-octadecene (5.96%), 3-heptadecene, (Z)- (5.08%), .beta.-

bisabolene (5.06%), heptadecene (4.94%) สาเหตุที่พืชชนิดเดียวกันพบสารที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีและมีปริมาณแตกต่างกัน อาจขึ้นอยู่กับ สายพันธุ์พืช สภาพแวดล้อม ฤดูกาล ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว หรือวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช (Rahimmalek *et al*., 2009)

คุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของสารธรรมชาติจากพืชคือ การมีฤทธิ์ควบคุมแมลงศัตรูพืช จากการทดสอบฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยและผงบดจากใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี ที่มีต่อแมลงศัตรูสำคัญหลังการเก็บเกี่ยว 2 ชนิดได้แก่ ด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก พบว่าพืชทั้งสามชนิดทั้งในรูปน้ำมันหอมระเหยและผงบด มีฤทธิ์ชีวภาพต่อแมลงศัตรูสำคัญทั้งสองชนิด สอดคล้องกับรายงานของมัตตนา และคณะ (2561) ซึ่งพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีความเป็นพิษสูงต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว โดยค่าความเป็นพิษทางสัมผัสเท่ากับ 0.001 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร และค่าความเป็นพิษทางการรมเท่ากับ 10.469 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ ที่เวลา 72 ชั่วโมง และยังสอดคล้องกับ Vanichpakorn *et al*. (2017) ทดสอบพิษทางการกินและสัมผัส และพิษทางการรมของผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1, 2 และ 4 % (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว ผลการทดสอบพบว่า ผงบดใบชะพลูทุกความเข้มข้นยกเว้นความเข้มข้น 0.25% มีพิษทางการกินและสัมผัสสูงมาก ทำให้ด้วงงวงข้าวตาย 95-100% ในเวลา 5 วัน รวมทั้งมีพิษทางการรมสูงอีกด้วย โดยผงบดความเข้มข้น 0.8 กรัม/ลิตรอากาศ ทำให้ด้วงงวงข้าวตาย 95% ในเวลา 3 วัน นอกจากนี้ผงบดใบชะพลูความเข้มข้น 2 และ 4% ยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ 100% อีกด้วย

น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูยังมีฤทธิ์ชีวภาพต่อแมลงศัตรูพืชชนิดอื่นๆ โดยนที และ สุภาณี (2546) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยง่ายจากใบชะพลู มีพิษสัมผัสตายต่อด้วงถั่วเขียว โดยมีค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 8864 พีพีเอ็ม เมื่อประเมินพิษสัมผัสตายโดยวิธี residual film technique อรทัย และ ศิริพรรณ (2551) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู มีพิษสูงต่อหนอนใยผัก โดยมีค่า LC_{50} ทางปากที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 4.34% รวมทั้ง Qin *et al*. (2004) สรุปไว้ว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู มีฤทธิ์ไล่และมีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก Chieng *et al*. (2008) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูความเข้มข้น 1% มีความเป็นพิษต่อปลวกใต้ดิน โดยทำให้ปลวกตาย 100% ภายในเวลา 2 วัน Qin *et al*. (2010) รายงานฤทธิ์ฆ่าแมลงและฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู ที่มีต่อแมลงดำหนามมะพร้าวในระยะตัวหนอนวัย 1 และ 2 และน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูยังมีพิษทางการรมต่อระยะไข่และระยะดักแด้ของแมลงดำหนามมะพร้าวอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีรายงานฤทธิ์ฆ่าแมลงของสารสกัดจากส่วนรากของชะพลูที่มีต่อด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก โดย Hematpoor *et al*. (2017) ทดสอบพิษทางการกินและสัมผัสของสารสกัดเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน และ เมทานอลจากรากของชะพลู ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก ผลการทดสอบพบว่า สารสกัดเฮกเซนมีพิษสูงสุดที่เวลา 72 ชั่วโมง โดยทำให้ด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือกตาย 100.00 และ 87.8% ตามลำดับ

น้ำมันหอมระเหยและผงบดจากเมล็ดพริกไทยดำมีฤทธิ์ชีวภาพสูงต่อด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก สอดคล้องกับการรายงานของกันยารัตน์ และคณะ (2556) รายงานไว้ว่า น้ำมันหอมเหยเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 8 ไมโครลิตร/ตารางเซนติเมตร มีฤทธิ์ไล่ด้วงงวงข้าวโพดสูงมากในระดับ 80.1-100% Sighamony et al. (1986) สรุปไว้ว่าน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำมี

ประสิทธิภาพในการป้องกันเมล็ดข้าวสาลีจากการทำลายของด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือกเป็นเวลานานกว่า 30 วัน Chaubey *et al.* (2011) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำมีพิษทางการรมสูงต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.58 ไมโครลิตร/ลูกบากศ์เซนติเมตรอากาศ และสอดคล้องกับ Khani *et al.* (2011) รายงานพิษทางการรมของน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว มีค่าเท่ากับ 287.7 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ Khani *et al*. (2012) ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากผลสดพริกไทยดำที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว ผลการทดลองพบว่า น้ำมันหอมระเหยดังกล่าวมีความเป็นพิษทางการรมสูง (ค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมงเท่ากับ 287.7 ไมโครลิตร/ลิตรอากาศ) Ahmad *et al*. (2016) รายงานว่าสารสกัดอะซิโตนจากเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 20% มีพิษทางสัมผัสต่อตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือก โดยทำให้มอดข้าวเปลือกตาย 67.89% ที่เวลา 120 ชั่วโมง และมีฤทธิ์ไล่มอดข้าวเปลือก 90% นอกจากนี้สารสกัดอะซิโตนจากเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 20% ยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ของแมลงดังกล่าว 100%

น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำยังมีฤทธิ์ชีวภาพต่อแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวชนิดอื่นๆ เช่น Upadhyay and Jaiswal (2007) พบว่าน้ำมันหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำมีพิษทางการกินต่อมอดแป้ง โดยมีค่า LC_{50} ต่อตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเท่ากับ 14.022 และ 15.262 ไมโครลิตรตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ไล่มอดแป้ง โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.071 ไมโครลิตร Naseem and Khan (2011) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจกเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 60% มีฤทธิ์ไล่ตัวเต็มวัยของมอดแป้งเท่ากับ 41.67, 53.33, 60, 70, 75 และ 76.67% ที่เวลา 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที ตามลำดับ

ประสิทธิภาพของผงบดเมล็ดพริกไทยที่มีต่อแมลงทดสอบทั้งสองชนิด สอดคล้องกับ Ashouri and Shayesteh (2010) ทดสอบประสิทธิภาพของผงพริกไทยดำความเข้มข้น 0.5, 0.85, 1.5, 3.0 และ 5.0% ต่อการควบคุมด้วงงวงข้าวสาลี และมอดข้าวเปลือก โดยวิธีคลุกกับเมล็ดข้าวสาลีหนัก 20 กรัม ผลการทดสอบพบว่า ผงบดเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 0.5% ทำให้ด้วงงวงข้าวสาลีตาย 90% ภายในระยะเวลา 5 วัน และทำให้มอดข้าวเปลือกตาย 90% ในเวลา 14 วัน รวมทั้งยับยั้งการเกิดลูกรุ่นใหม่ของด้วงงวงข้าวสาลี 10.00% และมอดข้าวเปลือก 80.8% นอกจากนี้ยังมีรายงานฤทธิ์ชีวภาพของผงบดเมล็ดพริกไทยดำกับแมลงศัตรูสำคัญหลังการเก็บเกี่ยวชนิดอื่นๆ เช่น ยืนยง และคณะ (2558) ทดสอบผลของผงบดเมล็ดพริกไทยดำอัตราความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1, 2 และ 4% ต่อการควบคุมตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว โดยพบว่า ผงเมล็ดพริกไทยดำทุกความเข้มข้นมีความเป็นพิษสูงมาก ทำให้ด้วงถั่วเขียวตาย 95.00-100.00% ในเวลา 4 วันหลังการทดสอบ ผงเมล็ดพริกไทยดำยังมีฤทธิ์ยับยั้งการวางไข่ และยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่อีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าผงบดเมล็ดพริกไทยดำทุกความเข้มข้น ไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียว และสามารถป้องกันความเสียหายของเมล็ดถั่วเขียวจากการถูกทำลายโดยด้วงถั่วเขียวได้นาน 3 เดือน Mahdi and Rahman (2008) พบว่า ผงบดเมล็ดพริกไทยดำอัตรา 25 และ 30 กรัม เมื่อนำมาคลุกกับเมล็ดถั่วเขียวผิวดำหนัก 1 กิโลกรัม มีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของด้วงถั่วเขียว โดยมีสารสารพิเพอรีนเป็นสารออกฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหาร และออกฤทธิ์ฆ่าแมลง Govindan *et al*. (2009) รายงานว่า ผงบดเมล็ดพริกไทยดำความเข้มข้น 2% เมื่อนำไปคลุกกับเมล็ดถั่ว สามารถฆ่าตัว

เต็มวัยของด้วงถั่วเขียวตายทั้ง 100% ภายในเวลาเพียง 12 ชั่วโมง รวมทั้งมีฤทธิ์ยับยั้งการวางไข่ และยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่ 100% Islam *et al*. (2013) รายงานว่า ผงบดเมล็ดพริกไทยดำอัตรา 1 กรัม/เมล็ดถั่วเขียว 1 กิโลกรัม มีฤทธิ์ฆ่าด้วงถั่วเขียวตาย 83.0% ในเวลา 7 วัน รวมทั้งมีฤทธิ์ยับยั้งการวางไข่ และยับยั้งการฟักเป็นตัวเต็มวัยของลูกรุ่นใหม่อีกด้วย สาเหตุที่น้ำหอมระเหยและผงบดจากพืชทดสอบทั้งสามชนิด มีประสิทธิภาพต่อด้วงงวงข้าวสูงกว่ามอดข้าวเปลือก อาจเนื่องมาจากสรีวิทยาและพฤติกรรมของแมลงที่แตกต่างกัน ด้วงงวงข้าวเป็นแมลงที่มีพฤติกรรมเคลื่อนที่อย่างว่องไวเมื่อเทียบกับมอดข้าวเปลือกที่ชอบอยู่นิ่งกับที่ ดังนั้นด้วงงวงข้าวจึงมีโอกาสได้รับสารได้ง่ายและเร็วกว่ามอดข้าวเปลือก เห็นได้อย่างชัดเจนกับการทดสอบพิษทางการรม ซึ่งต้องใช้สารในปริมาณที่มากกว่าและใช้เวลาทดสอบนานกว่า จึงจะทำให้มอดข้าวเปลือกตายในปริมาณที่ใกล้เคียงกับด้วงงวงข้าว

จากผลการทดสอบยังพบว่า น้ำมันหอมระเหยและผงบดผลดีปลี มีฤทธิ์ชีวภาพสูงต่อการควบคุมด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก ซึ่งยังไม่เคยมีรายงานวิจัยฤทธิ์ชีวภาพของผลดีปลีต่อแมลงศัตรูทั้งสองชนิดมาก่อน อย่างไรก็ตามมีรายงานฤทธิ์ชีวภาพของผลดีปลีกับแมลงศัตรูชนิดอื่น โดย Tripathi *et al*. (1999) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากผลดีปลี มีฤทธิ์ไล่มอดแป้งสูงในระดับ 52, 76 และ 90% ที่อัตราความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2% นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยพบว่า สารสกัดด้วยน้ำจากผลดีปลีมีฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำวัย 4 ของยุงลาย และยุงรำคาญ โดยมีค่า LC_{50} ต่อแมลงทั้งสองชนิดเท่ากับ 79 และ 135 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (Chansang *et al*., 2005) Kraikrathok *et al*. (2013) สรุปไว้ว่า สารสกัดผลดีปลีมีพิษต่อระยะหนอนใยผักวัย 3 โดยมีค่า LD_{50} เท่ากับ 237 พีพีเอ็ม Saenmanot *et al*. (2018) รายงานค่า LD_{50} ของสารสกัดอะซิโตนจากผลดีปลีที่มีต่อตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงสาบเยอรมันเท่ากับ 39 และ 53 ไมโครกรัม/ตัว ตามลำดับ โดยมีสารพิเพอรีนเป็นสารออกฤทธิ์หลักในฆ่าแมลง

สาเหตุที่น้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี มีฤทธิ์ชีวภาพต่อด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก อาจเนื่องมาจากสารประกอบทุติยภูมิที่เป็นองค์ประกอบของพืชทั้งสามชนิด โดย monoterpenes เป็นกลุ่มของสารประกอบทุติยภูมิสำคัญในน้ำมันหอมระเหยของพืช มีพิษทางสัมผัส พิษทางการรม ฤทธิ์ไล่ ฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหาร และฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง ตัวอย่างของสารในกลุ่ม monoterpenes ได้แก่ camphene, (+)-camphor, (–)-carvone, 1-8-cineole, cuminaldehyde, (L)-fenchone, geraniol, limonene, linalool, menthol และ myrcene เป็นต้น (Watanabe *et al*., 1993; Lee *et al*., 2004) Lee *et al*. (2003) รายงานว่า limonene มีพิษทางการรมต่อด้วงงวงข้าว ในขณะที่ linalool มีพิษทางการรมต่อด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก (Rozman *et al*., 2007) นอกจากนี้มีรายงานวิจัยพบว่า 2(10)-pinene ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม monoterpenes เช่นกัน มีพิษทางการรมและพิษทางสัมผัสต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง (Suthisut *et al*., 2011) Chaubey (2012) รายงานพิษทางการรมของ β-caryophyllene ที่มีต่อตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของมอดแป้งเท่ากับ 1.624 และ 1.949 ไมโครลิตร/ลูกบากศ์เซนติเมตรตามลำดับ β-caryophyllene ยังมีฤทธิ์ไล่ตัวเต็มวัยของมอดแป้งอีกด้วย Martínez *et al*. (2017) สรุปไว้ว่า α-phellandrene และ α-humulene มีพิษทางสัมผัสต่อหนอนนก (*Tenebrio molitor*) Gangwar and Tiwari (2017) รายงานว่า 2(10)-pinene,

limonene, α-phellandrene และ linalool ที่แยกได้จากน้ำมันหอมระเหยจากใบขมิ้นชัน มีพิษทางการรมสูงต่อมอดข้าวเปลือก โดยสารทุกชนิดมีค่า LC_{50} เท่ากับ 100% ที่เวลา 18 ชั่วโมง ซึ่งสาร 2(10)-pinene และ limonene พบในองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู และเมล็ดพริกไทยดำ ส่วน β-caryophyllene พบในน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี ในขณะที่ α-phellandrene พบในน้ำหอมระเหยเมล็ดพริกไทยดำ ส่วน linalool พบในน้ำหอมระเหยใบชะพลู ดังนั้นความเป็นพิษทางสัมผัสและพิษทางการรม ฤทธิ์ไล่ รวมทั้งฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี ที่มีต่อด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก อาจเนื่องจากสารที่เป็นองค์ประกอบหลักดังกล่าว Qin *et al*. (2010) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูมีกลไกออกฤทธิ์ต่อแมลงดำหนามมะพร้าว โดยไปยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ acetylcholinesterase ในระบบประสาทของแมลง Chaubey (2017) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยดำมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ acetylcholinesterase ในระบบประสาทของด้วงงวงข้าวโพดทำให้แมลงตายในที่สุด นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า limonene, linalool, menthol และ 2(10)-pinene มีผลยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ acetylcholinesterase เช่นกัน ดังนั้นสาเหตุการตายของด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก อาจเนื่องมาจากกลไกการออกฤทธิ์ดังกล่าว น้ำมันหอมระเหยจากพืชทดสอบทั้งสามชนิดออกฤทธิ์ควบคุมแมลงทดสอบอย่างรวดเร็ว เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยมีคุณสมบัติละลายในไขมัน (lipophilic) จึงสามารถซึมผ่านเข้าสู่ผนังลำตัวแมลงซึ่งมีไขมันเป็นองค์ประกอบได้อย่างรวดเร็ว ประกอบกับน้ำมันหอมระเหยเป็นสารที่ระเหยเร็วจึงเข้าสู่ร่างกายแมลงโดยผ่านระบบหายใจได้ง่าย แล้วไปมีผลต่อจุดออกฤทธิ์.oijk’dkc,]’

สาเหตุที่ผงบดจากใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี มีฤทธิ์ชีวภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก อาจเนื่องมาจากสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบ มีรายงานวิจัยพบว่า พิเพอรีนเป็นสารออกฤทธิ์หลักในการควบคุมแมลง ซึ่งพบในใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ (Samuel *et al*., 2016) และผลดีปลี (Saenmanot *et al*., 2018) ซึ่งพิเพอรีนเป็นสารในกลุ่มแอลคาลอยด์ เหตุผลอีกประการหนึ่งที่ทำให้แมลงทดสอบตายเนื่องจากผงบดจากพืชทดสอบซึ่งมีขนาดเล็กไปอุดตันรูหายใจ ทำให้แมลงไม่สามารถรับก๊าซออกซิเจนจากบรรยายกาศภายนอก ส่งผลให้ร่างกายขาดก๊าซออกซิเจนที่จะนำมาใช้ในกระบวนการหายใจเพื่อสร้างพลังงาน แมลงจึงตายในที่สุด นอกจากนี้ผงบดจากพืชทดสอบอาจไปขัดข่วนผนังลำตัวของแมลง ทำให้ร่างกายแมลงสูญเสียน้ำ จึงเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้แมลงตาย

สรุป

การทดสอบฤทธิ์ชีวภาพของน้ำมันหอมระเหย และผงบดจากใบชะพลู เมล็ดพริกไทยดำ และผลดีปลี ที่มีต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก สรุปได้ว่าพืชทั้ง 3 ชนิดมีฤทธิ์ชีวภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าว และมอดข้าวเปลือก ซึ่งในรูปแบบน้ำมันหอมระเหย ใบชะพลูมีฤทธิ์ชีวภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าว และมอดข้าวเปลือกดีที่สุด ส่วนในรูปแบบผงบด ดีปลีมีฤทธิ์ชีภาพสูงสุดในการควบคุมด้วงงวงข้าว และมอดข้าวเปลือก โดยด้วงงวงข้าวสามารถควบคุมได้ง่ายกว่ามอดข้าวเปลือก ดังนั้นดีปลีในรูปแบบผงบด จึงเหมาะที่เกษตรกรจะนำไปใช้เป็นทางเลือก ในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าว เพราะสามารถเตรียมเองได้ง่าย ส่วนน้ำมันหอมระเหยใบชะพลูก็สามารถสกัดได้ง่ายเช่นกัน สำหรับเกษตรกรในยุคโลกาภิวัฒน์ การใช้พืชสุนไพรท้องถิ่นเหล่านี้เป็นทางเลือกสำหรับควบคุมด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก ซึ่งเป็นแมลงศัตรูสำคัญหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวเล็บนก จะเป็นประโยชน์อย่างมากทั้งต่อเกษตรกร ผู้บริโภค รวมไปถึงสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามควรศึกษาชนิดของสารออกฤทธิ์ฆ่าแมลง ไล่แมลง สารยับยั้งการฟักเป็นตัวของลูกรุ่นใหม่ ที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย รวมไปถึงผลกระทบของน้ำมันหอมระเหยและผงบดจากพืชที่มีต่อเมล็ดพันธุ์และศัตรูธรรมชาติของด้วงงวงข้าวและมอดข้าวเปลือก นอกจากนี้ควรศึกษาถึงกลไกการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยและผงบดจากพืชทดสอบ เพื่อเป็นพื้นฐานในการบริหารจัดการศัตรูพืชอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. 2543. แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด. กองกีฏและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. 2548. แมลงศัตรูข้าวเปลือกและการป้องกันกำจัด. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กองการแพทย์ทางเลือก. 2550. ตำราวิชาการสุคธบำบัด. สำนักกิจการโรงพิมพ์องค์การสังเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.

กันยารัตน์ มาแย้ม, อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์. 2556. ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 10 ชนิด ในการใช้เป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพด. ว. วิทย์. กษ. 44 (ฉบับพิเศษ 2): 25-28.

โครงการอนุรักษ์ทรัพยากรพันธุ์พืช. 2542. ผักพื้นบ้านและสมุนไพร. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี.

นที ชาวนา และ สุภาณี พิมพ์สมาน. 2546. พิษสัมผัสตายของน้ำมันระเหยง่ายจากผักพื้นบ้านต่อด้วงถั่วเขียว, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). ว.วิทย์.กษ. 34 (พิเศษ): 180-182.

พรทิพย์ วิสารทานนท์, พรรณเพ็ญ ชโยภาส, ใจทิพย์ อุไรชื่น, รังสิมา เก่งพานิช, กรรณิการ์ เพ็งคุม, จิราภรณ์ ทองพันธ์, ดวงสมร สุทธิสุทธิ์, ลักขณา ร่มเย็น, ภาวินี หนูชนะภัย และ อัจฉรา เพชรโชติ. 2551. แมลงที่พบในผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพฯ.

พัชรินทร์ บุญหล้า, เมธิน ผดุงกิจ, อุดมศักดิ์ มหาวีรวัฒน์ และ ธิดารัตน์ สมตี. 2557. ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ต้านการก่อกลายพันธุ์ของสารสกัดใบชะพลู. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน. 10 (ฉบับพิเศษ 3): 283-294.

มัตตนา กล้าคง, ยืนยง วาณิชย์ปกรณ์ และ พัชราภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์. 2561. องค์ประกอบทางเคมีและความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลูที่มีต่อด้วงงวงข้าว. แก่นเกษตร 46 (ฉบับพิเศษ 1): 189-194.

ยืนยง วาณิชย์ปกรณ์, อัชรอวี บิลหมัน, อนิรุฒม์ โอชุม และ พัชราภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์. 2558. ฤทธิ์ชีวภาพของผงเมล็ดพริกไทยดำต่อการควบคุมด้วงถั่วเขียว. แก่นเกษตร 43. (ฉบับพิเศษ 1): 138-142.

รุ่งฤดี ศรีสวัสดิ์. 2555. ผลของสารสกัดจากพืชสมุนไพรบางชนิดในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารีที่มีต่อการทำงานของเอนไซม์ไลเปส เอนไซม์อะไมเลสและเอนไซม์กลูโคซิเดส. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

วรัญญา วรรณคุณ. 2550. การป้องกันแมลงศัตรูข้าวอินทรีย์โดยใช้พืชพื้นบ้าน: กรณีศึกษาการใช้พืชบดผงในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ

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

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

สุรีรัตน์ ทองคำ และ อัญชลี สวาสดิ์ธรรม. 2557. ผลของน้ำมันหอมระเหยและสมุนไพรบดผงบางชนิดในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด; *Sitophilus zeamais* Motschulsky ในข้าวอินทรีย์พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105. ว.กีฏและสัตววิทยา. 32: 49-58.

อภิชาติ ศรีสะอาด. 2551. สมุนไพรไล่แมลงและกำจัดศัตรูพืชและพรรณไม้พิษ. บริษัทนาคาอินเตอร์มีเดีย จำกัด, กรุงเทพฯ.

อมลยา สุจิวรพันธ์พงค์. 2554. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากข่าเล็กในการป้องกันยุงลายบ้านและยุงรำคาญ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยศรีนรินทรวิโรฒ, นครนายก.

อรทัย วรสุทธิ์พิศาล และ ศิริพรรณ ตันตาคม. 2551. ประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าหนอนใยผักของน้ำมันหอมระเหยจากใบชะพลู. ว.วิทย์.กษ. 39: 309-312.

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

อรุณรัตน์ ฉวีราช. 2548. พืชสกุลพริกไทยในประเทศไทย. ขอนแก่นการพิมพ์, ขอนแก่น.

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ Entomol. 18: 265–267.

Ahmad, N., Fazal, H., Abbasi, B.H., Farooq, S., Ali, M. and Khan, M.A. 2012. Biological role of *Piper nigrum* L. (Black pepper): A review. Asian Pac. J. Trop. Biomed. S1945-S1953.

Ahmad, I., Hasan, M., Arshad, M.R., Khan, M.F., Rehman, H., Zahid, S.M.A. and Arshad, M. 2016. Efficacy of different medicinal plant extracts against *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) (Bostrichidae: Coleoptera). J. Entomol. Zool. Stud. 4: 87-91.

Ashouri, S. and Shayesteh, N., 2010. Insecticidal activities of two powdered spices, black pepper and red pepper on adults of *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Sitophilus granarius* (L.). Mun. Ent. Zool. 5: 600-607.

Backer, C.A. and Bakhuizen Van Den Brink, R.C. 1963. Flora of Java, Vol.1, Gronigen, N.V.P. Noordhoff. 167-173 pp.

Chansang, U., Zahiri, N.S., Bansiddhi, J., Boonruad, T., Thongsrirak, P., Mingmuang, J., Benjapong, N. and Mulla, M.S. 2005. Mosquito larvicidal activity of aqueous extracts of long pepper (*Piper retrofractum* Vahl) from Thailand. J. Vector Ecol. 30: 195-200.

Chaubey, M.K. 2011. Fumigant toxicity of essential oils against rice weevil *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). J. Biol. Sci. 2011: 1-6.

Chaubey, M.K. 2012. Acute, lethal and synergistic effects of some terpenes against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). Ecologia Balkanica. 4: 53-62.

Chaubey, M.K. 2017. Evaluation of Insecticidal Properties of *Cuminum cyminum* and *Piper nigrum* Essential Oils against *Sitophilus zeamais*. J. Entomol. 14: 148-154.

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* (Dptera: Culicidae) of three *Piper* spp. Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo. 48: 33-37.

Franz, A.R., Knaak, N. and Fiuza, L.M. 2011. Toxic effects of essential plant oils in adult *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) (Coleoptera, Curculionidae). Revista Brasileira de Entomologia 55: 116–120.

Forouzan, M., Rezaei, M., Eivazi, A. and Hassanzadeh, M. 2013. Fumigant toxicity of essential oils from *Citrus reticulata* Blanco fruit peels against *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrichidae). Sci. Agri. 1: 67-69.

Gangwar, P. and Tiwari, S.N. 2017. Insecticidal Activity of *Curcuma longa* Essential Oil and its Fractions against *Sitophilus oryzae* L. and *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera). Int. J. Pure App. Biosci. 5: 912-921.

Gandhi N. and Pillai S. 2011. Control of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) by pulverized leaves of *Punica granatum* (Lythraceae) and *Murraya koenigii* (Rutaceae). Int. J. Agric. Biol. 13: 535-540.

Gorgani, L., Mohammadi, M., Najafpour, G.D. and Nikzad, M. 2017. Piperine-The bioactive compound of black pepper: from isolation to medicinal formulations. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 16: 124-140.

Govindan, K., Nelson, S.J. and David, P.M.M. 2009. Studies on the insecticidal activity of some plant powders against pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Plant Protection and Environment. 6: 20-25.

Hieu, L.D., Thang, T.D., Hoi, T.M. and Ogunwande, I.A. 2014. Chemical composition of essential oils from four Vietnamese species of *Piper* (Piperaceae). J. Oleo Sci. 63: 211-217.

Ileke, K.D. and Bulus, D.S. 2012. Response of lesser grain borer, *Rhyzopertha domin*ica (Fabr.) [Coleoptera: Bostrichidae] to powders and extracts of *Azadirachta indica* and *Piper guineense* seeds. Jordan J Biol Sci. 5: 315-320.

Islam, M.S., Haque, M.A.., Ahmed, K.S., Mondal, M.F. and Dash, C.K. 2013. Evaluation of some spices powder as gain protectant against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (L.). Universal Journal of Plant Science. 1: 32-136.

Khani, M., Muhamad Awang, R. and Omar, D. 2012. Insecticidal effects of peppermint and black pepper essential oils against rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. and rice moth, *Corcyra cephalonica* (St.). Journal of Medicinal Plants. 11: 97-110.

Koehler, P.G. 2008. Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.

Kraikrathok, C., Ngamsaeng S., Bullangpoti, V., Pluempanupat, W. and Koul, O. 2013. Bio efficacy of some piperaceae plant extracts against *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). Commun Agric Appl Biol Sci. 78: 305-309.

Kumar, R., Kumar, A., Prasal, C.S., Dubey, N.S. and Samant, R. 2008. Insecticidal activity *Aegle marmelos* (L.) correa essential oil against four stored grain insect pests. Internet Journal of Food Safety. 10: 39-49.

Kumawat, K.C. and Naga, B.L. 2013. Effect of plant oils on the infestation of *Rhyzopertha dominica* (Fab.) in wheat, *Triticum aestivum* Linn. J Plant Prot Res. 53: 301-304.

Lee, B.H., Annis, P.C., Tumaaliia, F. and Choic W.S. 2004. Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8-cineole against 3 major stored-grain insects. J. Stored. Prod. Res. 40:553–564.

Lee, S., Peterson, C.J. and Coats, J.R. 2003. Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects. J. Stored Prod. Res. 39: 77-85.

Lorini, I. and Galley, D.J. 1998. Relative effectiveness of topical, filter paper and grain application of deltamethrin, and associated behavior of *Rhyzopertha dominica* (F.) strains. J. Stored Prod. Res. 39: 377-383.

Mahdi, S. and Rahman, M. 2008. Insecticidal effect of some spices on *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) in black gram seeds. University Journal of Zoology, Rajshahi University. 27: 47-50.

Martínez, L.C., Plata-Rueda, A., Colares, H.C., Campos, J.M., Dos Santos, M.H., Fernandes, F.L., Serrão, J.E. and Zanuncio, J.C. 2017. Toxic effects of two essential oils and their constituents on the mealworm beetle, *Tenebrio molitor*. Bull Entomol Res. DOI: 10.1017/S0007485317001262

McDonald, L.L., Gay, R.H. and Speirs, R.D., 1970. Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants repellents and attractants against stored-product insects. Marketing Res. Report No. 822. Agric. Res. Service. U.S. Dept. Agric. Washington.

Mishra, B.B., Tripathi, S.P. and Tripathi, C.P.M. 2013. Bioactivity of two plant derived essential oils against the rice weevils *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). B Biol. Sci. 83: 171–175.

Morshed, S., Hossain, M.D., Ahmad, M. and Junayed, M. 2017. Physicochemical characteristics of essential oil of black pepper (*Piper nigrum*) cultivated in Chittagong, Bangladesh. J. Food Qual. Hazards Control. 4: 66-69.

Naseem, M.T and Khan, R.R. 2011. Comparison of repellency of essential oils against red flour beetle *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Stored Prod. Postharvest Res. 2: 131 – 134.

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). J. Stored Prod. Res. 30: 297-301.

Ogendo, J.O., Kostyukovsky, M., Ravid, U., Matasyoh, J.C., Deng, A.L., Omolo, E.O., Kariuki, S.T. and Shaaya, E. 2008. Bioactivity of *Ocimum gratissimum* L. oil and two of its constituents against five insect pests attacking stored food products. J. Stored. Prod. Res. 44: 328–334.

Parthasarathy, V.A., Chempakam, B and Zachariah, T.J. 2008. Chemistry of Spices. London: CABI.

Prasad, M.P., Sushant, S. and Babhulkar, A. 2012. Phytochemical analysis and antioxidant potential of *Piper* species and its molecular characterization by RAPD markers. Int. J. Fundamental Applied Sci. 1: 71-73.

Pruthi, J. 1999. Quality Assurance in Spices and Spice Products, Modern Methods of Analysis. New Delhi, India: Allied Publishers Ltd.

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). Pestic Biochem Phys. 96: 130-139.

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*. J. South China Agric. Univ. 25: 39-42.

Rahimmalek, M., Tabatabaei, B., Etemadi, N., Goli, S., Arzani, A. and Zeinali, H. 2009. Essential oil variation among and within six Achillea species transferred from different ecological regions in Iran to the field conditions. Ind. Crop. Prod. 29: 348–355.

Rmili, R., Ramdani, M., Ghazi, Z., Saidi, N. and Mahi. B.El. 2014. Composition comparison of essential oils extracted by hydrodistillation and microwave-assisted hydrodistillation from *Piper nigrum* L. Journal of Materials and Environmental Science. 5: 1560-1567.

Rozman, V., Kalinovic, I. and Korunic, Z. 2007. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. J. Stored Prod. Res. 43: 349-355.

Roy, B., Amin, R. and Uddin, M.N. 2005. Leaf extracts of Shiyalmutra (*Blumea lacera*) as botanical insecticides against lesser grain borrer and rice weevil. Journal of Biological Science. 5: 201-204.

Saenmanot, S., Insung, A., Pumnuan, J., Tawatsin, A., Thavara, U., Phumee, A., Gay, F., Tachaboonyakiat, W. and Siriyasatien, P. 2018. Insecticidal activity of Thai botanical extracts against German cockroach, *Blatella germanica* (L.) (Orthoptera: Blatellidae). Southeast Asian J Trop Med Public Health. 49: 46-59.

Samuel, M., Oliver, S.V., Coetzee, M. and Brooke, B.D. 2016. The larvicidal effects of black pepper (*Piper nigrum* L.) and piperine against insecticide resistant and susceptible strains of Anopheles malaria vector mosquitoes. Parasites & Vectors. 9: 2-9.

Sighamony, S., Anees, I., Chandrakala, T. and Osmani, Z. 1986. Efficacy of certain indigenous plant products as grain protectants against *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.). J. Stored Prod. Res. 22: 21–23.

Suthisut, D., Field, P.G. and Chandrapatya, A. 2011. Fumigant toxicity of essential oils from three Thai plants (Zingiberaceae) and their major compounds against *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* and two parasitoids. J. Stored Prod. Res. 47: 222-230.

Tapondjou, LA., Alder, A., Bonda, H. and Fontem, D.A. 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. J. Stored. Prod. Res. 38: 395–402.

Tripathi, A.K., Prajapati, V., Gupta, R. and Kumar, S. 1999. Herbal material for the insect pest management in stored grain under tropical conditions. J. of Medical and Aromatic Plant Sciences. 21: 408-420.

Tripathi, A.K., Prajapati, V., Verma, N., Bahl, J.R., Bansal, R.P., Khanuja, S.P.S. and Kumar, S. 2002. Bioactivities of the leaf essential oil of *Curcuma longa* (Var. Ch-66) on three species of stored-product beetles (Coleoptera). J. Econ. Entomol. 95: 183-189.

Usha Rani, P. 2012. Fumigant and contact toxic potential of essential oils from plant extracts against stored product pests. J. Biopest. 5: 120-128.

Upadhyay, R.K. and Jaiswal, G. 2007. Evaluation of biological activities of *Piper nigrum* oil against *Tribolium castaneum*. Bull. Insectology. 60: 57-61.

Vanichpakorn. P., Klakong, M., Chaipet, C. and Vanichpakorn, Y. 2017. Evaluation of Piper sarmentosum leaf powders as seed protectant against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) in stored rice. Walailak J Sci. 14: 597-606.

Varma, J. and Dubey, N.K. 2001. Efficacy of essential oils of *Caesulia axillaris* and *Mentha arvensis* against some storage pests causing biodeterioration of food commodities. Int. J. Food Microbiol. 68: 207-210.

Watanabe, K., Shono, Y., Kakimizu, A., Okada, A., Matsoa, N., Satoh, A., and Nishimura, H. 1993. New mosquito repellent from *Eucalyptus camaldulensis*. J. Agric. Food Chem. 41: 2164– 2166.