ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

EFFECTIVENESS OF PLANT EXTRACTS AGAINST STORED PRODUCT INSECT PESTS BY SEED COATING METHOD

กฤติมา สระโพธิ์ทอง
KRITIMA SARAPOTHONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา เกษตรศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2563
KMITL-2020-AG-M-065-313

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

EFFECTIVENESS OF PLANT EXTRACTS AGAINST STORED PRODUCT INSECT PESTS BY SEED COATING METHOD

กฤติมา สระโพธิ์ทอง

KRITIMA SARAPOTHONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-AG-M-065-313

EFFECTIVENESS OF PLANT EXTRACTS AGAINST STORED PRODUCT INSECT PESTS BY SEED COATING METHOD

KRITIMA SARAPOTHONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2020

KMITL-2020-AG-M-065-313

COPYRIGHT 2020

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บโดยวิธีการเคลือบเมล็ด
นักศึกษา	นางสาว กฤติมา สระโพธิ์ทอง
รหัสนักศึกษา	60604019
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2562
อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.อำมร อินทร์สังข์ และ ผศ.ดร.พจนา สีขาว

บทคัดย่อ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum*) กานพลู (*Syzygium aromaticum*) เทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare*) และตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus*) ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ 3 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ในรูปแบบสารฆ่า ด้วยวิธีการสัมผัส ในเบื้องต้นทดสอบที่ความเข้มข้น 157.2 µg/cm^2 ตรวจนับอัตราการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลูที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพสูงในการเป็นสารฆ่าแมลงโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด โดยพบว่ามีอัตราการตายของแมลงระหว่าง 30-100% จากนั้นนำสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่สกัดด้วย hexane มาทำการทดสอบหาระดับความเป็นพิษ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ตรวจนับอัตราการตายที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพดสูงที่สุด โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 131.5, 117.3 และ 112.8 µg/cm^2 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพสูงสุดในการฆ่าด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลืองได้ 100% ที่ความเข้มข้น 31.4 และ 27.5 µg/cm^2 ภายในเวลา 48 ชั่วโมง ส่วนการทดสอบในรูปแบบของสารไล่ ด้วยวิธีการสัมผัส พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบและกานพลูที่สกัดด้วย hexane สารมารถขับไล่แมลงในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิดได้ดี โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (%RI) มากกว่า 80% ที่เวลา 6 ชั่วโมง

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ในรูปแบบสารฆ่า ด้วยวิธีการเคลือบเมล็ด พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลืองได้ดีที่สุด ที่ความเข้มข้น 5% พบเปอร์เซ็นต์การตายระดับปานกลางและ

สูงมากคือ 52.7 และ 100% ตามลำดับ รองลงมาคือที่ความเข้มข้น 3% มีเปอร์เซ็นต์การตายคือ 43 และ 37.8% ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียวได้ดีที่สุด ที่ความเข้มข้น 5% มีเปอร์เซ็นต์การตายสูงถึง 100% รองลงมาที่ความเข้มข้น 3% มีเปอร์เซ็นต์การตายสูงถึง 99% ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารฆ่าแมลงฟิโพรนิลสามารถฆ่าแมลงทั้ง 3 ชนิดได้มากกว่า 90% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน ส่วนการทดสอบในรูปแบบของสารยับยั้งการออกลูกหลาน ด้วยวิธีการเคลือบเมล็ด พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบและกานพลูที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 1% มีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการออกลูกหลานของแมลงในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ได้มากกว่า 80% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน

การทดสอบตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด และเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารสกัดจากพืชสมุนไพร พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่เคลือบสารสกัดจากกานพลู ที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 1% ภายใต้อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 และ 25 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลา 6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอก 73.5 และ 70.5% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่ไม่ผ่านเคลือบ มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงถึง 95.0 และ 97.5% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างเมล็ดที่ผ่านการเคลือบและไม่ผ่านการเคลือบสาร สำหรับการทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบที่ความเข้มข้น 1% ภายใต้อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 และ 25 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลา 6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงถึง 99.0 และ 97.5% เมื่อเทียบกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ไม่ผ่านการเคลือบ มีเปอร์เซ็นต์การงอกถูงถึง 100.0% ทั้งที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Thesis	Effectiveness of Plant Extracts against Stored Product Insect Pests by Seed Coating Method
Student	Miss Kritima Sarapothong
Student ID	60604019
Degree	Master of Science
Program	Agricultural Science
Year	2019
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Ammorn Insung and Asst.Prof.Dr. Potjana Sikhao

ABSTRACT

Effectivenes of hexane, acetone and ethanol crude extracts from 4 plants including, star anise (*Illicium verum*), clove (*Syzygium aromaticum*), sweet fennel (*Foeniculum vulgare*) and lemon grass (*Cymbopogon citratus*) against stored product insect pests namely, corn weevil (*Sitophilus zeamais*) cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*) and southern cowpea weevil (*Callosobruchus chinensis*) was eveluated in laboratory by contact method. Innitial concentration of different extracts used was 157.2 μg/cm^2 and insect mortality was observed at 24 hours. The result showed that hexane extract from star anise and clove performed high toxicity against those 3 insect pests. Following test of hexane crude extracts from both star anise and clove to all insect pests were made in order to obtain the toxicity levels at 24, 48 and 72 hours. It was found that hexane extract from star anise had the highest efficiency in killing corn weevil that showed the LC_{50} values of 131.5, 117.3 and 112.8 μg/cm^2 at 24, 48 and 72 hours, respectively. While hexane extract from clove was extremely effective in killing cowpea weevil and southern cowpea weevil. Remarkably, it caused 100% insect mortality at the concentration of 31.4 and 27.5 μg/cm^2 within 48 hours. The result of repellent test revealed that hexane extracts of star anise and clove were able to repel those 3 insect pests with more than 80 %RI (Repellent Index) at 6 hours.

Toxicity test of hexane extracts from star anise and cloves to corn weevil, cowpea weevil and southern cowpea weevil was further investigated by the method of seed coating. It was found that hexane extract of star anise was moderately and extremely toxic to corn weevil and southern cowpea weevil when at 5% concentration

caused 52.7 and 100% mortality, respectively, followed by 3% concentration where the mortality percentage of 43 and 37.8% respectively was obtained. While hexane extract from clove was the most effective compound to kill cowpea weevil, therefor at 5% concentration presented the percentage of mortality as high as 100%, followed by 3% concentration which gave the percentage mortality up to 99%. As for the coated seeds with insecticides, it could kill all 3 insect pests with more than 90% throughout storage period of 6 months. The insecticidal test of those hexane plant extract in term of inhibition rate of progeny emerging was further investigated by seed coating method. It was found that hexane extracts from star anise and clove at 1% concentration could inhibit the emerging of those insect progenies up to 80% throughout 6 months.

Additionally, the influence of hexane extracts from star anise and clove on seed germination was also invitigated. The corn and mung bean seeds were coated with those herbal extracts and stored at different conditions. It was found that the corn seed coated with hexane extract from clove at 1% concentration and kept at temperature of 4 and 25 degrees Celsius throughout the storage period of 6 months had the germination percentage up to 73.5 and 70.5% respectively. When the corn seed uncoated with this extract showed the germination percentage up to 95.0 and 97.5%, respectively. However, there were statistically significant differences between treatments of coated and non-coated seed. Amazing result found in mung bean seed, when star anise extract at 1% concentration kept at 4 and 25 degrees Celsius throughout the storage period of 6 months had very high germination percentages of 99.0 and 97.5% respectively, whereas, non-coated seed presented the germination percentage up to 100.0%, at both storage conditions under the temperature of 4 and 25 degrees Celsius, with no statistical differences among them.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก รศ.ดร. อำมร อินทร์สังข์ และ ผศ.ดร.พจนา สีขาว ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา และการแก้ไขปัญหาที่เกิดระหว่างการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ ในที่นี้ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณโครงการวิจัย “เทคโนโลยีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยสารสกัดจากพืชเพื่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช” งบประมาณเงินรายได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบพระคุณดร.จรงค์ศักดิ์ พุมนวน นักวิทยาศาสตร์เชี่ยวชาญประจำห้องปฏิบัติการทางกีฏวิยา ที่คอยควบคุมดูแลกระบวนการทำวิจัยที่ถูกต้อง และคอยชี้แนะในทุกเรื่องของการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอบพระคุณภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้อนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีต่าง ๆ ในการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดีมาตลอด

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้เลี้ยงดูอบรมสั่งสอน ให้คำแนะนำและการสนับสนุนทุกอย่าง และคอยให้กำลังใจในการเรียนและทำวิจัยเสมอมา

ขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ประจำสาขากีฏวิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษา ในการทำวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์ และคอยให้กำลังใจกันเสมอมา ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านไว้ ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้คุณประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับบนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน

กฤติมา สระโพธิ์ทอง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III
กิตติกรรมประกาศ V
สารบัญ VI
สารบัญตาราง VIII
สารบัญภาพ X
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มา 1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 4
1.3 ขอบเขตการศึกษา 4
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ชนิดของแมลงศัตรูพืช 6
2.2 การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ 11
2.3 การสกัดสารจากพืชสมุนไพร 12
2.4 พืชสมุนไพรที่ใช้ในการทดสอบกับแมลงศัตรูพืช 16
2.5 การเคลือบเมล็ดพันธุ์ 21
2.6 การใช้พืชสมุนไพรในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช 25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 28
3.1 อุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย 28
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย 32
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล 45
บทที่ 4 ผลการวิจัย 46
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บ ขั้นต้น ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการสัมผัส 46
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด 57
4.3 การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด และเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ผ่านการเคลือบ ด้วยสารสกัดจากพืชสมุนไพร 68

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง 76
5.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ ขั้นต้น ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการสัมผัส 76
5.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด 78
5.3 การทดสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากพืชสมุนไพร ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอก 79
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 81
6.1 สรุปผลการวิจัย 81
6.2 ข้อเสนอแนะ 82
บรรณานุกรม 83
ภาคผนวก 95
ประวัติผู้เขียน 107

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลของตัวทำละลายบางชนิดที่แบ่งออกตามการมีขั้ว 13
ตารางที่ 3.1 สารสกัดจากพืชสมุนไพรที่ใช้ในการทดสอบเพื่อควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ 33
ตารางที่ 3.2 กรรมวิธีต่าง ๆ ในการทดสอบของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว 39
ตารางที่ 4.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum*) ที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) โดยวิธีการสัมผัส 48
ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากกานพลู (*Syzygium aromaticum*) ที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) โดยวิธีการสัมผัส 48
ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่าง ๆ ต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) โดยวิธีการสัมผัส 51
ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่าง ๆ ต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) โดยวิธีการสัมผัส 55
ตารางที่ 4.5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในรูปสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchu maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchu chinensis*) ที่ระยะเวลาการทดสอบ 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยวิธีการเคลือบเมล็ด 65
ตารางที่ 4.6 การทดสอบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านและไม่ผ่านการเคลือบสารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดสอบเปอร์เซ็นต์ความชื้น เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส 70
ตารางที่ 4.7 การทดสอบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านและไม่ผ่านการเคลือบสารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอก เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส 71
ตารางที่ 4.8 การทดสอบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านและไม่ผ่านการเคลือบสารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดสอบดัชนีการงอก เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส 72
ตารางที่ 4.9 การทดสอบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบสารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดสอบเปอร์เซ็นต์ความชื้น ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส 73

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 4.10 การทดสอบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบสารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอก ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส 74

ตารางที่ 4.11 การทดสอบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบสารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดสอบเปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอก ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส 75

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 2.1 วงจรชีวิตด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* 7
ภาพที่ 2.2 วงจรชีวิตด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* 9
ภาพที่ 2.3 วงจรชีวิตด้วงถั่วเหลือง *Callosobruchus chinensis* 10
ภาพที่ 2.4 จันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum*) 17
ภาพที่ 2.5 กานพลู (*Syzygium aromaticum*) 18
ภาพที่ 2.6 เทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare*) 20
ภาพที่ 2.7 ตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus*) 21
ภาพที่ 3.1 แผนการดาเนินงานการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการสัมผัส และการเคลือบเมล็ด 32
ภาพที่ 3.2 ก: กรองสารด้วยผ้าขาวบาง ข: กรองสารด้วยกระดาษกรอง (Whatman® เบอร์ 1) ค: เครื่องลดปริมาตรอุณหภูมิต่า (rotary evaporator) รุ่น R 300 (บริษัท BUCHI) 34
ภาพที่ 3.3 กล่องเพาะเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*) 35
ภาพที่ 3.4 ขวดแก้วเพาะเลี้ยงด้วงถั่วเขียว (*C. maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*C. chinensis*) 35
ภาพที่ 3.5 การทดสอบการตายในรูปสารฆ่า โดยวิธีการสัมผัสของแมลง ทาการทดสอบแบบเดียวกันกับแมลงทั้ง 3 ชนิด ก: วางกระดาษกรองบนจานเพาะเชื้อ ข: aspirator ที่ใช้ดูดแมลง ค: ปล่อยแมลงลงตรงกลางจานเพาะเชื้อ 36
ภาพที่ 3.6 การทดสอบการไล่ โดยวิธีสัมผัสของแมลง ทาการทดสอบแบบเดียวกันกับแมลงทั้ง 3 ชนิด ก: แบ่งกระดาษกรองออกเป็น 2 ส่วน ข: ใช้ aspirator ดูดแมลงทั้ง 3 ชนิด แล้วปล่อยลงตรงกลางจานเพาะเชื้อ 37
ภาพที่ 3.7 ก: Methy Cellulose (MC) ข: Titanium dioxide ค: สีทางการค้า ง: สารฆ่าแมลงฟิโพรนิล จ: Polyethylene glycol 6000 (PEG6000) 38
ภาพที่ 3.8 เครื่องเคลือบระบบจานหมุน รุ่น RRC150 ยี่ห้อ Rhino Research Technologies (RRT) 40
ภาพที่ 3.9 การเคลือบเมล็ดโดยใช้เครื่องเคลือบระบบจานหมุน และการเก็บเมล็ด 41
ภาพที่ 3.10 การทดสอบในรูปสารฆ่า ก,ข: ชั่งเมล็ดใส่ขวดเตรียมทดสอบ ค: เขี่ยด้วงงวงข้าวโพดใส่ขวดทดสอบ ง: ใช้ aspirator ดูดด้วงถั่วเขียวหรือด้วงถั่วเหลือง จ: ปล่อยด้วงถั่วเขียวหรือด้วงถั่วเหลืองลงขวดทดสอบ 42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 3.11 ก: เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดในกระป๋องอลูมิเนียม ก่อนเข้าตู้อบลมร้อน ข: เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว (ที่ถูกทำให้แตก) ในกระป๋องอลูมิเนียม ก่อนเข้าตู้อบลมร้อน ค: ตู้อบลมร้อน ง: นำกระป๋องอลูมิเนียมที่บรรจุเมล็ดเข้าตู้อบ จ: นำกระป๋องอลูมิเนียมที่บรรจุเมล็ดเข้าโหลดูดความชื้น 43

ภาพที่ 3.12 ก: การวางเมล็ดข้าวโพดในกระดาษเพาะ ก่อนเข้าตู้เพาะเมล็ด ข: เมล็ดถั่วเขียว ในกระดาษเพาะก่อนเข้าตู้เพาะเมล็ด ค: การเพาะเมล็ดแบบ Between paper ง: การวางกล่องเพาะเมล็ดในตู้เพาะเมล็ด..... 44

ภาพที่ 4.1 การทดสอบคัดเลือกสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และ ตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ที่ความเข้มข้น 157.2 μg/cm^2 ตรวจนับการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง 47

ภาพที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (% Repellent Index) ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) หลังจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 3.1(ก), 9.4(ข) และ 15.7(ค) μg/cm^2 โดยวิธีการสัมผัส 49

ภาพที่ 4.3 การทดสอบคัดเลือกสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และ ตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) ที่ความเข้มข้น 157.2 μg/cm^2 ตรวจนับอัตราการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง..... 50

ภาพที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (% Repellent Index) ต่อตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) หลังจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ ความเข้มข้น 3.1(ก), 9.4(ข) และ 15.7(ค) μg/cm^2 โดยวิธีการสัมผัส... 52

ภาพที่ 4.5 การทดสอบคัดเลือกสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และ ตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ที่ความเข้มข้น 157.2 μg/cm^2 ตรวจนับอัตราการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง..... 53

ภาพที่ 4.6 การทดสอบคัดเลือกสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ กานพลู และ ตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ที่ความเข้มข้น 31.4 และ 62.9 μg/cm^2 ตรวจนับอัตราการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง..... 54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (% Repellent Index) ต่อตัวเต็มวัยด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) หลังจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 0.5(ก), 1.3(ข) และ 2.1(ค) μg/cm^2 ที่เวลา 24 ชั่วโมง โดยวิธีการสัมผัส 56

ภาพที่ 4.8 ก: การหาอัตราส่วนของ PEG6000 ที่ความเข้มข้น 1-5% ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, ข: การหาอัตราส่วนของ PEG6000 ที่ความเข้มข้น 1-5% ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว..... 57

ภาพที่ 4.9 ก: การหาอัตราส่วนของ Titanium dioxide ที่ความเข้มข้น 1-5% ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, ข: การหาอัตราส่วนของ Titanium dioxide ที่ความเข้มข้น 1-5% ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว..... 58

ภาพที่ 4.10 ก: การหาอัตราส่วนของสีทางการค้า ที่ความเข้มข้น 6-10% ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, ข: การหาอัตราส่วนของสีทางการค้า ที่ความเข้มข้น 6-10% ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว 58

ภาพที่ 4.11 ก:เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่เคลือบด้วยอัตราส่วนของ 1:1:3:8 ข:เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่เคลือบด้วยอัตราส่วนของ 1:1:2:5 59

ภาพที่ 4.12 จำนวนกรรมวิธีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ทดสอบต่อด้วงงวงข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส T1 = เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่ไม่เคลือบสารทดสอบ, T2 = ชุดควบคุม (สารเคลือบเพียงอย่างเดียว), T3 = สารฆ่าแมลง (ฟิโพรนิล 0.1%), T4 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%, T5 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%, T6 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%, T7 = สารเคลือบ+กานพลู 1%, T8 = สารเคลือบ+กานพลู 3%, T9 = สารเคลือบ+กานพลู 5% 61

ภาพที่ 4.13 จำนวนกรรมวิธีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ทดสอบต่อด้วงงวงข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส T1 = เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่ไม่เคลือบสารทดสอบ, T2 = ชุดควบคุม (สารเคลือบเพียงอย่างเดียว), T3 = สารฆ่าแมลง (ฟิโพรนิล 0.1%), T4 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%, T5 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%, T6 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%, T7 = สารเคลือบ+กานพลู 1%, T8 = สารเคลือบ+กานพลู 3%, T9 = สารเคลือบ+กานพลู 5% 62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 4.14 จำนวนกรรมวิธีของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ทดสอบต่อด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส T1 = เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ไม่เคลือบสารทดสอบ, T2 = ชุดควบคุม (สารเคลือบเพียงอย่างเดียว), T3 = สารฆ่าแมลง (ฟิโพรนิล 0.1%), T4 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%, T5 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%, T6 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%, T7 = สารเคลือบ+กานพลู 1%, T8 = สารเคลือบ+กานพลู 3%, T9 = สารเคลือบ+กานพลู 5% 63

ภาพที่ 4.15 จำนวนกรรมวิธีของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ทดสอบต่อด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส T1 = เมล็ดถั่วพันธุ์เขียวที่ไม่เคลือบสารทดสอบ, T2 = ชุดควบคุม (สารเคลือบเพียงอย่างเดียว), T3 = สารฆ่าแมลง (ฟิโพรนิล 0.1%), T4 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%, T5 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%, T6 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%, T7 = สารเคลือบ+กานพลู 1%, T8 = สารเคลือบ+กานพลู 3%, T9 = สารเคลือบ+กานพลู 5%..... 64

ภาพที่ 4.16 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกลูกหลานของด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) หลังจากการทดสอบด้วยสารสกัดผสมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ที่ระยะเวลาการทดสอบ 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยวิธีการเคลือบเมล็ด..... 66

ภาพที่ 4.17 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกลูกหลานของด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) หลังจากการทดสอบด้วยสารสกัดผสมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ระยะเวลาการทดสอบ 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยวิธีการเคลือบเมล็ด..... 67

ภาพที่ 4.18 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกลูกหลานของด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) หลังจากการทดสอบด้วยสารสกัดผสมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ระยะเวลาการทดสอบ 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยวิธีการเคลือบเมล็ด..... 67

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ธัญพืชที่สำคัญที่สุดของประเทศไทยได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ถั่วเขียว และถั่วเหลือง เป็นต้น ผลผลิตทางการเกษตรเหล่านี้เป็นอาหารหลักของประชากรทั่วโลก และมีแหล่งปลูกทั่วประเทศ การเกษตรกรรมพืชเหล่านี้จึงความสำคัญอย่างมาก รวมทั้งมีการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช ทำให้ผลผลิตลดลง ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์จึงเป็นสิ่งสำคัญในปัจจุบันมักจะได้รับความเสียหายระหว่างการเก็บรักษา โดยแมลงเป็นศัตรูที่สำคัญและสร้างความเสียหายให้ผลผลิตมากที่สุดของเมล็ดธัญพืชทั้งที่ใช้ทำพันธุ์และเพื่อการบริโภค (กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร, 2543) เนื่องจากแมลงศัตรูในโรงเก็บมักมีขนาดเล็กยากต่อการสังเกต ขยายพันธุ์เร็ว วงจรชีวิตสั้น (Rees, 2004) แมลงศัตรูในโรงเก็บจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้คุณภาพและปริมาณของผลผลิตลดลง (Rajendran, 2002) สร้างความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตร โดยการกัดกินเมล็ด ทำให้เมล็ดเป็นรุพรุน เป็นผุยผง ทำให้เมล็ดไม่สามารถนำไปใช้ประโยน์ต่อได้ เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ สูญเสียคุณภาพการงอก สูญเสียน้ำหนัก แมลงศัตรูในโรงเก็บที่สร้างความเสียหายให้แก่ผลผลิตที่สำคัญได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) เป็นต้น

ด้วงงวงข้าวโพด หรือ corn weevil (*S. zeamais*) ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลดำ ส่วนหัวยื่นออกมาเป็นงวง โดยตัวเมียจะเจาะรูที่เมล็ดพืชแล้ววางไข่รูละ 1 ฟอง จากนั้นปิดปากรูไว้ด้วยไข ตัวเมียวางไข่ประมาณ 300-400 ฟอง ไข่จะฟักใน 3-6 วันเป็นตัวหนอนสีขาวลำตัวสั้นป้อม อาศัยกัดกินอยู่ภายในเมล็ด ระยะหนอน 20-30 วัน โดยลอกคราบ 4 ครั้งแล้วจึงเข้าดักแด้เป็นเวลา 3-7 วัน เมื่อเป็นตัวเต็มวัยจะเจาะผิวเมล็ดออกมาสู่ภายนอก วงจรชีวิตใช้เวลา 30-45 วัน และตัวเต็มวันสามารถมีชีวิตอยู่ได้นาน 1-8 เดือน โดยด้วงงวงข้าวโพดมักทำลายร่วมกับด้วงงวงข้าว โดยเมล็ดพันธุ์ที่เก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือนจะเกิดความเสียหายสูงถึง 22% ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ สามารถพบด้วงงวงข้าวโพด ระบาดได้ทั่วทุกภาคของประเทศ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

ด้วงถั่วเขียว หรือ cowpea weevil (*C. maculatus*) ตัวเต็มวัยจะมองเห็นท้องปล้องสุดท้ายชัดเนื่องจากปีกสั้นหุ้มส่วนท้องไม่มิด ลำตัวเรียวแคบไปทางส่วนหน้า ทำให้หัวเล็กและงุ้มเข้าหาอก หนวดสัมผัสเป็นแบบกึ่งฟันเลื่อย ขนาดตัวเต็มวัยยาวประมาณ 3-4.5 มิลลิเมตร ไข่สี

เหลือง ตัวเต็มวัยสีน้ำตาลหรือน้ำตาลปนเทา พื้นผิวไข่มียางเหนียวเชื่อมติดกับวัตถุที่วาง ตัวเต็มวัยบนปีกทั้ง 2 ข้างจะมีแถบหรือจุดสีน้ำตาลแก่ ปลายปีกสีดำ ตัวหนอนจะเจาะผิวเมล็ดลงไปอาศัยกัดกินในเมล็ด และจะเข้าดักแด้อยู่ภายในโพรงที่อาศัยจนเป็นตัวเต็มวัย แล้วจะเจาะผิวเมล็ดออกมา สามารถทำลายเมล็ดถั่วทุกชนิด โดยเฉพาะถั่วเขียว แต่ยกเว้นถั่วเหลือง ตัวเมียวางไข่บนผิวเมล็ด 2-3 ฟองต่อเมล็ด ตลอดชีวิตวางไข่ได้ 40-100 ฟอง ระยะไข่ 5-7 วัน ระยะหนอนประมาณ 10-13 วัน มีการลอกคราบ 3 ครั้ง ระยะดักแด้ประมาณ 3-5 วัน ระยะตัวเต็มวัยประมาณ 6-8 วัน

ด้วงถั่วเหลือง หรือ southern cowpea weevil (*C. chinensis*) จะมีรูปร่างลักษณะเหมือนด้วงถั่วเขียว แต่มีขนาดที่เล็กกว่า ความแตกต่างที่เห็นได้ชัดเจนคือ scutellum มีสีขาว หนวดของตัวผู้เป็นแบบฟันหวี ตัวเมียเป็นแบบกึ่งฟันเลื่อย บนปีกทั้ง 2 ข้าง มีแถบสีน้ำตาลอ่อน ปลายสุดลำตัวจะมีสีขาว ตลอดชีวิตวางไข่ได้ 40-100 ฟอง ไข่มีสีขาวใสรูปโคม ไข่จะฟักเป็นตัวหนอนใน 3-6 วัน แล้วจะเข้าระยะดักแด้ 3-7 วัน เมื่อดักแด้เป็นตัวเต็มวัยจะเจาะเมล็ดออกสู่ภายนอกเพื่อผสมพันธุ์และวางไข่ต่อไป ตัวเต็มวัยบินได้ดีและเร็ว มีชีวิต 3-12 วันก็จะตาย มีวงจรชีวิตใช้เวลา 9-33 วัน (พรทิพย์ และคณะ, 2551)

ปัจจุบันการใช้สารเคมีในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บมักจะใช้ในรูปสารรมและสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ ส่งผลให้เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิต แมลงสร้างความต้านทานและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมา ปัจจุบันมีรายงานว่า แมลงศัตรูโรงเก็บผลผลิตหลายชนิดสร้างความต้านทานต่อสารรม phosphine (Collins et al., 2002) แล้วยังสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงกลุ่ม organophosphates บางชนิด (พรทิพย์ วิสารทนนท์, 2541) ปัจจุบันในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่จะดำเนินการเคลือบเมล็ด โดยเฉพาะกับเมล็ดพันธุ์พืชและเมล็ดพันธุ์ผัก จากรายงานส่วนใหญ่บอกว่า สารออกฤทธิ์ในการเคลือบพันธุ์นั้น ๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมหรือป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชของเมล็ดพันธุ์ (Pedrini et al., 2016) สารสกัดจากพืชส่วนใหญ่จะประกอบด้วยสารในกลุ่ม terpenes และสารในกลุ่ม terpenoids (Koul et al., 2008) และส่วนใหญ่มักจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการขับไล่ (repellent) สารยับยั้งการกิน (antifeedant) สารยับยั้งการวางไข่ (ovipositional) และมีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าแมลงได้อีกด้วย (Ketoh et al., 2005 ; Isman, 2006; Kumar et al., 2011) สุเทพ และคณะ (2556) ศึกษาประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูที่สำคัญในถั่วเขียว โดยวิธีคลุกเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูก ได้แก่ การคลุกเมล็ดด้วยสาร imidacloprid (Provado 60%FS) imidacloprid (Gaucho 70%WS) และ thiamethoxam (Cruiser 35%FS) อัตรา 10 มิลลิลิตร/เมล็ด 1 กิโลกรัม อัตรา 5 กรัม/เมล็ด 1 กิโลกรัม และอัตรา 10 มิลลิลิตร/เมล็ด 1 กิโลกรัม ตามลำดับ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีไม่ใช้สาร สุ่มนับจำนวนตัวเต็มวัยแมลงหวี่ขาว เพลี้ยอ่อน เพลี้ยจักจั่น และด้วงหมัดผัก 10 ต้น/แปลงย่อย พบว่าการคลุกเมล็ดด้วยสารฆ่าแมลง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่ว

เขียวทั้ง 3 ชนิดได้ และมีรายงานการศึกษาสารคลุกเมล็ด และสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด เพื่อรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว สุวรรณ 3504 โดยคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยสารป้องกันกำจัดแมลง pirimiphos-methyl 50% ร่วมกับสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ polyethylene-glycol และสารป้องกันกำจัดเชื้อรา captan 50% เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารเคมีคลุกเมล็ด ทำการทดสอบเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ พบว่าการใช้สารเคมีคลุกเมล็ด และสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ไม่ได้ทำลายคุณภาพเมล็ดพันธุ์ แต่ช่วยรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ยสูง (ถมยา และคณะ, 2544)

ทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่งคือการใช้สารสกัดจากพืชทั้งในรูปแบบของน้ำมันระเหย (essential oils) และสารสกัดหยาบ (crude extracts) ที่สามารถนำไปใช้ควบคุมป้องกันกำจัดแมลงได้ เนื่องจากมีสารทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้น และพบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ใบ เมล็ด ผล และเปลือก เป็นต้น (Bakkali et al., 2008) ในปัจจุบันมีรายงานหลายฉบับที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดหยาบจากพืช ในการควบคุมแมลงในโรงเก็บได้ดี น้ำมันหอมระเหยจากกระทือ ผกากรอง (สุภาณี และคณะ, 2545) เมล็ดผักชี ตะไคร้ มะกรูด และพริกไทยดำ โหระพา พลู ทองหลาง ช้าพลู ขิ้นฉ่าย และกระเทียม (กันยารัตน์ และคณะ, 2556) มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด สารสกัดจากแปรงล้างขวด (Danga et al., 2015) มีประสิทธิภาพ ในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเหลืองและด้วงถั่วเขียว เป็นต้น ขณะที่การศึกษาของ กวีวัฒน์ จาวสุรรณวงษ์ (2557) ทำการทดสอบประสิทธิภาพการไล่และยับยั้งการวางไข่ของสูตรน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ และเทียนข้าวเปลือก ต่อด้วงงวงข้าวโพด พบว่าสูตรน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่มีส่วนผสมจากจันทน์แปดกลีบ และเทียนข้าวเปลือก ในอัตรา 3:1 ที่ความเข้มข้น 0.016 µl/cm^2 มีประสิทธิภาพในการไสในจานทดสอบได้ดีที่สุด โดยมีค่าดัชนีการไล่มากกว่า 90% ที่เวลา 2-6 ชั่วโมง หลังทำการทดลอบ ส่วนสูตรน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่มีส่วนผสมจากจันทน์แปดกลีบ และเทียนข้าวเปลือก ในอัตรา 4:0 มีประสิทธิภาพการไล่ในท่อทดสอบได้ดีที่สุดโดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (%RI) ประมาณ 50% และมีอัตราการยับยั้งการวางไข่ได้ดีที่สุดเช่นกัน พบด้วงงวงข้าวโพดในกลุ่มทดสอบเพียง 28.1% ซึ่งการประยุกต์ใช้โดยนำสารสกัดจากพืชสมุนไพรข้างต้นเพื่อใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ เป็นวิธีที่น่าสนใจ เพื่อลดหรือทดแทนการใช้สารเคมีในภาคอุตสาหกรรมการเกษตรต่อไป ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum*) กานพลู (*Syzygium aromaticum*) เทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare*) และตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus*) ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) โดยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ รวมทั้งการทดสอบประสิทธิภาพการ

งอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบของสารสกัดจากพืชทั้งนี้เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีเคลือบเมล็ดต่อไปในอนาคต

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาระดับความเป็นพิษของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ กานพลู เทียนข้าวเปลือก และตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ในรูปสารฆ่า สารไล่ และสารการยับยั้งการออกลูกหลานโดยวิธีการสัมผัส และวิธีการเคลือบเมล็ด

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากพืชบางชนิดที่ใช้เคลือบเมล็ด เพื่อป้องกันแมลงศัตรูในโรงเก็บต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ กานพลู เทียนข้าวเปลือก และตะไคร้บ้าน ที่แช่สกัดด้วยตัวทำละลายจาก hexane acetone และ ethanol เพื่อใช้ในควบคุมและการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ในรูปของสารฆ่า และสารไล่ โดยวิธีการสัมผัส ในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งศึกษาผลของสารสกัดจากพืชบางชนิดที่ใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด และเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว เพื่อทดสอบการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บในรูปของสารฆ่า และสารการยับยั้งการออกลูกหลาน โดยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ รวมทั้งศึกษาถึงการตรวจสอบคุณภาพเมล็ด การงอกของเมล็ดพันธุ์ ที่เก็บในอุณหภูมิ และในระยะเวลาการเก็บรักษาที่ต่างกัน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบว่าสารสกัดจากพืชแต่ละชนิดที่แช่สกัดด้วยตัวทำละลายแตกต่างกัน มีประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงศัตรูในโรงเก็บ ในรูปของสารฆ่า สารไล่ และสารยับยั้งการออกลูกหลาน ต่างกันอย่างไร

1.4.2 ได้ทราบถึงระดับความเป็นพิษของสารสกัดจากพืชสมุนไพร ในการควบคุมแมลงในโรงเก็บ ในรูปของสารฆ่า สารไล่ และสารยับยั้งการออกลูกหลาน

1.4.3 ได้ทราบผลของสารสกัดจากพืชและสารเคลือบเมล็ดที่มีผลกระทบต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ในระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเทศไทยมีการผลิตสินค้าการเกษตรที่เป็นแหล่งอาหารทั่วประเทศ การบริโภคอาหารของประชากรส่วนใหญ่นั้นมาจากผลิตผลจากพืชที่เป็นเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นการผลิตพืชที่ให้เมล็ดเพื่อเป็นแหล่งอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญ ผลผลิตทางการเกษตรที่นิยมบริโภคส่วนใหญ่ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ถั่วเขียว และถั่วเหลือง เป็นต้น ทั้งบริโภคภายในประเทศและส่งออกของสินค้าต่างประเทศ ข้อมูลการส่งออกข้าวโพด และ ถั่วเหลือง ประจำเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ ในปี 2563 รวมมูลค่ามากกว่า 1.9 และ 4.3 ล้านบาท ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) ด้วยปริมาณที่ส่งออกมากจึงต้องให้ความสำคัญกับเมล็ด และเมล็ดพันธุ์นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญเบื้องต้นในการผลิตเมล็ดพันธุ์ธัญพืชเหล่านั้น แต่ปัญหาสำคัญของเมล็ดพันธุ์มักจะได้รับความเสียหายระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นมาจากปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้น และปัจจัยทางชีวภาพ ได้แก่ แมลง ไร นก หนู และเชื้อรา โดยแมลงเป็นศัตรูที่สำคัญในการเข้าทำลายผลผลิตทางการเกษตร ดังนั้นการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ดี ควรมีการป้องกันกำจัดแมลงเหล่านี้ (กุสุมา นวลวัฒน์, 2548) ลักษณะการเข้าทำลายของแมลงต่อผลิตผลเกษตร (types of Damage) ได้แก่ 1. กัดกินหรือแทะเล็มภายนอก (external feeder) 2. กัดกินภายในเมล็ด (internal feeder) ระยะเวลาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ได้แก่ 1. ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (pre-harvest) 2. ขณะเก็บเกี่ยว (during harvest) 3. หลังการเก็บเกี่ยว (post-harvest) เช่น การปฏิบัติเกี่ยวกับเมล็ด (grain and seed proceeding), ขณะทำการขนส่ง (transportation), ขณะการเก็บรักษา (storage) ลักษณะความเสียหาย ได้แก่ 1. สูญเสียน้ำหนัก (weight loos) 2. สูญเสียคุณค่าทางอาหาร (nutrition loss) 3. สูญเสียความงอก (germination loss) 4. สูญเสียคุณภาพ (quality loss) 5. สูญเสียเงิน (money loss) และ 6. สูญเสียชื่อเสียง (loss of goodwill) (พรทิพย์ และคณะ 2548)

แมลงที่เป็นศัตรูที่สำคัญในโรงเก็บนั้นมีหลายชนิด เช่น ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง รวมทั้งแมลงอื่น ๆ อีกมากมาย แมลงเหล่านี้เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญที่สุดของเมล็ดธัญพืชทั้งที่ใช้ทำพันธุ์หรือเพื่อการบริโภค (กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร, 2543) แมลงศัตรูในโรงเก็บนี้จะอาศัยและกัดกินภายในเมล็ด สร้างความเสียหายให้กับเมล็ดจนไม่สามารถนำเมล็ดไปใช้ประโยชน์ต่อได้ ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีการใช้สารเคมีในการป้องกัน เช่น methyl bromide (WMO, 1995) แต่ในบางประเทศมีการยกเลิกใช้แล้วเนื่องจากสารเหล่านี้ทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Lu and He, 2010) แต่ยังคงมีการใช้สารเคมีชนิดอื่น ๆ เช่น phosphine และ

และสารเคมีต่าง ๆ อีกมากมาย รวมทั้งสารเคมีในการเคลือบเมล็ด ในการควบคุมป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บเหล่านี้ หากมีการใช้ปริมาณสูงและใช้ต่อเนื่องเป็นเวลานาน ส่งผลให้แมลงสร้างความต้านทาน ทำให้เกิดการป้องกันกำจัดได้ยากยิ่งขึ้น (Zettler et al., 1989) นอกจากนี้สารเคมีที่ใช้ยังส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ปลูกโดยตรง และมีสารตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรถึงผู้บริโภคและส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อม สารตกค้างในผลผลิต และอันตรายต่อผู้ใช้และผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันมีแนวทางเลือกการใช้สารจากธรรมชาติเป็นสารทางเลือกต่าง ๆ ในทางการเกษตร ที่มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม เป็นมิตรกับธรรมชาติ รวมทั้งปลอดภัยต่อเกษตรกรและผู้บริโภค การควบคุมแมลงศัตรูพืชด้วยสารจากธรรมชาติ เช่น การใช้น้ำมันหอมระเหยจากพืชหรือสารสกัดจากพืช เป็นวิธีการควบคุมการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่น่าสนใจ ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Zapataa et al., 2010)

แมลงศัตรูในโรงเก็บที่สร้างความเสียหายให้แก่ผลผลิตรทางการเกษตรนั้น มีหลายหลากชนิดด้วยกัน เช่น ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงงวงข้าว ด้วงยาสูบ ด้วงขาแขง ด้วงถั่วเขียว ด้วงถั่วเหลือง มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย ผีเสื้อข้าวสาร เป็นต้น บางชนิดสามารถเข้าทำลายผลผลิตได้ตั้งแต่ในไร่นา รวมทั้งโรงเก็บเมล็ด หรือโรงสีข้าว

2.1 ชนิดของแมลงศัตรูพืช

2.1.1 ด้วงงวงข้าวโพด (Maize weevil)

ชื่ออื่น ๆ: Corn weevill

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Sitophilus zeamais* Motschulsky

อันดับ: Coleoptara

วงศ์: Curculionidae

ชื่อสามัญ: **ด้วงงวงข้าวโพด**

รูปร่างลักษณะสำคัญ

ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลดำ ยาว 3.0-3.8 มิลลิเมตร ส่วนหัวยื่นออกมาเป็นงวง (snout หรือ rostrum) สามารถบินออกไปทำลายเมล็ดพืชได้ตั้งแต่ยังอยู่ในไร่นา ตัวเมียจะใช้ปากเจาะรูที่เมล็ดและวางไข่รูละ 1 ฟอง หลังจากนั้นปิดปากรูไว้ด้วยไข (waxy secretion) วางไข่ประมาณ 300-400 ฟอง ไข่ฟักใน 3-6 วัน เป็นตัวหนอนสีขาว ลำตัวสั้นป้อม อาศัยกัดกินภายในเมล็ด ระยะหนอน 20-30 วัน ลอกคราบ 4 ครั้ง เข้าดักแด้ 3-7 วัน เมื่อเป็นตัวเต็มวัยจะเจาะผิวเมล็ดออกมา ทำให้เมล็ดเป็นรูพรุน มีวงจรชีวิต 30-45 วัน เต็มเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้นาน 1-8 เดือน สามารถบินได้ดีกว่าด้วงงวงข้าว (ภาพที่ 2.1)

ความสำคัญและลักษณะการทำลาย

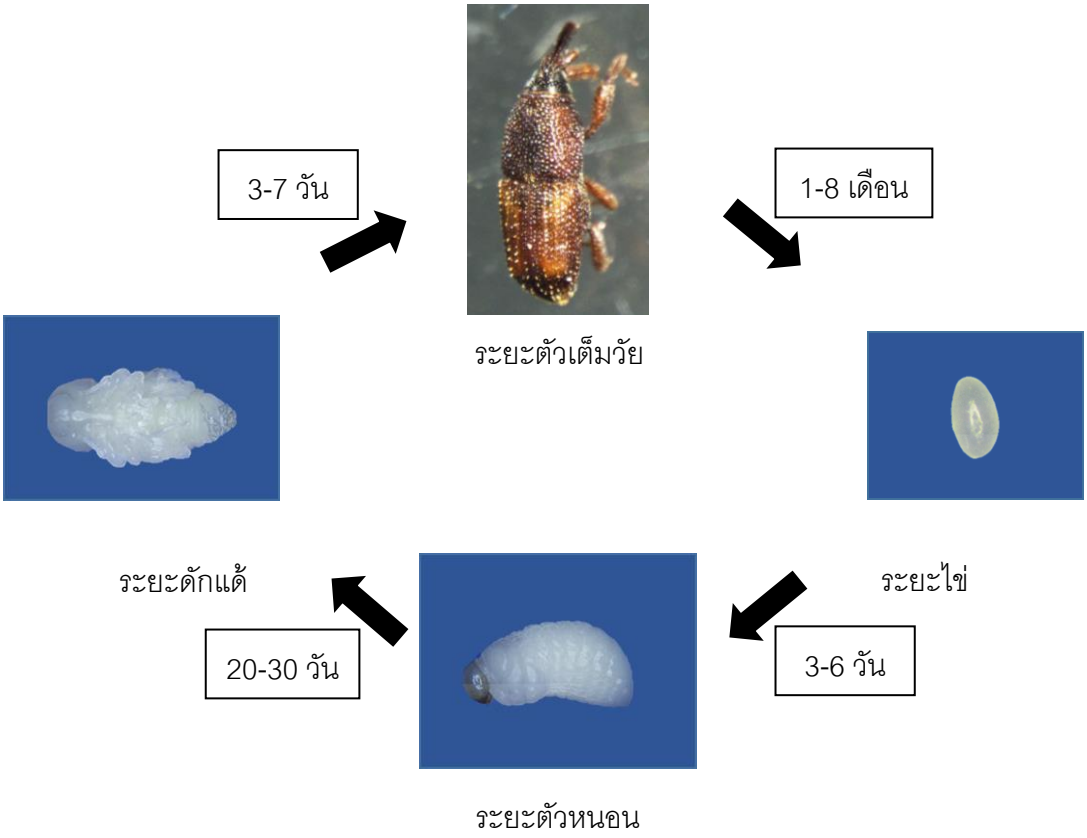
เป็นแมลงศัตรูสำคัญที่สุดของเมล็ดธัญพืช ทั้งที่ใช้ทำพันธุ์หรือเพื่อการบริโภค โดยอาศัยและกัดกินภายในเมล็ด (internal feeder) เมล็ดพันธุ์ที่เก็บไว้เป็นเวลานานมากว่า 6 เดือน จะได้รับความเสียหายสูงถึง 22 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้

การแพร่กระจายและฤดูการระบาด

สามารถแพร่กระจายไปได้ทั่วโลก เฉพาะในแหล่งที่มีการปลูกข้าวโพด สามารถบินได้ไกลและแข็งแรง จึงทำให้เกิดการระบาดในพื้นที่ต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว

พืชอาหาร

เมล็ดธัญพืชทุกชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 วงจรชีวิตด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* Motschulsky (สุรีรัตน์ ทองคำ, 2559)

2.1.2 **ด้วงถั่วเขียว** (Cowpea weevil)

ชื่ออื่น ๆ: Pulse beetle, Spotted cowpea bruchid

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Callosobruchus maculatus* (Fabricius)

อันดับ: Coleoptara

วงศ์: Bruchidae

ชื่อสามัญ: **ด้วงถั่วเขียว**

รูปร่างลักษณะสำคัญ

ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาล ยาว 3.0-4.5 มิลลิเมตร ปีกสั้นไม่คลุมมิดลำตัว มีแถบหรือจุดสีน้ำตาลเข้มบนปีกทั้ง 2 ข้าง ปลายปีกมีสีดำ ลำตัวเรียวแคบไปทางส่วนหัว ทำให้หัวเล็กและงุ้มเข้าหาส่วนอก หนวดเป็นแบบ subserrate ตัวเต็มวัยเพศเมียชอบวางไข่ที่ผิวเมล็ดเรียบมากกว่าผิวขรุขระ วางไข่ได้ประมาณ 40-100 ฟอง ไข่มีสีขาวใสรูปโคม ฟักเป็นตัวหนอน 3-6 วัน หนอนจะเจริญเติมโตอาศัยและกัดกินอยู่ภายในเมล็ด เป็นเวลา 13-20 วัน เข้าดักแด้ภายในเมล็ด ระยะดักแด้ 3-7 วัน เมื่อดักแด้เป็นตัวเต็มวัยจะเจาะเมล็ดออกมาสู่ภายนอก เพื่อผสมพันธุ์และวางไข่ต่อไป ตัวเต็มวัยบินได้ดี มีชีวิต 3-12 วัน วงจรชีวิต 19-33 วัน (ภาพที่ 2.2)

ความสำคัญและลักษณะการทำลาย

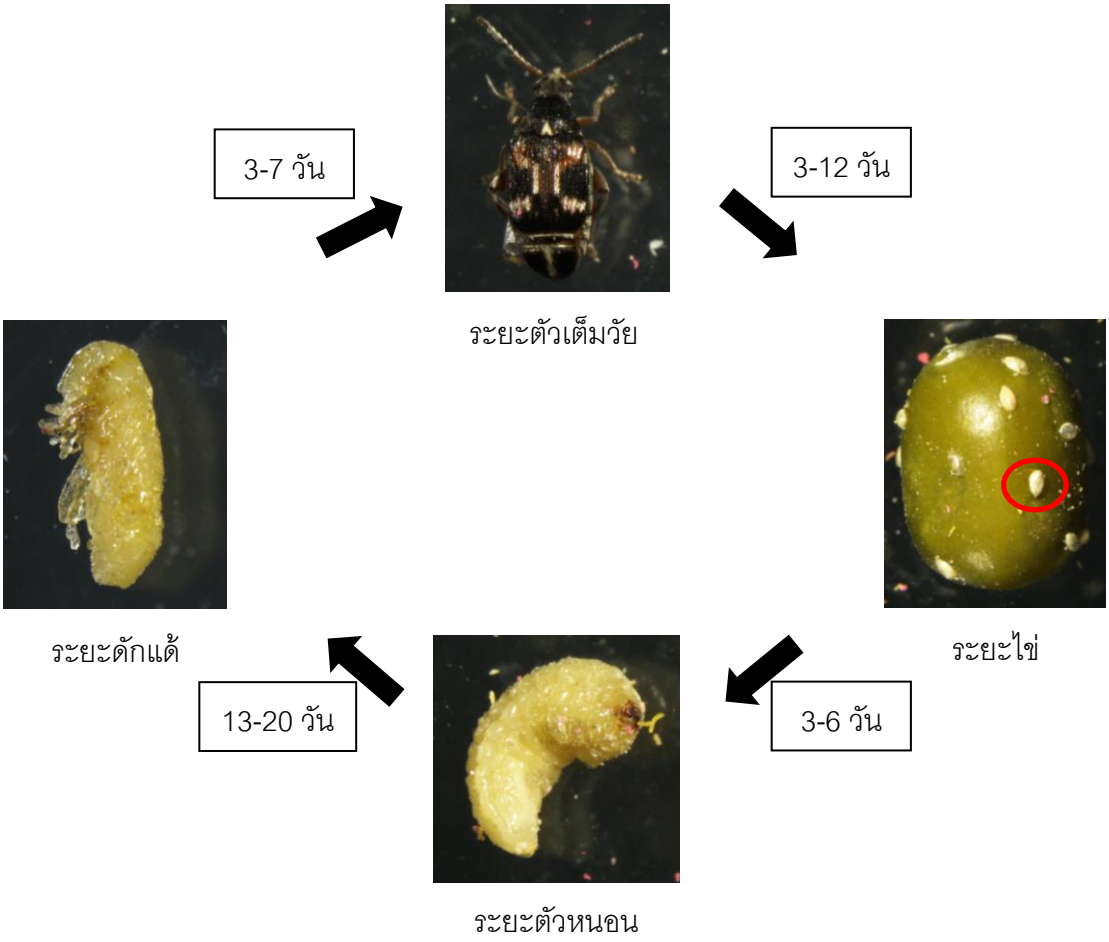
ด้วงถั่วเขียวเป็นศัตรูที่สำคัญที่สุดของเมล็ดพืชตระกูลถั่วหลายชนิด สามารถแพร่ระบาดได้ทั่วโลกทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ตัวเต็มวัยบินได้ดี บางครั้งพบทำลายตั้งแต่ในไร่

การแพร่กระจายและฤดูการระบาด

มีถิ่นกำเนิดอาศัยอยู่ในทวีปแอฟริกาและแพร่กระจายทั่วโลก แต่จะทำลายความเสียหายมากในประเทศแถบร้อนและกึ่งร้อน สามารถแพร่กระจายได้ตลอดทั้งปี

พืชอาหาร

เมล็ดถั่วทุกชนิด ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วดำ ถั่วพุ่ม ถั่วฝักยาว ถั่วแดง ถั่วนิ้วนางแดง แต่ยกเว้นในถั่วเหลือง



ภาพที่ 2.2 วงจรชีวิตด้วงถั่วเขียว *Callosobruchus maculatus* (Fabricius)

2.1.3 **ด้วงถั่วเหลือง** (Southern cowpea weevil)

ชื่ออื่น ๆ: cowpea beetle, oriental cowpea bruchid, adzuki bean weevil

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Callosobruchus chinensis* (Linnaeus)

อันดับ: Coleoptara

วงศ์: Bruchidae

ชื่อสามัญ: **ด้วงถั่วเหลือง**

รูปร่างลักษณะสำคัญ

ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาล ยาว 2.5-3.0 มิลลิเมตร ปีกสั้นไม่คลุมมิดลำตัว มีแถบหรือจุดสีน้ำตาลอ่อนบนปีกทั้งสองข้าง ปลายปีกมีสีดำ มีขนาดลำตัวเล็กกว่าด้วงถั่วเขียว ที่เห็นได้ชัดปลายสุดลำตัว มี scutellum สีขาวชัดเจน หนวดตัวผู้เป็นแบบฟันหวี ตัวเมียเป็นแบบกึ่งฟันเลื่อย ตัวเต็มวัยเพศเมียชอบวางไข่ที่ผิวเมล็ดที่มีความเรียบ มากกว่าผิวขรุขระ ตลอดชีวิตวางไข่ประมาณ 40-100 ฟอง ไข่มีสีขาวใสรูปโคม ฟักเป็นตัวหนอนใน 3-6 วัน หนอนจะเจริญเติมโตอาศัยและกัดกินอยู่ภายในเมล็ด เป็นเวลา 13-20 วัน แล้วเข้าดักแด้ภายในเมล็ด ระยะดักแด้ 3-7

วัน เมื่อดักแด้เป็นตัวเต็มวัยจะเจาะเมล็ดออกมาสู่ภายนอก เพื่อผสมพันธุ์และวางไข่ ตัวเต็มวัยบินได้ดี มีชีวิต 3-12 วัน วงจรชีวิต 19-33 วัน (ภาพที่ 2.3)

ความสำคัญและลักษณะการทำลาย

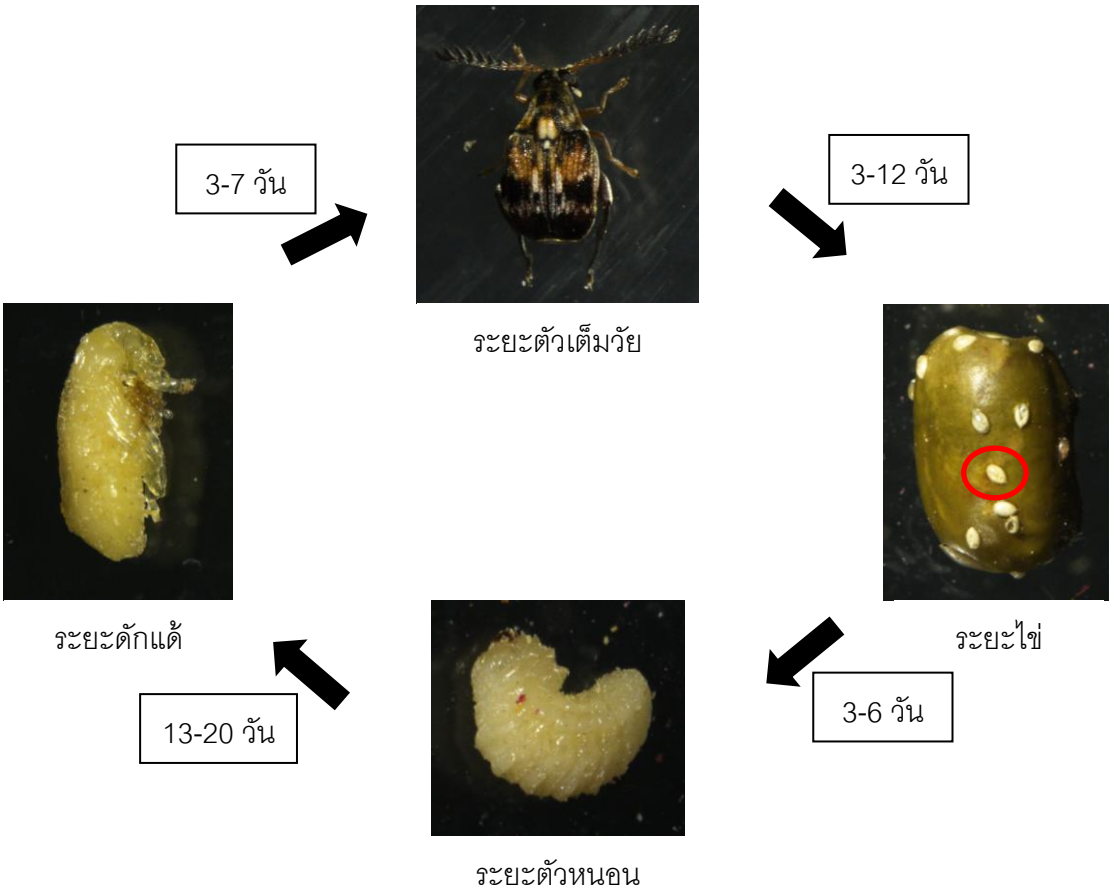
เป็นศัตรูที่สำคัญที่สุดของเมล็ดพืชตระกูลถั่วหลายชนิด สามารถแพร่ระบาดได้ทั่วโลกทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ตัวเต็มวัยบินได้ดี บางครั้งพบการเข้าทำลายตั้งแต่ในไร่

การแพร่กระจายและฤดูการระบาด

มีถิ่นกำเนิดอาศัยอยู่ในทวีปแอฟริกา และแพร่กระจายทั่วโลก แต่จะทำลายความเสียหายมากในประเทศแถบร้อนและกึ่งร้อน สามารถแพร่กระจายได้ตลอดทั้งปี

พืชอาหาร

เมล็ดถั่วทุกชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วดำ ถั่วพุ่ม ถั่วฝักยาว ถั่วแดง ถั่วนิ้วนางแดง เป็นต้น



ภาพที่ 2.3 วงจรชีวิตด้วงถั่วเหลือง *Callosobruchus chinensis* (Linnaeus)

2.2 การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ

แมลงศัตรูในโรงเก็บเป็นปัญหาสำคัญสำหรับผลผลิตทางการเกษตร เนื่องจากเป็นแมลงสามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย ทำให้มีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยจะเข้าทำลายและก่อความเสียหายให้กับผลผลิตทางการเกษตร จนไม่สามารถนำไปใช้ต่อได้

2.2.1 การป้องกันและกำจัดแมลงในโรงเก็บโดยไม่ใช้สารเคมี

การที่ไม่ใช้สารเคมี มาประยุกต์ใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลง หรือเพื่อลดการทำลายของแมลง และเพื่อลดการเกิดความต้านทานของแมลงที่จะเกิดขึ้นจากการใช้สารเคมี มีข้อควรปฏิบัติ ดังนี้

2.2.1.1 วิธีกล (Mechanical control)

-การใช้วิธีการรักษาความสะอาดและการจัดการโรงเก็บ

-การใช้วิธีทางอ้อมกับแมลง เช่น การเก็บข้าวเปลือกแทนการเก็บข้าวสาร

-การใช้วิธีทางตรงกับแมลง การแยกแมลงออกจากผลิตผล

-การใช้สารหรือวัสดุบางอย่างคลุกเมล็ด

2.2.1.2 วิธีทางกายภาพ (Physical control)

-การลดความชื้นในเมล็ด

-การควบคุมโดยใช้อุณหภูมิ

-การใช้พลังงานต่าง ๆ

-การใช้ภาชนะบรรจุชนิดต่าง ๆ

-การเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ หรือภาชนะที่ปิดผนึกแน่น

-การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.2.1.3 วิธีทางชีวภาพ (Biological control)

-การใช้แมลงศัตรูธรรมชาติ

-การใช้จุลินทรีย์ หรือน้ำมันหอมระเหย

2.2.2 การป้องกันและกำจัดแมลงในโรงเก็บโดยใช้สารเคมี

เป็นวิธีที่นิยมปฏิบัติ เพราะเป็นการป้องกันและกำจัดที่ได้ผลรวดเร็ว หากนำสารเคมีหรือสารฆ่าแมลงมาใช้ ควรทราบถึงชนิดของสารฆ่าแมลง วิธีการนำมาใช้ ปฏิกิริยาของสารฆ่าแมลง ค่าความเป็นพิษของสาร เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อจะได้ใช้สารฆ่าแมลงได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย ถ้าใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ก็อาจใช้สารเคมีที่ออกฤทธิ์นานและอัตราสูงได้ แต่ถ้าใช้เมล็ดเพื่อการบริโภคต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค โดยใช้สารที่สลายตัวได้ในเวลาที่กำหนด และควรใช้ตามคำแนะนำ สารฆ่าแมลง (insecticides) คือสารพิษที่สามารถฆ่าแมลงได้ แมลงได้รับสารพิษโดยการสัมผัส การกินอาหาร หรือโดยการหายใจเอาสารพิษเข้าไปในตัวแมลง พิษมีผลต่อระบบ

ประสาทมีผลเป็นอัมพาตหรือตายได้ สารฆ่าแมลงแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ สารฆ่าแมลงชนิดถูกตัวตาย (contact insecticides) สารฆ่าแมลงถูกตัวตายเป็นสารฆ่าแมลงที่ทำให้แมลงตายเมื่อสัมผัสกับสารฆ่าแมลง สำหรับอีกกลุ่มคือ สารฆ่าแมลงชนิดรม (fumigant) คือ สารเคมีที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตทุกในรูปของไอหรือควัน เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถทำลายแมลงศัตรูได้ทุกชนิด และทุกระยะการเจริญเติบโต ไม่มีพิษตกค้าง สารรมที่นำมาใช้มีอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมมากคือ เมทิลโบรไมด์ (methyl bromide) และฟอสฟีน (phosphine) สารเมทิลโบรไมด์ เป็นตัวทำลายชั้นโอโซนในชั้นบรรยากาศทำให้โลกร้อนขึ้น และแสงอัลตราไวโอเลตมากกว่าปกติ ดังนั้นจึงมีมาตรการยกเลิกการใช้ ยกเว้นการรมเพื่อการส่งออก แต่ต้องยกเลิกการใช้ภายในปี พ.ศ. 2558 ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการใช้สารรมฟอสฟีนมากขึ้น สารรมทุกชนิดเป็นอันตรายต่อมนุษย์ แม้มีความเข้มข้นน้อย ดังนั้นการใช้สารรมต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง รอบครอบ และผู้ปฏิบัติต้องได้รับการฝึกอบรมวิธีการรมที่ถูกต้อง (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว 2563) จากรายงานวิจัยของ รังสิมา และคณะ 2553 ศึกษาการใช้สารรมฟอสฟีนในการป้องกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ มอดหัวป้อมหรือมอดข้าวเปลือก *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) และมอดแป้ง *Tribolium castaneum* (Herbst) ทำการรม 7 วัน พบว่าการรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยสารรมฟอสฟีนอัตรา 3 เม็ด/ตัน ไม่พบมอดหัวป้อมและมอดแป้งรอดชีวิตทุกระยะการเจริญเติบโต

2.3 การสกัดสารจากพืชสมุนไพร

การนำพืชสมุนไพรมาใช้ประโยชน์ของคนไทยนั้นมีมาอย่างแพร่หลายและยาวนาน ซึ่งอยู่คู่กับวิถีชีวิตคนไทยมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ด้วยลักษณะทางภูมิประเทศ รวมถึงสภาพอากาศที่ร้อนชื้น ทำให้มีความหลากหลายของสมุนไพรกระจายไปทั่วประเทศไทย พืชสมุนไพรไทยส่วนใหญ่มักจะปลูกง่าย เติบโตเร็ว และคนไทยนิยมปลูกไว้ใช้สอยตามบ้านเรือน บางครั้งใช้ทำอาหาร ใช้เป็นยารักษาโรค และยังมีการพัฒนาเป็นตำรับยาแผนโบราณ ในปัจจุบันบทความงานวิจัยที่เกี่ยวกับพืชสมุนไพรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมาก เห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของงานวิจัยเกี่ยวกับสารสกัดจากสมุนไพร ได้แก่ การพัฒนาวิธีการสกัดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น พัฒนาเทคนิคในการเตรียม และแยกสารที่ให้ได้สารบริสุทธิ์ การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของสารที่เป็นองค์ประกอบในสมุนไพร การดัดแปลงโครงสร้างทางเคมีของสารที่ได้จากสมุนไพรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาเป็นสารยับยั้งที่ใช้ศึกษาความสามารถในการทำลายเชื้อจุลชีพก่อโรค (Cowan. 1999; Thongson et al. 2005) และสารที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโต และทำลายกลุ่มเซลล์มะเร็ง (Pezzuto, 1997) เป็นต้น

2.3.1 วิธีที่นิยมใช้ในการสกัดสารจากสมุนไพร

2.3.1.1 การแช่ในตัวทำละลาย (maceration)

เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดในการสกัดสารจากพืช และเป็นวิธีที่ใช้ได้กับการสกัดสารจากทุกส่วนของพืช ข้อได้เปรียบของวิธีนี้คือ เครื่องมือที่ใช้ และขั้นตอนไม่ซับซ้อน การสกัดสารจะเริ่มต้นด้วยการเตรียมส่วนต่าง ๆ ของพืชที่จะสกัดให้แห้งโดยใช้วิธีตากแดดหรืออบในตู้บ่ม (incubator) ใช้อุณหภูมิในช่วง 30-60 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นของชิ้นส่วนพืชที่นำมาสกัด จากนั้นนำส่วนแห้งไปปั่นหรือบดให้ละเอียด ซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้ในการสกัด ได้แก่ hexane, ethylacetate, acetone, methanol และ ethanol เป็นต้น ซึ่งทำให้สารที่ถูกสกัดออกมาในชั้นของตัวทำละลายแต่ละชนิด มีความเป็นขั้วมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความมีขั้วของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด เวลาที่ใช้ก็จะแตกต่างกันไปหรืออาจใช้การสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วแตกต่างกันในการสกัดเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ วิธีการแช่ในตัวทำละลายจะแช่สมุนไพรในตัวทำละลายที่อุณหภูมิห้อง ในการสกัดด้วยวิธีการแช่ในตัวทำละลาย โดยทั่วไปแล้วจะใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของสมุนไพรต่อปริมาตรของตัวทำละลายตั้งแต่ 1:4 ไปจนถึง 1:20 (ตารางที่ 2.1) (วิภาวรรณ, และคณะ 2561)

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลของตัวทำละลายบางชนิดที่แบ่งตามการมีขั้ว (วิภาวรรณ, และคณะ 2561)

ตัวทำละลาย	จุดเดือด (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก	ความหนาแน่น (g/ml)
ตัวทำละลายไม่มีขั้ว (Non-Polar Solvent)			
Acetic	118	6.5	1.049
Benzene	80	2.3	0.879
n-Butanol	118	18	0.810
Chloroform	61	4.8	1.489
Diethyl Ether	35	4.3	0.713
Ethyl Acetate	77	6.0	0.902
Hexane	69	2.0	0.655
Isopropanol	82	18	0.785
n-Propanol	97	20	0.803
Toluene	111	2.4	0.865
Vegetable Oil	235	-	0.904
ตัวทำละลายกึ่งมีขั้ว (Semi Polar Sovent)			
Acetone	56	21	0.785
Acetonitrile	82	37	0.786
Dimethyl Sulfoxide	189	47	1.095
Ehtanol	79	24	0.789
Methanol	65	33	0.791
ตัวทำละลายมีขั้ว (Polar Sovent)			
Formic acid	100	58	1.220
Water	100	80	0.998

2.3.1.2 **การสกัดด้วยการให้ตัวทำละลายไหลผ่าน** (percolation)

หลักการเหมือนกับการสกัดด้วยการแช่ในตัวทำละลาย แต่ขั้นตอนที่มีความแตกต่างคือ จะใช้วิธีการสกัดโดยแช่สมุนไพรในตัวทำละลายประมาณ 2-3 ชั่วโมง จากนั้นจะเติมตัวทำละลายลงไปเพิ่ม แล้วปล่อยให้มีการไหลของตัวทำละลายผ่านสมุนไพร ด้วยอัตราเร็วเหมาะสมกับการเติมตัวทำละลายเข้าไปแทนที่ แต่ข้อด้อยของการสกัดคือใช้ปริมาณตัวทำละลายมากกว่าวิธีการสกัดด้วยการแช่ในตัวทำละลาย ดังนั้นในการสกัดสารจากสมุนไพรอาจประยุกต์ใช้ทั้ง 2 วิธีคือ การแช่ในตัวทำละลาย และการให้ตัวทำละลายไหลผ่านร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารก็ได้

2.3.1.3 **วิธีการย่อยหรือการตุ๋น** (digestion)

คือวิธีเดียวกับการแช่ในตัวทำละลาย แต่ระหว่างขั้นตอนการแช่ จะใช้อุณหภูมิ 30-50 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยในการสกัดสารให้ละลายออกมา วิธีนี้จะใช้สกัดพืชส่วนที่มีความแข็ง และมีองค์ประกอบของพวกโพลิเมอร์ เช่น แทนนิน หรือลิกนิน ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ ได้แก่ ส่วนเปลือก และราก ในการสกัดวิธีการย่อยใช้เวลาสั้นกว่าการแช่ โดยใช้เวลาตั้งแต่ 1 ชั่วโมงถึง 1 วัน ขึ้นกับส่วนของพืช ข้อควรระวังคือ อุณหภูมิอาจมีผลต่อการสลายของสารบางอย่างเมื่อได้รับความร้อน

2.3.1.4 **การสกัดด้วยวิธีการชง** (infusion)

วิธีการนี้ใช้ได้ดีกับการสกัดสารที่มีคุณสมบัติในการละลายในน้ำได้ดี ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดคือ น้ำ การสกัดจะใช้วิธีการแช่สมุนไพรในน้ำเดือด และแช่ทิ้งไว้ประมาณ 15-30 นาที จากนั้นกรองกาก ด้วยกระดาษกรองหรือผ้าขาวบาง แล้วนำสารละลายที่ได้จากการสกัดไปศึกษาต่อไป เช่น การชงชา เป็นต้น (วิภาวรรณ และคณะ 2561)

2.3.1.5 **การสกัดด้วยวิธีการต้มในน้ำเดือด** (decoction)

คือการต้มสมุนไพรในน้ำเดือด ใช้ระยะเวลาในการสกัดประมาณ 15 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ซึ่งจะใช้เวลาที่สั้นกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ข้อควรระวังของการสกัดวิธีนี้คือความร้อนอาจทำลายสารที่เราสนใจในสารสกัดจากสมุนไพร การสกัดสารด้วยการต้มในน้ำเดือดใช้ได้ดีกับส่วนราก ใบ ดอก ก้าน (กิตติพัฒน์ และปานทิพย์ 2560)

2.3.1.6 **การสกัดแบบต่อเนื่อง** (Continuous extraction)

เป็นกระบวนการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรโดยการใช้ความร้อน และตัวทำละลาย ที่มีจุดเดือดต่ำ เครื่องมือที่ใช้เป็นระบบปิด เรียกว่า Soxhlet Extrator คือ ใส่ตัวทำละลายลงในขวดบรรจุตัวทำละลาย (boiling flask) และให้ความร้อนเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยกลายเป็นไอ ไปตามช่องสำหรับไอระเหย (distillation path) เพื่อให้ไอของตัวทำลำลายระเหยขึ้นสู่ส่วนบนซึ่งต่อกับเครื่องควบแน่น (condenser) จากนั้นไอของตัวทำละลายถูกควบแน่นตกลงมาสู่

ภาชนะที่บรรจุผงสมุนไพรไว้ (extraction thimble) เมื่อตัวทำละลายใน Extraction Chamber เพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับ กาลักน้ำ (siphon arm) ตัวทำละลายนั้นจะไหลกลับสู่ขวดบรรจุตัวทำละลายด้านล่าง การสกัดจึงหมุนเวียนต่อเนื่องกัน

2.3.1.7 **การสกัดโดยใช้ไขมัน** (fat extraction)

การสกัดด้วยไขมันเย็น ไขมันมีคุณสมบัติในการดูดกลิ่นได้สูงมาก จึงนำไขมันมาดูดกลิ่นหอมของดอกไม้ ที่ส่งกลิ่นหอม เช่น มะลิ โดยเก็บดอกไม้สด เมื่อถึงช่วงเวลาที่ส่งกลิ่นหอ ก็นำไปวางบนไขมันที่เตรียมไว้ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง นำดอกไม้เก่าไปสกัดน้ำมันโดยวิธีอื่น ๆ ส่วนดอกสดใหม่มาวางอีก ทำเช่นนี้หลาย ๆ ครั้งจนสิ้นฤดูดอกไม้ ต่อจากนั้นใช้แอลกอฮอล์ละลายน้ำมันหอมระเหยนั้น นอกจากนั้นแล้วนำไปแยกต่อไป โดยวิธีนี้ไขมันที่ใช้ต้องสะอาดปราศจากกลิ่นและมีความแข็งแรงพอเหมาะ ถ้าแห้งไปจะดูดกลิ่นไม่ดี แต่ถ้านิ่มเกินไปจะเอาดอกไม้ออกแยกอุณหภูมิที่ทำใช้อุณหภูมิห้องสัดส่วนของไขมันมีดังนี้ ไขสัตว์ที่สะอาดมาก 1 ส่วน น้ำมันหมู 2 ส่วน ส่วนน้ำมันพืชนั้นไม่นิยมเท่าไขมันสัตว์

การสกัดด้วยไขมันร้อน ดอกไม้บางชนิด เช่น กุหลาบ เมื่อเด็ดมาจากต้นแล้ว Physiological Activity จะหยุดทันทีไม่เหมือนกับมะลิ ที่จะมีกลิ่นตลอดเวลา เมื่อสกัดด้วยไขมันร้อนจะได้น้ำมันหอมระเหยมากและกลิ่นหอมกว่าสกัดด้วยไขมันเย็น วิธีการเตรียมไขมันเช่นเดียวกับการสกัดด้วยไขมันเย็น แต่อุ่นไขมันให้ร้อนประมาณ 80 องสาเซลเซียส แช่ดอกไม้ลงไปประมาณ 30 นาที แล้วทำให้เย็น สุดท้ายอุ่นให้ร้อนอีกครั้งเพื่อหลอมเหลวและกรองดอกไม้ออก ล้างไขมันที่ติดมาด้วยน้ำอุ่น หรือวางบนผ้ากรองบีบหรือราดน้ำร้อน ชั้นของน้ำและไขมันจะแยกกันง่าย ไขมันร้อนมีกลิ่นน้ำมันหอมระเหยนี้เรียกว่า ปอมเปต แล้วนำแอลกอฮอล์ชนิดดีมาสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยออกมาทำให้บริสุทธิ์อีกครั้งหนึ่ง

2.3.1.8 **การสกัดสารโดยใช้ของไหลวิกฤติยิ่งยวด** (supercritical fluid extraction)

คือการที่จุดซึ่งอุณหภูมิและความดันเหมาะสม สารที่อยู่ในภาชนะจะไม่กลั่นตัวหรือไม่ระเหย แต่อยู่ในลักษณะเป็นของเหลว เรียกสภาวะนี้ว่า critical state ในทางปฏิบัติถ้าสารอยู่เหนือ critical temperature และ pressure สารจะอยู่ในสภาวะที่มีคุณสมบัติระหว่างของเหลวและก๊าซ จึงทำให้สามารถกระจายตัวได้ดี เช่น ก๊าซ และละลายสารได้ดี จึงทำให้สามารถสกัดสารออกจากพืชได้ดีกว่าปกติ ก๊าซที่ใช้ในการสกัดสารจากพืชที่ นิยมกัน คือ CO_2 ซึ่งเมื่อสกัดสารเรียบร้อยแล้ว การเปลี่ยนสภาวะอุณหภูมิ และแรงดัน จะทำให้ CO_2 เปลี่ยนเป็นก๊าซ ทิ้งสารสกัดไว้ (ธันยกร อารีรัชชกุล, 2018)

2.3.1.9 **เทคนิคสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟ** (microwave extraction)

การใช้คลื่นไมโครเวฟซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นนี้จะเปลี่ยนไปเป็นความร้อนโดยการทำให้อนุภาคหรือโมเลกุลที่มีขั้วเสียดสีกัน และเกิดความร้อนขึ้นซึ่งมีผลต่อเซลล์พืช

และเกิดการสกัดออกมาของสารสำคัญ โดยการใช้คลื่นที่มีความถี่อยู่ในช่วง 3 x 102 ถึง 3 x 105 เมกะเฮิรตซ์ และความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.01 ถึง 1 เมตร ร่วมกับตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัดสารจากพืช โดยเมื่อนำสารที่จะสกัดไปวางอยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จากนั้นด้วยคุณสมบัติความเป็นขั้วของโมเลกุลภายในสารที่จะสกัดจะเกิดแรงต้านการเคลื่อนที่ทำให้เกิดความร้อนขึ้น ซึ่งมีผลต่อเนื้อเยื่อเซลล์ของสารสกัดและมีผลต่อการละลายของสาระสำคัญที่ต้องการ และด้วยคุณสมบัติของตัวทำละลายที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีลักษณะที่แตกต่างกันไป (อารีรัตน์ ชื่อดี, 2560)

2.3.1.10 **การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง** (ultrasonic extraction)

โดยใช้คลื่นความถี่สูง ระดับ 20 Khz คลื่นความถี่สูงนี้จะส่งผ่านน้ำเพื่อไปกระทบกับผนังเซลล์ของสมุนไพรให้เปิด และน้ำจะเป็นตัวทำละลายสาร ระบบการสกัดด้วยคลื่นความถี่ เหมาะกับสมุนไพรที่สารสำคัญสามารถสูญเสียไปกับความร้อนได้ มีความร้อนเกิดขึ้นไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส ซึ่งเกิดจากการที่คลื่นเสียงวิ่งผ่านน้ำ สารสกัดที่ได้จะถูกนำไปแยกเอาตัวทำละลายออก ด้วยเครื่อง evaporator (วิภาวรรณ, และคณะ 2561)

2.4 พืชสมุนไพรที่ใช้ในการทดสอบกับแมลงศัตรูพืช

การทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดจากพืชสมุนไพร ต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ จึงเป็นหนึ่งทางเลือกที่เป็นการใช้สารจากธรรมชาติ ในการควบคุมและป้องกันกำจัดแมลง จากรายงานของ Thanasirungkul, et, al., 2012 รายงานว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum* Hook. F.) เทียนข้าวเปลือก (*Anethum graveolens* Linn.) กานพลู (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry) และตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf) สามารถควบคุมมอดฟันเลื่อยได้ที่ความเข้มข้น 25 µl/L air โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 7.170 µl/L air และน้ำมันหอมระเหยเหล่านี้ยังสามารถฆ่าตัวเต็มวัยมอดแป้ง มอดหัวป้อม และด้วงงวงข้าวโพดได้มากกว่า 75% (วริยา ธนะศิรังกูล, และคณะ 2556) รวมถึง การใช้น้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิดนี้ที่เป็นสูตรน้ำมันหอมระเหยร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด มอดฟันเลื่อย และมอดแป้ง โดยวิธีการรม ในรูปของสารฆ่า พบว่า สูตรน้ำมันหอมระเหยที่อัตรา 3:1 (S3D1) มีประสิทธิภาพในการฆ่า ด้วงงวงข้าวโพด มอดฟันเลื่อย และมอดแป้ง โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 6.763, 3.558 และ 4.106 µl/L air (กวีวัฒน์, 2558) การทดลองครั้งนี้จึงนำ พืช 4 มาสกัดหยาบ โดยใช้วิธีการเคลือบเมล็ดต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยพืชแต่ละชนิดมีลักษณะทางพฤกศาสตร์ สรรพคุณทางยา และสาระสำคัญของแต่ชนิดดังนี้

2.4.1 **จันทน์แปดกลีบ** (นิรนาม ก., 2563)

ชื่อสามัญ: โป๊ยกั๊ก (star anise)

ชื่ออื่น ๆ: จันทน์แปดกลีบ (Chinese star anise)

ส่วนที่ใช้: ผลแก่

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Illicium verum* Hook. f.

ชื่อวงศ์: Illiciaceae

ลักษณะภายนอก: ผลเป็นกลีบรอบเป็นรูปดาว มี 5-13 พู ผลแห้งมีกลีบหนาแข็ง สีน้ำตาลเข้ม กว้าง 0.3-0.5 เซนติเมตร ยาว 1-2 เซนติเมตร หนา 0.6-1 เซนติเมตร ผิวนอกไม่เรียบ สีน้ำตาลแดง ก้านผลโค้ง ยาว 3-4 เซนติเมตร ติดที่ฐานผลตรงกลาง แต่มักหลุดไป แต่ละพูมีเมล็ด 1 เมล็ด ยาวประมาณ 6 มิลลิเมตร ผลมีกลิ่นหอม รสชาติเผ็ดร้อน และหวาน (ภาพที่ 2.4)

ภาพที่ 2.4 จันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum* Hook. f.)

สรรพคุณ: ผลใช้ขับลม เป็นยากระตุ้น ขับเสมหะ ต้านเชื้อแบคทีเรีย น้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค และใช้ผสมในยาผงสำหรับแก้หืด ผล ใช้แต่งกลิ่นอาหาร ยาสีฟัน ยาบ้วนปาก ลูกอม เครื่องดื่ม แต่งกลิ่นยา เป็นเครื่องเทศ

องค์ประกอบทางเคมี: น้ำมันหอมระเหยร้อยละ 5 ประกอบด้วย trans-anethole เป็นองค์ประกอบหลัก 80-90%

การศึกษาทางเภสัชวิทยา: ขับลม ขับเสมหะ มีรายงานว่า anethole ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักมีคุณสมบัติฆ่าแมลง และมีฤทธิ์เหมือนกับฮอร์โมนเอสโตรเจน

การศึกษาทางพิษวิทยา: การใช้น้ำมันหอมระเหย ถ้าใช้มากกว่า 4% อาจทำให้เกิดการแพ้ที่ผิวหนัง มีรายงานว่า anethole ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันโป๊ยกั๊กทำให้เกิดผิวหนังอักเสบได้

2.4.2 **กานพลู** (นิรนาม ข., 2563)

ชื่อสามัญ: กานพลู (Clove)

ชื่ออื่น ๆ: จันจี่ (เหนือ) ดอกจันทร์

ส่วนที่ใช้: ดอกตูม (ดอกที่โตเต็มที่ แต่ยังไม่บาน)

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry)

ชื่อวงศ์: Myrtaceae

ลักษณะภายนอก: ดอกตูม ยาว 1-2 เซนติเมตร สีน้ำตาลแดงถึงน้ำตาลดำ ส่วนล่างของดอก มีลักษณะแข็ง ทรงกระบอก ที่มีความแบนทั้ง 4 ด้าน มีกลีบเลี้ยงติดอยู่ 4 อัน รูปสามเหลี่ยม อยู่สลับหว่างกับกลีบดอก 4 กลีบ ลักษณะเป็นแผ่นบางรวมอยู่ตรงกลาง ผงยามีสีน้ำตาลเข้ม กลิ่นเฉพาะ หอมแรง เป็นยาร้อน มีรสเผ็ดร้อน (ภาพที่ 2.5)

ภาพที่ 2.5 กานพลู *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry)

สรรพคุณ: ดอก รสเผ็ด กระจายเสมหะ แก้เลือดออกตามไรฟัน แก้ปวดฟัน ดับกลิ่นปาก เป็นยาฆ่าเชื้อ น้ำมันกานพลู เป็นยาชาเฉพาะที่ แต่งกลิ่นอาหาร แต่งกลิ่นสบู่ ยาสีฟัน ดับกลิ่นปาก ดับกลิ่นเหล้า ไล่ยุง

องค์ประกอบทางเคมี: กานพลูมีน้ำมันระเหยง่าย 14-23% ของน้ำหนักแห้ง มีองค์ประกอบหลักเป็นสารชื่อ “ยูจีนอล” (eugenol) ปัจจุบันนำมาใช้ทางทันตกรรม และใช้แก้ปวดฟัน น้ำมันหอมระเหย ประกอบด้วยสาร eugenol 60-95%

การศึกษาทางเภสัชวิทยา: ฤทธิ์ระงับปวด, ฤทธิ์ต้านการอักเสบ, ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย, ฤทธิ์ต้านเชื้อรา, ฤทธิ์ระงับความรู้สึก

การศึกษาทางพิษวิทยา: การทดสอบพิษเฉียบพลันของสารสกัดดอกด้วยเอทานอล 50% โดยให้หนูกินในขนาด 10 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ตรวจไม่พบอาการเป็นพิษ แต่เมื่อให้โดยการฉีดเข้าใต้ผิวหนังหนู พบว่าขนาดที่ทำให้สัตว์ทดลองตายครึ่งหนึ่งคือ 6.184 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

2.4.3 **เทียนข้าวเปลือก** (นิรนาม ค., 2563)

ชื่อสามัญ: เทียนข้าวเปลือก (Sweet Fennel)

ชื่ออื่น ๆ: ยี่หร่าหวาน เทียนแกลบ

ส่วนที่ใช้: ผลแก่ แห้ง

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Foeniculum vulgare* Miller subsp. var. vulgare

ชื่อวงศ์: Umbelliferae

ลักษณะภายนอก: ผลแห้ง รูปขอบขนาน ด้านข้างค่อนข้างแบน ไม่มีขน ผิวเรียบ เมล็ดหรือซีกผลมีลักษณะด้านนอกนูน ด้านในที่ประกบกันของเมล็ดหรือด้านแนวเชื่อมค่อนข้างแบนหรือเว้าเล็กน้อย ด้านที่นูนมีสันตามแนวยาวของเมล็ดจำนวน 3 เส้น ด้านแนวเชื่อม 2 เส้น สันมีลักษณะยื่นนูนจากผิวเด่นชัด เมล็ดมีสีน้ำตาล ขนาดกว้าง 1.1-2.5 มม. ยาว 3.6-8.4 มม. ดูคล้ายข้าวเปลือก เมื่อบดเป็นผงมีสีน้ำตาลอมเหลืองถึงน้ำตาลอมเขียว กลิ่นหอมเฉพาะตัว รสหวาน และเผ็ดร้อน (ภาพที่ 2.6)

ภาพที่ 2.6 เทียนข้าวเปลือก *Foeniculum vulgare* Miller subsp. var. vulgare

สรรพคุณ: เป็นยาบำรุงกำลัง ขับเสมหะ แก้ชีพจรอ่อนหรือพิการ อาหารไม่ย่อย แก้ลมวิงเวียน แก้อาการหน้ามืด ตาลาย ใจสั่น อาเจียน แก้ลมจุกแน่นในท้อง

องค์ประกอบทางเคมี: น้ำมันระเหยง่าย 1.5-8.6% เรียกว่า น้ำมันเทียนข้าวเปลือก น้ำมันนี้มี trans-anethole อยู่ในปริมาณสูง

การศึกษาทางเภสัชวิทยา: ยับยั้งการเกิดสารก่อกลายพันธุ์ บำรุงร่างกาย ยับยั้งการเจริญของเนื้องอก ระงับอาการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบในสัตว์ทดลอง ต้านเชื้อแบคทีเรีย

การศึกษาทางพิษวิทยา: การทดสอบพิษเฉียบพลันของสารสกัดผลด้วยเอทานอล 50% โดยให้หนูกินในขนาด 16 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ฉีดเข้าใต้ผิวหนังหนู ในขนาด 10 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ไม่ตรวจพบอาการเป็นพิษ

2.4.4 **ตะไคร้บ้าน** (นิรนาม ง., 2563)

ชื่อสามัญ: ตะไคร้บ้าน (lemon grass)

ชื่ออื่น ๆ: ตะไคร้แกง

ส่วนที่ใช้: ลำต้นและใบแห้ง

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Cymbopogon citratus (DC.) Stapf*

ชื่อวงศ์: Graminae

ลักษณะภายนอก: ลำต้นรูปทรงกระบอก แข็ง เกลี้ยง ตามปล้องมักมีไขปกคุลม เหง้ามีข้อและปล้องสั้นมาก กาบใบสีขาวนวล หรือสีขาวปนม่วง รสปร่า มีกลิ่นหอมเฉพาะ (ภาพที่ 2.7)

ภาพที่ 2.7 ตะไคร้บ้าน *Cymbopogon citratus (DC.) Stapf*

สรรพคุณ: ต้น มีกลิ่นหอมเฉพาะ ขับลม ลดอาการท้องอืดท้องเฟ้อแน่นจุกเสียด แก้อาการเกร็ง ขับเหงื่อ แก้โรคทางเดินปัสสาวะ แก้อาการขัดเบา แก้ไข้หวัด ขับประจำเดือน

องค์ประกอบทางเคมี: องค์ประกอบหลักคือ สาร citral ประมาณ 80%

การศึกษาทางเภสัชวิทยา: ฤทธิ์แก้ปวด, ฤทธิ์ต้านจุลชีพ

การศึกษาทางพิษวิทยา: 1. ทดสอบในสัตว์ทดลอง ให้ในขนาด 20 เท่า ของขนาดที่ใช้เป็นอาหารในคน ไม่พบอาการพิษ

2.5 การเคลือบเมล็ดพันธุ์

โดยทั่วไปการเคลือบเมล็ดพันธุ์ในปัจจุบันมีวัตถุประสงค์เพื่อ เพิ่มคุณภาพเมล็ดพันธุ์โดยการเพิ่มฮอร์โมนหรือธาตุอาหาร เพื่อการสังเกตุได้ง่ายเมื่ออยู่ในแปลงปลูก การสร้างความเป็นเอกลักษณ์ของเมล็ดพันธุ์เพื่อใช้จำแนกแหล่งที่มา ชนิด พันธุ์พืช หรือระบุความเป็นเจ้าของ โดยทั่วไปการสร้างเอกลักษณ์ของเมล็ดพันธุ์ทำได้โดยการเคลือบสี (Welbaum, 1997) การเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยสีที่มีลักษณะเด่นชัด เคลือบเพื่อการใช้สารเคมีในปริมาณที่น้อยลง ไม่ทำให้หลุดร่วงในระหว่างการปลูก เพื่อลดการฟุ้งกระจายของสารเคมีที่อาจเป็นอันตรายต่อเกษตรกรผู้ปลูกเมล็ดพันธุ์ ลดขั้นตอนการเตรียมเมล็ดพันธุ์โดยการคลุกสารก่อนปลูก รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้การเคลือบด้วยฮอร์โมนพืชบางชนิดสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้ (พจนา สีขาว, 2559) การเคลือบเมล็ดพันธุ์ ยังหมายถึงการสะสมของสารในลักษณะ

บางเบาและมีความหนาอย่างสม่ำเสมอจนเป็นเยื่อบางเกาะติดแน่น ไม่หลุดร่วงคลุมรอบเมล็ดพันธุ์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเมล็ด (ภาณี และคณะ, 2540) ซึ่งมีการพัฒนาเครื่องมือและขั้นตอนมาจากอุตสาหกรรมการเคลือบยาโดยใช้พอลิเมอร์ที่มีความเหนียวและมีส่วนผสมของสารออกฤทธิ์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นวิธีการปรับปรุงการปฏิบัติต่อเมล็ดที่ใช้กันมากในธุรกิจเมล็ดพันธุ์ โดยสารที่เคลือบเมล็ดจะต้องไม่ทำให้เมล็ดมีรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงไปและมักจะใช้ร่วมกับสารป้องกันโรคและแมลง ธาตุอาหารพืช และสารประกอบอื่น ๆ ที่มีผลโดยตรงต่อเมล็ดพันธุ์ (Copeland and McDonald, 2001) นอกจากนี้ยังมีการเคลือบเพื่อเพิ่มฮอร์โมน (Greipsson, 2001) จากการศึกษาของ ผดุงขวัญ และคณะ 2551 ศึกษาการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดโดยใช้พอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ พอลิเมอร์ที่ศึกษาได้แก่ อนพันธ์ของเซลลูโลส และ ไวนิลไพโรลิโดน และตัวทำละลายที่เลือกใช้คือ น้ำ และ แอลกอฮอล์ ประเมินความหนืด ความเป็นกรดด่าง และลักษณะผิวของเมล็ด พบว่าชนิดของพอลิเมอร์มีผลต่อความหนืดและความเป็นกรดด่าง พอลิเมอร์ทั้ง 2 ชนิด สามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบได้ และเมล็ดที่เคลือบด้วยไวนิลไพโรลิโดนมีลักษณะผิวเรียบและมีความวาวมากกว่า

2.5.1 **เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์**

เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ใน ปัจจุบันต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงมาก และมีข้อจำกัดในการซ่อมบำรุง เป็นเหตุให้การเคลือบเมล็ดพันธุ์ไม่แพร่หลาย จึงเป็นแรงกระตุ้นให้มีการคิดค้นและพัฒนาสร้างเครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์ รุ่นต่าง ๆ เพื่อให้มีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์โดยการเคลือบเมล็ดแพร่หลายมากขึ้น เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์มี 2 ประเภท คือ เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบพ่นฝอย และเครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบจานหมุน (การเคลือบเมล็ดพันธุ์, 2563)

2.5.2 **องค์ประกอบของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์**

1) สารออกฤทธิ์ (active ingredient) สารออกฤทธิ์ที่เลือกใช้จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเคลือบ ซึ่งสารออกฤทธิ์ที่นิยมใช้ ได้แก่ สารป้องกันกำจัดเชื้อรา สารป้องกันกำจัดแมลง ธาตุอาหาร ฮอร์โมน และสารเร่งการเจริญเติบโต ซึ่งมักใช้ร่วมกับพอลิเมอร์ที่มีลักษณะเหนียวเพื่อใช้เป็นสารยึดเกาะให้สารออกฤทธิ์ติดกับเมล็ดพันธุ์ได้เป็นอย่างดี จากการทดลองของภาณี และคณะ (2540) พบว่าเมล็ดฟักทองที่เคลือบด้วย Captan ไม่มีการปนเปื้อนจากเชื้อราและมีความงอกสูงกว่าเมล็ดปกติ และ Ester et al. (2003) พบว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์กะหล่ำปลีขาวและกะหล่ำดอกด้วยสารป้องกันแมลง Imidacloprid ในอัตรา 24-48 g a.i. ต่อ 100,000 เมล็ด ช่วยป้องกันการทำลายของด้วงเต่าและเพลี้ยกะหล่ำ และการใช้ Spinosad อัตรา 70 g a.i. ต่อ 100,000 ช่วยป้องกันการทำลายของหนอนแมลงเจาะรากกะหล่ำและหนอนผีเสื้อได้ Qiu et al. (2005) เคลือบเมล็ด rape ด้วยสาร Uniconazole ซึ่งเป็น plant growth retardant พบว่าช่วยให้รากมีความแข็งแรง มีการตั้งตัวและการเจริญเติบโตของต้นกล้าดีขึ้น

2) สารยึดเกาะ (binder) เป็นสารที่เติมลงไปในตำรับสารเคลือบเพื่อให้สารออกฤทธิ์ต่าง ๆ ยึดเกาะติดไปกับเมล็ดพันธุ์ได้ดีขึ้นเพราะถ้าหากสารออกฤทธิ์ต่าง ๆ หลุดร่วง ก็จะทำให้มีการออกฤทธิ์ลดลง และสารยึดเกาะยังสามารถใช้ในการปรับการผ่านเข้าออกของน้ำได้ เพราะหากมีเฉพาะพอลิเมอร์ อาจทำให้น้ำผ่านเข้าสู่เมล็ดไม่ได้ การงอกจะไม่เกิดขึ้น (Pamuk, 2004) ซึ่งการเลือกใช้สารยึดเกาะนั้น ควรคำนึงถึงการเข้ากันได้ระหว่างสารยึดเกาะที่ใช้กับองค์ประกอบอื่นของสารเคลือบ ซึ่งต้องให้แรงยึดเกาะที่เพียงพอ สำหรับสารที่ไม่มีคุณสมบัติยึดเหนี่ยวกันเลยนั้น ถ้าเอามาทำสารเคลือบ ควรเลือกใช้สารยึดเกาะที่มีแรงยึดเกาะสูง ชนิดของสารยึดเกาะ ได้แก่ starch, pregelatinized starch, gelatin, sugar, acacia, tragacanth, polyvinylpyrrolidone (PVP หรือ Kollidon), methylcellulose (MC), sodium carboxymethylcellulose, ethylcellulose, hydroxypopylmethyl cellulose (HPMC), polyacrylamides, polyvinyloxoazolidones, polyethylene glycol, precirol (เพียรกิจ, 2530) ซึ่งสารยึดเกาะที่นิยมใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ gelatin และ HPMC แต่การใช้ HPMC เป็นสารยึดเกาะในการเคลือบเมล็ดพันธุ์แตงกวามีผลต่อความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ ดังนั้น gelatin จึงนิยมใช้เป็นสารยึดเกาะในการเคลือบเมล็ดพันธุ์แตงกวามากกว่า

3) ตัวทำละลาย (solvent) ตัวทำละลายคือ ของเหลวที่ระเหยได้ซึ่งใช้ในสารเคลือบเพื่อละลายสารยึดที่เป็นของแข็งหรือที่มีความหนืดสูงให้ได้เป็นเนื้อเดียวกัน นอกจากนี้หน้าที่ของตัวทำละลายคือ ไปละลายหรือทำให้เกิดการกระจายตัวของพอลิเมอร์และสารเติมต่าง ๆ แล้วพาสารเหล่านี้ไปยังผิวของเมล็ดพันธุ์ที่จะเคลือบ (ปราโมทย์ ทิพย์ดวงตา, 2534) ตัวทำละลายที่ดีควรจะมีความสามารถละลายหรือทำให้เกิดการกระจายตัวของพอลิเมอร์และส่วนประกอบอื่น ๆ ในสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ได้ จะต้องไม่มีความหนืดมากเกินไป เพราะจะก่อให้เกิดปัญหาในกระบวนการผลิต ควรเป็นสารที่มีอัตราการทำให้แห้งเร็วและไม่เกิดมลภาวะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ตัวทำละลายที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ น้ำ, ethanol, methanol, isopropanol, chloroform, acetone, methyl ethyl ketone และ methyl chloride (ปราโมทย์ ทิพย์ดวงตา, 2534; อรอนงค์ กิตติพงษ์พัฒนา, 2548)

4) พลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) เป็นสารที่เติมลงไปในตำรับของสารเคลือบเพื่อให้ได้ลักษณะของฟิล์มที่ต้องการ ทำให้ฟิล์มที่ได้มีความอ่อนตัว และความยืดหยุ่นดี มีความทนทานสูง มีการยึดเกาะกับสารอื่นได้ดี (ปราโมทย์ ทิพย์ดวงตา, 2534; อรอนงค์ กิตติพงษ์พัฒนา, 2548) สอดคล้องกับ พิสิทธิ์ และภารุณี (2535) ได้อธิบายว่าพลาสติกไซเซอร์เป็นสารที่ใส่ลงไปเพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพในด้านความยืดหยุ่น (flexibility) ของฟิล์ม พลาสติกไซเซอร์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดมักจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่มีการปรับสภาพ ดังนั้นสารที่มีหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุล เช่น polyols (glycerol, propylene glycol และ polyethylene glycols) จะ

เป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ดีที่สุดให้กับพอลิเมอร์ในกลุ่ม water-soluble cellulose ethers ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลในสัดส่วนที่มาก ในทางตรงกันข้าม สารกลุ่ม organic esters (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง citric acid และ phthalic acids) จะเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ดีที่สุดให้กับพอลิเมอร์กลุ่ม cellulose ethers ที่มีขั้วน้อยกว่า (ได้แก่ cellulose acetate phthalate และ hydroxypropylmethylcellulose phthalate) (อรอนงค์ กิตติพงษ์พัฒนา, 2548)

5) สี (colorants) ใช้เพื่อช่วยให้เมล็ดพันธุ์ที่เคลือบมีความสวยงามเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ง่ายต่อการจดจำของเกษตรกรผู้ใช้เมล็ดพันธุ์และบ่งบอกว่าเป็นเมล็ดพันธุ์ที่จะนำไปใช้เพาะปลูกไม่ควรนำไปบริโภคหรือเลี้ยงสัตว์ สีที่ใช้ควรเป็น pigments หรือ insoluble dyes ที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ใช้ เพราะตัวทำละลายที่ใช้จะระเหยได้เร็ว ถ้าใช้สีที่ละลายในตัวทำละลายได้ ก็จะทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับการย้ายที่ของสีทำให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีสีไม่สม่ำเสมอ (พิสิทธิ์และภารุณี, 2535)

6) สารเติมแต่ง (additives) เป็นสารที่มีคุณสมบัตินอกจากที่กล่าวข้างต้น เช่น สารห่อหุ้มและเพิ่มความเนียน (opaquant extenders) เป็นสารอนินทรีย์ที่มีผงละเอียดมาก ใช้เพื่อช่วยลดปริมาณของสี เพราะสีมีราคาแพง แต่จะใช้เฉพาะเมื่อไม่ต้องการให้ฟิล์มโปร่งแสงเท่านั้น และยังช่วยให้ได้สีที่มีความเข้มต่างๆ สารห่อหุ้มและเพิ่มความเนียนที่ใช้กันมากที่สุดคือ Titanium dioxide เพราะทำให้ขาวและสะท้อนเป็นเงาสวย นอกนั้นก็มี silicate (talcum, aluminum silicate), carbonate (magnesium carbonate), sulfate (calcium sulfate), oxides (magnesium oxide) และ hydroxide (aluminium hydroxide) (พิสิทธิ์ และภารุณี, 2535; ปราโมทย์ ทิพย์ดวงตา, 2534; อรอนงค์ กิตติพงษ์พัฒนา, 2548)

2.5.3 การใช้สารสมุนไพรเคลือบเมล็ดพันธุ์

การใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรเพื่อการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์จะเป็นวิธีการทางเลือกที่น่าสนใจในภาคอุตสาหกรรมการเกษตรได้ จากการศึกษาของสุปราณี และคณะ (2556) ศึกษาผลของสารอินทรีย์คลุกเมล็ดพันธุ์ที่มีต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของต้นอ่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สังเคราะห์ เบอร์ 24 โดยมี 8 ทรีตเม้นต์ เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ใน ถุงพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง (25±2) และความชื้นสัมพัทธ์ (70±2%) เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าความงอกของเมล็ดลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา และที่ 6 เดือนหลังการเก็บรักษานั้นการใช้น้ำมันสบู่ดำอัตรา 5.0 มิลลิลิตรต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัมคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ KS. 24 ให้ความงอกสูงที่สุดเฉลี่ย 66.0% และจากรายงาน การศึกษาผลของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่มีต่อความงอก ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษา ระยะเวลาเก็บรักษาและสารเคลือบเมล็ดพันธุ์มีผลต่อความชื้นและเปอร์เซ็นต์ความงอก โดยการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ห้องควบคุมอุณหภูมิให้ความงอกสูงกว่า

การเก็บรักษาเมล็ดไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยเมล็ดข้าวโพดที่เคลือบด้วยสารอินทรีย์ให้ ความงอก (กระดาษ) เฉลี่ยเท่ากับ 78.46-93.13% (สุปราณี และคณะ 2558) จากการทดสอบของ รุ่งอรุณ และคณะ 2554 การเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู, โหระพา, สะระแหน่, กานพลูร่วมกับโหระพา, กานพลูร่วมกับสะระแหน่ และโหระพาร่วมกับสะระแหน่ ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา พบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* และ *Rhizopus* sp. โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 60.87, 83.92 และ 81.25% ตามลำดับ นอกจากนี้เมล็ดที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูและโหระพาอัตราส่วน 2:3 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าชุดควบคุม

2.6 การใช้พืชสมุนไพรในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช

ปัจจุบันการนำพืชสมุนไพรมาใช้ประโยชน์ในการเป็นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรู หรือโรคพืช ทดแทนการใช้สารเคมี ทั้งในรูปน้ำมันหอมระเหย หรือสารสกัดหยาบ ได้ผลดีไม่แตกต่างจากการใช้สารเคมี เนื่องจากสารจากธรรมชาติเหล่านี้มีคุณสมบัติในการเป็นสารป้องกำจัดหรือยับยั้งแมลงศัตรูพืช จากรายงานของ สุภาณี และคณะ (2545) ได้ทดสอบการใช้น้ำมันหอมระเหยจากกระทือ (*Zingiber zerumbet*) และผกากรอง (*Lantana camara*) ที่สกัดด้วยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ (stream distillation) และน้ำมันสะเดา (*Azadirachta indica*) สกัดด้วยเฮกเซน ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*) โดยวิธีการสัมผัสตายด้วยวิธี residual film test พบว่ามีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.099, 0.338 และ 1.059% ตามลำดับ และสามารถยับยั้งการวางไข่โดยการใช้สารคลุกเมล็ด พบว่าน้ำมันสะเดามีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 3.149% ในขณะที่ กันยารัตน์ และคณะ (2556) พบว่าสารสกัดจากพืช 10 ชนิด ได้แก่ เมล็ดผักชี ตะไคร้ มะกรูด และพริกไทยดำ สกัดด้วยวิธีการต้มกลั่น (hydrodistillation; HD) โหรพา พลู ทองหลาง ช้าพลู ขึ้นฉ่ายและกระเทียม สกัดโดยการกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction; SDE) ต่อการขับไล่ด้วงงวงข้าวโพด พบว่าการขับไล่ด้วงงวงข้าวโพดที่ความเข้มข้น 8 µl/cm^2 พบว่าสารสกัดจากตะไคร้ มะกรูด พริกไทยดำ และพลู มีประสิทธิภาพในการไล่ได้ 80-100% สำหรับการทดสอบที่ใช้ตัวทำละลายต่าง ๆ นั้น Kim et al. (2003) ศึกษาสารสกัดจากจากพืช 30 ชนิด ที่สกัดด้วย methanol และน้ำมันหอมระเหย 5 ชนิด ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวและด้วงถั่วเหลือง โดยวิธีการสัมผัสและการรม พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย มะรุม และมัสตาร์ด สามารถฆ่าแมลงได้ 90% และสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบและเทียนข้าวเปลือก สามารถฆ่าแมลงได้ 100% ภายใน 2 วันหลังจากทำการทดสอบ นอกจากนี้ ฤชุอร และ ทศพร (2560) รายงานการใช้น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดผักชี ใบมะกรูด ใบสะระแหน่ ต้นขึ้นฉ่าย และใบกะเพรา ในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว โดยวิธีการรมและการยับยั้งการวางไข่ด้วยวิธี Vapor-Phase Test พบว่าน้ำมันหอมระเหยขึ้นฉ่ายที่ 100,000 ppm มีประสิทธิภาพใน

การฆ่าด้วงถั่วเขียวดีที่สุด 97.5% ที่ 72 ชั่วโมง และน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ที่ 100,000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ดีที่สุด สามารถยับยั้งได้ 28.75% ส่วนการทดสอบการใช้น้ำมันหอมระเหยต่อแมลงในโรงเก็บชนิดต่าง ๆ เช่น กนกอร และคณะ (2559) ศึกษาความเป็นพิษของน้ำมันจากพริกไทยดำ ขมิ้นชัน กานพลู ตะไคร้หอม สะเดาช้าง และผักเสี้ยนผี ต่อด้วงงวงข้าวโพด พบว่าน้ำมันกานพลูสามารถฆ่าด้วงงวงข้าวโพดได้ดีที่สุด โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 10.1 µL/L ซึ่งสอดคล้องกับ Jairoce et al. (2016) ที่รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (*S. aromaticum*) ที่สกัดด้วยวิธี Hydrodistillation ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเขียว พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีประสิทธิภาพฆ่าด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเขียว 100% ที่เวลา 48 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 17.9 และ 35.0 µL/g ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียวและด้วงงวงข้าวโพดได้ดี โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 9.45 และ 10.15 µL/g ตามลำดับ การใช้ดินเบาเพิ่มประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยส้มโอในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ 3 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าว ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ทดสอบความเป็นพิษ ด้วยวิธี impregnated filter paper พบว่าน้ำมันหอมระเหยส้มโอมีระดับความเป็นพิษ (LC_{50}) ต่ำที่สุด ที่ 72 ชั่วโมง ต่อด้วงงวงข้าว (LC_{50} = 21,758 ppm) รองลงมา คือ มอดแป้ง (LC_{50} = 39,665 ppm) และด้วงงวงข้าวโพด (LC_{50} = 43,315 ppm) ตามลำดับ (ฤชุอร และ สุพรรณี, 2558) และจากรายงานของ กฤติมา และคณะ 2561 ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 4 ชนิด ได้แก่ จันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum*), เทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare*), กานพลู (*Syzygium aromaticum*) และตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus*) ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) โดยวิธีการสัมผัสตาย พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบและกานพลูที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเหลืองสูงกว่าด้วงงวงข้าวโพด โดยมีค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 0.013-0.014 และ 0.131-0.232 µl/cm^2 ตามลำดับ

สำหรับการทดสอบด้วยการรมนั้น วริยา และคณะ (2556) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum*) กานพลู (*Syzygium aromaticum*) เทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare*) และตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus*) มีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหัวป้อม และมอดฟันเลื่อย โดยวิธีการรม สามารถฆ่าแมลงในโรงเก็บได้มากกว่า 75%

นอกจากนี้ยังมีรายงานประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำมันหอมระเหยหรือสารสกัดจากพืชที่เกี่ยวข้องในการควบคุมแมลงชนิดต่าง ๆ อีกมาก เช่น Priyanka and Srivastava (2012) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากเทียนข้าวเปลือก (*Funiculum vulgare*) สาหร่ายเกลียวทอง (*Hedychium spicatum*) สบู่ดำ (*Jatropha curcas*) พริกไทยดำ (*Piper nigrum*) กานพลู

(*Syzygium aromaticum*) และหญ้าแฝก (*Vetiveria zizanioides*) ต่อการเจริญเติบโตหนอนวัย 3 ของหนอนกระทู้ผัก พบว่าที่ความเข้มข้น 1 และ 2% ของน้ำมันหอมระเหยจากเทียนข้าวเปลือกและหญ้าแฝก มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้ผักได้ 100% รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้ผักได้ 93.3% โดยที่ Prakash et al. (2008) รายงานว่าสารสกัดสะเดา น้ำมันเมล็ดสะเดา ใบตะไคร้บ้าน และหญ้ายุ้งฉาง มีผลการยับยั้งกิน และการพัฒนาการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยแมลงศัตรูในนาข้าว ได้แก่ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียว และเพลี้ยกระโดดหลังขาว ในแปลงข้าวนาปรัง รายงานประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้บ้านที่น่าสนใจเช่นกันคือ รายงานของ Sainath (2016) ที่พบว่าว่าน้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัสและตะไคร้บ้าน ทดสอบใน six-way olfactometer ที่ความเข้มข้น 10 µl มีประสิทธิภาพการไล่ตัวเมียของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ดี ขณะที่ Sharaby (1987) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้าน สามารถยับยั้งการวางไข่ ยังยั้งการกิน ต่อหนอนกระทู้หอมได้ดีที่ความเข้มข้น 2% ส่วนรายงานอื่น ๆ เช่น Claudia (2014) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากมิ้นต์ป่า ยูคาลิปตัส ต้นทีทรี ส้มเช้ง เกรปฟรุต เลมอน ต้นสน ต้นเฟอร์) จันทน์แปดกลีบ ตะไคร้ กานพลู และลิทเชีย ด้วยวิธีการ Y-tube-olfactometer ต่อด้วง pollen beetle (*Meligethes* spp.) ผลการทดลองพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากมิ้นต์ป่า ตะไคร้ และลิทเชียสามารถขับไล่ด้วง pollen beetle ได้ดี

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 การเตรียมสารสกัดจากพืช

1. กลีบดอกแห้งของจันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum*)
2. ดอกตูมแห้งของกานพลู (*Syzygium aromaticum*)
3. เมล็ดแห้งของเทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare*)
4. ต้นและใบแห้งของตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus*)
5. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. เครื่องปั่นละเอียด
7. ออโตปิเปต (autopipette)
   -ออโตปิเปต (autopipette) ขนาด 1 มิลลิลิตร
   -ออโตปิเปต (autopipette) ขนาด 5 มิลลิลิตร
   -ออโตปิเปต (autopipette) ขนาด 10 มิลลิลิตร
8. สารละลายชนิดต่าง ๆ ได้แก่
   hexane
   acetone
   ethanol
9. ขวดโหลแช่สาร ขนาด 4 ลิตร
10. ผ้าขาวบาง
11. กระดาษกรอง (Whatman® เบอร์ 1)
12. เครื่องลดปริมาตรอุณหภูมิต่ำ (Rotary Evaporator) รุ่น R 300 (บริษัท BUCHI)
13. บีกเกอร์
14. แท่งแก้ว
15. ขวดเก็บสารสกัดหยาบ ขนาด 10 มิลลิลิตร

3.1.2 การเพาะเลี้ยงแมลงในโรงเก็บ

3.1.2.1 ด้วงงวงข้าวโพด

1. ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*)
2. กล่องเลี้ยงแมลง ขนาด 27×18×10 เซนติเมตร

3. เมล็ดข้าวโพดหวานลูกผสม พันธุ์ชัยนาท 2

4. พู่กัน สำหรับเขี่ยด้วงงวงข้าวโพด

3.1.2.2 **ด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลือง**

1. ด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*)

2. ด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*)

3. เมล็ดถั่วเขียวผิวมัน พันธุ์กำแพงแสน 2

4. เครื่องดูดแมลง (aspirator)

5. ขวดแก้วขนาด 230 มิลลิลิตร

3.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการสัมผัส

3.1.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ กานพลู เทียนข้าวเปลือก และตะไคร้บ้านต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ

1. สารสกัดชนิดต่าง ๆ

2. ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง

3. จานเพาะเชื้อ (petri dish)

4. กระดาษกรอง (Whatman® เบอร์ 1)

5. เครื่องดูดแมลง (aspirator)

6. พาราฟิล์ม

7. ออโตปิเปต (autopipette)

-ออโตปิเปต (autopipette) ขนาด 1 มิลลิลิตร

-ออโตปิเปต (autopipette) ขนาด 5 มิลลิลิตร

-ออโตปิเปต (autopipette) ขนาด 10 มิลลิลิตร

8. พู่กันสำหรับเขี่ยด้วงงวงข้าวโพด

9. กระดาษป้ายชื่อ

10. อุปกรณ์อื่น ๆ สำหรับจรวจนับแมลง เช่น ปากกา ดินสอ สมุด

3.1.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

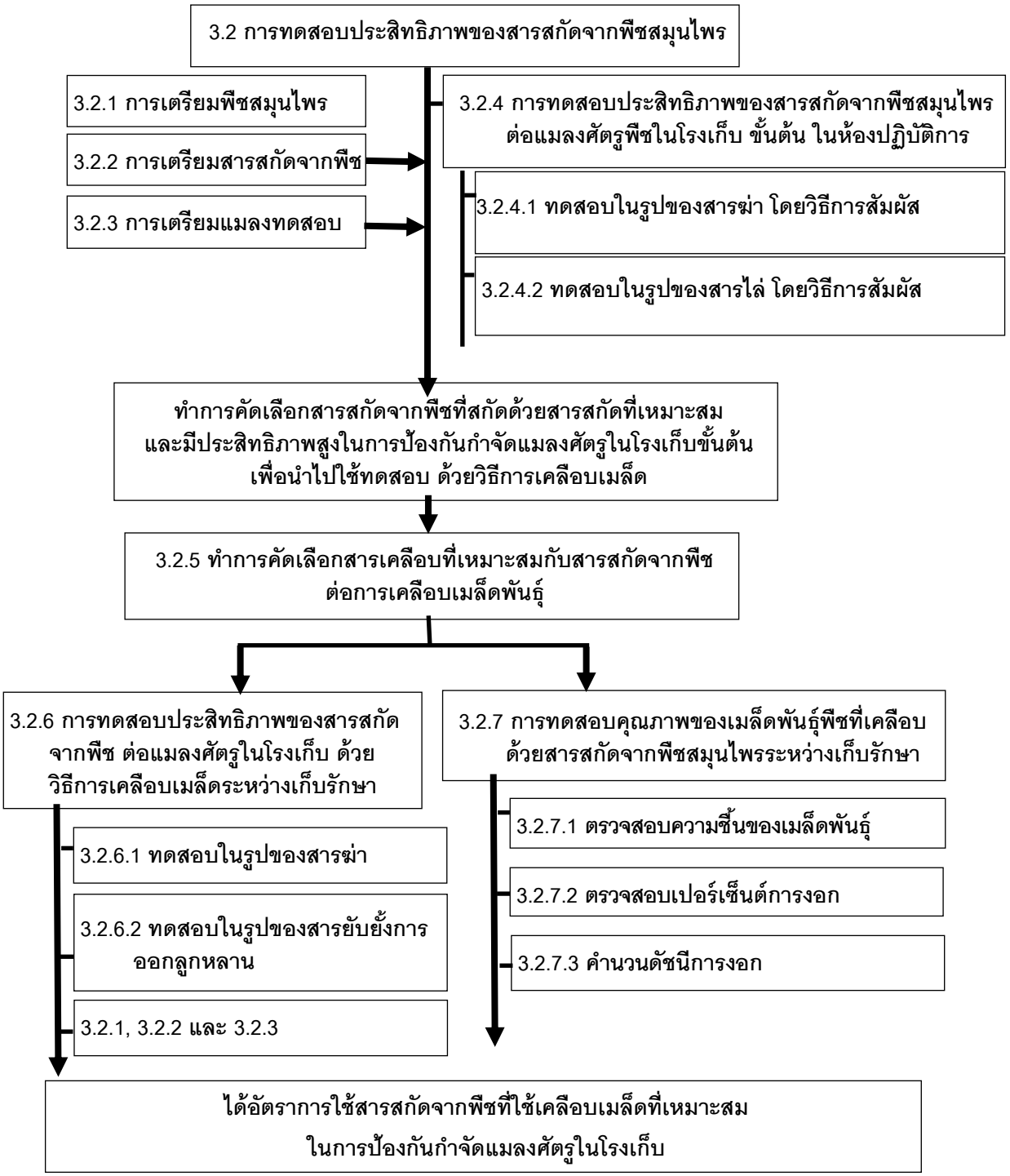
3.1.4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลูต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ และการตรวจสอบคุณภาพเมล็ด

1. สารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู
2. สารชนิดต่าง ๆ เพื่อเตรียมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์
   - Methy Cellulose (MC)
   - Polyethylene glycol 6000 (PEG6000)
   - Titanium dioxide
   -สีทางการค้า
3. สารฆ่าแมลง (Fipronil)
4. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด
5. เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว
6. เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์ระบบจานหมุน รุ่น RRC150 ยี่ห้อ Rhino Research Technologies (RRT)
7. ไซริงค์ (syringe)
   -ไซริงค์ (syringe) ขนาด 5 มิลลิลิตร
   -ไซริงค์ (syringe) ขนาด 10 มิลลิลิตร
   -ไซริงค์ (syringe) ขนาด 20 มิลลิลิตร
8. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
9. แท่งแก้ว
10. น้ำกลั่น
11. ขวดแก้วขนาด 55 มิลลิลิตร
12. ผ้าขาวบาง
13. หนังยาง
14. ออโตปิเปต (autopipette)
   -ออโตปิเปต (autopipette) ขนาด 1 มิลลิลิตร
   -ออโตปิเปต (autopipette) ขนาด 5 มิลลิลิตร
   -ออโตปิเปต (autopipette) ขนาด 10 มิลลิลิตร
15. พู่กันสำหรับเขี่ยด้วงงวงข้าวโพด
16. ตู้เพาะเมล็ดพันธุ์
17. กระป๋องอลูมิเนียมสำหรับอบเมล็ด

18. ถุงอลูมิเนียมฟรอยด์
19. เครื่องซีล
20. เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์
21. กล่องพลาสติกเก็บเมล็ดขนาด 22×31×13 เซนติเมตร
22. กล่องพลาสติกสำหรับการเพาะงอกขนาด 18×27×5 เซนติเมตร
23. ครก+สาก
24. กระดาษเพาะเมล็ดพันธุ์
25. ปากคีบ (forcep)
26. กระจกรองวางเมล็ด
27. ตู้เย็น
28. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
29. อุปกรณ์อื่น ๆ สำหรับตรวจนับแมลง เช่น ปากกา ดินสอ สมุด
30. กระดาษป้ายชื่อ

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด สามารถสรุปได้ตามภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนการดำเนินงานการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการสัมผัส และการเคลือบเมล็ด

3.2.1 **การเตรียมพืชสมุนไพร**

การคัดเลือกพืชสมุนไพรที่ใช้การทดลองเพื่อควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บรวมทั้งหมด 4 ชนิด (ตารางที่ 3.1) โดยมีแนวทางในการคัดเลือกมาจากการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมา ที่มีการนำพืชสมุนไพรเหล่านี้มาใช้ทดสอบประสิทธิภาพกับแมลงในโรงเก็บในรูปน้ำมันหอมระเหยจากพืช

ตารางที่ 3.1 สารสกัดจากพืชสมุนไพรที่ใช้ในการทดสอบเพื่อควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ

วงศ์/ชื่อวิทยาศาสตร์	**ชื่อสามัญ**	**ชื่อภาษาไทย**	**ส่วนของพืช**
ILLICIACEAE			
1. *Illicium verum* Hook.f.	Star anise	จันทน์แปดกลีบ	ดอกแห้ง
MYRTACEAE			
2. *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry	Clove	กานพลู	ดอกแห้ง
UMBELLIFERAE			
3. *Foeniculum vulgare* Miller subsp. var. vulgare	Sweet Fennel	เทียนข้าวเปลือก	เมล็ดแห้ง
GRAMINAE			
4. *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf	Lemon grass	ตะไคร้บ้าน	ต้นและใบ

3.2.2 **การเตรียมสารสกัดจากพืชสมุนไพร**

นำพืชสมุนไพรแห้งทั้ง 4 ชนิดได้แก่ จันทน์แปดกลีบ กานพลู เทียนข้าวเปลือก และตะไคร้บ้าน มาบดให้ละเอียด นำพืชสมุนไพรแต่ละชนิด แช่สกัดด้วย hexaneในอัตราส่วน 1:4 (w/v) เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางและกระดาษกรอง (Whatman® เบอร์ 1) นำสารสกัดที่ได้นำไปลดปริมาตรด้วยเครื่องลดปริมาตร (rotary evaporator) อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนแห้งและได้เป็นสารสกัดหยาบ (crude extract) นำกากจากการแช่ด้วย hexane มาแช่ต่อด้วย acetone และ ethanol ตามลำดับ โดยดำเนินการแช่สกัดเหมือนการแช่สกัดด้วย hexane แล้วนำไปลดปริมาณจนได้สารสกัดหยาบจาก acetone และ ethanol ตามลำดับ เตรียมความเข้มข้นต่าง ๆ โดยใช้ Tween-20 ในน้ำ เพื่อทำการทดสอบกับแมลงในโรงเก็บต่อไป (ภาพที่ 3.2)

ภาพที่ 3.2 ก: กรองสารด้วยผ้าขาวบาง ข: กรองสารด้วยกระดาษกรอง (Whatman® เบอร์ 1)
ค: เครื่องลดปริมาตรอุณหภูมิต่ำ (rotary evaporator) รุ่น R 300 (บริษัท BUCHI)

3.2.3 **การเตรียมแมลงทดสอบ**

ทำการเพาะเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*) โดยใช้ข้าวโพดหวานเป็นพืชอาหารเลี้ยงในกล่องเลี้ยงแมลงขนาด 27×18×10 เซนติเมตร ขณะที่ด้วงถั่วเขียว (*C. maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*C. chinensis*) เพาะเลี้ยงด้วยเมล็ดถั่วเขียว เลี้ยงในขวดเลี้ยงแมลงขนาด 230 มิลลิลิตร ทำการเพาะเลี้ยงแมลงในห้องปฏิบัติการทางกีฏวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากนั้นนำตัวเต็มวัยรุ่นที่ 2-3 หลังออกจากดักแด้ไปใช้ทดสอบในขั้นตอนต่อไป (ภาพที่ 3.3 และ 3.4)

ภาพที่ 3.3 กล่องเพาะเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ขนาด 27×18×10 เซนติเมตร

ภาพที่ 3.4 ขวดแก้วเพาะเลี้ยงด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ขนาด 230 มิลลิลิตร

3.2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บ ขั้นต้น ในห้องปฏิบัติการ

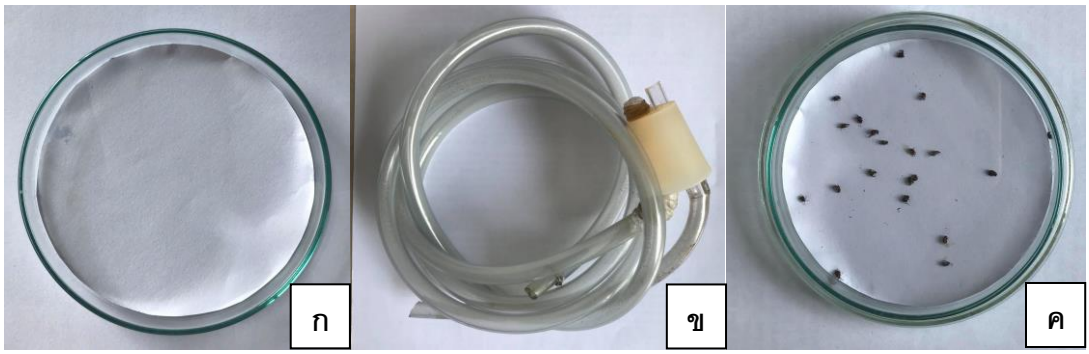
3.2.4.1 ทดสอบในรูปของสารฆ่า โดยวิธีการสัมผัส

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 4 ชนิด ได้แก่ จันทน์แปดกลีบ กานพลู เทียนข้าวเปลือก และตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง โดยวิธีการสัมผัส (contact method) ในเบื้องต้นโดยหยดสารทดสอบที่ความเข้มข้น 1% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบน

กระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ในจานแก้วเลี้ยงเชื้อ ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 นาที ได้ปริมาณสารทดสอบเท่ากับ 157.2 µg/cm^2 จากนั้นนำตัวเต็มวัยของแมลงทดสอบจำนวน 20 ตัว ปล่อยลงบนกระดาษกรองในจานแก้วเลี้ยงเชื้อ และปิดฝาจานแก้ว ตรวจนับอัตราการตายที่ 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ที่มีปริมาณสารละลาย Tween-20 ในน้ำ (157.2 µg/cm^2) จากนั้นคัดเลือกสารสกัดที่มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าแมลงศัตรูในโรงเก็บ ไปทดสอบต่อที่ระดับความเข้มข้น 6-7 ระดับ เพื่อหาระดับความเป็นพิษของสารสมุนไพรต่อไป (ภาพที่ 3.5) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาคำนวณหาอัตราการตายที่แท้จริงตามสูตรของ Abbott's formula (Abbott, 1987) เพื่อหาค่า LC_{50} โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Probit analysis (Finney, 1971)

อัตราการตายที่แท้จริง = (C-T)×100/(100-T)

C = อัตราการตายของกลุ่มควบคุม T = อัตราการตายของกลุ่มทดลอง



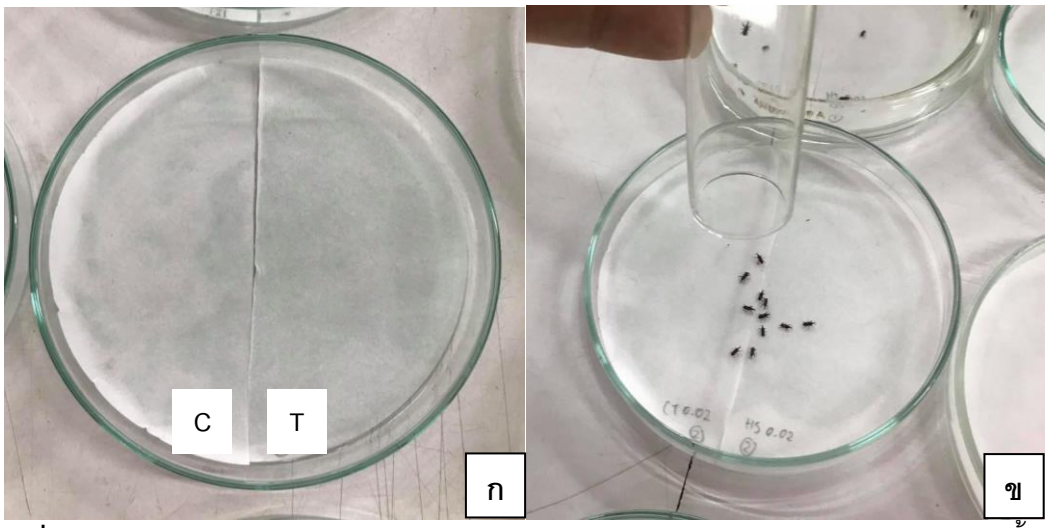
ภาพที่ 3.5 การทดสอบการตายในรูปสารฆ่า โดยวิธีการสัมผัสของแมลง ทำการทดสอบแบบเดียวกันกับแมลงทั้ง 3 ชนิด ก: วางกระดาษกรองบนจานเพาะเชื้อ ข: aspirator ที่ใช้ดูดแมลง ค: ปล่อยแมลงลงตรงกลางจานเพาะเชื้อ

3.2.4.2 ทดสอบในรูปของสารไล่ โดยวิธีการสัมผัส

ทำการทดสอบเหมือนข้อ 3.2.4.1 แต่แบ่งกระดาษกรองออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน ข้างหนึ่งหยดสารสกัดจากพืชสมุนไพร (T) ที่ระดับความเข้มข้น 3-4 ระดับซึ่งในระดับที่ไม่ทำให้แมลงตาย อีกข้างหนึ่งหยดสารชุดควบคุม (C) โดยหยดสารปริมาตร 500 ไมโครลิตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำตัวเต็มวัยของแมลงจำนวน 20 ตัว ใส่ลงตรงกลางจานเพาะเชื้อ และทำการบันทึกผลโดยการนับจำนวนแมลงที่พบในแต่ละฝั่งของกระดาษกรองที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง (ภาพที่ 3.6) คำนวนเปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (Repellent Index; %RI) ตามวิธีของ Pascual-Villalobos and Robledo (1998)

ทำการคัดเลือกสารสกัดจากพืชสมุนไพรจากจันทน์แปดกลีบ กานพลู เทียนข้าวเปลือก และตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุม

แมลงศัตรูในโรงเก็บ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง โดยทำการทดสอบด้วยวิธีการสัมผัส เพื่อคัดเลือกสารสกัดจากพืชที่มีประสิทธิภาพในการการควบคุมแมลงในโรงเก็บประมาณ 2-3 ชนิด มาศึกษาระดับความเป็นพิษของพืชสมุนไพรต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บด้วยวิธีการเคลือบเมล็ดต่อไป



ภาพที่ 3.6 การทดสอบการไล่ โดยวิธีสัมผัสของแมลง ทำการทดสอบแบบเดียวกันกับแมลงทั้ง 3 ชนิด ก: แบ่งกระดาษกรองออกเป็น 2 ส่วน ข: ใช้ aspirator ดูดแมลงทั้ง 3 ชนิด แล้วปล่อยลงตรงกลางจานเพาะเชื้อ

3.2.5 ทำการคัดเลือกสารเคลือบที่เหมาะสมกับสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อการเคลือบเมล็ดพันธุ์

ทำการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ด้วยสารสกัดจากพืชที่ผ่านการคัดเลือกข้างต้น (ข้อ 3.2.4.1 และ 3.2.4.2) โดยใช้อัตราของสารเคลือบในชนิดและระดับต่าง ๆ กัน โดยใช้ Methy Cellulose (MC) เป็นพอลิเมอร์ Polyethylene glycol 6000 (PEG6000) เป็นพอลิเมอร์ร่วม เพิ่มความยืดหยุ่นของฟิล์ม Titanium dioxide เป็นสารเติมแต่งที่ช่วยในการห่อหุ้มและเพิ่มความเรียบเนียน สีทางการค้า เป็นสารเติมแต่ง (ภาพที่ 3.7)

ภาพที่ 3.7 ก: Methy Cellulose (MC) ข: Titanium dioxide ค: สีทางการค้า ง: สารฆ่าแมลงฟิโพรนิล จ:Polyethylene glycol 6000 (PEG6000)

เมื่อได้อัตราส่วนสารเคลือบที่เหมาะสมแล้ว จากนั้นนำอัตราส่วนนั้น ๆ มาทำการทดสอบการเคลือบเมล็ด และทำการทดสอบในรูปสารฆ่า และสารยับยั้งการออกลูกหลาน โดยวิธีการเคลือบเมล็ด รวมทั้งตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

การเคลือบเมล็ดข้าวโพดหวาน พันธุ์ชัยนาท 2

เตรียมสารเคลือบในอัตราของ MC:PEG6000:Titanium:สีทางการค้า เท่ากับ 1:1:3:8 โดยละลาย MC ที่มีความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง (25±1) เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น (plasticizer) คือ PEG6000 ที่มีความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สารเติมแต่งที่ช่วยในการห่อหุ้มและเพิ่มความเรียบเนียน คือ Titanium dioxide ที่มีความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ผสมด้วยสีทางการค้า ที่มีความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ และป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชด้วยการเติมสารสกัดจากพืช

ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 1, 3 และ 5% หลังจากนั้นนำสารเคลือบที่เตรียมได้ มาเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ด้วยอัตรา 150 มิลลิลิตรต่อเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด 1 กิโลกรัม ด้วยเครื่องเคลือบระบบจานหมุน (ภาพที่ 3.8) ที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ใช้ไดร์เป่าเมล็ดจนแห้ง จากนั้นตรวจสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ทันที แล้วจึงนำมาลดความชื้นให้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเคลือบด้วยตู้อบไอร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยเมล็ดพันธุ์ที่ไม่เคลือบสารและเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียวเป็นกรรมวิธีควบคุม ประกอบด้วย 9 กรรมวิธี (ตารางที่ 3.2) จากนั้นนำมาบรรจุลงถุงอลูมิเนียมฟรอยด์ ใช้เครื่องซีลซีลให้ปิดสนิท (ภาพที่ 3.9) จากนั้นนำเก็บในกล่องพลาสติกขนาด 22×31×13 เซนติเมตร แบ่งเป็น 2 ชุด ชุดแรกนำเข้าตู้เย็นรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 50% ชุดที่สองเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องปกติ

ตารางที่ 3.2 กรรมวิธีต่าง ๆ ในการทดสอบของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

กรรมวิธี	**รายละเอียด**
กรรมวิธีที่ 1	เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร
กรรมวิธีที่ 2	เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบสารเคลือบเพียงอย่างเดียว
กรรมวิธีที่ 3	เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบ+สารฆ่าแมลง
กรรมวิธีที่ 4	เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบ+สารสกัดจันทน์แปดกลีบ 1%
กรรมวิธีที่ 5	เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบ+สารสกัดจันทน์แปดกลีบ 3%
กรรมวิธีที่ 6	เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบ+สารสกัดจันทน์แปดกลีบ 5%
กรรมวิธีที่ 7	เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบ+สารสกัดกานพลู 1%
กรรมวิธีที่ 8	เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบ+สารสกัดกานพลู 3%
กรรมวิธีที่ 9	เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบ+สารสกัดกานพลู 5%

ภาพที่ 3.8 เครื่องเคลือบระบบจานหมุน รุ่น RRC150 ยี่ห้อ Rhino Research Technologies (RRT)

การเคลือบเมล็ดถั่วเขียว พันธุ์กำแพงแสน 2

เตรียมสารเคลือบในอัตราของ MC:PEG6000:Titanium:สีทางการค้า เท่ากับ 1:1:2:5 โดยละลาย MC ที่มีความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง (25±1) เติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น (plasticizer) คือ PEG6000 ที่มีความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สารเติมแต่งที่ช่วยในการห่อหุ้มและเพิ่มความเรียบเนียน คือ Titanium dioxide ที่มีความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ผสมด้วยสีทางการค้า ที่มีความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ และป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชด้วยการเติมสารสกัดจากพืชที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 1,3 และ 5% หลังจากนั้นนำสารเคลือบที่เตรียมได้มาเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ด้วยอัตรา 300 มิลลิลิตรต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม ด้วยเครื่องเคลือบระบบจานหมุน ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีทางเมล็ดพันธุ์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ใช้ไดร์เป่าเมล็ดจนแห้ง จากนั้นตรวจสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ทันที แล้วจึงนำมาลดความชื้นให้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเคลือบด้วยตู้อบไอร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยเมล็ดพันธุ์ที่ไม่เคลือบสารและเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียวเป็นกรรมวิธีควบคุม ประกอบด้วย 9 กรรมวิธี (ตารางที่ 3.2) จากนั้นนำมาบรรจุลงถุงอลูมิเนียมฟรอยด์ ใช้เครื่องซีลซีลปิดให้ปิดสนิทแล้วนำเก็บในกล่องพลาสติกขนาด 22×31×13 เซนติเมตร แบ่งเป็น 2 ชุด ชุดแรกนำเข้าตู้เย็นรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 50% ชุดที่สองเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องปกติ จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบแล้ว มาทำการทดสอบกับด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ในรูปของสารฆ่าและสารยับยั้งการออกลูกหลาน และทดสอบประสิทธิภาพการเคลือบเมล็ดพันธุ์ต่อไป สำหรับการเตรียมสารเคมีที่ใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ จะ

ใช้สารฆ่าแมลงฟิโพรนิล (5% w/v SC) ชื่อทางการค้า ฟาโมโซ่ ในอัตราคำแนะนำ 20 CC ต่อน้ำ 20 ลิตร หรือความเข้มข้น 0.1% และการเตรียมสารสกัดจากพืชจะใช้สารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลูที่ความเข้มข้น 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 3.9 การเคลือบเมล็ดโดยใช้เครื่องเคลือบระบบจานหมุน และการเก็บเมล็ด

3.2.6 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช ต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ ด้วยวิธีการเคลือบเมล็ด

3.2.6.1 ทดสอบในรูปของสารฆ่า โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ดัดแปลงวิธีการจาก นันท์นภัส พิริยะอนนท์ (2560) นำเมล็ดที่ผ่านการเคลือบสารสกัดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน มาบรรจุใส่ขวดแก้ว ขนาดปริมาตร 55 มิลลิลิตร ปริมาณขวดละ 10 กรัม จากนั้นนำตัวเต็มวัยของแมลงในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด จำนวน 20 ตัว ลงไปในขวด ปิดปากขวดด้วยผ้าขาวบางและรัดหนังยาง ตรวจนับอัตราการตาย

ของแมลงวันที่ 3 หลังจากการทดสอบหาอัตราการตายที่แท้จริงด้วยวิธีของ Abbott's formula (1987) (ภาพที่ 3.10)

ภาพที่ 3.10 การทดสอบในรูปสารฆ่า ก,ข: ชั่งเมล็ดใส่ขวดเตรียมทดสอบ ค: เขี่ยด้วงงวงข้าวโพดใส่ขวดทดสอบ ง: ใช้ aspirator ดูดด้วงถั่วเขียวหรือด้วงถั่วเหลือง จ: ปล่อยด้วงถั่วเขียวหรือด้วงถั่วเหลืองลงขวดทดสอบ

3.2.6.2 ทดสอบในรูปของสารยับยั้งการออกลูกหลาน

ทำการทดสอบเหมือนข้อ 3.2.6.1 ดัดแปลงวิธีการจาก นันท์นภัส พิริยะอนนท์ (2560) โดยปล่อยแมลงในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ลงไปในขวดตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้แมลงวางไข่ หลังจากนั้นนำแมลงออก ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 45 วัน ประเมินประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในเคลือบเมล็ดต่อการยับยั้งการออกลูกหลาน โดยนับจำนวนแมลงที่เกิดขึ้น แล้วนำไปคำนวณค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกลูกหลาน (Percent inhibition rate of progeny) ตามสูตรของ Rajashekar et al, (1995) Percent inhibition rate of progeny (PIR) = $(C_n-T_n)\times 100/C_n$

C_n = จำนวนด้วงถั่วเขียวในชุดกลุ่ม blank T_n = จำนวนด้วงถั่วเขียวในชุดทดลอง

3.2.7 **การทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านและไม่ผ่านเคลือบด้วยสารสกัดจากพืชสมุนไพร**

ทดสอบโดยดัดแปลงตามวิธีของ สุปราณี และคณะ (2558) ทำการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว นำเมล็ดที่ผ่านการเคลือบแล้วมาเก็บรักษา ที่ระยะเวลา 6 เดือน คือ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ดำเนินการตรวจคุณภาพของเมล็ดดังนี้

3.2.7.1 **ตรวจสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์**

ตรวจสอบหาความชื้นโดยวิธีการอบด้วยความร้อน (hot air oven method) โดยชั่งน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว (ทำให้เมล็ดแตกโดยการตำ) 5-6 กรัมต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17±1 ชั่วโมง (ISTA, 2004) นำมาใส่โหลดูดความชื้นอย่างน้อย 30 นาที (ภาพที่ 3.11) จากนั้นคำนวณหาความชื้นของเมล็ด ดังสูตร

$$\%\text{ความชื้น (\%MC)} = \left(\frac{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ} - \text{น้ำหนักเมล็ดหลังอบ}}{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ}} \right) \times 100$$

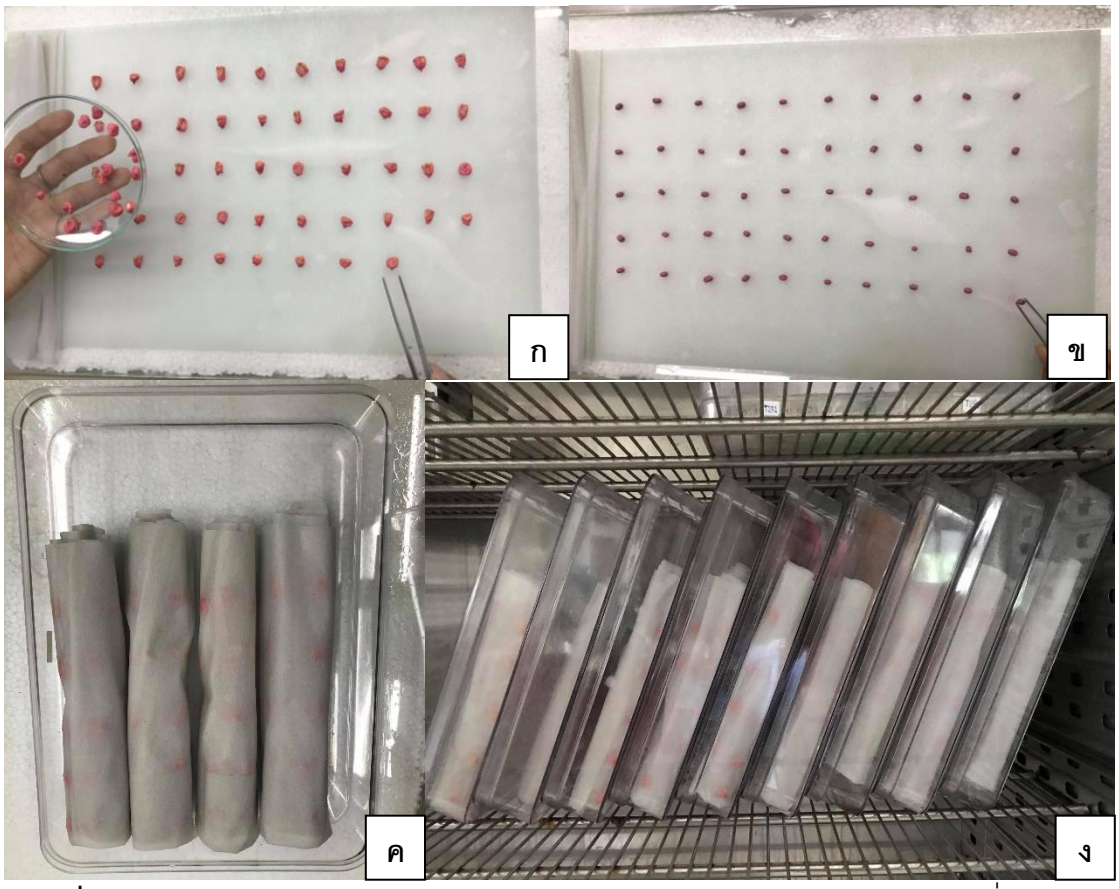
ภาพที่ 3.11 ก: เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดในกระป๋องอลูมิเนียม ก่อนเข้าตู้อบลมร้อน ข: เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว (ที่ถูกทำให้แตก) ในกระป๋องอลูมิเนียม ก่อนเข้าตู้อบลมร้อน ค: ตู้อบลมร้อน ง: นำกระป๋องอลูมิเนียมที่บรรจุเมล็ดเข้าตู้อบ จ: นำกระป๋องอลูมิเนียมที่บรรจุเมล็ดเข้าโหลดูดความชื้น

3.2.7.2 **ทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอก**

สุ่มเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ผ่านการเคลือบและไม่ผ่านการเคลือบ จำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ เพาะด้วยวิธี between paper (BP) โดยวางเมล็ดบนกระดาษเพาะที่มีความชุ่มชื้นในภาชนะที่มีฝาปิด เพื่อรักษาความชื้น จากนั้นนำไปไว้ในตู้เพาะเมล็ดที่

ควบคุมอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3.12) โดยการตรวจนับต้นกล้าที่งอกปกติ และประเมินความงอกครั้งสุดท้าย (final count) ที่ 7 วันหลังเพาะ โดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดแข็ง และเมล็ดตาย จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การงอกตามสูตร ดังนี้

$$\%\text{ความงอก (\%GL)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}} \times 100$$



ภาพที่ 3.12 ก: การวางเมล็ดข้าวโพดในกระดาษเพาะ ก่อนเข้าตู้เพาะเมล็ด ข: เมล็ดถั่วเขียว ในกระดาษเพาะ ก่อนเข้าตู้เพาะเมล็ด ค: การเพาะเมล็ดแบบ Between paper ง: การวางกล่องเพาะเมล็ดในตู้เพาะเมล็ด

3.2.7.3 **ดัชนีการงอก**

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการหาเปอร์เซ็นต์ความงอก มาคำนวณหาดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์โดยคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\text{ดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ (GI)} = \text{ผลรวมของ} \left(\frac{\text{จำนวนต้นที่งอกแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}} \right)$$

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาหาอัตราการตายที่แท้จริง (Abbott. 1987) วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's new multiple range test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (statistical analysis system) และ คำนวณค่า LC_{50} (50% lethal concentration) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Probit analysis

บทที่ 4

ผลการวิจัย

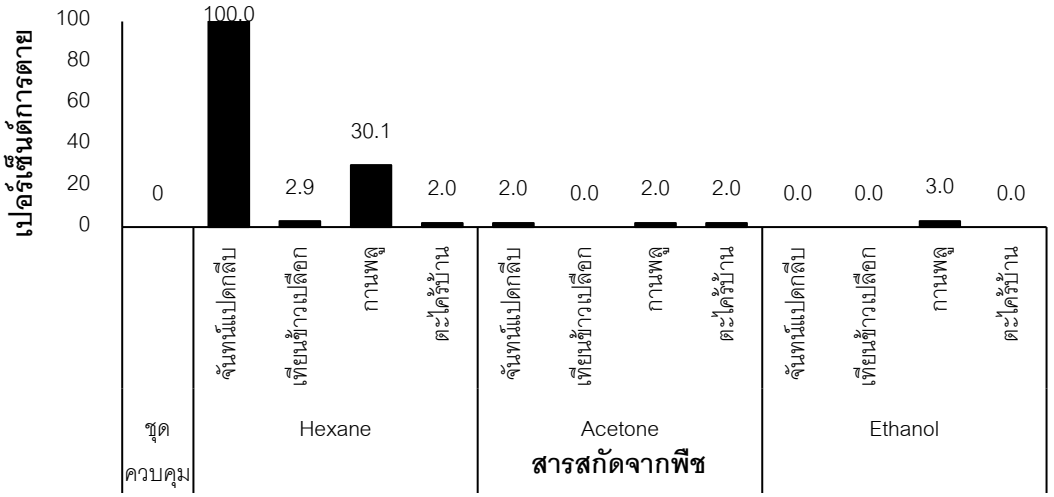
การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บขั้นต้น ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการสัมผัส

4.1.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อด้วงงวงข้าวโพด

4.1.1.1 ทดสอบในรูปของสารฆ่า โดยวิธีการสัมผัส

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum*), กานพลู (*Syzygium aromaticum*), เทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare*) และตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus*) ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ในรูปแบบสารฆ่า ด้วยวิธีการสัมผัส ในเบื้องต้นที่ความเข้มข้น 157.2 µg/cm^2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ตรวจนับอัตราการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ ที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าด้วงงวงข้าวโพด โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 100% รองลงมาคือ สารสกัดจากกานพลู ที่แช่สกัดด้วย hexane มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 30.1% ที่เวลา 24 ชั่วโมง ขณะที่สารสกัดจากเทียนข้าวเปลือก และตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ไม่มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพด หรือสามารถฆ่าได้น้อยกว่า 3% (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 การทดสอบคัดเลือกสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ที่ความเข้มข้น 157.2 µg/cm^2 ตรวจนับการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

จากนั้นนำสารสกัดที่มีประสิทธิภาพทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ จันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่สกัดด้วย hexane มาทำการทดสอบหาระดับความเป็นพิษต่อด้วงงวงข้าวโพด ในรูปแบบสารฆ่าด้วยวิธีการสัมผัส โดยสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 0.0, 31.4, 62.9, 94.3, 125.8 และ 157.2 µg/cm^2 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (157.2 µg/cm^2 ของ Tween-20 ในน้ำ) และสารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 0.0, 125.8, 157.2, 188.7, 220.1 และ 251.6 µg/cm^2 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (251.6 µg/cm^2 ของ Tween-20 ในน้ำ) ตรวจนับอัตราการตายที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบที่แช่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพด ที่ความเข้มข้น 157.2 µg/cm^2 โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 100% ที่เวลา 48 ชั่วโมง ขณะที่เวลา 24 และ 72 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นต์การตายเพียง 85% ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และมีค่า LC_{50} เท่ากับ 131.5, 117.3 และ 112.8 µg/cm^2 ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum*) ที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) โดยวิธีการสัมผัส

เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น[1/] (µg/cm^2)						F-test[2/]	%C.V.	LC_{50}
	0.0	31.4	62.9	94.3	125.8	157.2			
24	0.0^{D}	0.0^{D}	2.0^{Db}	9.0^{C}	37.0^{Bb}	85.0^{Ab}	**	16.7	131.5
48	0.0^{D}	2.0^{D}	3.0^{Db}	11.0^{C}	57.0^{Ba}	100.0^{Aa}	**	12.5	117.3
72	0.0^{E}	3.0^{DE}	8.0^{CDa}	13.0^{C}	63.0^{Ba}	100.0^{Aa}	**	16.3	112.8
F-test[2/]	-	ns	*	ns	**	**	-	-	-
%C.V.	-	134.2	78.8	46.9	13.9	3.0	-	-	-

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ในแนวนอนและตัวพิมพ์เล็กในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

[2/]ns, * และ ** ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99%

สำหรับการทดสอบสารสกัดจากกานพลู ที่สกัดด้วย hexane พบว่ามีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพด ที่ความเข้มข้น 251.6 µg/cm^2 มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 83.5% และมีค่า LC_{50} เท่ากับ 180.2 µg/cm^2 ที่เวลา 72 ชั่วโมง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับช่วงเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การตายเพียง 54.5 และ 66.3 µg/cm^2 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากกานพลู (*Syzygium aromaticum*) ที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) โดยวิธีการสัมผัส

เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น[1/] (µg/cm^2)						F-Test[2/]	%C.V.	LC_{50}
	0.0	125.8	157.2	188.7	220.1	251.6			
24	0.0^{E}	11.1^{Db}	23.2^{Cb}	37.4^{B}	44.4^{Bb}	54.5^{Ab}	**	24.6	231.7
48	0.0^{D}	21.4^{Ca}	34.7^{Bab}	40.8^{B}	55.1^{Aab}	66.3^{Ab}	**	27.2	206.4
72	0.0^{E}	26.8^{Da}	43.3^{Ca}	51.5^{C}	64.9^{Ba}	83.5^{Aa}	**	20.7	180.2
F-Test[2/]	-	*	*	ns	*	**	-	-	-
%C.V.	-	34.3	28.1	23.6	19.7	14.6	-	-	-

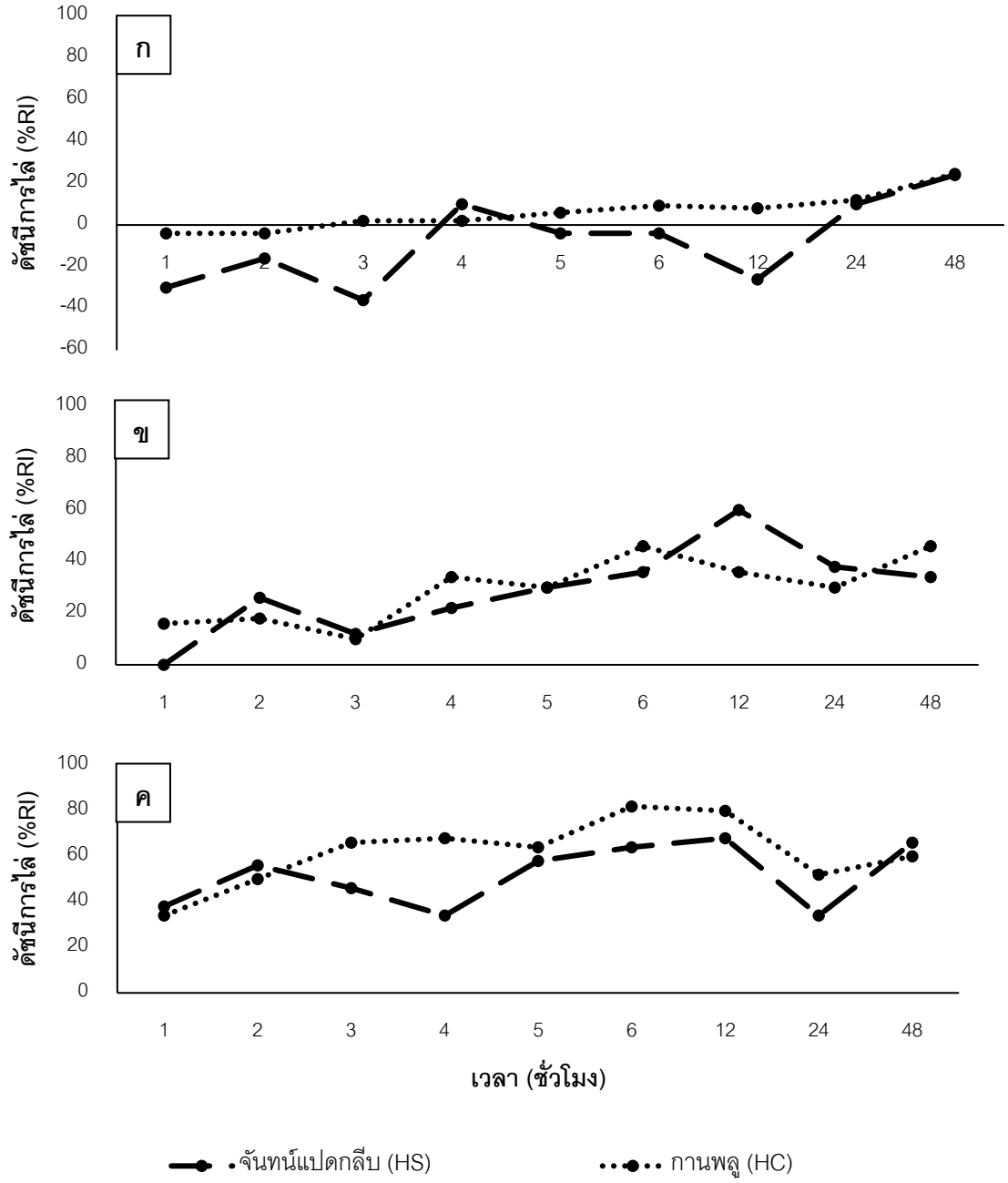
[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ในแนวนอนและตัวพิมพ์เล็กในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

[2/]ns, * และ ** ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99%

4.1.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อด้วงงวงข้าวโพด ทดสอบในรูปของสารไล่ โดยวิธีการสัมผัส

ทำการทดสอบเหมือนข้อ 4.1.1 แต่แบ่งกระดาษกรองออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน ข้างหนึ่งหยดสารสกัดจากพืชสมุนไพร (T) ที่ระดับความเข้มข้น 3.1, 9.4 และ 15.7 µg/cm^2 ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่ทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตาย สำหรับอีกข้างหนึ่งหยดสารชุดควบคุม (C) ที่ความเข้มข้นของ Tween-20 ในน้ำ 3.1, 9.4 และ 15.7 µg/cm^2 และคำนวนเปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (Repellent Index; %RI) ที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากจันทน์

แปดกลีบ และกานพลู ที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 3.1 μg/cm^2 สามารถไล่ด้วงงวงข้าวโพดได้โดยมี %RI มากกว่า 20% ที่เวลา 48 ชั่วโมง สารสกัดจากจันทน์แปดกลีบที่ความเข้มข้น 9.4 μg/cm^2 มี %RI มากกว่า 40% ที่เวลา 12 ชั่วโมง และสารสกัดจากกานพลูที่ความเข้มข้น 15.7 μg/cm^2 มี %RI มากกว่า 80% ที่เวลา 6 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.2)

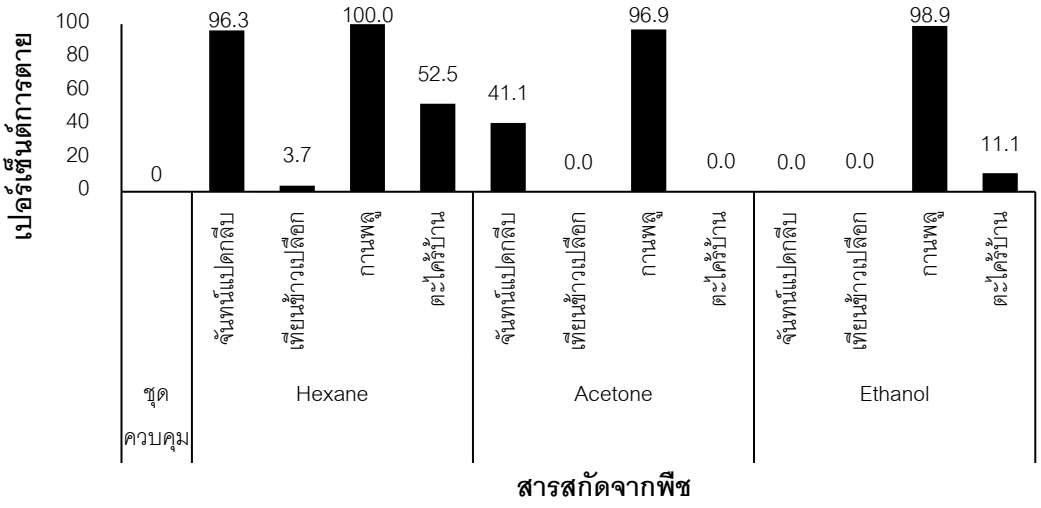


ภาพที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (% Repellent Index) ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) หลังจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 3.1(ก), 9.4(ข) และ 15.7(ค) μg/cm^2 โดยวิธีการสัมผัส

4.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อด้วงถั่วเขียว

4.1.2.1 ทดสอบในรูปของสารฆ่าด้วงถั่วเขียว โดยวิธีการสัมผัส

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ (*I. verum*), กานพลู (*S. aromaticum*), เทียนข้าวเปลือก (*F. vulgare*) และ ตะไคร้บ้าน (*C. citratus*) ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchu maculatus*) ในรูปแบบสารฆ่า ด้วยวิธีการสัมผัส ในเบื้องต้นที่ความเข้มข้น 157.2 µg/cm^2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ตรวจนับอัตราการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าด้วงถั่วเขียว โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 100% รองลงมาคือ สารสกัดจากกานพลู ที่สกัดด้วย ethanol มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 98.9% สารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย acetone มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 96.9% และสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 96.3% ที่เวลา 24 ชั่วโมง ขณะที่สารสกัดจากเทียนข้าวเปลือก และตะไคร้บ้าน ไม่มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียว สามารถฆ่าได้น้อยกว่า 52.2% (ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.3 การทดสอบคัดเลือกสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) ที่ความเข้มข้น 157.2 µg/cm^2 ตรวจนับอัตราการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

จากนั้นนำสารสกัดที่มีประสิทธิภาพทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ จันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่แช่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol มาทำการทดสอบหาระดับความเป็นพิษต่อด้วงถั่วเขียว ในรูปแบบสารฆ่า ด้วยวิธีการสัมผัส ที่ความเข้มข้น 0.0, 31.4, 62.9, 94.3, 125.8 และ 157.2 µg/cm^2 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (157.2 µg/cm^2 ของTween-20 ในน้ำ) ตรวจนับ

อัตราการตายที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียว ที่ความเข้มข้น 31.4 µg/cm^2 โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 100% ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 99% (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่าง ๆ ต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchu maculatus*) โดยวิธีการสัมผัส

เวลา (ชั่วโมง)	สารสกัด[3/]	ความเข้มข้น[1/] (µg/cm^2)						F-Test[2/]	%C.V.	LC_{50}
		0.0	31.4	62.9	94.3	125.8	157.2			
24	HS	0.0^{C}	69.8^{Bc}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	-	-	-
	HC	0.0^{B}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	-	-	-
	AC	0.0^{D}	7.8^{Df}	53.1^{Cd}	75.5^{Bb}	98.0^{Aa}	100.0^{Aa}	**	22.3	68.3
	EC	0.0^{D}	51.8^{Cd}	77.5^{Bc}	79.6^{Bb}	83.7^{Bb}	100.0^{Aa}	**	15.7	48.7
48	HS	0.0^{C}	$80.4\pm^{Bbc}$	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	-	-	-
	HC	0.0^{B}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	-	-	-
	AC	0.0^{D}	30.2^{Ce}	80.4^{Bbc}	97.8^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	**	10.6	44.9
	EC	0.0^{C}	$65.8\pm^{Bcd}$	89.1^{Aab}	91.3^{Aa}	93.5^{Aa}	100.0^{Aa}	-	-	-
72	HS	0.0^{C}	89.2^{Bab}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	-	-	-
	HC	0.0^{B}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	-	-	-
	AC	0.0^{C}	54.0^{Bd}	94.6^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	**	9.61	32.6
	EC	0.0^{C}	86.7^{Bab}	97.3^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	100.0^{Aa}	-	-	-
F-Test[2/]		-	**	**	**	**	-	-	-	-
%C.V.		-	16.1	9.4	9.6	5.1	-	-	-	-

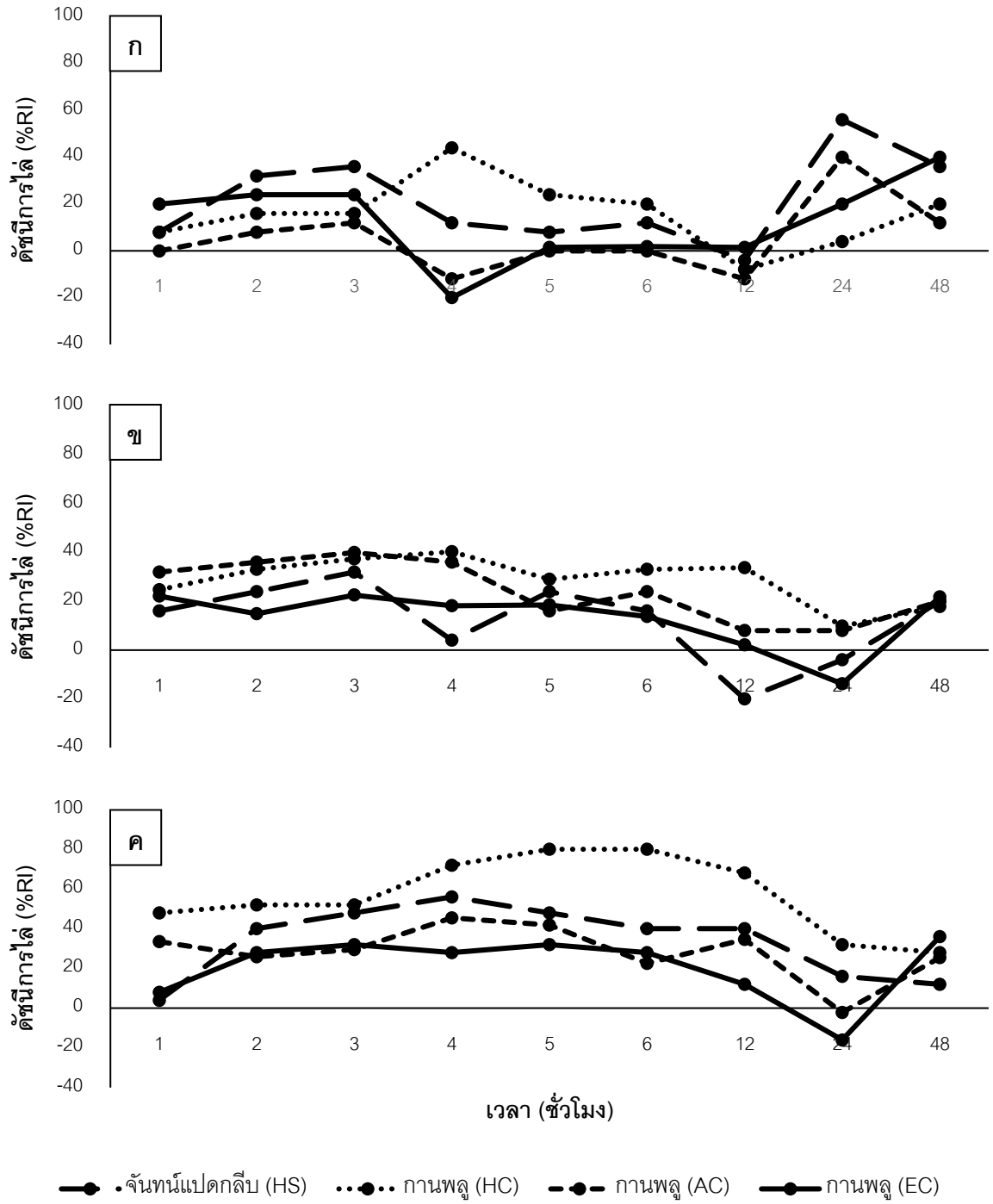
[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ในแนวนอนและตัวพิมพ์เล็กในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

[2/]* และ ** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99%

[3/]จันทน์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane (HS), กานพลูที่สกัดด้วย hexane (HC), กานพลูที่สกัดด้วย acetone (AC), และกานพลูที่สกัดด้วย ethanol (EC)

4.1.2.2 ทดสอบในรูปของสารไล่ด้วงถั่วเขียว โดยวิธีการสัมผัส

ทำการทดสอบเหมือนข้อ 4.1.2.1 แต่แบ่งกระดาษกรองออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน ข้างหนึ่งหยดสารสกัดจากพืช (T) ที่ระดับความเข้มข้น 3.1, 9.4 และ 15.7 µg/cm^2 ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่ทำให้ด้วงถั่วเขียวตาย สำหรับอีกข้างหนึ่งหยดสารชุดควบคุม (C) ที่ความเข้มข้นของ Tween-20 ในน้ำ 3.1, 9.4 และ 15.7 µg/cm^2 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (%RI) ที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากHS, HC, AC และ EC ที่ความเข้มข้น 3.1 µg/cm^2 สามารถไล่ด้วงถั่วเขียวได้โดยมี %RI ตั้งแต่ 5-60% ที่เวลา 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 9.4 µg/cm^2 สารสกัดจาก HC และ AC มี %RI มากกว่า 30% ที่เวลา 4 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 15.7 µg/cm^2 สารสกัดจาก HC มีประสิทธิภาพในการไล่สูงสุดโดยมี %RI มากกว่า 80% ที่เวลา 5-6 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.4)

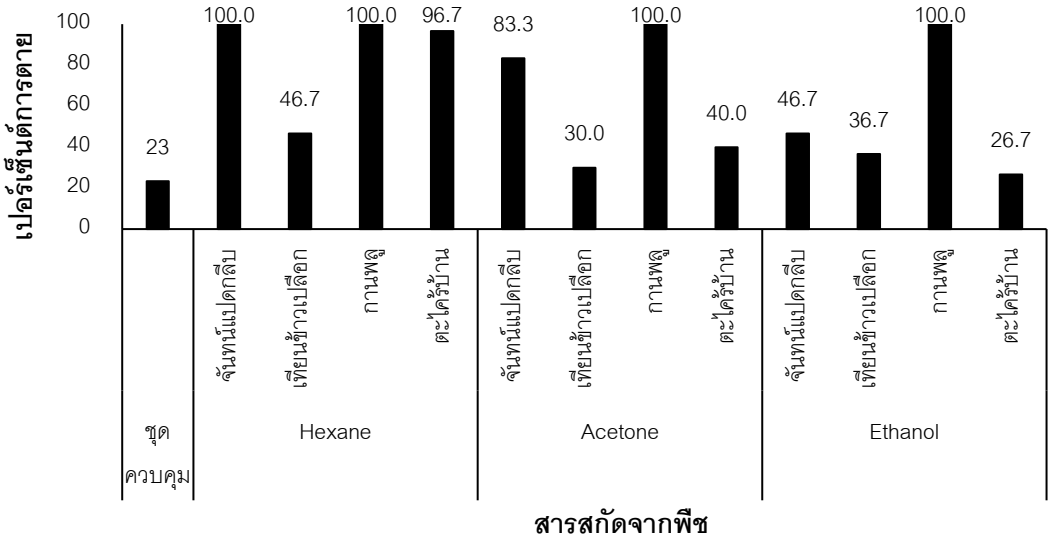


ภาพที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (% Repellent Index) ต่อตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) หลังจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 3.1(ก), 9.4(ข) และ 15.7(ค) µg/cm^2 โดยวิธีการสัมผัส

4.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อด้วงถั่วเหลือง

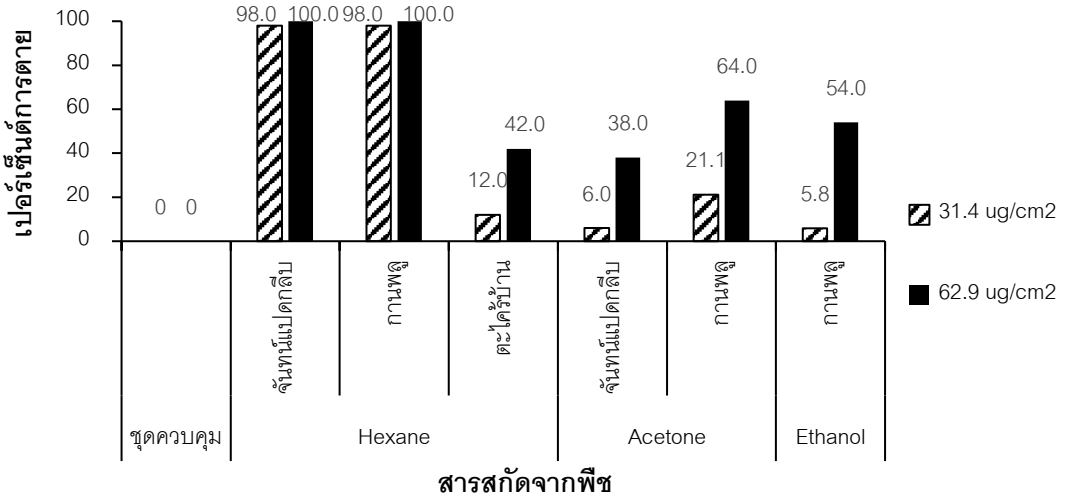
4.1.3.1 ทดสอบในรูปของสารฆ่าด้วงถั่วเหลือง โดยวิธีการสัมผัส

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ (*I. verum*), กานพลู (*S. aromaticum*), เทียนข้าวเปลือก (*F. vulgare*) และ ตะไคร้บ้าน (*C. citratus*) ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchu chinensis*) ในรูปแบบสารฆ่า ด้วยวิธีการสัมผัส ในเบื้องต้นที่ความเข้มข้น 157.2 µg/cm^2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ตรวจนับอัตราการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่สกัดด้วย hexane สารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย acetone และสารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย ethanol มีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าด้วงถั่วเหลืองได้ดี มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 100% รองลงมาคือ สารสกัดจากตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 96.7% และสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบที่แช่สกัดด้วย acetone มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 83.3% ที่เวลา 24 ชั่วโมง ขณะที่สารสกัดจากเทียนข้าวเปลือกที่สกัดด้วย hexane acetone และ ethanol สามารถฆ่าด้วงถั่วเหลืองได้น้อยกว่า 46.7% (ภาพที่ 4.5)



ภาพที่ 4.5 การทดสอบคัดเลือกสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ที่ความเข้มข้น 157.2 µg/cm^2 ตรวจนับอัตราการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

จากนั้นนำสารสกัดที่มีประสิทธิภาพสูงมาทำการทดสอบต่อที่ความเข้มข้น 31.4 และ 62.9 μg/cm^2 พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบและกานพลู ที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพดีที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 98.0 และ 100% ตามลำดับ ที่เวลา 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.6 การทดสอบคัดเลือกสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ กานพลู และ ตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ที่ความเข้มข้น 31.4 และ 62.9 μg/cm^2 ตรวจนับอัตราการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

จากนั้นนำสารสกัดที่มีประสิทธิภาพทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ จันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่สกัดด้วย hexane มาทำการทดสอบหาระดับความเป็นพิษต่อด้วงถั่วเหลือง ในรูปแบบสารฆ่า ด้วยวิธีการสัมผัส ที่ความเข้มข้น 0.0, 7.9, 11.8, 15.7, 19.5, 23.6 และ 27.5 μg/cm^2 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (27.5 μg/cm^2 ของTween-20 ในน้ำ) ตรวจนับอัตราการตายที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลูที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเหลืองดีที่สุด ที่ความเข้มข้น 27.5 μg/cm^2 มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 100% ที่เวลา 48 และ 72 ชั่วโมง ซึ่งสารสกัดทั้ง 2 ชนิดนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่าง ๆ ต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchu chinensis*) โดยวิธีการสัมผัส

เวลา (ชั่วโมง)	สารสกัด[3/]	ความเข้มข้น[1/] (μg/cm^2)							F-Test[2/]	%C.V.	LC_{50}
		0.0	7.9	11.8	15.7	19.5	23.6	27.5			
24		0.0^{D}	27.1^{C}	35.4^{BCbc}	46.8^{Bd}	81.8^{A}	85.4^{A}	91.5^{Ab}	**	23.8	14.5
48	HS	0.0^{E}	28.3^{D}	39.1^{CDbc}	48.8^{Cd}	83.0^{B}	89.1^{AB}	100.0^{Aa}	**	20.6	13.9
72		0.0^{E}	19.4^{DE}	27.8^{Dc}	53.5^{Ccd}	78.3^{B}	88.9^{AB}	100.0^{Aa}	**	29.0	13.8
24		0.0^{F}	26.7^{DE}	43.7^{Db}	68.7^{Cbc}	79.7^{B}	91.8^{A}	97.6^{Aa}	**	13.3	13.1
48	HC	0.0^{E}	30.4^{D}	73.9^{Ca}	84.8^{BCab}	87.3^{B}	100.0^{A}	100.0^{Aa}	**	13.1	10.7
72		0.0^{C}	13.9^{C}	80.6^{Ba}	88.9^{ABa}	91.9^{AB}	100.0^{A}	100.0^{Aa}	**	16.7	10.4
F-Test[2/]		-	ns	**	**	ns	ns	**	-	-	-
%C.V.		-	78.6	20.6	19.5	14.5	9.6	3.2	-	-	-

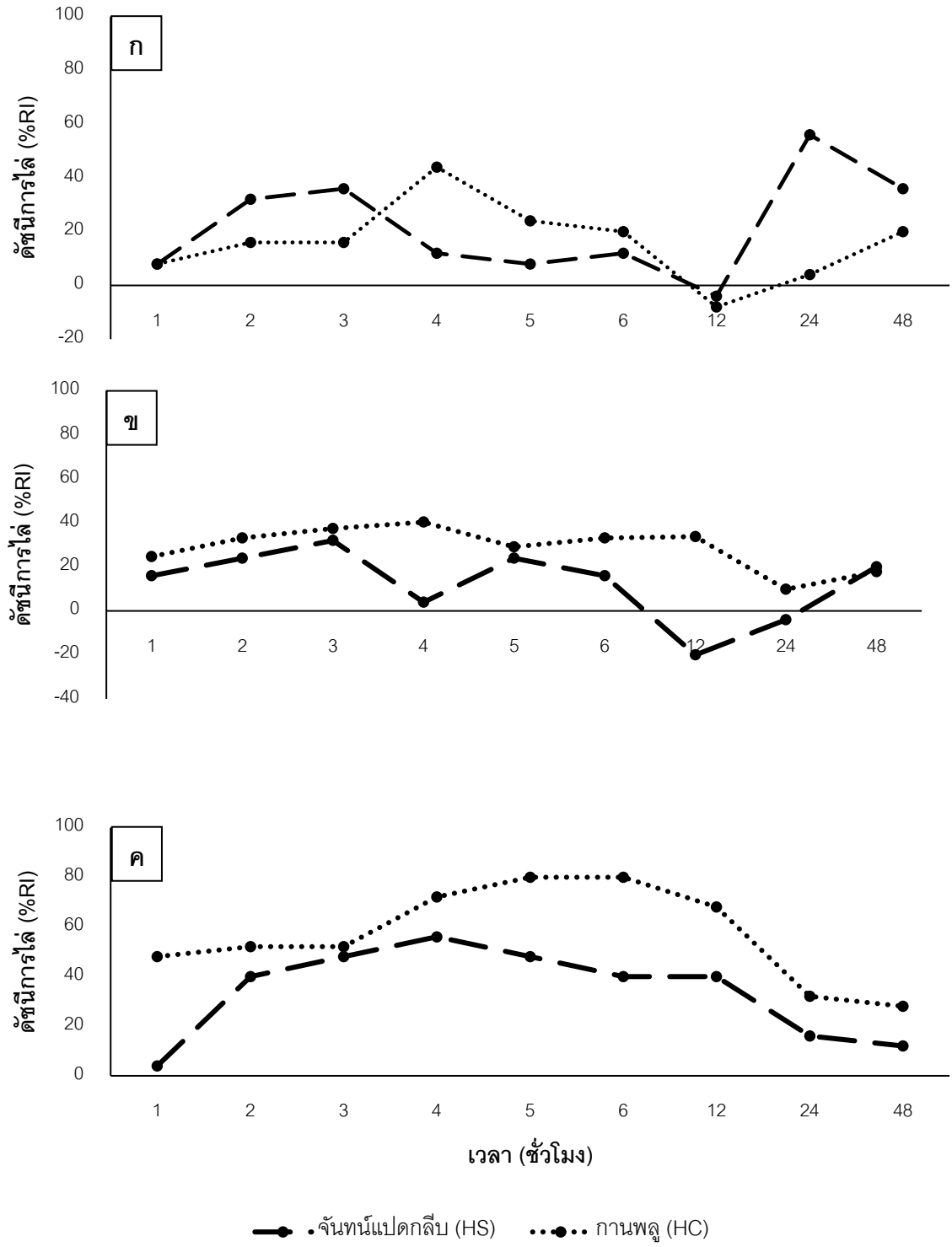
[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ในแนวนอนและตัวพิมพ์เล็กในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

[2/]ns และ ** ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

[3/]จันทน์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane (HS), กานพลูที่สกัดด้วย hexane (HC)

4.1.3.2 ทดสอบในรูปของสารไล่ด้วงถั่วเหลือง โดยวิธีการสัมผัส

ทำการทดสอบเหมือนข้อ 4.1.3.1 แต่แบ่งกระดาษกรองออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน ข้างหนึ่งหยดสารสกัดจากพืช (T) ที่ระดับความเข้มข้นความเข้มข้น 0.5, 1.3 และ 2.1 μg/cm^2 ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่ทำให้ด้วงถั่วเหลืองตาย สำหรับอีกข้างหนึ่งหยดสารชุดควบคุม (C) ที่ความเข้มข้นของ Tween-20 ในน้ำ 0.5, 1.3 และ 2.1 μg/cm^2 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (%RI) ที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ ที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 0.5 μg/cm^2 สามารถไล่ด้วงถั่วเหลืองได้โดยมี %RI มากกว่า 50% ที่เวลา 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 1.3 μg/cm^2 สารสกัดจากกานพลู ที่สกัดด้วย hexane มี %RI มากกว่า 40% ที่เวลา 4 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 2.1 μg/cm^2 มี %RI มากกว่า 80% ที่เวลา 5-6 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.7)

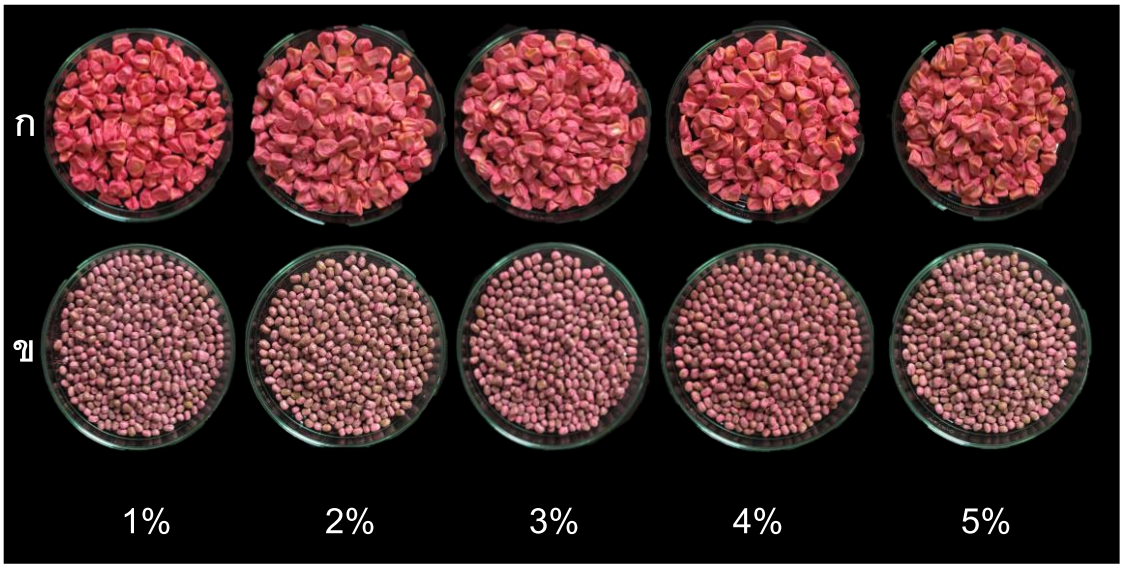


ภาพที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่ (% Repellent Index) ต่อตัวเต็มวัยด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) หลังจากการทดสอบด้วยสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 0.5(ก), 1.3(ข) และ 2.1(ค) μg/cm^2 ที่เวลา 24 ชั่วโมง โดยวิธีการสัมผัส

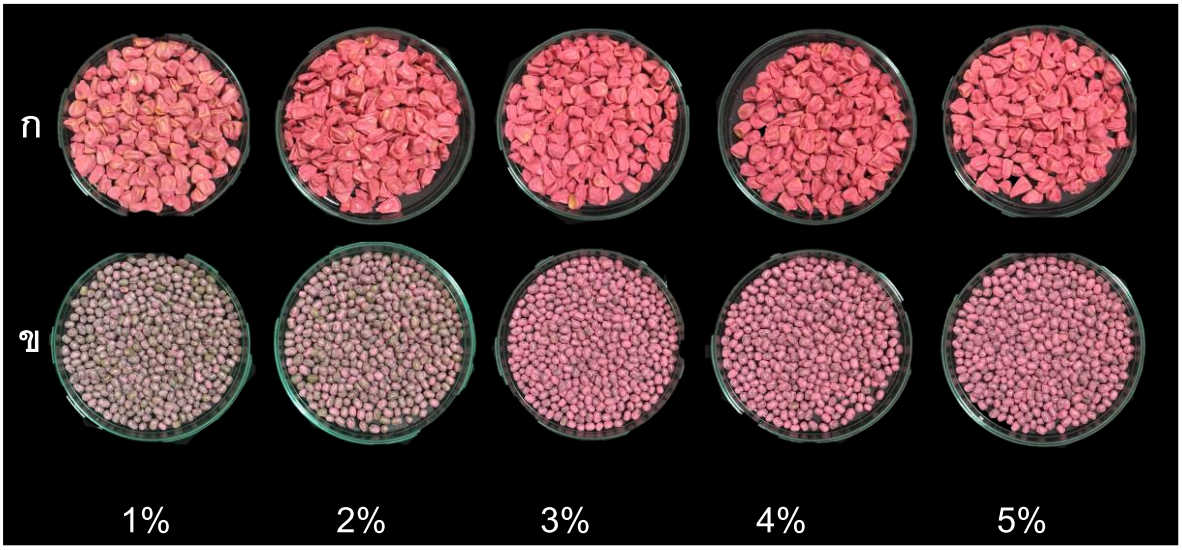
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บโดยวิธีการเคลือบเมล็ด

4.2.1 การหาอัตราส่วนของสารเคลือบ

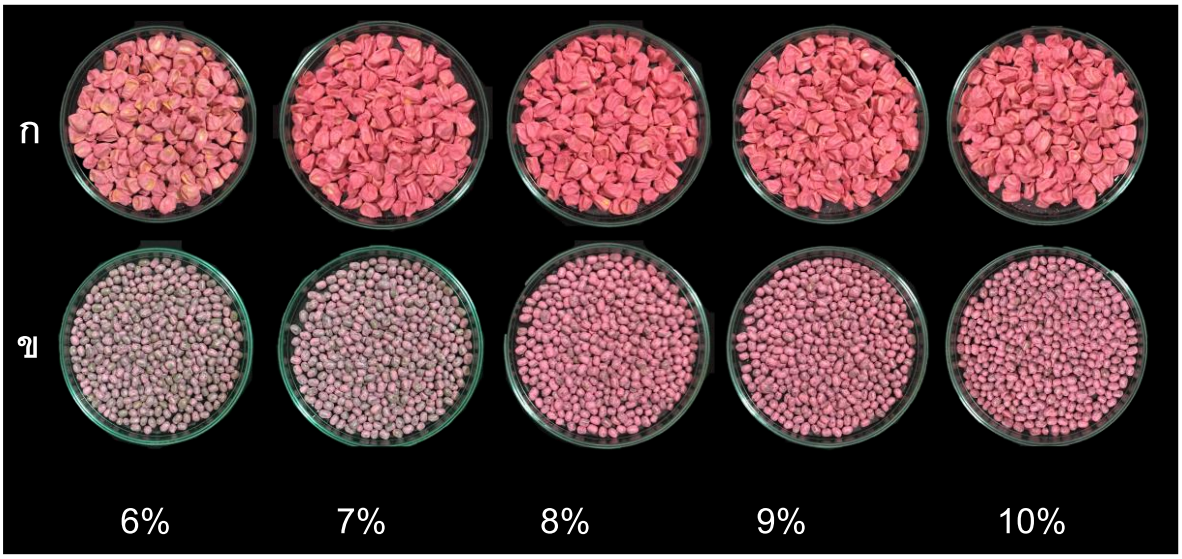
การทดสอบการหาอัตราส่วนของสารเคลือบ ใช้อัตราส่วน 1:1:2:5 โดยมี MC 1%, PEG6000 1%, Titanium 2% และสีทางการค้า 5% โดยทำการปรับเปลี่ยน %PEG6000 ที่เป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่นของฟิล์ม โดยมีความเข้มข้น 1-5% พบว่าที่ปริมาณสาร PEG6000 ที่ความเข้มข้น 1% ก็เพียงพอต่อการเคลือบเมล็ด (ภาพที่ 4.8) สามารถทำให้สารเคลือบติดบนผิวเมล็ดติดดีแต่ในเรื่องของความสม่ำเสมอของการเคลือบ ยังคงมีความเนียนและสีที่ปรากฏไม่ชัดเจน จึงทำการเพิ่มปริมาณของ Titanium dioxide ที่เป็นสารในการห่อหุ้มและเพิ่มความเรียบเนียน ที่ความเข้มข้น 1-5% (ภาพที่ 4.9) และสีทางการค้าเพื่อเป็นสารเติมแต่ง ที่ปริมาณ 6-10% (ภาพที่ 4.10) จากการหาอัตราส่วนผสมในการเคลือบเมล็ดต่าง ๆ ข้างต้น พบว่าในการเคลือบพันธุ์เมล็ดข้าวโพดและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่อัตราส่วนที่เหมาะสมทั้งการติดบนผิวเมล็ดดี ความเนียนและมีความสม่ำเสมอ พบว่าเมล็ดข้าวโพด ได้อัตราของ MC:PEG6000:Titanium:สีทางการค้า ที่เหมาะสมดังนี้ 1:1:3:8 โดยใช้ MC 1%, PEG6000 1%, Titanium dioxide 3% และ สีทางการค้า 8% สำหรับเมล็ดถั่วเขียว พบว่า ได้อัตรา MC:PEG6000:Titanium:สีทางการค้า ที่เหมาะสม ดังนี้ 1:1:2:5 โดยใช้ MC 1%, PEG6000 1%, Titanium dioxide 2% และ สีทางการค้า 5% (ภาพที่ 4.11)



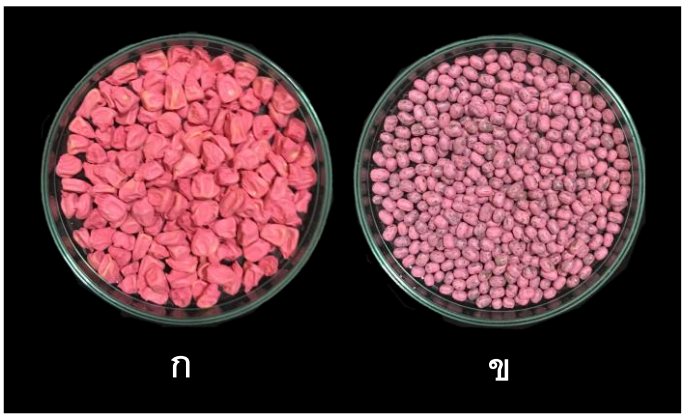
ภาพที่ 4.8 ก: การหาอัตราส่วนของ PEG6000 ที่ความเข้มข้น 1-5% ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, ข: การหาอัตราส่วนของ PEG6000 ที่ความเข้มข้น 1-5% ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว



ภาพที่ 4.9 ก: การหาอัตราส่วนของ Titanium dioxide ที่ความเข้มข้น 1-5% ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, ข: การหาอัตราส่วนของ Titanium dioxide ที่ความเข้มข้น 1-5% ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว



ภาพที่ 4.10 ก: การหาอัตราส่วนของสีทางการค้า ที่ความเข้มข้น 6-10% ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, ข: การหาอัตราส่วนของสีทางการค้า ที่ความเข้มข้น 6-10% ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว



ภาพที่ 4.11 ก:เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่เคลือบด้วยอัตราส่วนของ 1:1:3:8 ข:เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่เคลือบด้วยอัตราส่วนของ 1:1:2:5

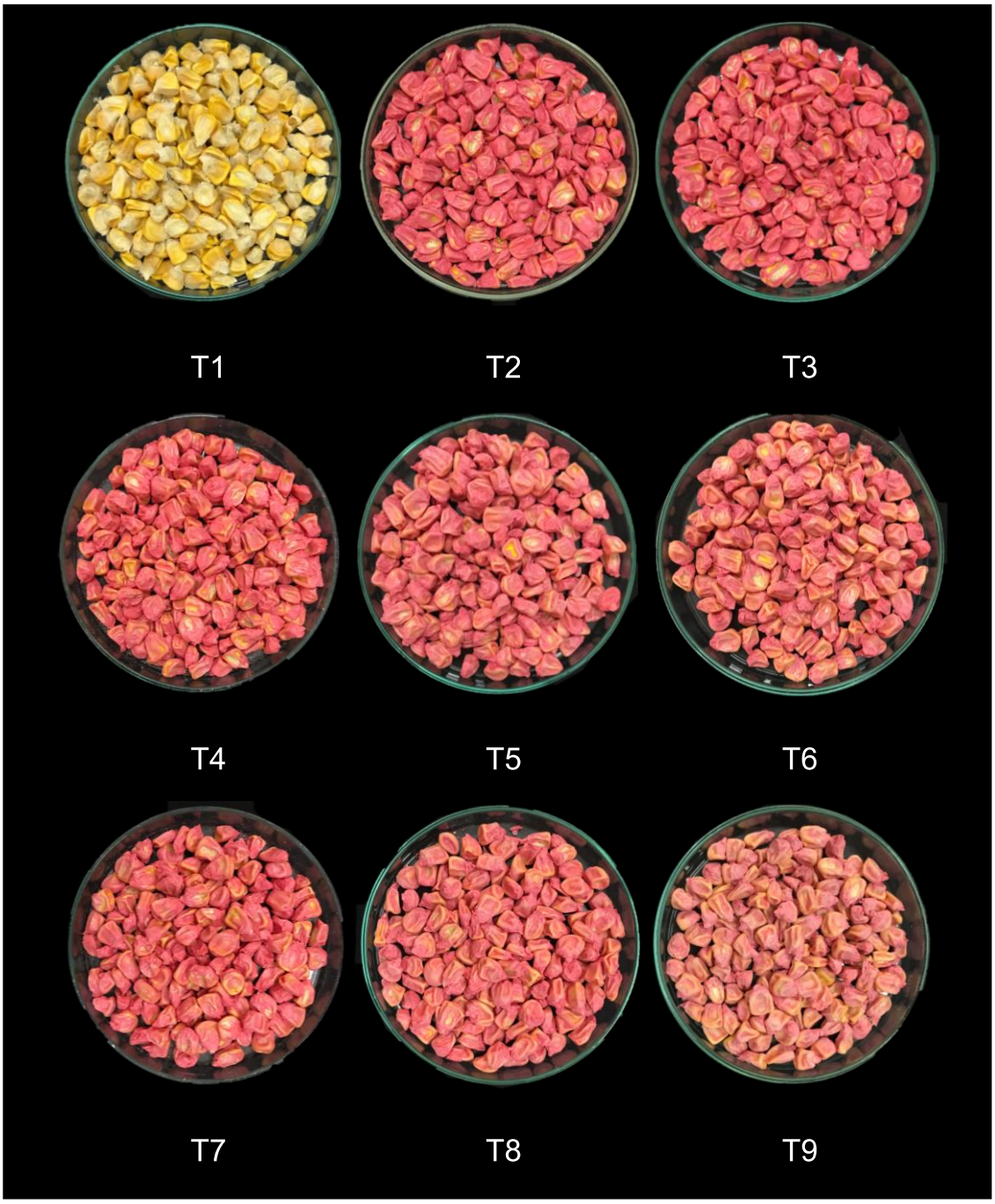
4.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่แช่สกัดด้วย hexane ต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

4.2.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่อด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ที่ระยะเวลาการทดสอบ 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

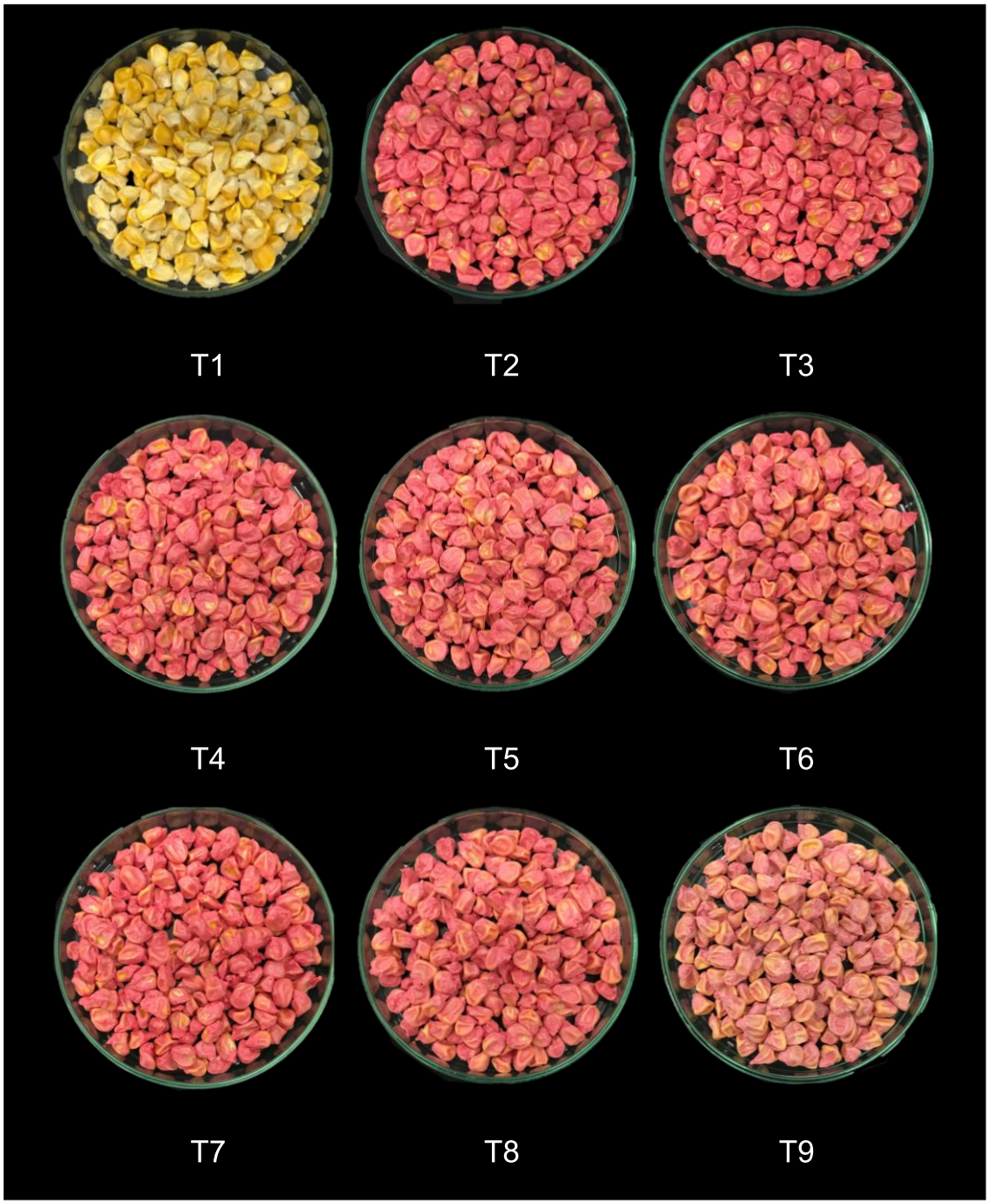
4.2.2.1.1 ทดสอบในรูปของสารฆ่า โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ดัดแปลงวิธีการจาก นันท์นภัส (2560) โดยการนำเมล็ดข้าวโพดและเมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านการเคลือบสารสกัดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส เมล็ดข้าวโพด (ภาพที่ 4.12 และภาพที่ 4.13) เมล็ดถั่วเขียว (ภาพที่ 4.14 และ ภาพที่ 4.15) โดยมีกรรมวิธี คือ T1 = เมล็ดข้าวโพดและเมล็ดถั่วเขียวที่ไม่เคลือบสารทดสอบ, T2 = ชุดควบคุม (สารช่วยเคลือบ), T3 = สารฆ่าแมลง (ฟิโพรนิล 0.1%), T4 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%, T5 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%, T6 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%, T7 = สารเคลือบ+กานพลู 1%, T8 = สารเคลือบ+กานพลู 3% และ T9 = สารเคลือบ+กานพลู 5% จากนั้นนำเมล็ดข้าวโพดหรือเมล็ดถั่วเขียว มาบรรจุใส่ขวดแก้วปริมาตร 55 มิลลิลิตร ปริมาณขวดละ 10 กรัม และนำตัวเต็มวัยของแมลงในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ใส่ลงไปในขวด ตรวจนับอัตราการตายของแมลงที่ 3 วัน หลังจากการทดสอบ หาอัตราการตายที่แท้จริง จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบและกานพลู ที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด ในรูปแบบสารฆ่า เก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพดได้ ที่ความเข้มข้น 5% มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 52.7, 38.7, 18.3 และ 28.0% ขณะที่กลุ่มชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การ

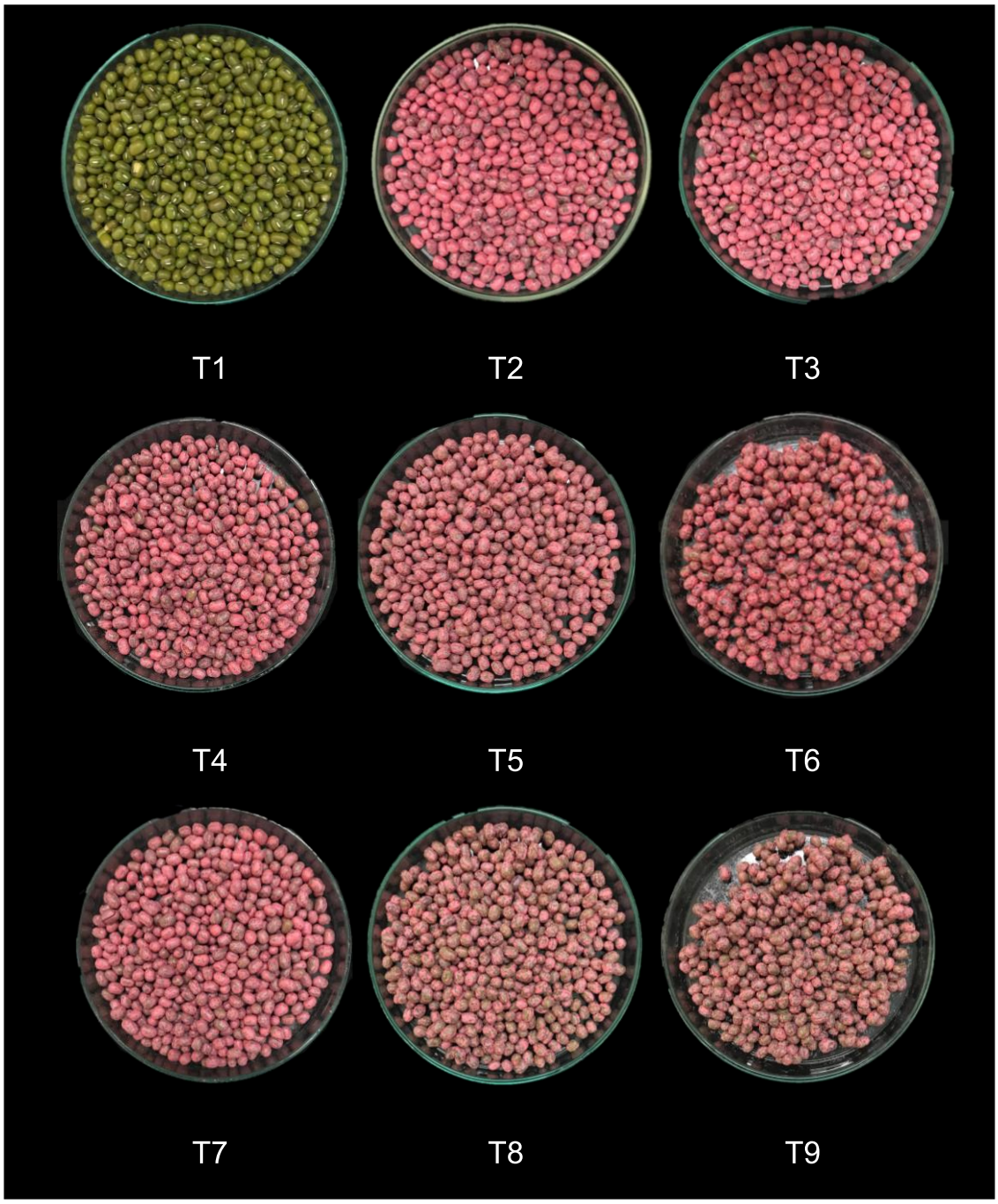
ตายเท่ากับ 5.4, 4.3, 2.2 และ 3.2% ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 99% ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 2, 4 และ 6 เดือน ตามลำดับ สำหรับการทดสอบด้วงถั่วเขียว พบว่าสารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียวได้ ที่ความเข้มข้น 5% มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 99.0, 94.8, 94.8 และ 100.0% รองลงมากลุ่มสารฆ่าแมลงมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 96.9, 93.8, 86.6 และ 82.5% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 2, 4 และ 6 เดือน ตามลำดับ และการทดสอบด้วงถั่วเหลือง พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่ความเข้มข้น 5% สารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 100.0, 83.7, 82.7 และ 100.0% ขณะที่สารสกัดจากกานพลู มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 96.9, 92.9, 70.2 และ 100% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มของสารฆ่าแมลงมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 90.8, 86.7, 82.7 และ 80.6% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 99% ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 2, 4 และ 6 เดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)



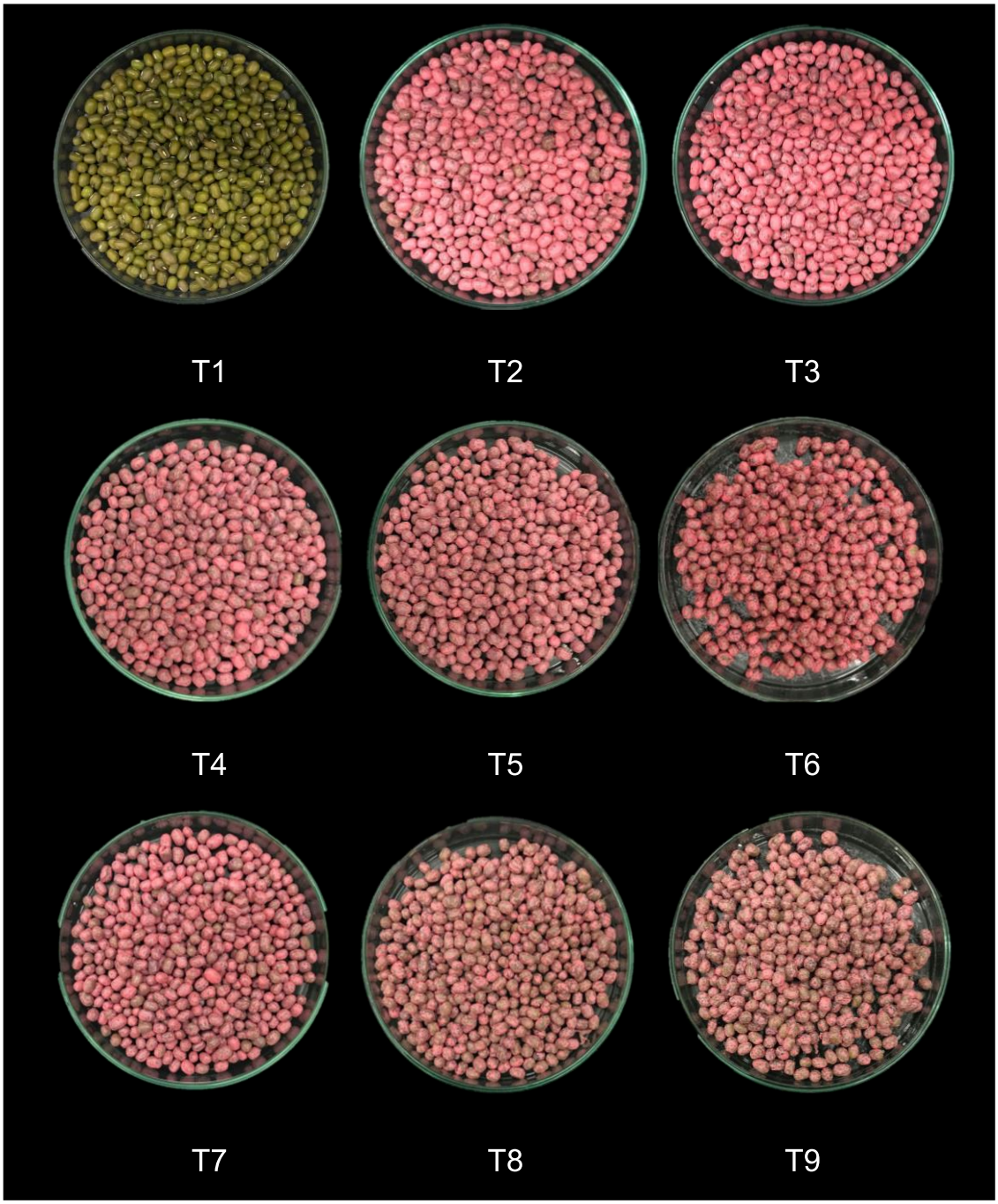
ภาพที่ 4.12 จำนวนกรรมวิธีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ทดสอบต่อด้วงงวงข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส T1 = เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่ไม่เคลือบสารทดสอบ, T2 = ชุดควบคุม (สารเคลือบเพียงอย่างเดียว), T3 = สารฆ่าแมลง (ฟิโพรนิล 0.1%), T4 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%, T5 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%, T6 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%, T7 = สารเคลือบ+กานพลู 1%, T8 = สารเคลือบ+กานพลู 3%, T9 = สารเคลือบ+กานพลู 5%



ภาพที่ 4.13 จำนวนกรรมวิธีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ทดสอบต่อด้วงงวงข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส T1 = เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่ไม่เคลือบสารทดสอบ, T2 = ชุดควบคุม (สารเคลือบเพียงอย่างเดียว), T3 = สารฆ่าแมลง (ฟิโพรนิล 0.1%), T4 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%, T5 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%, T6 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%, T7 = สารเคลือบ+กานพลู 1%, T8 = สารเคลือบ+กานพลู 3%, T9 = สารเคลือบ+กานพลู 5%



ภาพที่ 4.14 จำนวนกรรมวิธีของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ทดสอบต่อด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส T1 = เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ไม่เคลือบสารทดสอบ, T2 = ชุดควบคุม (สารเคลือบเพียงอย่างเดียว), T3 = สารฆ่าแมลง (ฟิโพรนิล 0.1%), T4 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%, T5 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%, T6 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%, T7 = สารเคลือบ+กานพลู 1%, T8 = สารเคลือบ+กานพลู 3%, T9 = สารเคลือบ+กานพลู 5%



ภาพที่ 4.15 จำนวนกรรมวิธีของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ทดสอบต่อด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส T1 = เมล็ดถั่วพันธุ์เขียวที่ไม่เคลือบสารทดสอบ , T2 = ชุดควบคุม (สารเคลือบเพียงอย่างเดียว), T3 = สารฆ่าแมลง (ฟิโพรนิล 0.1%), T4 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%, T5 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%, T6 = สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%, T7 = สารเคลือบ+กานพลู 1%, T8 = สารเคลือบ+กานพลู 3%, T9 = สารเคลือบ+กานพลู 5%

ตารางที่ 4.5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในรูปสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchu maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchu chinensis*) ที่ระยะเวลาการทดสอบ 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

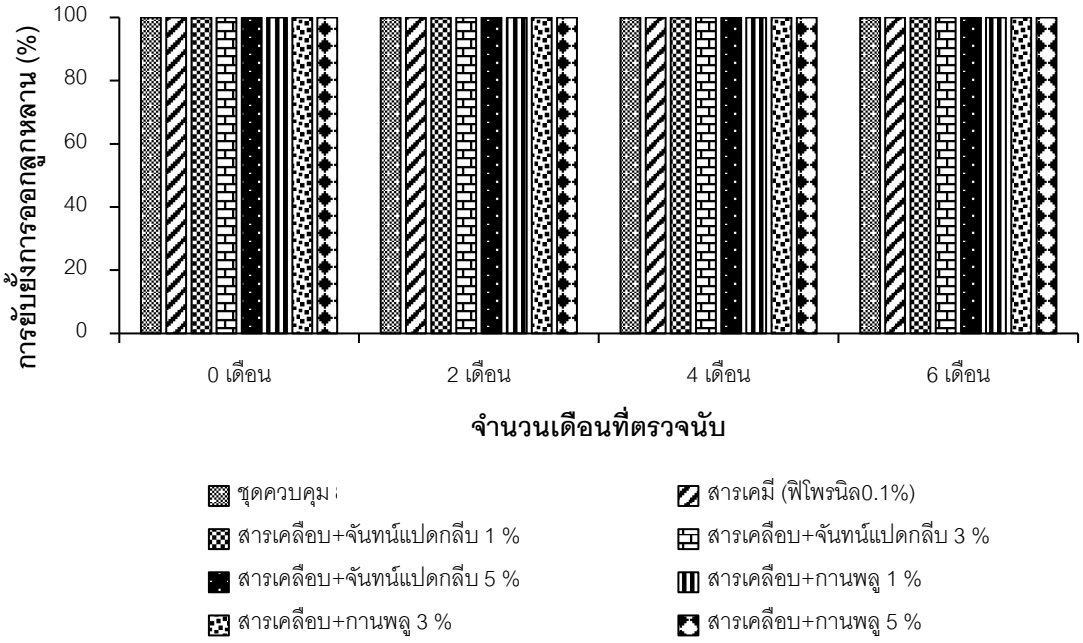
ทรีตเม้นต์	อัตราการตาย[1/] (%)				F-test[2/]	%C.V.
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน		
ด้วงงวงข้าวโพด						
ชุดควบคุม	5.4^{d}	4.3^{e}	2.2^{c}	3.2^{d}	ns	198.8
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	98.9^{Aa}	100.0^{Aa}	78.5^{Ba}	72.0^{Ba}	*	16.1
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1 %	36.6^{Abc}	33.3^{Ab}	14.0^{Bbc}	10.8^{Bcd}	**	31.7
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3 %	43.0^{Abc}	34.4^{Ab}	16.1^{Bb}	19.4^{Bbc}	**	37.3
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5 %	52.7^{Acb}	38.7^{ABb}	18.3^{Cb}	28.0^{BCb}	**	32.7
สารเคลือบ+กานพลู 1 %	29.0^{Ac}	11.8^{Bde}	7.5^{Bbc}	9.7^{Bcd}	*	69.1
สารเคลือบ+กานพลู 3 %	30.1^{Ac}	17.2^{Bcd}	8.6^{Cbc}	16.1^{BCbc}	**	32.0
สารเคลือบ+กานพลู 5 %	37.6^{Abc}	24.7^{Bc}	14.0^{Cbc}	18.3^{BCbc}	**	25.4
F-test[2/]	**	**	**	**	-	-
%C.V.	29.5	20.0	48.2	38.3	-	-
ด้วงถั่วเขียว						
ชุดควบคุม	19.6^{Ad}	15.5^{Be}	10.3^{Ce}	4.1^{De}	**	22.8
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	96.9^{Aa}	93.8^{ABa}	86.6^{BCab}	82.5^{Cb}	**	7.1
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1 %	44.3^{Ac}	33.0^{ABd}	28.9^{Bd}	7.2^{Ce}	**	33.3
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3 %	90.7^{Aa}	54.6^{Bc}	29.9^{Cd}	26.8^{Cd}	**	16.0
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5 %	81.4^{Bb}	94.8^{Aa}	80.4^{Bb}	100.0^{Aa}	**	7.9
สารเคลือบ+กานพลู 1 %	48.5^{Ac}	35.1^{Bd}	30.9^{BCd}	24.7^{Cd}	**	20.8
สารเคลือบ+กานพลู 3 %	99.0^{Aa}	74.2^{Bb}	45.4^{Cc}	34.0^{Dc}	**	10.6
สารเคลือบ+กานพลู 5 %	99.0^{ABa}	94.8^{Ba}	94.8^{Ba}	100.0^{Aa}	*	3.5
F-test[2/]	**	**	**	**	-	-
%C.V.	9.5	11.0	15.8	10.0	-	-
ด้วงถั่วเหลือง						
ชุดควบคุม	15.3^{Ad}	14.3^{Ad}	14.3^{Ad}	4.1^{Bd}	*	53.6
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	90.8^{b}	86.7^{a}	82.7^{a}	80.6^{b}	ns	7.0
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1 %	21.4^{Ad}	19.4^{Acd}	16.3^{Ad}	7.1^{Bd}	*	38.8
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3 %	37.8^{c}	32.7^{bc}	29.6^{c}	26.5^{c}	ns	23.3
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5 %	100.0^{Aa}	83.7^{Ba}	82.7^{Ba}	100.0^{Ca}	**	16.4
สารเคลือบ+กานพลู 1 %	18.4^{d}	17.3^{cd}	11.2^{d}	6.1^{d}	ns	83.1
สารเคลือบ+กานพลู 3 %	39.8^{Aa}	36.7^{Ab}	33.7^{Bc}	29.6^{Bc}	**	33.6
สารเคลือบ+กานพลู 5 %	96.9^{Aab}	92.9^{Aa}	70.2^{Bb}	100.0^{Aa}	**	8.4
F-test[2/]	**	**	**	**	-	-
%C.V.	11.9	24.3	21.1	11.4	-	-

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ในแนวนอนและตัวพิมพ์เล็กในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

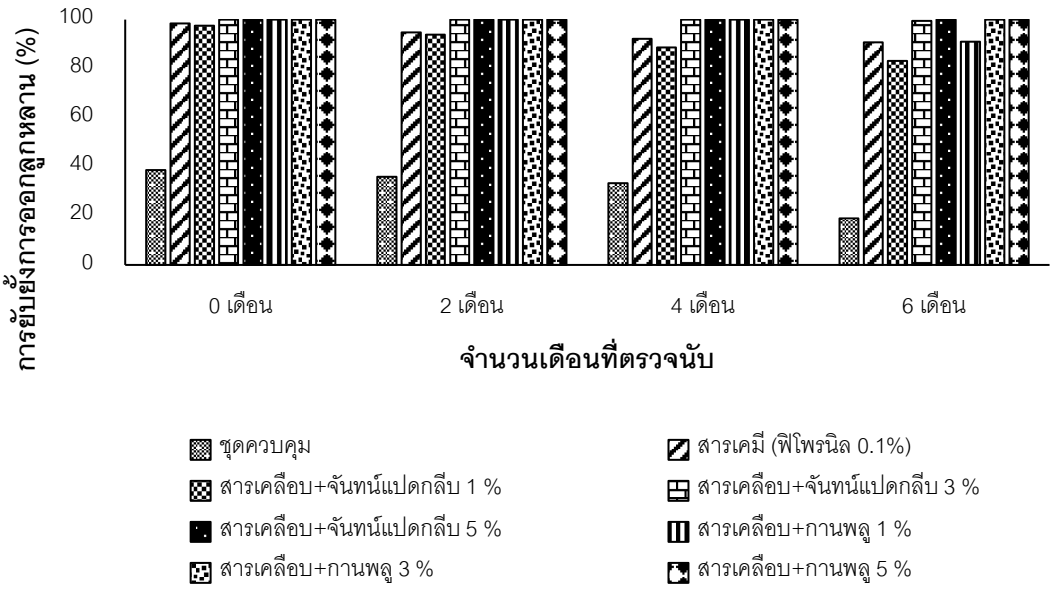
[2/]ns, * และ ** ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99%

4.2.2.1.2 ทดสอบในรูปสารการยับยั้งการออกลูกหลานของแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด

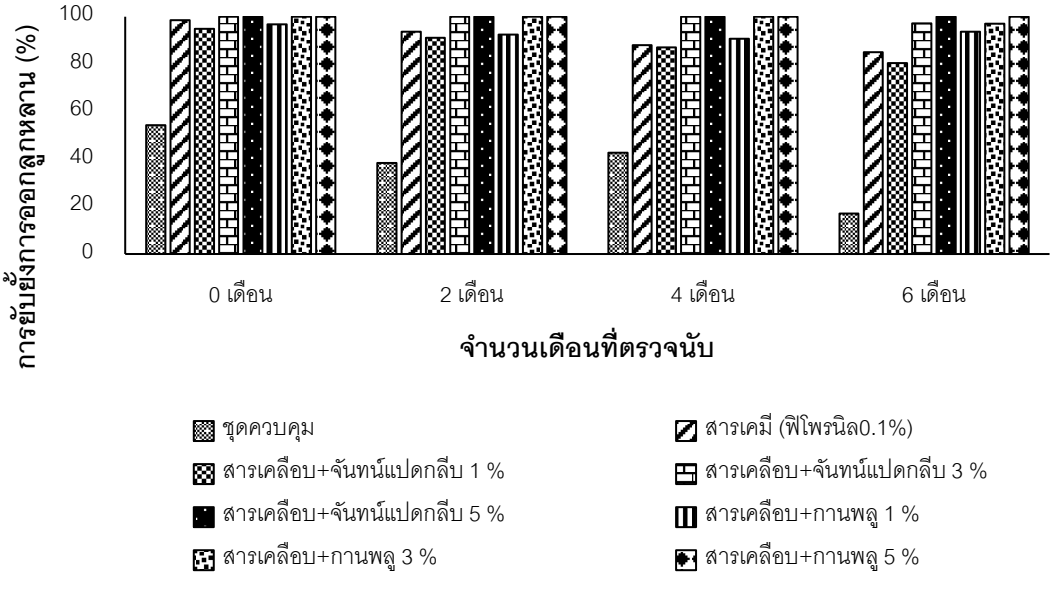
ทำการทดสอบต่อจากข้อ 4.2.2.1.1 ดัดแปลงวิธีการจาก นันท์นภัส (2560) โดยปล่อยแมลงในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ลงไปในขวดตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้แมลงวางไข่ หลังจากนั้นนำแมลงออก ตั้งทิ้งไว้อีกประมาณ 45 วัน ประเมินประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในเคลือบเมล็ดต่อการยับยั้งการออกลูกหลาน โดยนับจำนวนแมลงที่เกิดขึ้นเป็นตัวเต็มวันรุ่นใหม่ แล้วนำไปคำนวณค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกลูกหลาน (Percent inhibition rate of progeny) เปรียบเทียบกับ Blank (เมล็ดข้าวโพดและเมล็ดถั่วเขียวที่ไม่เคลือบสาร) พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบและกานพลูที่แช่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการออกลูกหลานของแมลงในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ได้มากกว่า 80% ในทุกระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกลับกลุ่มที่ใช้สารเคมีซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 4.16, 4.17 และ 4.18)



ภาพที่ 4.16 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกลูกหลานของด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) หลังจากการทดสอบด้วยสารสกัดผสมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ที่ระยะเวลาการทดสอบ 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยวิธีการเคลือบเมล็ด



ภาพที่ 4.17 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกลูกหลานของด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) หลังจากการทดสอบด้วยสารสกัดผสมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ระยะเวลาการทดสอบ 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยวิธีการเคลือบเมล็ด



ภาพที่ 4.18 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกลูกหลานของด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) หลังจากการทดสอบด้วยสารสกัดผสมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ระยะเวลาการทดสอบ 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

4.3 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด และเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ผ่านการเคลือบ ด้วยสารสกัดจากพืชสมุนไพร

ทดสอบโดยดัดแปลงตามวิธีของ สุปราณี และคณะ (2558) ทำการตรวจสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว นำเมล็ดที่ผ่านการเคลือบแล้วมาเก็บรักษา ที่ระยะเวลา 6 เดือน คือ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ดำเนินการตรวจคุณภาพของเมล็ดดังนี้ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น เปอร์เซ็นต์การงอก และดัชนีการงอกของเมล็ด เปอร์เซ็นต์ความชื้น พบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดที่มากขึ้นส่งผลต่อการงอกของเมล็ด ยิ่งสารสกัดที่มีความเข้มข้นมาก ทำให้เมล็ดตาย ไม่เกิดการงอก เมล็ดข้าวโพดที่เคลือบสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลูที่ความเข้มข้น 1% ภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 8.6, 8.8, 10.1 และ 7.7% (ตารางที่ 4.6) เปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 66.5, 61.0, 67.0 และ 64.0% (ตารางที่ 4.7) และดัชนีการงอกเท่ากับ 16.5, 14.5, 16.3 และ 15.2% (ตารางที่ 4.8) โดยสารสกัดจากกานพลูมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 8.6, 8.3, 9.5 และ 8.0% (ตารางที่ 4.6) เปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 65.0, 73.5, 63.0 และ 62.5% (ตารางที่ 4.7) และดัชนีการงอกเท่ากับ 15.8, 17.8, 14.8 และ 14.9% (ตารางที่ 4.8) ซึ่งสารสกัดทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อเทียบกับเมล็ดข้าวโพดที่ไม่ผ่านเคลือบสารทดสอบ มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 7.5, 8.3, 7.6 และ 7.6% (ตารางที่ 4.6) เปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 94.5, 92.0, 95.0 และ 92.5% (ตารางที่ 4.7) และดัชนีการงอกเท่ากับ 23.5, 22.2, 23.7 และ 22.5% (ตารางที่ 4.8) ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 99% และภายใต้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่ความเข้มข้น 1% โดยสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 9.8, 9.8, 8.1 และ 9.3% (ตารางที่ 4.6) เปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 68.5, 60.0, 44.5 และ 34.5% (ตารางที่ 4.7) และดัชนีการงอกเท่ากับ 17.1, 14.9, 10.6 และ 8.4% (ตารางที่ 4.8) โดยสารสกัดจากกานพลูมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 9.2, 9.7, 8.0 และ 9.7% (ตารางที่ 4.6) เปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 69.5, 70.5, 50.5 และ 42.5% (ตารางที่ 4.7) และดัชนีการงอกเท่ากับ 17.1, 17.1, 12.1 และ 10.5% (ตารางที่ 4.8) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในเรื่องของเปอร์เซ็นต์การงอก เมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 8.6, 9.0, 7.6 และ 7.6% (ตารางที่ 4.6) เปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 91.5, 91.5, 97.5 และ 97.0% (ตารางที่ 4.7) และดัชนีการงอกเท่ากับ 22.9, 22.8, 23.2 และ 24.2% (ตารางที่ 4.8) ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 2, 4 และ 6 เดือน ตามลำดับ สำหรับส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันพบว่า ทั้งอุณหภูมิที่ 4 และ 25 องศาเซลเซียส ในเดือนที่ 0 และ 2 มีเปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้น และในเดือนที่ 4 และ 6 มีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ลดลง แต่เมื่อเทียบกันแล้ว ที่อุณหภูมิ 4 องศาสเซลเซียส ยังคงมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ดีกว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ย 64.6 และ 51.9 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) สำหรับการทดสอบคุณภาพของเมล็ดถั่วเขียว พบว่าปริมาณความเข้มข้น

สารสกัดที่มากขึ้นส่งผลต่อการงอกของเมล็ด ยิ่งสารสกัดที่มีความเข้มข้นมาก ทำให้เมล็ดตาย ไม่เกิดการงอก คุณภาพของเมล็ดถั่วเขียวที่เคลือบสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบที่ความเข้มข้น 1% ภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 8.2, 5.5, 9.0 และ 8.5% (ตารางที่ 4.9) เปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 99.0, 96.0, 98.0 และ 97.0% (ตารางที่ 4.10) และดัชนีการงอกเท่ากับ 24.7, 24.0, 24.5 และ 23.2% (ตารางที่ 4.11) เมื่อเทียบกับเมล็ดถั่วเขียวที่ไม่ผ่านเคลือบสารทดสอบมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 7.8, 5.5, 8.3 และ 7.9% (ตารางที่ 4.9) เปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 99.5, 99.5, 99.5 และ 100.0% (ตารางที่ 4.10) และดัชนีการงอกเท่ากับ 24.9, 24.9, 24.9 และ 25.0% (ตารางที่ 4.11) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และภายใต้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 9.3, 8.4, 9.1 และ 9.5% (ตารางที่ 4.9) เปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 97.5, 96.0, 88.0 และ 91.0% (ตารางที่ 4.10) และดัชนีการงอกเท่ากับ 24.4, 24.0, 22.0 และ 22.7% (ตารางที่ 4.11) เมื่อเทียบกับเมล็ดถั่วเขียวที่ไม่ผ่านเคลือบสารทดสอบมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 8.3, 8.4, 8.6 และ 8.6% (ตารางที่ 4.9) เปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 99.5, 100.0, 99.5 และ 99.5% (ตารางที่ 4.10) และดัชนีการงอกเท่ากับ 24.8, 25.0, 24.9 และ 24.9% (ตารางที่ 4.11) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 2, 4 และ 6 เดือน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันพบว่า สารสกัดจากจันทน์แปดกลีบที่ความเข้มข้น 1% ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกันแล้ว ที่อุณหภูมิ 4 องศาสเซลเซียส ยังคงมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ดีกว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความแตกต่างกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ย 97.5 และ 93.1% (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.6 การทดสอบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านและไม่ผ่านการเคลือบสารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดสอบเปอร์เซ็นต์ความชื้น เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ความชื้น[1/] (%MC)			
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน
อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส				
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร	7.5±0.1^{c}	8.3±0.2^{b}	7.6±0.1^{d}	7.6±0.2^{b}
ชุดควบคุม	8.4±0.3^{ab}	8.3±0.2^{b}	9.3±0.2^{b}	7.6±0.2^{b}
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	8.3±0.5^{ab}	8.2±0.1^{b}	11.7±4.4^{b}	7.8±0.3^{b}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%	8.6±0.5^{a}	8.8±0.1^{a}	10.1±0.1^{a}	7.7±0.6^{b}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%	7.9±0.5^{bc}	8.2±0.1^{b}	9.5±0.1^{b}	7.6±0.2^{b}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%	8.8±0.2^{a}	8.2±0.1^{b}	8.9±0.1^{c}	9.1±0.1^{a}
สารเคลือบ+กานพลู 1%	8.6±0.1^{a}	8.3±0.1^{b}	9.5±0.1^{b}	8.0±0.5^{b}
สารเคลือบ+กานพลู 3%	8.6±0.1^{a}	8.4±0.1^{b}	9.5±0.1^{b}	9.4±0.1^{a}
สารเคลือบ+กานพลู 5%	8.9±0.2^{a}	8.3±0.1^{b}	9.4±0.1^{b}	9.4±0.1^{a}
F-test[2/]	**	**	**	**
%C.V.	4.2	1.6	1.9	3.9
อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส				
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร	8.6±0.6^{c}	9.0±0.3^{c}	7.6±0.1	7.6±0.2^{c}
ชุดควบคุม	9.2±0.2^{b}	9.5±0.2^{bc}	8.1±0.5	9.5±0.2^{ab}
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	9.4±0.0^{b}	9.5±0.1^{c}	7.6±0.2	9.6±0.0^{ab}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%	9.8±0.5^{a}	9.8±0.3^{a}	8.1±0.6	9.3±0.7^{b}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%	9.4±0.1^{b}	9.5±0.1^{bc}	8.3±0.2	9.7±0.1^{ab}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%	9.1±0.1^{b}	9.5±0.1^{bc}	8.2±0.1	9.4±0.0^{ab}
สารเคลือบ+กานพลู 1%	9.2±0.3^{b}	9.7±0.1^{ab}	8.0±0.3	9.7±0.11^{a}
สารเคลือบ+กานพลู 3%	9.5±0.2^{ab}	9.5±0.1^{bc}	8.3±0.2	9.5±0.1^{ab}
สารเคลือบ+กานพลู 5%	9.4±0.1^{b}	9.5±0.1^{bc}	5.2±0.6	9.6±0.3^{ab}
F-test[2/]	**	**	ns	**
%C.V.	2.8	1.8	4.5	2.9

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

[2/]ns และ ** ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 4.7 การทดสอบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านและไม่ผ่านการเคลือบสารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอก เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การงอก[1/] (%GL)			
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน
อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส				
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร	94.5±3.4^{a}	92.0±1.6^{a}	95.0±4.2^{a}	92.5±2.5^{a}
ชุดควบคุม	89.5±4.7^{a}	80.0±2.3^{bc}	81.5±4.4^{b}	73.5±6.6^{b}
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	89.5±3.4^{a}	89.5±5.0^{ab}	77.0±8.1^{b}	86.0±7.3^{a}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%	66.5±5.3^{b}	61.0±6.8^{e}	67.0±3.5^{c}	64.0±5.2^{c}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%	61.0±9.0^{b}	64.0±3.3^{de}	63.0±4.8^{c}	53.0±5.3^{d}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%	40.5±14.6^{c}	38.0±9.4^{f}	42.0±1.6^{d}	40.0±5.7^{e}
สารเคลือบ+กานพลู 1%	65.0±6.2^{b}	73.5±16.1^{cd}	63.0±11.9^{c}	62.5±4.7^{c}
สารเคลือบ+กานพลู 3%	41.0±7.7^{c}	34.5±5.5^{f}	25.5±8.2^{e}	38.5±9.8^{e}
สารเคลือบ+กานพลู 5%	4.0±1.6^{d}	3.5±1.0^{g}	5.0±1.1^{f}	1.5±1.0^{f}
F-test[2/]	**	**	**	**
%C.V.	11.8	12.1	10.8	10.3
อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส				
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร	91.5±4.1^{a}	91.5±3.8^{a}	97.5±2.5^{a}	97.0±3.8^{a}
ชุดควบคุม	86.5±3.0^{a}	77.0±9.0^{b}	65.0±8.1^{b}	62.5±7.5^{b}
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	91.0±7.4^{a}	79.0±7.4^{b}	66.0±7.8^{b}	62.5±7.7^{b}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%	68.5±16.4^{b}	60.0±8.2^{c}	44.5±11.0^{c}	34.5±5.0^{c}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%	68.0±3.6^{b}	54.5±11.5^{c}	39.0±5.3^{c}	34.0±8.2^{c}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%	45.5±7.0^{c}	30.5±6.4^{d}	25.5±11.5^{d}	2.0±4.6^{d}
สารเคลือบ+กานพลู 1%	69.5±9.1^{b}	70.5±4.7^{b}	50.5±10.0^{c}	42.5±5.3^{c}
สารเคลือบ+กานพลู 3%	40.0±4.3^{c}	33.0±7.0^{d}	26.5±5.0^{d}	19.5±5.3^{d}
สารเคลือบ+กานพลู 5%	3.5±1.0^{d}	3.5±1.9^{e}	1.0±1.1^{e}	0.0±0.0^{e}
F-test[2/]	**	**	**	**
%C.V.	11.9	12.9	16.8	13.9

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

[2/] ** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 4.8 การทดสอบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านและไม่ผ่านการเคลือบสารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดสอบดัชนีการงอก เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอก[1/] (%GI)			
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน
อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส				
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร	23.5±0.6^{a}	22.2±0.2^{a}	23.7±0.7^{a}	22.5±0.4^{a}
ชุดควบคุม	22.4±1.0^{a}	19.2±0.6^{b}	19.8±1.3^{b}	17.7±1.2^{b}
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	22.3±0.6^{a}	22.0±1.0^{a}	18.8±1.9^{b}	20.6±1.7^{a}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%	16.5±1.2^{b}	14.5±1.6^{c}	16.3±0.7^{c}	15.2±1.2^{c}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%	14.9±1.7^{b}	15.2±0.9^{c}	14.9±1.0^{c}	12.2±0.5^{d}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%	9.3±3.0^{c}	7.8±1.7^{d}	9.7±0.8^{d}	8.3±1.4^{e}
สารเคลือบ+กานพลู 1%	15.8±1.0^{b}	17.8±3.4^{b}	14.8±2.4^{c}	14.9±0.9^{c}
สารเคลือบ+กานพลู 3%	9.9±1.4^{c}	7.5±0.9^{d}	5.9±1.5^{e}	8.3±2.1^{e}
สารเคลือบ+กานพลู 5%	1.0±0.3^{d}	0.8±0.2^{e}	1.2±0.3^{f}	0.4±0.2^{f}
F-test[2/]	**	**	**	**
%C.V.	11.0	12.2	11.2	10.61
อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส				
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร	22.9±1.0^{a}	22.8±1.0^{a}	23.2±0.5^{a}	24.2±1.0^{a}
ชุดควบคุม	21.6±0.7^{a}	19.0±2.3^{b}	15.9±1.9^{b}	15.6±1.9^{b}
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	22.7±1.8^{a}	19.6±1.8^{b}	15.7±1.8^{b}	15.4±1.9^{b}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%	17.1±4.1^{b}	14.9±2.1^{cd}	10.6±2.7^{cd}	8.4±1.2^{c}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%	15.0±0.7^{b}	13.1±2.7^{d}	9.1±1.5^{d}	8.4±2.0^{c}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%	9.7±1.5^{c}	7.1±1.7^{e}	5.6±3.0^{e}	5.2±1.1^{d}
สารเคลือบ+กานพลู 1%	17.1±1.2^{b}	17.1±1.0^{bc}	12.1±2.2^{c}	10.5±1.4^{b}
สารเคลือบ+กานพลู 3%	8.9±0.8^{c}	7.9±1.7^{e}	5.9±1.1^{e}	4.7±1.3^{d}
สารเคลือบ+กานพลู 5%	0.7±0.1^{d}	0.7±0.5^{f}	0.1±0.2^{f}	0.0±0.0^{e}
F-test[2/]	**	**	**	**
%C.V.	11.4	13.1	17.1	14.1

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

[2/] ** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 4.9 การทดสอบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบสารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดสอบเปอร์เซ็นต์ความชื้น ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ความชื้น[1/] (%MC)			
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน
อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส				
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร	7.8±0.1^{d}	5.5±0.1	8.3±0.1^{d}	7.9±0.1^{e}
ชุดควบคุม	9.0±0.6^{a}	5.7±0.2	9.6±0.2^{a}	8.8±0.1^{abc}
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	8.7±0.2^{ab}	5.7±0.1	9.5±0.2^{a}	9.0±0.1^{a}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%	8.2±0.1^{bcd}	5.5±0.2	9.0±0.1^{b}	8.5±0.1^{cd}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%	8.9±0.5^{a}	5.8±0.0	9.1±0.1^{b}	8.9±0.7^{ab}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%	7.9±0.2^{cd}	5.7±0.2	8.2±0.1^{d}	8.2±0.3^{de}
สารเคลือบ+กานพลู 1%	9.0±0.2^{a}	5.4±0.3	9.6±0.1^{a}	8.8±0.1^{abc}
สารเคลือบ+กานพลู 3%	8.6±0.1^{ab}	5.7±0.2	9.2±0.1^{b}	8.7±0.2^{abcd}
สารเคลือบ+กานพลู 5%	8.3±0.1^{bc}	5.7±0.3	8.8±0.1^{c}	8.4±0.2^{cd}
F-test[2/]	**	ns	**	**
%C.V.	3.6	3.7	1.7	3.5
อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส				
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร	8.3±0.1^{c}	8.4±0.1	8.6±0.2	8.6±0.0^{c}
ชุดควบคุม	9.4±0.3^{a}	8.5±0.3	9.3±1.1	9.2±0.8^{abc}
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	9.4±0.5^{a}	8.3±0.3	9.6±0.3	8.9±0.6^{bc}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%	9.3±0.2^{a}	8.4±0.1	9.1±0.6	9.5±0.6^{ab}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%	9.5±0.4^{a}	8.4±0.3	9.4±0.5	9.2±0.8^{abc}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%	8.4±0.2^{c}	8.4±0.1	8.9±0.6	8.4±0.2^{c}
สารเคลือบ+กานพลู 1%	9.7±0.2^{a}	8.5±0.1	9.1±0.3	9.9±0.1^{a}
สารเคลือบ+กานพลู 3%	8.9±0.1^{b}	8.5±0.4	9.2±0.4	9.2±0.1^{abc}
สารเคลือบ+กานพลู 5%	8.6±0.1^{bc}	8.9±0.1	9.3±0.3	9.0±0.1^{bc}
F-test[2/]	**	ns	ns	*
%C.V.	2.9	2.7	5.8	5.4

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

[2/] ns, * และ ** ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99%

ตารางที่ 4.10 การทดสอบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบสารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอก ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การงอก[1/] (%GL)			
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน
อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส				
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร	99.5±1.0^{a}	99.5±1.0^{a}	99.5±1.0^{a}	100.0±0.0^{a}
ชุดควบคุม	99.0±1.1^{a}	98.5±1.9^{a}	99.5±1.0^{a}	98.0±4.0^{a}
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	99.0±2.0^{a}	98.0±1.6^{ab}	99.0±1.0^{a}	97.5±2.5^{a}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%	99.0±1.1^{a}	96.0±2.8^{ab}	98.0±1.6^{ab}	97.0±2.0^{a}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%	94.5±3.0^{b}	91.0±3.5^{ab}	92.5±2.5^{bc}	93.0±3.5^{a}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%	95.0±3.5^{b}	92.5±1.9^{ab}	9.0±1.6^{cd}	78.5±1.9^{b}
สารเคลือบ+กานพลู 1%	95.0±2.6^{b}	96.5±1.9^{ab}	89.5±6.4^{cd}	93.5±4.4^{a}
สารเคลือบ+กานพลู 3%	86.0±2.8^{c}	89.0±4.8^{b}	86.0±7.1^{d}	66.5±12.5^{c}
สารเคลือบ+กานพลู 5%	86.0±2.8^{c}	69.0±15.1^{c}	59.0±5.8^{e}	50.0±1.6^{d}
F-test[2/]	**	**	**	**
%C.V.	2.5	6.11	4.4	5.7
อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส				
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร	99.5±0.9^{a}	100.0±0.0^{a}	99.5±0.9^{a}	99.5±0.9^{a}
ชุดควบคุม	99.0±1.0^{a}	98.0±1.4^{ab}	98.5±1.6^{a}	98.5±1.7^{a}
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	98.0±2.4^{ab}	98.0±1.4^{ab}	99.5±0.9^{a}	96.5±1.7^{ab}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%	97.5±0.9^{ab}	96.0±2.4^{ab}	88.0±5.1^{b}	91.0±5.0^{b}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%	92.0±1.4^{cde}	84.0±2.4^{d}	82.0±3.2^{b}	91.5±1.7^{b}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%	91.0±4.6^{de}	81.5±5.2^{d}	74.0±4.2^{c}	81.5±7.5^{c}
สารเคลือบ+กานพลู 1%	95.5±3.3^{abc}	95.5±0.9^{b}	88.0±2.4^{b}	89.5±3.0^{b}
สารเคลือบ+กานพลู 3%	94.5±2.2^{bcd}	81.0±1.7^{d}	75.0±3.6^{c}	69.5±4.6^{d}
สารเคลือบ+กานพลู 5%	89.0±2.2^{e}	89.0±2.2^{c}	69.5±8.0^{c}	63.5±4.6^{d}
F-test[2/]	**	**	**	**
%C.V.	2.9	3.0	5.3	5.3

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

[2/] ** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 4.11 การทดสอบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบสารสกัดจากพืชสมุนไพร ทดสอบเปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอก ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ดัชนีการงอก[1/] (%GI)			
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน
อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส				
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร	24.9±0.2^{a}	24.9±0.2^{a}	24.9±0.2^{a}	25.0±0.0^{a}
ชุดควบคุม	24.7±0.3^{a}	24.6±0.5^{ab}	24.9±0.2^{a}	24.5±1.0^{a}
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	24.7±0.5^{a}	24.5±0.4^{ab}	27.7±0.3^{a}	24.4±0.6^{a}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%	24.7±0.3^{a}	24.0±0.7^{abc}	24.5±0.4^{ab}	23.2±0.9^{a}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%	23.6±0.7^{b}	21.8±1.4^{cd}	23.1±0.6^{bc}	23.2±0.9^{a}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%	23.7±0.9^{ab}	22.3±1.0^{bcd}	22.5±0.4^{cd}	19.6±0.5^{b}
สารเคลือบ+กานพลู 1%	23.7±0.6^{ab}	24.1±0.5^{ab}	22.4±1.6^{cd}	23.4±1.1^{a}
สารเคลือบ+กานพลู 3%	21.5±0.7^{c}	21.4±1.4^{d}	21.5±1.8^{d}	16.6±3.1^{c}
สารเคลือบ+กานพลู 5%	21.5±0.7^{c}	16.7±3.6^{e}	14.7±1.4^{e}	12.5±0.4^{d}
F-test[2/]	**	**	**	**
%C.V.	2.6	6.4	4.4	5.7
อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส				
เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสาร	24.9±0.2^{a}	25.0±0.0^{a}	24.9±0.2^{a}	24.9±0.2^{a}
ชุดควบคุม	24.7±0.2^{a}	24.5±0.3^{a}	24.6±0.4^{a}	24.6±0.4^{a}
สารเคมี (ฟิโพรนิล 0.1%)	24.5±0.6^{ab}	24.5±0.3^{a}	24.9±0.2^{a}	24.1±0.4^{ab}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 1%	24.4±0.2^{ab}	24.0±0.6^{a}	22.0±1.3^{b}	22.7±1.2^{b}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 3%	23.0±0.3^{cde}	21.0±0.6^{b}	20.5±0.8^{b}	22.9±0.4^{b}
สารเคลือบ+จันทน์แปดกลีบ 5%	22.7±1.1^{ed}	20.4±1.3^{b}	18.5±1.1^{c}	20.4±1.9^{c}
สารเคลือบ+กานพลู 1%	23.9±0.8^{abc}	23.9±0.2^{a}	22.0±0.6^{b}	22.4±0.7^{b}
สารเคลือบ+กานพลู 3%	23.6±0.5^{bcd}	20.2±0.4^{b}	18.7±0.9^{c}	17.4±1.1^{d}
สารเคลือบ+กานพลู 5%	22.2±0.6^{e}	17.9±2.7^{c}	17.4±2.0^{c}	15.9±1.1^{d}
F-test[2/]	**	**	**	**
%C.V.	2.9	5.5	5.3	5.3

[1/]ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

[2/] ** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ ขั้นต้น ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการสัมผัส

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum*) กานพลู (*Syzygium aromaticum*) เทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare*) และตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus*) ในรูปแบบสารฆ่า ด้วยวิธีการสัมผัส ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน โดยวิธีการฆ่า และวิธีการไล่ พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบที่แช่สกัดด้วย hexane มีศักยภาพในการเป็นสารฆ่าด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลืองได้ และยังมีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ด้วงทั้ง 3 ชนิดได้มากกว่า 80% ซึ่งมีรายงานว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบและกานพลูในรูปของน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตตต่อด้วงงวงข้าวโพด มีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดที่ความเข้มข้น 125.79 μg/cm^2 มีอัตราการตายเฉลี่ย 94.5% ที่เวลา 72 ชั่วโมง (Wei et al ., 2014) และสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ ที่แช่สกัดด้วย hexane และ methanol มีประสิทธิภาพในการฆ่าไข่ของมอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) ที่ความเข้มข้น 0.01 g/ml โดยที่ตัวเต็มวัยนั้นมีความอ่อนแอมากกว่าตัวหนอน และมีอัตราการตายมากกว่า 70% (Ho et al, 1995) ขณะที่ ฤชุอร และ กณิกนันต์ (2558) ศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากดอกไม้ 5 ชนิด ได้แก่ โรสแมรี่ (*Rosmarinus officinalis*) ลาเวนเดอร์ (*Lavendula officinalis*) อิมมอคแทล (*Helichrysum splendidum*) มาร์จอรัม (*Majorana hortnesis*) และเจอร์เรเนียม (*Pelargonium roseum*) ในการกำจัดด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae*) และด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าน้ำมันหอมระเหยทุกชนิดที่ความเข้มข้น 30,000 ppm สามารถฆ่าด้วงงวงข้าวและด้วงงวงข้าวโพดได้ 100% และจากรายงายของ วสกร และคณะ (2545) ที่ใช้สารสกัดจากพริกขี้หนู (*Capsicum frutescens* L.) โดยวิธีการ Soxhlet ที่มี ethanol เป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 70 ˚C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เทียบกับการสกัดโดยวิธีปั่นกวนด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทดสอบอัตราการตายกับตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) โดยวิธี impregnated filter paper ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พบว่าโดยวิธีการ Soxhlet มีอัตราการตายของด้วงงวงข้าวโพดในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่า LD_{50} เท่ากับ 7.38%w/w ในขณะที่วิธีสกัดโดยใช้น้ำปั่นกวนจะให้อัตราการตายของด้วงงวงข้าวโพดในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่า LD_{50} เท่ากับ 10.33%w/w ยังพบว่า กวีวัฒน์ และคณะ (2556) รายงานว่า

สูตรน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบและเทียนข้าวเปลือก ที่เป็นองค์ประกอบหลัก และน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและตะไคร้บ้านที่เป็นองค์ประกอบรอง ในอัตราส่วนต่าง ๆ ต่อด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง และมอดฟันเลื่อย โดยวิธีการรม พบว่าสูตรน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบต่อเทียนข้าวเปลือก อัตรา 3:1 มีประสิทธิภาพในการฆ่าตัวเต็มวัยของแมลงทั้ง 3 ชนิดดีที่สุดที่ความเข้มข้นระหว่าง 10-20 µl/L air สามารถฆ่าแมลงได้ 90-100% สอดคล้องกับ Ho et al. (1997) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ มีประสิทธิภาพเป็นสารรม ต่อด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ส่วน Danga et al., (2015) รายงานการใช้สารสกัดจากใบแปรงล้างขวด (*Callistemon rigidus*) ที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ คือ hexane, chloroform, ethyl acetate และ methanol พบว่าสารสกัดจากใบแปรงล้างขวดที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้น 4 g/kg มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียวได้ 100% โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 1.02 g/kg Park et al. (2016) พิสูจน์แล้วว่าน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ และส่วนประกอบหลักทั่วไป (trans-anethole) โดยวิธีการรม มีความเป็นพิษต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) และยังเป็นสารขับไล่ที่มีประสิทธิภาพและมีฤทธิ์ยับยั้งการวางไข่โดยไม่มีผลต่อความมีชีวิตของเมล็ด (Chiluwal et al., 2017) นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีประสิทธิภาพต่อตัวอ่อนของ *Oryctes Agamemnon* ที่ความเข้มข้น 5% มีอัตราการตาย 87.9% (Ibrahim และ Alahmadi, 2015) ขณะที่ ดวงสมร และคณะ (2554) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าสดของพืชในตระกูลขิง ในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้งด้วยวิธีทดสอบในจานเลี้ยงเชื้อแบบให้ทางเลือก พบว่าสามารถไล่มอดแป้งได้มากกว่า 90% และด้วงงวงข้าวโพดได้มากกว่า 75% ขณะที่ Pumnuan et al. (2012) ศึกษาน้ำมันหอมจากอบเชยและกานพลู สามารถไล่ด้วงงวงข้าวโพดได้ประมาณ 40% ยังพบว่า กัญชพร และคณะ 2561 ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากพริกไทยดำในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด ด้วยวิธีการไล่ในจานเพาะเชื้อ พบว่าที่ความเข้มข้น 0.310 µl/cm^2 สามารถไล่ด้วงงวงข้าวโพดได้ 88.33% ที่ 24 ชั่วโมง และวิธีการไล่แบบมีทางเลือก (ในท่อ) พบว่าที่ความเข้มข้น 16, 24 และ 32% สามารถขับไล่ด้วงงวงข้าวโพดได้ 70-100% ที่เวลา 48 ชั่วโมง สำหรับการทดสอบการไล่ด้วงถั่วเขียว มีรายงานว่า น้ำมันหอมระเหยของใบแปรงล้างขวด (*Callistemon citrinus*) ต่อตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus macullatus*) ทดสอบการขับไล่ โดยวิธีการวางบนกระดาษกรอง พบว่าสามารถไล่ด้วงถั่วเขียวได้ ที่ความเข้มข้น 0.4 µL cm^{-2} สามารถไล่ได้ 86% และ 94% ที่เวลา 2 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลขับไล่ได้แสดงให้เห็นที่ความเข้มข้นสูงสุด (Sohani et al., 2013) และยังมีรายงานของ Sarapothong et al., (2019) รายงานว่าสารสกัดจากกานพลูที่แช่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงถั่วเขียว ที่ความเข้มข้น 15.7 nL/cm^2 สามารถไล่ได้ 80% ที่เวลา 6 ชั่วโมง และ นที และ สุภาณี (2546) ได้สกัดน้ำมันระเหยง่ายโดยวิธี hydro-distillation จากพืช 4 ชนิด คือ ผักชีลาว (*Anethum graveolens*), ผักแพว

(*Polygonum odoratum*), ผักแขยง (*Limnophila aromatica*) และชะพลู (*Piper sarmentosum*) ทดสอบการสัมผัสตายโดยวิธี residual film technique กับด้วงถั่วเขียว พบว่าน้ำมันระเหยง่ายจากผักชีลาวมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่า LC_{50} ที่ 48 ชม. เท่ากับ 3,003 ppm รองลงมาได้แก่ น้ำมันจากชะพลู (LC_{50} = 8,864 ppm), ผักแพว (LC_{50} = 18,530) และผักแขยง (LC_{50} = 18,721 ppm)

5.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการเคลือบเมล็ด

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ กานพลู เทียนข้าวเปลือก และตะไคร้บ้าน ในวิธีการสัมผัส พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลู ที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลืองได้ดีจึงนำมาทดสอบในรูปสารเคลือบเมล็ด ผลพบว่าในวิธีการเคลือบเมล็ดสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบและกานพลู ก็ยังมีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่า และสารยับยั้งการออกลูกหลานได้ดี มีศักยภาพและสามารถฆ่าด้วงถั่วเขียว ได้มากกว่าด้วงถั่วเหลือง สอดคล้องกับรายงานของ Ratnasekera และ Rajapakse (2012) รายงานว่าสารสกัดจากสะเดา (*Azadirachta indica*), น้อยโหน่ง (*Anona reticulata*) และกะเพรา (*Ocimum sanctum*) ทำให้เกิดพิษต่อด้วงถั่วเขียว สูงกว่าด้วงถั่วเหลืองเล็กน้อย น้ำมันหอมระเหยของคีนวา (*Chenopodium ambrosioides*) มีผลในการฆ่าด้วงถั่วเขียวมากกว่าด้วงถั่วเหลือง (Pandey et al., 2014) ขณะที่ Sighamony et al., (1986) พบว่าการใช้สารสกัดจากกานพลู ซีดาร์วู้ด หยีน้ำ และพริกไทย ต่อด้วงงวงข้าว และมอดข้าวเปลือก โดยวิธีการคลุกเมล็ดข้าวสาลี ที่ความเข้มข้น 25-100 ppm พบว่าสามารถยับยั้งการวางไข่ และยับยั้งการเป็นตัวเต็มวัย มีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง นอกจากนี้ มลนิภา และ ชุลีมาศ (2545) ศึกษาการป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวโดยใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติโดยแบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง การทดลองแรกใช้น้ำมันพืช คือ น้ำมันงา น้ำมันรำข้าว น้ำมันมะกอก และน้ำมันถั่วเหลืองคลุกเมล็ดถั่วเขียว ในอัตรา 0.25 และ 0.5 มิลลิลิตร ต่อเมล็ดถั่วเขียว 50 กรัม เปรียบเทียบกับแมลงที่ไม่คลุกน้ำมันพืช ตรวจนับจำนวนแมลง ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 6 เดือน พบว่าการคลุกเมล็ดด้วยน้ำมันรำข้าว ไม่พบด้วงถั่วเขียวที่เกิดใหม่ รองลงมาคือน้ำมันงาน้ำมันมะกอก และน้ำมันถั่วเหลือง ตามลำดับ สำหรับการทดลองที่สองใช้กระเทียมแห้ง หอมแดง และถ่านบด อัตรา 5 กรัม บรรจุซองกระดาษสา แล้วนำไปวางในขวดแก้วที่บรรจุเมล็ดถั่วเขียว ตรวจสอบการวางไข่หลังปล่อยด้วงถั่วเขียวเป็นเวลา 7 วัน พบว่าการใช้กระเทียมแห้ง มีประสิทธิภาพทำให้เกิดการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวลดลงได้ สอดคล้องกับ รายงานของ Adebayo และ Gbolade (1994) ศึกษาสารจากธรรมชาติในแบบผงและน้ำมันหอมระเหยจากพืช 4 ชนิด ในการป้องกันเมล็ดถั่วจากการเข้า

ทำลายของด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) ในระหว่างการเก็บรักษา น้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้น 0.5-3.0 µl ผกากรอง, ตะไคร้บ้าน, มะยมฝรั่ง และลิปเพีย ในรูปน้ำมันหอมระเหยมีศักยภาพในการยับยั้งการวางไข่และการเกิดขึ้นเป็นตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวได้ดีกว่าแบบผง สอดคล้องกับSaxena et al. (1992) รายงานว่าสารสกัดจากผกากรอง (*Lantana camara*) ในรูปสารฆ่าแมลง สารป้องกันการตกไข่ และสารยับยั้งการกิน ต่อด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) สกัดจากปิโตรเลียมและเมทานอล ที่ความเข้มข้น 1-5% มีอัตราการตายเท่ากับ 10-43% สารสกัดยังสามารถยับยั้งกินที่ความเข้มข้น 5% สารสกัดปิโตรเลียมและเมทานอลมีการป้องกันการตกไข่เท่ากับ 30 มิลลิกรัม/100 กรัม และ 40 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ขณะที่ผงกานพลู (*Syzygium aromaticum*) พริกไทยดำ (*Piper nigrum*) และอบเชย (*Cinnamomum zeylanicum*) มีความเป็นพิษต่อการตกไข่ของด้วงถั่วเขียวและด้วงถั่วเหลือง (Mahdi, 2016) น้ำมันหอมระเหยของคีนวา, โปร่งฟ้า, สะระแหน่ และกะเพรา สามารถยับยั้งการวางไข่บนเมล็ดของด้วงถั่วเหลืองและด้วงถั่วเขียว มากกว่ากลุ่มควบคุม (Pandey et al., 2011) และยังมีรายงานของ Pumnuan และ Insung (2016) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลู อบเชย และตะไคร้ มีฤทธิ์ในการรมสูงต่อเพลี้ยไฟ และเพลี้ยแป้ง สารองค์ประกอบที่พบในน้ำมันกานพลูและอบเชย คือ eugenol ปริมาณ 97.100 และ 82.054% ตามลำดับ และพบ trans-citral และ cis-citral) ในตะไคร้ ปริมาณ 69.730% อีกทั้งยังมีรายงานของ มลนิภา และคณะ (2546) รายงานว่าการใช้กระเทียม พริกไทยขาว และพริกไทยดำบด คลุกเมล็ดถั่วเขียวในอัตรา 5 และ 10 กรัม ต่อเมล็ดถั่วเขียว 100 กรัม เปรียบเทียบกับทรีตเม้นต์ที่ไม่คลุกสาร เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) พบว่ากระเทียม, พริกไทยขาวและพริกไทยดำ มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว เปรียบเทียบกับทรีตเม้นต์ที่ไม่คลุกสาร และพบว่าการวางไข่ และจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวลดลง โดยกระเทียมทั้ง 2 อัตรา ให้ผลดีที่สุดในการยับยั้งการวางไข่ ไม่พบการวางไข่ และจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวที่ 90 วัน

5.3 การทดสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากพืชสมุนไพร ตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

จากศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้สารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ และกานพลูในการควบคุมแมลงศัตรูพืช ในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด พบว่าสารสกัดที่มากความเข้มข้นมีผลต่อการงอก ความเข้มข้นที่ 1% ของสารสกัดจากกานพลู ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 4 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน มีผลต่อการงอกของเมล็ดเมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบสาร แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับรายงานของ จรรยา และคณะ (2554) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ทำให้เมล็ดตายจึงมีเปอร์เซ็นต์การงอกเพียง 28% ขณะที่ชุด

ควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การงอก 94% ในขณะที่ น้ำมันหอมระเหยจากพริก มีเปอร์เซ็นต์การงอก 85% ซึ่งไม่แตกต่างจากชุดควบคุม อีกทั้งเมล็ดข้าวโพดหวานที่ผ่านการพอกด้วยยูเรียอัตรา 0.2 และ 0.4 gN ร่วมกับ 3% PEG6000 ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ลดลง (วรากร และคณะ, 2555) และจากรายงานของ ชนาภา และคณะ (2554) กล่าวว่า เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบเกือบทุกชนิดมีความชื้นเพิ่มขึ้นและมีอัตราการงอกลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว พบว่าสารสกัดที่มากความเข้มข้นมีผลต่อการงอก ความเข้มข้นที่ 1% ของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 4 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน ไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ด เมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบสาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับรายงานของ Kiran et al. (2014) รายงานว่าสารสกัดจากพืชทั่วไปที่แช่สกัดจาก ethanol แสดงให้เห็นว่าการงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุม แม้หลังจากการรักษา 6 เดือน Chiluwal et al. (2017) พบว่าเมล็ดถั่ว adzuki นั้นไม่ได้รับผลกระทบจากการใช้น้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ และการฉีดพ่นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยสารสกัดจากตะไคร้และใบช้าพลู ที่ความเข้มข้น 10,000 ไมโครลิตรต่อลิตร ทำให้ความงอกเริ่มต้น 75% สารสกัดทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง แต่ดัชนีความงอกลดลงมากกว่าชุดควบคุม (ทักษอร และคณะ 2549) ขณะที่ Bankole and Joda (2004) กล่าวว่าสารสกัดตะไคร้ความเข้มข้น 0.5% (v/w) ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์เมลอน (*Colocynthis citrullus* L.) และยังช่วยให้ความงอกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และ มลนิภา และคณะ (2546) รายงานว่าการใช้กระเทียมพริกไทยขาวและพริกไทยดำ คลุกเมล็ดถั่วเขียวทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอกที่ 90 วันพบว่าทั้งกระเทียม และพริกไทยขาวและพริกไทยดำ ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดถั่วเขียว และสุปราณี และคณะ 2558 รายงานว่าการเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพด ที่ระยะเวลา 12 เดือน ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ ทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอกได้ดีกว่าห้องที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum*), กานพลู (*Syzygium aromaticum*), เทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare*) และ ตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus*) ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*), ด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) ในรูปแบบสารฆ่า ด้วยวิธีการสัมผัส พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบและกานพลูที่สกัดด้วยตัวทำละลายชนิด hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลืองได้มากที่สุด ส่วนการทดสอบในรูปแบบของสารไล่ ด้วยวิธีการสัมผัสที่ช่วงเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบและกานพลูที่สกัดด้วย hexane สารมารถขับไล่ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ได้โดยมีเปอร์เซ็นต์ดัชนีการไล่มากกว่า 80%

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ (*I. verum*) กานพลู (*S. aromaticum*) ที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*), ด้วงถั่วเขียว (*C. maculatus*) และด้วงถั่วเหลือง (*C. chinensis*) ในรูปแบบสารฆ่า ด้วยวิธีการเคลือบเมล็ด พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพดได้ ที่ความเข้มข้น 5% มีเปอร์เซ็นต์การตายสูงสุด 52.7% สำหรับการทดสอบด้วงถั่วเขียว พบว่าสารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเขียวได้ ที่ความเข้มข้น 5% มีเปอร์เซ็นต์การตายมากถึง 100% และการทดสอบด้วงถั่วเหลือง พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ ที่ความเข้มข้น 5% มีเปอร์เซ็นต์การตายสูงถึง 100% ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน ส่วนการทดสอบในรูปสารยับยั้งการออกลูกหลานของด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง พบว่าสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบและกานพลูที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการออกลูกหลานของแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ได้มากกว่า 80% ในทุกระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกลับกลุ่มที่เคลือบสารเคมีซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ (*I. verum*) กานพลู (*S. aromaticum*) ที่สกัดด้วย hexane ต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดและเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อการงอกของเมล็ดทำให้เมล็ดมีการตาย จึงทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกลดลง เมล็ดข้าวโพดที่เคลือบสารสกัดจากกานพลู ที่ความเข้มข้น 1% ภายใต้

อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุด 73.5% เมื่อเทียบกับเมล็ดข้าวโพดที่ไม่ผ่านเคลือบ มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 95% และภายใต้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุด 70.5% เมื่อเทียบกับเมล็ดข้าวโพดที่ไม่ผ่านเคลือบ มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 97.5% ในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน ซึ่งการเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพด ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอกดีกว่า ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สำหรับการทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วเขียวก็เช่นเดียวกัน ยิ่งปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดที่มากขึ้นส่งผลต่อการงอกของเมล็ดทำให้เมล็ดมีการตาย จึงทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกลดลง เมล็ดถั่วเขียวที่เคลือบสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบ ที่ความเข้มข้น 1% ภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ามี เปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุด 99% เมื่อเทียบกับเมล็ดถั่วเขียวที่ไม่ผ่านเคลือบ มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 100% และภายใต้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุด 97.5% เมื่อเทียบกับเมล็ดถั่วเขียวที่ไม่ผ่านเคลือบ มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 100% ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน และการเก็บเมล็ดถั่วเขียวที่ 4 และ 25 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ และการทดสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยสารสกัดจากพืชสมุนไพร

การศึกษาในครั้งนี้ พบว่าประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทน์แปดกลีบและกานพลูที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด ด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง ในห้องปฏิบัติการทั้งวิธีการสัมผัส และวิธีการเคลือบเมล็ด ในรูปสารฆ่า สารไล่ และสารยับยั้งการออกลูกหลาน มีประสิทธิภาพที่ดีมาก แต่เมื่อนำมาทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอก พบว่าสารสกัดที่มีความเข้มข้นมากส่งผลให้เมล็ดเกิดการตาย จึงทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกที่ลดลง และในส่วนของการเคลือบเมล็ดถั่วเขียวยิ่งปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดมาก ทำให้สารเคลือบมีความหนืด ไม่แห้งติดผิวเมล็ด ควรศึกษาสารเคลือบผิวเมล็ดที่ทำให้มีลักษณะและคุณภาพที่ดีในขั้นตอนต่อไป เพื่อที่จะพัฒนาในเชิงพาณิชย์ เพื่อใช้เป็นสารเคลือบผิวเมล็ดทดแทนการใช้สารเคมีในอนาคต

บรรณานุกรม

กนกอร วุฒิวงศ์ อรัญ งามผ่องใส และเยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2559. พิษของน้ำมันจากพืชบางชนิดต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 3(9): 84-90.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. แมลงที่พบในผลผลิตเกษตรและการป้องกันกำจัด. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 160 หน้า.

กฤติมา สระโพธิ์ทอง, จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และ อำมร อินทร์สังข์. 2561. ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชบางชนิดในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลืองโดยวิธีการสัมผัส. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 49: 4 (พิเศษ): 395-398.

กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. 2543. แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด. เอกสารวิชาการ. กองกีฏและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟันนี่ พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

กวีวัฒน์ จาวสุวรรณวงษ์ จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และ อำมร อินทร์สังข์. 2556. ประสิทธิภาพของสูตรน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์แปดกลีบ (*Illicium verum* Hook.f.) และเทียนข้าวเปลือก (*Anethum graveolens* Linn.) ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ. หน้า 1069-1076. ใน: การประชุมอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11. 26-28 พฤศจิกายน 2556, โรงแรมเซนทาราแอนด์คอนเวนชันเซนเตอร์ จังหวัดขอนแก่น.

กวีวัฒน์ จาวสุวรรณวงษ์ จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และอำมร อินทร์สังข์. 2557. ประสิทธิภาพการไล่และการยับยั้งการวางไข่ของสูตรน้ำมันหอมระเหยจากจันทร์แปดกลีบ (*Illicium verum*) และเทียนข้าวเปลือก (*Anethum graveolens*) ต่อตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*). วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 32(2): 41-47.

กวีวัฒน์ จาวสุวรรณวงษ์. 2558. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

กัญชพร สุภาคำ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง และ ไสว บูรณพานิชพันธ์. 2561. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพริกไทยดำในการขับไล่ด้วงงวงข้าวโพด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 49: 4 (พิเศษ): 399-402.

กันยารัตน์ มาแย้ม อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์. 2556. ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 10 ชนิด ในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44(2): 25-28.

การเคลือบเมล็ดพันธุ์. 2563. การพัฒนาเครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์. โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล https://home.kku.ac.th/seedtechpp/index.php/17-knowledge/6-seed-coating. (28 มีนาคม 2563).

กิตติพัฒน์ โสภิตธรรมคุณ และ ปานทิพย์ รัตนศิลป์กัลชาญ. 2560. การสกัดและวิธีวัดความสามารถการต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพร. วารสารวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. 3: 1

กุสุมา นวลวัฒน์. 2548. เอกสารวิชาการแมลงศัตรูข้าวเปลือกและการป้องกันกำจัด. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. หน้า 4.

จรรยา สมพมิตร อรพันธ์ ชัยมงคล ชมนาด สวาสดิ์มิตร สุชาดา เวียรศิลป์ และ สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์. 2554. ประสิทธิผลการเคลือบน้ำมันหอมระเหยและพอลิเอธิลีนไกลคอลต่อเม็ลดพันธุ์ข้าวโพดหวาน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42: 1 (พิเศษ): 407-409.

ชนาภา นามะยอม สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์ และ เพ็ญศิริ ศรีบุรี. 2554. ผลของสตาร์ชและสีอินทรีย์ต่อคุณภาพการเคลือบของเมล็ดพันธุ์แตงกวาและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42: 1 (พิเศษ): 461-464.

ดวงสมร สุทธิสุทธิ์ Paul G. Fields และ อังศุมาลย์ จันทราปัตย์. 2554. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย จากพืชตระกูลขิงในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum*). แก่นเกษตร. 39: 346-368.

ถมยา ทองเหลือง สมชัย ลิ่มอรุณ และสุปราณี งามประสิทธิ์. 2544. ผลของสารป้องกันกำจัดแมลง เชื้อรา และ PEG ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวสุวรรณ 3504. กรุงเทพฯ:

ทักษอร บุญชู นงคราญ มหาวัง บัณฑิต คันธา และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย. 2549. ผลของสารสกัดจากใบช้าพลูและตะไคร้ ต่อการปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 37: 5 (พิเศษ): 208-211.

ธันยกร อารีรัชชกุล. 2018. Supercritical fluid extraction. KM Tank (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: https://www.tistr.or.th/tistrblog/?tag=supercritical-fluid-extraction (วันที่ 27 มีนาคม 2563).

นที ชาวนา และ สุภาณี พิมพ์สมาน. 2546. พิษสัมผัสตายของน้ำมันระเหยง่ายจากผักพื้นบ้านต่อด้วงถั่วเขียว, *Callosobruchus maculatus* (F.)(Coleoptera : Bruchidae). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 34: 4-6 (พิเศษ): 180-182

นันท์นภัส พิริยะอนนท์. 2560. ประสิทธิภาพสารสกัดพืชต่อการควบคุมมอดข้าวสาร (*Sitophilus oryzae* L.) ในข้าวอินทรีย์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเกษตรอินทรีย์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์.

นิรนาม, ก. 2563. โป๊ยกั๊ก. ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล http://www.thaicrudedrug.com/main=87. (28 มีนาคม 2563).

นิรนาม, ข. 2563. กานพลู. ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล http://www.thaicrudedrug.com/main =18. (28 มีนาคม 2563).

นิรนาม, ค. 2563. ตะไคร้บ้าน. ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล http://www.thaicrudedrug.com/main =60. (28 มีนาคม 2563).

นิรนาม, ค. 2563. เทียนข้าวเปลือก. ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล http://www.thaicrudedrug.com/main =67. (28 มีนาคม 2563).

ปราโมทย์ ทิพย์ดวงตา. 2534. ยาเม็ดเคลือบฟิล์ม. ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ผดุงขวัญ จิตโรภาส ชิราวธุ ปทุมธนทรัพย และ บุญมี ศิริ. 2551. การพัฒนาสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดโดยใช้พอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำเป็นสารก่อฟิล์ม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39: 3 (พิเศษ): 370-372.

พิสิทธิ์ สุทธิอารมณ์ และ ภารุณี ถนอมเกียรติ. 2535. Tablet Coating. แผนกวิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

พจนา สีขาว. 2559. การเคลือบเมล็ดเพื่อป้องกันการปลอมแปลงเมล็ดพันธุ์. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 34(3): 157-163.

พรทิพย์ วิสารทานนท์ กุสุมา นวลวัฒน์ บุษรา จันทร์แก้วมณี ใจทิพย์ อุไรชื่น รังสิมา เก่งการพานิช, กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม จิราภรณ์ ทองพันธ์ ดวงสมร สุทธิสุทธิ์ ลักขณา ร่มเย็น และ ภาวินี หนูชนะภัย. 2548. แมลงที่พบในผลผลิตเกษตรและการป้องกันกำจัด. โรงพิมพ์ชุมชุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 156 หน้า.

พรทิพย์ วิสารทานนท์ พรรณเพ็ญ ชโยภาส ใจทิพย์ อุไรชื่น รังสิมา เก่งการพานิช กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม จิราภรณ์ ทองพันธ์ ดวงสมร สุทธิสุทธิ์ ลักขณา ร่มเย็น ภาวินี หนูชนะภัย และ อัจฉรา เพชรโชติ. 2551. แมลงที่พบในผลผลิตเกษตรและการป้องกันกำจัด. โรงพิมพ์ชุมชุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 180 หน้า.

พรทิพย์ วิสารทานนท์. 2541. การสร้างความต้านทานของแมลงต่อสารรมฟอสฟีน. วารสารกีฏและสัตววิทยา. 20: 121-124.

ภาณี ทองพำนัก วุฒิชัย ทองดอนแอ ประภาส ประเสริฐสูงเนิน กนิษฐา สังคะหะ และ ญาณี มั่นอ้น. 2540. การเคลือบและการพอกเมล็ดพันธุ์พืชและการใช้ประโยชน์. รายงานผลการวิจัยประจำปี ทุนอุดหนุนวิจัยปี 2540. ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ และ ชุลีมาศ บุญไทยอิวาย. 2545. การป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* F.) โดยใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 33: 6 (พิเศษ): 310-312.

มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย และ มโนชัย กีรติกสกร. 2546. การใช้กระเทียมและพริกไทยเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว [*Callosobruchus maculatus* (F.)]. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 34: 4-6 (พิเศษ): 176-179.

รังสิมา เก่งการพานิช พรทิพย์ วิสารทานนท์ และ ดวงสมร สุทธิสุทธิ์. 2553. การใช้สารรมฟอสฟีนในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังการเก็บเกี่ยว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41: 1 (พิเศษ): 295-298.

รุ่งอรุณ กันธะปา เกวลิน คุณาศักดากุล สุชาดา เวียรศิลป์ และ สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์. 2554. ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยน้ำมันหอมระเหยผสมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42: 1 (พิเศษ): 425-428.

ฤชุอร วรรณะ และ กณิกนันต์ ร่วมจิตร. 2558. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากดอกไม้ 5 ชนิด ในการกำจัดด้วงงวงข้าวและด้วงงวงข้าวโพด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 46: 3(1)(พิเศษ): 367-370.

ฤชุอร วรรณะ และ ทศพร โชติศรี. 2560. การใช้น้ำมันหอมระเหยพืชสมุนไพรป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว. แก่นเกษตร. 45:1.

ฤชุอร วรรณะ และ สุพรรณี สระชมพู. 2558. การใช้ดินเบาเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยส้มโอในการกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 46: 3/1(พิเศษ): 315-318.

วรากร ราชคม หนึ่งฤทัย บุญมาลา สิริมล ขันแก้ว ชมนาด สวาสดิ์มิตร สุชาดา เวียรศิลป์ และ สงวน ศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์. 2555. ผลของการเติมสารผสมระหว่างยูเรียและพอลิเอทิลีนไกลคอลที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพอกข้าวโพดหวาน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43: 3 (พิเศษ): 649-652.

วิยา ธนะศิรังกูล, จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และ อำมร อินทร์สังข์. 2556. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรบางชนิดต่อตัวเต็ม วัยของมอดแป้ง มอดหัวป้อม และด้วงงวงข้าวโพด. หน้า 39. ใน ประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 12. 9-12 พฤษภาคม 2556. บางนา, กรุงเทพมหานคร.

วสกร บัลลังก์โพธิ์ จันทรา เป็นสุข พรทิพย์ วิสารทานนท์ พิณทิพย์ กรรณสูตร และ สุรพล วิเศษสรรค. 2545. สารสกัดจากพริกขี้หนู (*Capsicum frutescens* L.) ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 33: 6 (พิเศษ): 300-304.

วิภาวรรณ นีละพงษ์ บุษบา ผลโยธิน และ วันเชิง สิทธิกิจโยธิน. 2561. การสกัดสาระสำคัญจากสมุนไพรไทย: การสกัดด้วยไอน้ำและการสกัดด้วยตัวทำละลาย. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 28:4.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สถิติการส่งออกข้าวโพด. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: http://impexp.oae.go.th/service/export.php (27 มีนาคม 2563).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สถิติการส่งออกถั่วเหลือง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: http://impexp.oae.go.th/service/export.php (27 มีนาคม 2563).

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2563. องค์ความรู้เรื่องข้าว. กรมการข้าว (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/postharvest/index.php-file=content.php&id=5.htm (27 มีนาคม 2563)

สุเทพ สหายา บุญทิวา วาทิรอยรัมย์ และ พวงผกา อ่างมณี. 2556. การทดสอบประสิทธิภาพสารประเภทคลุกเมล็ดป้องกันกาจัดแมลงศัตรูที่สำคัญของถั่วเขียว. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2556 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร. 223-233.

สุปราณี งามประสิทธิ์ ยุวดี อ่วมสำเนียง และ วราภรณ์ วงศ์พิลา. 2558. สารเคลือบเมล็ดต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 46: 3 (พิเศษ): 621-624.

สุปราณี งามประสิทธิ์ กิ่งกานท์ พานิชนอก ณรงค์ชัย บุญศรี นพพงศ์ จุลจอหอ สกล ฉายศรี ยุวดี อินจันทร์ วราภรณ์ วงศ์พิลา และ ปวีณา ทองเหลือง. 2556. สารอินทรีย์คลุกเมล็ดพันธุ์ต่อความมีชีวิต และความแข็งแรงของต้นอ่อนข้าวโพด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44(2) (พิเศษ): 485-488.

สุภาณี พิมพ์สมาน สังวาล สมบูรณ์ และ เบญจมาภรณ์ ฤทธิ์ไธสง. 2545. ความเป็นพิษและผลในการไล่ของน้ำมันหอมระเหยต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motsch.). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 33: 6 (พิเศษ): 295-299.

สุรีรัตน์ ทองคำ. 2559. ผลของประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยและผงของสมุนไพรจากพืช 4 ชนิด ในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) ในการเก็บรักษาข้าวกล้องอินทรีย์พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาการบริหารศัตรูพืชอย่างยั่งยืน. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

อารีรัตน์ ซื่อดี. 2560. การใช้คลื่นไมโครเวฟสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 11:1.

อรอนงค์ กิตติพงษ์พัฒนา. 2548. สารเคลือบ: เอกสารคำสอน ระดับปริญญาตรี กระบวนวิชา สารช่วยสำหรับรูปแบบยาเตรียมของแข็ง. สายวิชาวิทยาเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 50 หน้า.

Abbott, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomogy. 18:256-267.

Adebayo,T.A. and A.A, Gbolade. 1994. Protection of store cowpea from *Callosobruchus maculates* using plant product. Insect Science and its Application. 15(2): 185-189.

Bakkali, F., S, Averbeck., D, Averbeck. and M, Idaomar. 2008. Biological effects of essential oils. Food and Chemical Toxicology. 46: 446-475.

Bankole, S.A. and A.O, Joda. 2004. Effect of lemon grass (*Cymbopogon citratus* Stapf) powder and essential oil on mould deterioration and aflatoxin contamination of melon seeds (*Colocynthis citrullus* L.), African Journal of Biotechnology, 3(1); 52-59.

Chiluwal, K., J, Kim., S, Bae. and C.G, Park. 2017. Essential oils from selected wooden species and their major components as repellents and oviposition deterrents of *Callosobruchus chinensis* (L.). Journal Asian Pacific Entomology. 20: 1447–1453.

Claudia, D. 2014. Olfactometer screening of repellent essential oil against the pollen beetle (*Meligethes* spp.). The Organic World Congress, pp.1034-1038.

Collin, P.J., G.J., Daglish, M., Bengston, T.M, Lambkin. and H., Pavic. 2002. Genetics of resistance to phosphine in *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). Journal of Economic. Entomol. 95: 862-869.

Copeland, L.E. and M.B., McDonald. 2001. Seed Science and Technology. Principles of Seed Science and Technology. p.283-287.

Cowan, M.M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. Clin Microbiol Rev.12(4):564-82.

Danga, S.P.Y., E.N., Nukenine, L., Younoussa, C, Adler. and C.O, Esimome. 2015. Efficacy of *Plectranthus glandulosus* (Lamiaceae) and *Callistemon rigidus* (Mytaceae) leaf extract fractions to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Insect Science. 15(1): 139.

Ester, A., H, Putter. and J.G.P.M, Bilsen. 2003. Film coating the seed of cabbage (*Brassica oleracaea* L. convar. *Capitata* L.) and cauliflower (*Brassica oleracea* var.IL.) with imidacloprid and spinosad to control insect pest. Crop Protection, 22(5), 761-768.

Finney, D.J. 1971. Probit Analysis, 3rd ed. Cambridge University Press: London.

Greipsson, S. 2001. Effects of stratification and GA_3 on seed germination of a sand stabilizing grass *leymus arenarius* used in reclamation. Seed Science and Technology, 29: 1-10.

Ho, S.H., Y. Ma. and Y, Huang. 1997. “Anethol, a potential insecticide from *Illicium verum* Hook.f., against two stored products as a potential grain protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. Postharvest Biology and Technology. (6): 341-347.

Ho, S.H., Y. Ma., P.M. Goh. and K.Y, Sim. 1995. Star anise, *Illicium verum* Hook.f. as a potential grain protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. Postharvest Biology and Technology. (6): 341-347.

Ibrahim, R.A. and S, Alahmadi. 2015. Effect of *Syzygium aromaticum* cloves on larvae of the rhinoceros beetle, *Oryctes agamemnon* (Coleoptera: Scarabaeidae). Africa Entomology. 23(2): 458–466.

Isman, M.B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology. 51: 45-66.

ISTA. 2004, International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International Rules for Seed Testing. Seed Science. Testing Edition. 2004.

Jairoce, C. F., C. M., Teixeira, C. F. P., Nunes, A. M., Nunes, C. M. P, Pereira. and F. R. M Garcia. 2016. Insecticide activity of clove essential oil on bean weevil and maize weevil. R. Bras. English. Agricultural. Ambiental. 20: 72–77.

Ketoh, G.K., H.K, Koumaglo. and I.A, Glitho. 2005. Inhibition of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) development with essential oil extracted from *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng. (Poaceae), and the wasp *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). Journal of Stored Products Research. 41: 363-371.

Kim, S.I., J.Y., Roha, D.H., Kima, H.S, Leeb. and Y.J, Ahn. 2003. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. Journal of Stored Products Research. 39: 293-303.

Kiran, R., K.C, Sharma. and H.S, Kanwar. 2014. Some botanicals as seed protectants against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* L. on Pea. Pesticide Research Journal. 26(2): 136-143.

Koul, O., S., Walia. and G.S., Dhaliwal. 2008. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. Biopesticides International. 4(1): 63-84.

Kumar, S., N., Wahab. and R., Warikoo. 2011. Bioefficacy of *Mentha piperita* essential oil against dengue fever mosquito, Aedes aegypti L. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 1(2): 85-88.

Lu, J.H and Y.Q., He. 2010. Fumigant toxicity of *Ailanthus altissima* Swingle, *Atractylodes lancae* (Thunb.) DC. And *Elsholtzia stauntonii* Benth extracts on three major stored-grain insect. Industrial Crop and Products. 32: 681-683.

Mahdi, S.H.A. 2016. Ovicidal and repellent effect of some spice powders against the *Callobruchus chinensis* L. and *Callobruchus maculatus* (F.). Bangladesh Journal of Zoology. 44(l): 51-59.

Pandey, A.K., P., Singh, U.T., Palni. and N.N., Tripathi. 2011. Use of essential oils of aromatic plants for the management of pigeon pea infestation by pulse bruchids during storage. Journal of Agricultural Technology. 7(6): 1615-1624.

Pandey, A.K., P., Singh, U.T., Palni. and N.N., Tripathi. 2014. In vivo evaluation of two essential oil based botanical formulations (EOBBFs) for the use against stored product pathogens and pests, *Aspergillus* species and *Callosobruchus* species (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research. 59: 285–291.

Pamuk, S.G. 2004. Controlling water dynamic in Scots pine (*Pinus sylvertris* L.) seed before and during seedling emergence. Doctoral thesis Department of Silviculture Umea Swedish University of agriculture sciences.

Park, C.G., E. Shin, and J., Kim. 2016. Insecticidal activities of essential oils, *Gaultheria fragrantissima* and *Illicium verum*, their components and analogs against *Callosobruchus chinensis* adults. Journal of Asian Pacific Entomology. 19(2): 269-273. DOI: 10.1016/j.aspen.2016.03.001.

Pascual-Villalobos, M.J. and A., Robledo. 1998. Screening for anti-insect activity in Mediterranean plants. Journal Industrial Crop and Product. 8: 183-194.

Pedrini, S., D.J., Merritt, J., Stevens. and K., Dixon. 2016. Seed coating: science or marketing spin. Trends in Plant Science. 22(2): 106-116.

Pezzuto, J.M. 1997. Plant-derived anticancer agents. Biochem Pharmacol 53(2):121-33.

Prakash, A., J., Rao and V., Nandagopal. 2008. Future of botanical pesticides in rice, wheat, pulses and vegetables pest management. Journal of Biology Pesticides. 1(2): 154–169.

Priyanka, B. and R.P., Srivastava. 2010. Larvicidal and growth regulatory activities of some essential oils against Asian army worm, *Spodoptera litura* (Fab.) Journal of Biology pesticides. 5(2): 186-190.

Pumnuan, J. and A., Insung. 2016. Fumigation toxicity of plant essential oils in controlling thrips, *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) and mealybug, *Pseudococcus jackbeardsleyi* (Hemiptera: Pseudococcidae). Journal of Entomological Research. 40(1):1-10.

Pumnuan, J., M., Teerarak. And A., Insung. 2012. Fumigant toxicity of essential oils of medical plants against maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). p. 177-183. In: 2nd International Symposium of Biopesticides and Ecotoxicology Network (2nd IS-BIOPEN). 24-26, Sep. 2012, Bangkok, Thailand.

Qiu, J., W., Renmin, Y., Jizhi, and H., Jin. 2005. Seed film coating with uniconazole improves rape seedling growth in relation to physiological changes under water logging stress. Plant Growth Regulation, 47, 75-81.

Rajashekar, Y., N., Gunasekaran. and T., Shivanandappa. 2010. Insecticidal activity of the root extract of *Decalepis hamiltonii* against stored-product insect pests and its application in grain protection. Journal Food Science Technology. 43: 310-314.

Rajendran, S. 2002. Postharvest pest losses. In Pimentel, D. (Ed.), Encyclopedia of Pest Management. Marcel Dekker, Inc., New York. 654-656.

Ratnasekera, D. and R. Rajapakse. 2012. The potential use of indigenous plant materials against *Callosobruchus chinensis* L. and *Callosobruchus maculatus* L. (Coleoptera, Bruchidae) in stored legumes in Sri Lanka. Journal Biology Pesticide. 5(Supplementary): 88-94.

Rees, D. 2004. Insect of Stored Products.CSIRO. Publishing, Australia.

Sainath, G. 2016. Bio-efficacy of tree seed oils and essential oils against brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal.). Department of Entomology, Faculty of agriculture, Indira Gandhi Krishi Vishwavidyalaya Raipur.

Sarapothonga, K., P., Jarongsak. and A., Insung. 2018. Efficiency of plant extracts in controlling cowpea weevil (*Callosobruchus Maculatus*) by contact method. International Symposium on Fundamental and Applied Sciences. p. 286-294. January 22-24, 2019 Hokkaido, Japan.

Sharaby, M. and El-Aziz, S.E. 1997. Some biological effects of white mustard oil (Brassica alba) against the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.). Anzeiger fur Schadlingskunde. 70: 62-64.

Sighamony, S., I. Anees, T.S. Chandrakala and Z., Osmani. 1986. Efficacy of certain indigenous plant products as grain protactants against *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.). Journal Stored Product. Research. 2(1): 21-23.

Sohani, N.Z., M, Hojjati and B.A., Carbonell. 2013. Insecticidal and repellent activities of the essential oil of *Callistemon citrinus* (Myrtaceae) against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). Pest Management. Neotrop Entomology. 42:89–94.

Thanasirungkul, W., J., Pumnuan. and A., Insung. 2012. Effectiveness of essential oils of medicinal plants against saw-toothed grain beetle, *Oryzaeppilus surinamensis* (Linn.). p. 59-64. In: 10th International Symposium on Biocontrol and Biotecnology. December 27-30, 2012. Harbin, P.R.China.

Thongson, C., P.M., Davidson, W., Mahakarnchanakul. and P., Vibulsresth. 2005. Antimicrobial effect of Thai spices against *Listeria monocytogenes* and *Salmonella typhimurium* DT104. Journal Food Product. 68(10):2054-8.

Wei, L.L., R.M., Hua, M.Y., Li, Y.Z., Huang, S.G., Li, Y.J. He, and Z.H., Shen. 2014. Chemical composition and biological activity of star anise *Illicium verum* extracts against maize weevil, *Sitophilus zeamais* adults. Journal of Insect Science. 14(80). Available online: http://www.insectscience.org/14.80.

Welbaum, G. (1997). Seed development and germination. Field Crops Research, 54(1), 85.

World Meteorological Organization. 1995. Scientific assessment of ozone depletion: World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project. Report no. 37. WMO, Geneva, Switzerland.

Zapataa, N. and G., Smagghea. 2010, Repellency and toxicity of essential oils from the leaves and bark of *Laurelia sempervirens* and *Drimys winteri* against *Tribolium castaneum*, Industrial Crops and Products, 32: 405-410.

Zettler, J.L., W.R. Halliday and F.H., Arthur. 1989. Phosphine resistance in insect infesting stored peanuts in the southeastern United States. Journal of Economic Entomology. 82, 1508-1511.

ภาคผนวก

Agricultural Sci. J. 49 : 4 (Suppl.) : 395-398 (2018) ว. วิทย. กษ. 49 : 4 (พิเศษ) : 395-398 (2561)

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชบางชนิดในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลืองโดยวิธีการสัมผัส

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

กฤติมา สระโพธิ์ทอง[1] จรงค์ศักดิ์ พุมนวน[1] และอำมร อินทร์สังข์[1]
Kritima Sarapothong[1], Jarongsak Pumnuan[1] and Ammorn Insung[1]

Abstract

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

Keywords: star anise, clove, stored product insect

บทคัดย่อ

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

คำสำคัญ: จันทร์แปดกลีบ กานพลู แมลงศัตรูในโรงเก็บ

คำนำ

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

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[1]Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

หรือเพื่อการบริโภค (กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร, 2543) แมลงศัตรูในโรงเก็บนี้จะอาศัยและกัดกินภายในเมล็ด สร้างความเสียหายให้กับเมล็ดจนไม่สามารถนำเมล็ดไปใช้ประโยชน์ต่อได้ ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีการใช้สารเคมีในการป้องกัน เช่น methyl bromide แต่บางประเทศมีการยกเลิกใช้แล้วเนื่องจากการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Lu and He, 2010) และยังคงมีการใช้สารเคมีชนิดอื่น ๆ เช่น phosphine และสารเคมีในการเคลือบเมล็ด ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บเหล่านี้ หากมีการใช้ต่อเนื่องเป็นเวลานาน ส่งผลให้แมลงสร้างความต้านทาน ทำให้การป้องกันกำจัดได้ยากยิ่งขึ้น (Zettler *et al*., 1989) และส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อม สารพิษตกค้างในผลผลิต และอันตรายต่อผู้ใช้และผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันมีแนวทางเลือกการควบคุมแมลงด้วยสารจากธรรมชาติ เช่น การใช้น้ำมันหอมระเหยหรือสารสกัดจากพืช เป็นวิธีการป้องกันกำจัดแมลงที่น่าสนใจ ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Zapataa and Smagghea, 2010) จากรายงานของ Shaaya *et al*. (1997) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชเป็นสารที่ใช้ในการควบคุมกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บหลายชนิด จากการศึกษาของ วริยา และคณะ (2556); กวีวัฒน์ (2558) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากจันทร์แปดกลีบ กานพลู เทียนข้าวเปลือก และตะไคร้บ้าน มีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดหัวป้อม และมอดฟันเลื่อย โดยวิธีการรม ซึ่งการประยุกต์ใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรข้างต้นเพื่อใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ น่าจะเป็นวิธีที่สามารถยกระดับการผลิตเมล็ดพันธุ์และผลผลิตทางการเกษตรที่ปลอดสารฆ่าแมลงได้ ทั้งนี้จึงต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรดังกล่าวต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บเบื้องต้นก่อนถูกนำไปใช้จริงต่อไป การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลือง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาสารสกัดจากพืชในการควบคุมแมลงในโรงเก็บโดยวิธีการเคลือบเมล็ดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูในโรงเก็บ

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

2. การเตรียมสารสกัดจากพืช

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

3. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยวิธีสัมผัสตาย

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

ผลการทดลอง

จากการทดสอบสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และ ตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสตาย ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลือง พบว่าสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane ปริมาณสาร 0.157 µl/cm^2 มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพดได้ 100% รองลงมาคือสารสกัดจากกานพลูมีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพดได้ 30.1% (Figure 1) เมื่อนำไปทดสอบต่อที่ปริมาณสาร 0.031-0.252 µl/cm^2 พบว่าระดับ

ความเป็นพิษของสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.131, 0.120 และ 0.113 µl/cm^2 ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ ขณะที่ระดับความเป็นพิษของสารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงงวงข้าวโพด มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.232, 0.204 และ 0.175 µl/cm^2 ตามลำดับ (Table 1)

ส่วนการทดสอบด้วงถั่วเหลือง พบว่าสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบและกานพลู ที่สกัดด้วย hexane ปริมาณสาร 0.063 µl/cm^2 มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเหลืองได้ 100% (Figure 2) เมื่อนำไปทดสอบต่อที่ปริมาณสาร 0.004-0.025 µl/cm^2 พบว่าระดับความเป็นพิษของสารสกัดจากกานพลูที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงถั่วเหลือง มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.013, 0.010 และ 0.009 µl/cm^2 ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ ขณะที่ระดับความเป็นพิษของสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบที่สกัดด้วย hexane ต่อด้วงถั่วเหลือง มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.014, 0.013 และ 0.012 µl/cm^2 ตามลำดับ (Table 2)

Figure 1 Percentage mortality of corn weevil (*Sitophilus zeamais*) caused by plant extracts at 0.157 µl/cm^2 dose by contact method at 24 hours.

Table 1 LC_{50} and LC_{90} of plant extracts against maize weevil (*Sitophilus zeamais*)

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

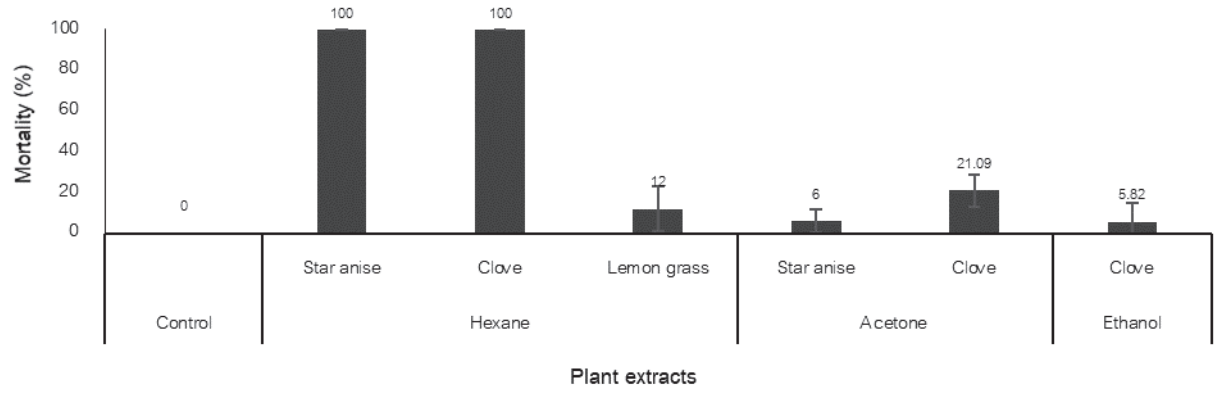


Figure 2 Percentage mortality of Southern Cowpea Weevil (*Callosobruchus chinensis*) caused by plant extracts at 0.063 µl/cm^2 dose by contact method at 24 hours.

Table 2 LC_{50} and LC_{90} of plant extracts against southern cowpea weevil (*Callosobruchus chinensis*)

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

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และ ตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสตาย ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลือง พบว่าสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบและกานพลู มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลืองได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ วริยา และคณะ (2556) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากจันทร์แปดกลีบ มีประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงศัตรูในโรงเก็บ ได้แก่ มอดหัวป้อม ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 9.889, 11.154 และ 19.330 µl/L air ตามลำดับ ขณะที่ Ho *et al*. (1995) ได้ทำการทดสอบสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบโดยสกัดด้วย hexane และ methanol พบว่ามีประสิทธิภาพในการฆ่าไข่ของมอดแป้งและด้วงงวงข้าวโพดได้ โดยที่ความเข้มข้น 0.01 g/ml สามารถฆ่าได้มากกว่า 70% กนกอร และคณะ (2559) ศึกษาความเป็นพิษของน้ำมันจากพืชบางชนิด ได้แก่ พริกไทยดำ ขมิ้นชัน กานพลู ตะไคร้หอม สะเดาช้าง และผักเสี้ยนผี เพื่อควบคุมแมลงในโรงเก็บ โดยวิธีการสัมผัสตาย พบว่าน้ำมันกานพลูสามารถฆ่าด้วงงวงข้าวโพดได้ดีที่สุดมีค่า LC_{50} เท่ากับ 10.10 µL/L

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบสารสกัดจากจันทร์แปดกลีบ เทียนข้าวเปลือก กานพลู และ ตะไคร้บ้าน ที่สกัดด้วย hexane, acetone และ ethanol โดยวิธีการสัมผัสตาย ต่อตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเหลือง พบว่าสารสกัดหยาบจากจันทร์แปดกลีบและกานพลูที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการฆ่าด้วงถั่วเหลืองได้ดีที่สุด มีค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 0.013-0.014 µl/cm^2 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าสูงกว่าด้วงงวงข้าวโพด ที่มีค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 0.131-0.232 µl/cm^2 เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจในการนำไปพัฒนาในรูปสารจากธรรมชาติในการป้องกันเมล็ดพันธุ์จากการทำลายของแมลงศัตรู อีกทั้งยังช่วยลดการใช้สารฆ่าแมลงสังเคราะห์ให้น้อยลงด้วย

เอกสารอ้างอิง

กนกอร วุฒิวงศ์, อรัญ งามผ่องใส และเยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2559. พิษของน้ำมันจากพืชบางชนิดต่อด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ (3 พิเศษ) (III): M09/84-90.

กวีวัฒน์ จาวสุวรรณวงษ์. 2558. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 32 หน้า.

กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. 2543. แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด. เอกสารวิชาการ. กองกีฏและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟันนี่ พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ. 1 หน้า.

วริยา ธนะศิรังกูล, จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และอำมร อินทร์สังข์. 2556. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรบางชนิดต่อตัวเต็ม วัยของมอดแป้ง มอดหัวป้อม และด้วงงวงข้าวโพด. หน้า 39. *ใน* ประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 12. 9-12 พฤษภาคม 2556. บางนา, กรุงเทพมหานคร.

Abbott, W.S. 1987. A method of computing the effectiveness of an insecticide. 1925. Journal of the American Mosquito Control Association. 3(2): 302-303.

Ho, S.H., Y. Ma, P.M. Goh. and K.Y. Sim. 1995. Star anise, *Illicium verum* Hook.f. as a potential grain protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. Postharvest Biology and Technology 6: 341-347.

Lu, J.H and Y.Q. He. 2010. Fumigant toxicity of *Ailanthus altissima* Swingle, *Atractylodes lancae* (Thunb.) DC. And *Elsholtzia stauntonii* Benth extracts on three major stored-grain insect. Industrial Crop and Products 32: 681-683.

Shaaya, E., M. Kostjukovski., J. Eilberg. and C. Sukprakarn. 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. Journal of Stored Products Research 33: 7-15.

Zapataa, N. and G. Smagghea. 2010, Repellency and Toxicity of Essential Oils from the Leaves and Bark of *Laurelia sempervirens* and *Drimys winteri* Against *Tribolium castaneum*, Industrial Crops and Products 32: 405-410.

Zettler, J.L., W.R. Halliday and F.H. Arthur. 1989. Phosphine resistance in insect infesting stored peanuts in the southeastern United States. Journal of Economic Entomology 82: 1508-1511.

ISFAS-0048
Efficiency of Plant Extracts in Controlling Cowpea Weevil (*Callosobruchus Maculatus*) by Contact Method

Kritima Sarapothong[a], Jarongsak Pumnuan[b] and Ammorn Insung[c*]

[a] Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.

E-mail address: ktmnf@hotmail.com

[b] Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.

E-mail address: jarongsak.pu@kmitl.ac.th

[c] Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.

*Corresponding author, E-mail address: ammorn.in@kmitl.ac.th

Abstract

The study objective aimed to evaluate the efficacy of hexane, acetone and ethanol extracts from four plants namely; star anise (*Illicium verum*), sweet funnel (*Foeniculum vulgare*), clove (*Syzygium aromaticum*) and lemongrass (*Cymbopogon citratus*) against adult of cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*) in the forms of killing and repellent activities by contact method. Plant extracts with 1 ml were dropped onto Whatman® No.1 filter paper placed on disks of 9 cm diameter. The concentration of 157.3 nL/cm^2 was used for preliminary test. Ten cowpea weevil adults were released to the treated paper and then the insect mortality was checked at 24 hr. Plant extracts evaluated as high effect were selected for further experiment to obtain their toxicity levels (LC_{50} and LC_{90}) at 24 and 48 hr. The results showed that hexane extracts of star anise and clove, acetone and ethanol extracts of clove were extremely effective in controlling the cowpea weevil when more than 90% mortality at 24 hr, with LC_{50} of 20.635 and 17.39 nL/cm^2 at 24 and 48 hr, respectively were obtained. As for repellent activity test, the hexane extract of clove at 15.7 nL/cm^2 was the most effective against cowpea weevil. The percentage of repellent index (%RI) was 80% at 6 hr. It seems that hexane extract of clove was interesting to be used for protection of cowpea weevil, especially may possible to be applied as seed coating material.

Keywords: *Syzygium aromaticum*, *Illicium verum*, *Foeniculum vulgare*, *Cymbopogon citratus*, toxicity, repellent index

1. Background

Grain of legume as mung beans is an economically important cereal. The demand quantity for consumption in Thailand is estimated at 84,654 ton (Office of Agricultural Economics, 2014). It is used for many purposes such as bean sprouts 30.43%, vermicelli 21.74%, candy sweet 13.04%, flour 8.69%, consumed directly 4.35% and seeds 6.52% (Na Pijit *et al*., 2011). Also, mung bean is an alternative plant grown for farmer income instead of planting other plant species as rice and corn etc., as well as it has a short harvest time, just 65-70 days. However, farmers always encounter with the problem of mung bean production when mung bean yield per farm was relatively low, particularly yield loss after postharvest because of the infection of cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius), which is the key pest of the mung bean

Cowpea weevil adults are visible abdominal segment due to the obvious short wings cover the abdomen becomes impossible. The larvae penetrate the skin of seed to live inside and will pupate within the kernel. Emergent adult will then drill out the seed and can destroy all kinds of beans, especially the mung beans but except soybeans. (Wisantanon *et al*., 2005)

The current use of chemicals to control stored product pests in form of fumigation and coating the seed resulting the toxic residue in the treated products and environment as well as causes insect resistance. One interesting option is the use of plant extracts, particularly of essential oils to control the insect pests as cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*). Jowsuwanwong (2014) reported efficiency of essential oil from star anise (*Illicium verum*) and sweet fennel (*Foeniculum vulgare*) formulas against corn weevil (*Sitophilus zeamais*) and found the repellent index with more than 90% during 2-6 hours. Hexane extracts from the bottle brush (*Callistemon lanceolatus*) showed high effectiveness against corn weevil and cowpea weevil by contact and seed coating methods (Danga *et al*., 2015). As above mentioned, application of the extracts from plants by coating seed method to control stored product insect seems to be an interesting way to reduce or replace the use of chemicals.

The purpose of this study was to test the performance of extracts from star anise (*Illicium verum*), sweet fennel (*Foeniculum vulgare*), clove (*Syzygium aromaticum*) and lemongrass (*Cymbopogon citratus*) in controlling cowpea weevil (*C. maculatus*) by contact method.

2. Methods

2.1. Insect preparation

A culture of the cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*) was prepared by using mung bean as its food placed in insect box size 27x18x10 cm kept in the laboratory of Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand. The newly cowpea weevil adults at 10-15 days old were removed and used for further study.

2.2. Preparation of crude plant extracts

Dried herbs as star anise (*Illicium verum*), sweet funnel (*Foeniculum vulgare*) clove (*Syzygium aromaticum*) and lemongrass (*Cymbopogon citratus*) were crushed and soaked in hexane for 3 days, then filtered through straining cloth and filter paper (Whatman® No. 1), respectively. The solution was condensed with rotary evaporator at 40 °C to obtain hexane crude extract. The remain was then soaked in acetone and ethanol and proceeded as previous method to obtain crude extracts of acetone and ethanol, respectively. Those plant extract details were show in Table 1.

Table 1: Plant extracts from various medicinal plants used to test against cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*)

Scientific name	Family	Common name	Plant part
1. *Illicium verum* Hook.f.	Illiciaceae	Star anise	Dried flower bud
2. *Foeniculum vulgare* Miller subsp. var. vulgare	Umbelliferae	Sweet Fennel	Seed dried
3. *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry	Myrtaceae	Clove	Dried flower bud
4. *Cymbopogon citratus* (DC. Ex Nees) Stapf	Graminae	Lemon grass	Fresh leaf

2.3. Bioassay

Toxicity test

Efficacy of hexane, acetone and ethanol extracts from star anise (*Illicium verum*), sweet funnel (*Foeniculum vulgare*), clove (*Syzygium aromaticum*) and lemongrass (*Cymbopogon citratus*) against adult of cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*) in terms of killing and repellent by contact method were evaluated. Various plant extracts with 1 ml were dropped onto Whatman® No.1 filter paper placed on disks of 9 cm diameter. So that concentration of 157.3 nL/cm^2 was used for preliminary test. Ten cowpea weevil adults were released to the paper. The insect mortality was checked at 24 hr. Plant extracts evaluated as high effect were selected for further experiment to obtain their toxicity levels (LC_{50} and LC_{90}) at 24 and 48 hr. The selected plant extracts were adjusted into 5 appropriate concentrations and tested against the cowpea weevil. The insect mortalities were observed at 24 and 48 hr to obtain LC_{50} and LC_{90}

Repellent test

For repellent test, the experiment was carried out by separating the filter paper into 2 equal parts. Each part was dropped with 500 µl extract at the concentration of 3.1, 9.4 and 15.7 nL/cm^2, the other side was dropped with Tween-20 in water (control). Then 10 mature beetles were placed into the middle of the test plate. Escaping counts at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 and 48 hr were checked and calculated to obtain %RI according to $[(C\text{-}T)/C+T)] \times 100$ (Pascual-Villalobos and Robledo, 1998).

2.4. Statistical analysis

In this study, Abbott's formula (Abbott, 1987) was applied to obtain the actual death. The experiment was designed in five completely randomized replicates. The data obtained were statistically analyzed by applying analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range tests (DMRT). Median lethal concentration (LC_{50} and LC_{90}) was calculated by the probit method.

3. Results

The test of hexane, acetone and ethanol extracts from star anise (*Illicium verum*), sweet funnel (*Foeniculum vulgare*), clove (*Syzygium aromaticum*) and lemongrass (*Cymbopogon citratus*) against adult of cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*) in terms of killing and repellent by contact method revealed that hexane extracts of clove and star anise and ethanol as well as acetone extracts at concentration 157.3 nL/cm^2 gave the mortality rate more than 90% at 24 hr (Fig. 1).

Hexane extract of clove showed the most toxicity against cowpea weevil when it presented the LC_{50} of 20.635 and 17.390 at 24 and 48 hr, respectively. Hexane extract of star anise gave the better result then that of ethanol and acetone extracts from clove at both 24 and 48 hr. Similar result was found on LC_{90} but acetone extract from clove presented more stronger then ethanol extract (Table 2).

Observation from repellent index (%RI) study presented that hexane extract from clove seen to be the most repellent capacity, particularly at the concentration of 15.7 nL/cm^2 presented about 80% RI at 5-6 hr. Normally at low concentration, all kinds of extracts showed fluctuate %RI (Fig. 2).

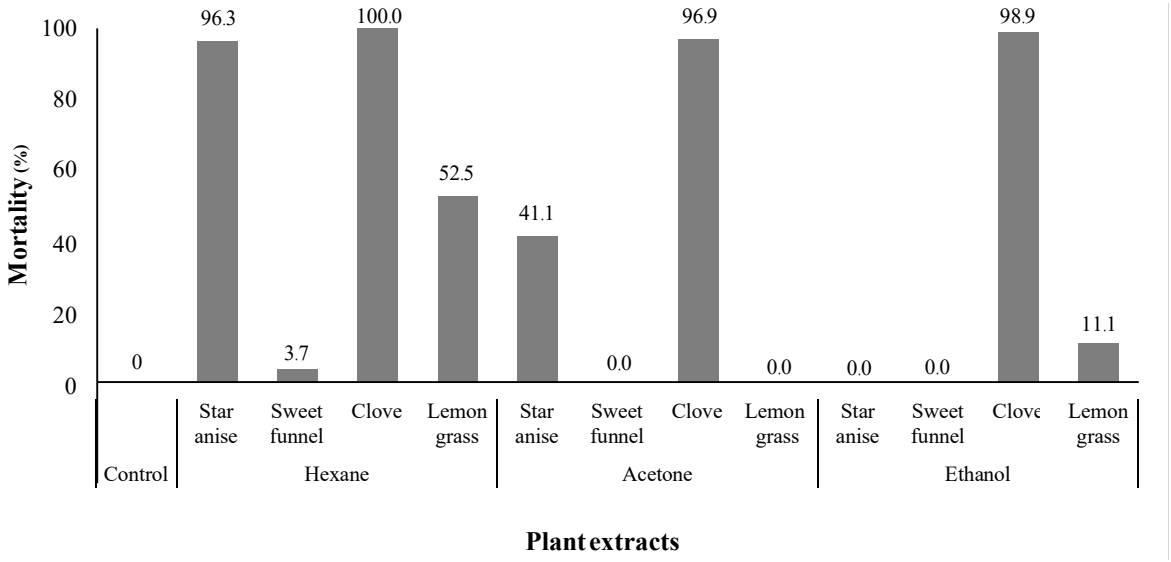


Fig. 1: Percentage mortality of cowpea weevils (*Callosobruchus maculatus*) caused by plant extracts at concentration 157.3 nL/cm^2 at 24 hr.

Table 2: LC_{50} and LC_{90} of plant extracts against cowpea weevils (*Callosobruchus maculatus*)

Observed time	Plant extract	Regression equation	Chi-square	LC_{50}	LC_{90}
24 hr	Hexane star anise	Y=-2.237+0.080x	16.511	28.098	44.196
	Hexane clove	Y=-2.439+0.118x	20.895	20.635	31.477
	Acetone clove	Y=-2.407+0.035x	7.213	68.87	105.534
	Ethanol clove	Y=-0.858+0.017x	55.714	49.571	123.601
48 hr	Hexane star anise	Y=-2.195+0.084x	26.818	26.033	41.231
	Hexane clove	Y=-2.328+0.134x	15.956	17.390	26.963
	Acetone clove	Y=-2.092+0.046x	3.746	45.024	72.611
	Ethanol clove	Y=-0.805+0.023x	82.447	34.807	90.209

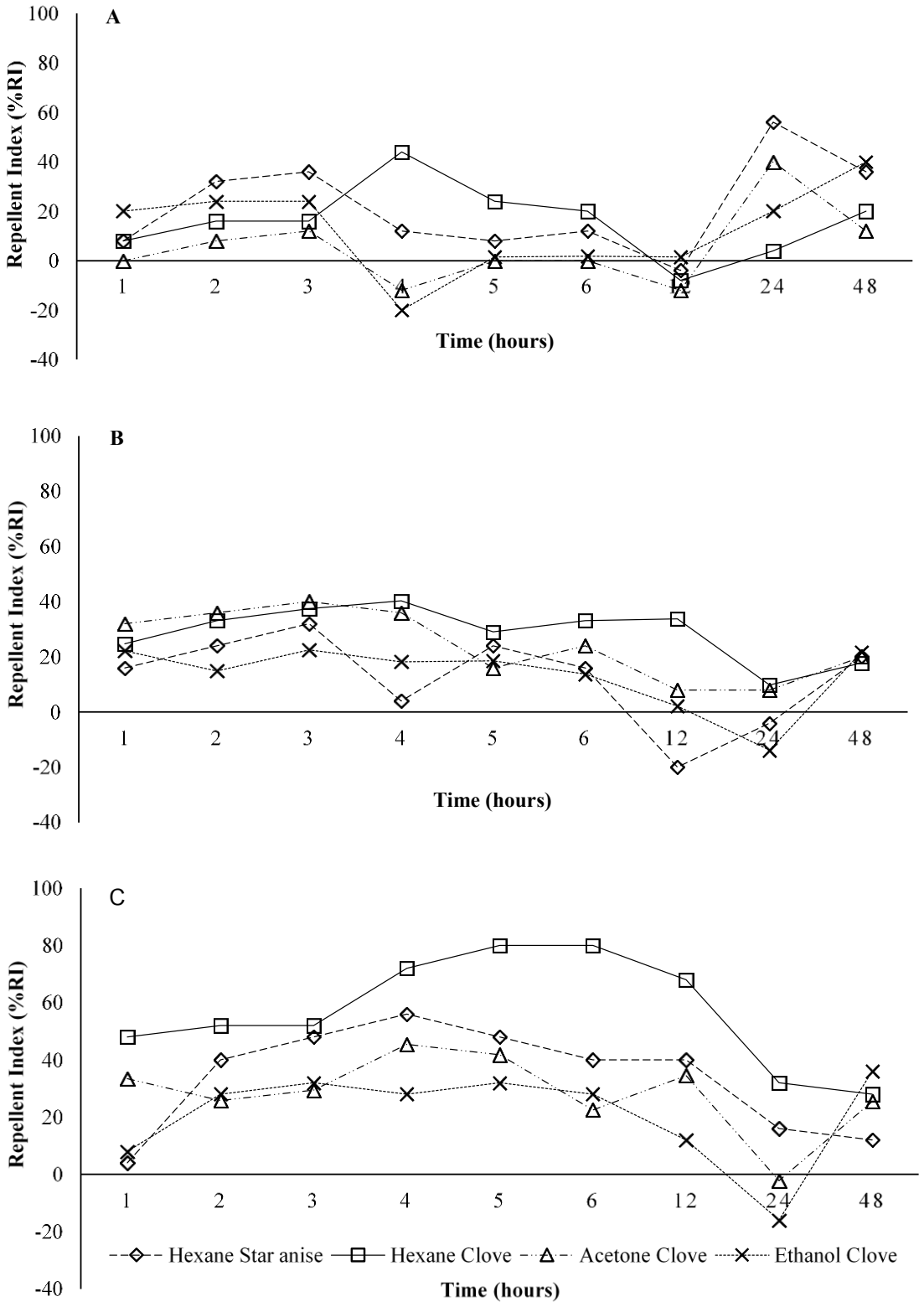


Fig. 2: Repellent index (%RI) of plant extracts against the cowpea weevils (*Callosobruchus maculatus*) at 3.1 nL/cm^2 concentration (A), 9.4 nL/cm^2 concentration (B) and 15.7 nL/cm^2 concentration (C)

Acknowledgments

This research was supported by the government budget for the fiscal year 2018 via Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang under the research project of natural products for pest control research center. (NPCRC).

4. References

Abbot, W.S. (1987). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 3(2); 302-3.

Danga, S.P.Y., Nukenine, E.N., Younoussa, L., Adler, C. and Esimome, C.O. (2015). Efficacy of *Plectranthus glandulosus* (Lamiaceae) and *Callistemon rigidus* (Mytaceae) leaf extract fractions to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Insect Science*, 15(1); 139.

Jowsuwanwong, K., Pumnuan, J. and Insung, A. (2014). Repellent effect and ovipositional inhibition of essential oil formulas from star anise (*Illicium verum*) and dill (*Anethum graveolens*) against adult of corn weevil (*Sitophilus zeamais*). *Journal of Agriculture,* King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 32 (2); 41-47.

Na Pijit, P., Chanbang, Y. and Vearasilp, S. (2011). Effect of radio frequency heating on *Callosobruchus maculatus* (F.) and quality of mung bean (*Vigna radiata* L.). *Journal of Agricultural Science*, 42(2) (Suppl.); 469-472

Office of Agricultural Economics. (2014). Basic economic data agriculture mung beans agriculture ministry of agriculture and cooperatives. Cooperative convention Agriculture of Thailand, Nonthaburi.

Pascual-Villalobos, M.J. and Robledo, A. (1998). Screening for anti-insect activity in mediterranean plants. *Industrial Crops and Products*, 8; 183-194.

Wisantanon, P., Nuanwan, K., Jankaewmanee, B., Uraichuen, J., Kengkanpanich, R., Pengkom, K., Thongpan, J., Sudthisud D., Lomyen L. and Nuchanapai P. (2005). Insects found in agricultural products and prevention. Documentation Order 1/48 Research and Development Institute for Postharvest Technology and Processing Department of Agriculture Ministry of Agriculture and Cooperatives. 150 P.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ- นามสกุล นางสาวกฤติมา สระโพธิ์ทอง

วัน เดือน ปีเกิด วันพุธที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2535

ที่อยู่ บ้านเลขที่ 34/5 หมู่ 6 ตำบล ทับมา อำเภอ เมืองระยอง จังหวัด ระยอง รหัสไปรษณีย์ 21000

เบอร์โทรศัพท์ 091-776-4178

ประวัติการศึกษา

2548-2553	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียนระยองวิทยาคม
2556-2559	สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
2560-2563	สำเร็จการศึกษาปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520