



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (กีฏวิทยา)

ปริญญา

กีฏวิทยา

กีฏวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำที่มีต่อหนอนเจาะสมอฝ้าย
Helicoverpa armigera (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) และเพลี้ยอ่อนถั่ว
Aphis craccivora Koch (Homoptera: Aphididae)

Efficacy of Crude Extracts from Seed Kernel and Seed Cake of Physic Nut
(*Jatropha curcas* L.) against Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner)
(Lepidoptera: Noctuidae) and Pea Aphid, *Aphis craccivora* Koch
(Homoptera: Aphididae)

นามผู้วิจัย นางสาวสุวิมล วงศ์พลัง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์วิบูลย์ จงรัตน์เมธิกุล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ศาสตราจารย์อังศุมลย์ จันทราปัดย์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำที่มีต่อหนอนเจาะสมอฝ้าย *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) และเพลี้ยอ่อนถั่ว *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae)

Efficacy of Crude Extracts from Seed Kernel and Seed Cake of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.) against Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) and Pea Aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae)

โดย

นางสาวสุวิมล วงศ์พลั้ง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (กัญญาวิทยา)
พ.ศ. 2552

ศุวิมล วงศ์พลัง 2552: ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อเมลิ็ดและกากเมลิ็ดสมุนไพรที่มีต่อหนอนเจาะสมอฝ้าย *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) และเพลี้ยอ่อนถั่ว *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) ปรินญาวิทยาสาสตรมหาบัณฑิต (กัญญาวิทยา) สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร, Ph.D.
139 หน้า

จากการส่งเสริมให้มีการปลูกต้นสมุนไพรเพื่อนำไปใช้เป็นพืชพลังงานทดแทนในช่วงภาวะวิกฤติการณ์ด้านพลังงาน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับพืชสมุนไพร โดยทำการสกัดสารจากเนื้อเมลิ็ดและกากเมลิ็ดด้วยกรรมวิธีการสกัดแบบหยาบ 2 กรรมวิธีคือ การแช่และกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer และการสกัดด้วยเครื่อง soxhlet apparatus โดยใช้ ethanol และ petroleum ether เป็นตัวทำละลาย ได้สารสกัดหยาบ 8 ชนิด ในรูปของน้ำมัน สารสกัดทุกชนิดมีปริมาณแตกต่างกัน ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบต่อแมลง 2 ชนิดคือ หนอนเจาะสมอฝ้ายและเพลี้ยอ่อนถั่วโดยวิธีจุ่มใบ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรในการควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 ในห้องปฏิบัติการ พบว่า สารสกัดทุกชนิดมีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนได้ปานกลาง ที่ความเข้มข้น 10% (w/v) สามารถฆ่าหนอนได้ 14-58% ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ แต่สารสกัดทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนได้ดี โดยที่ความเข้มข้น 5% (w/v) สามารถยับยั้งการกินได้ 77.77-95.57% ที่ 48 ชั่วโมงหลังการทดสอบ นอกจากนี้สารสกัดหยาบจากสมุนไพรยังมีผลต่อการขยายพันธุ์ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้าย โดยพบว่า หนอนวัย 2 ที่กินใบฝ้ายหุบสารความเข้มข้น 0.1% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วเลี้ยงต่อในอาหารเทียมปกติ ผีเสื้อเพศเมียจะวางไข่ได้น้อยลง และไข่มีอัตราการฟักต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรในการฆ่าเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน ในห้องปฏิบัติการ พบว่า สารสกัดส่วนใหญ่มีฤทธิ์ในการฆ่าเพลี้ยอ่อนได้ดี ที่ความเข้มข้น 0.5% (w/v) สารสกัด 6 ชนิดมีฤทธิ์ในการฆ่าเพลี้ยอ่อนได้ 64-94% และไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.003-0.37%

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากกากเมลิ็ดสมุนไพรแช่ในตัวทำละลาย ethanol เป็นเวลา 3 วัน ที่ความเข้มข้น 1% ในโรงเรือนทดลอง พบว่า สารสกัดมีฤทธิ์ยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อเพศเมีย โดยออกฤทธิ์ในการไล่ ทำให้ผีเสื้อเลือกวางไข่บนต้นฝ้ายที่ฉีดพ่นสารน้อยกว่าต้นฝ้ายที่ไม่ได้ฉีดพ่นสาร ทั้งนี้สารสกัดหยาบยังสามารถยับยั้งการฟักของไข่ได้ถึง 100% ดังนั้นสารสกัดหยาบจากเนื้อเมลิ็ดและกากเมลิ็ดจึงอาจนำไปใช้ในการควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้ายและเพลี้ยอ่อนถั่วได้ จึงควรทำการศึกษาในรายละเอียดต่อไป เพื่อหาอัตราการใช้ที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชได้

Suwimon Wongphalung 2009: Efficacy of Crude Extracts from Seed Kernel and Seed Cake of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.) against Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) and Pea Aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae). Master of Science (Entomology), Major Field: Entomology, Department of Entomology. Thesis Advisor: Associate Professor Wiboon Chongrattanameteekul, Ph.D. 139 pages.

With the widespread growing of physic nut (*Jatropha curcas* L.) for biodiesel production during energy crisis, the research reported here was; therefore, aimed to study the utilization of physic nut for other purposes as well as to create value added to this crop. Crude extractions from seed kernel and seed cake of physic nut were performed by using soxhlet apparatus and soaking extraction using magnetic stirrer. Petroleum ether and ethanol were used as solvents. The 8 crude extracts were obtained in form of oils with quantitative differences. Efficacy tests against cotton bollworm and pea aphid were conducted using leaf-dipping method.

Efficacy tests against second instar cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner), were assessed under laboratory conditions. The results showed that the crude extracts at 10% (w/v) concentration caused moderate mortality of 14-58% to bollworm at 72 hrs after treatment. However, all crude extracts exhibited high antifeedant activity. At 5% (w/v) concentration, the antifeedant (AFI) values were between 77.77-95.57%. Moreover, feeding second instar larvae for 48 hrs with cotton leaves dipped in crude extracts and subsequently transferred to normal diet also resulted in lowered fecundity and fertility of the emerging moths.

Efficacy tests against 4 days old pea aphid, *Aphis craccivora* Koch, were also assessed under laboratory conditions. The results showed that the crude extracts caused high mortality. Six out of 8 crude extracts at 0.5% (w/v) produced high mortality between 64-94% at 72 hrs after treatment, with the LC₅₀ values ranged between 0.003-0.37%.

Crude extract from seed cake of physic nut by soaking in ethanol for 3 days, was assessed against the cotton bollworm in a net-house. The results showed that the crude extract at 1% (w/v) concentration exhibited both repellency to the oviposition and the ovicidal activities to cotton bollworm.

From this study, it was found that crude extracts from physic nut was effective against cotton bollworm and pea aphid and should be further studied to determine the appropriate dosage for field use.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจากอาจารย์และผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ จงรัตนเมธิกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำตลอดการค้นคว้าวิจัย และตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. ขวัญชัย สมบัติศิริ ผู้ทรงคุณวุฒิ และรองศาสตราจารย์ ดร. สาวิตรี มาลัยพันธุ์ ประธานกรรมการการสอบ ที่ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณแสงแข น้าวานิช ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (ไร่สุวรรณ) ที่กรุณาเอื้อเฟื้ออาหารเที่ยมสำหรับเลี้ยงนอนเจาะสมอฝ้ายตลอดการวิจัยนี้ และขอขอบคุณ คุณสุวรรณา อนุรักษ์พรชัย และคุณไทรรัตน์ หนูเอียด ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา แนะนำ และเป็นกำลังใจที่ดีมาตลอด จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอกราบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ให้ชีวิต ความรัก ความห่วงใย กำลังใจ คอยเลี้ยงดู อบรมสั่งสอนในทุกๆ เรื่อง และส่งเสริมการศึกษาแก่ลูกโดยตลอด ขอขอบคุณพี่ชาย พี่สาว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย กำลังใจ และให้การสนับสนุนการศึกษาในครั้งนี้ และขอบคุณพี่ๆ น้องๆ ตลอดจนเพื่อนๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่และคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน

ผลงานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2550 จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุวิมล วงศ์พลั่ง

เมษายน 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(9)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	31
ผลและวิจารณ์	49
ผลการทดลอง	49
วิจารณ์ผลการทดลอง	68
สรุปและข้อเสนอแนะ	79
สรุป	79
ข้อเสนอแนะ	80
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	82
ภาคผนวก	100
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	139

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำหนักของสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำด้วยวิธีการสกัดและตัวทำละลายที่แตกต่างกัน	51
2	อัตราการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อเลี้ยงบนชิ้นใบฝ้ายซึ่งผ่านการจุ่มในสารสกัดหยาบชนิดต่างๆ จากสบู่ดำ ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ (เปรียบเทียบระหว่างสารสกัดชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน)	54
3	อัตราการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อเลี้ยงบนชิ้นใบฝ้ายซึ่งผ่านการจุ่มในสารสกัดหยาบชนิดต่างๆ จากสบู่ดำ ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ (เปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดแต่ละชนิด)	55
4	อัตรายับยั้งการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อเลี้ยงบนชิ้นใบฝ้ายซึ่งผ่านการจุ่มในสารสกัดหยาบชนิดต่างๆ จากสบู่ดำ ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ (เปรียบเทียบระหว่างสารสกัดชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน)	58
5	อัตรายับยั้งการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อเลี้ยงบนชิ้นใบฝ้ายซึ่งผ่านการจุ่มในสารสกัดหยาบชนิดต่างๆ จากสบู่ดำ ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ (เปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดแต่ละชนิด)	59
6	ค่าเฉลี่ยจำนวนไข่และอัตราการฟักของไข่ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายที่ได้รับสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำความเข้มข้น 0.1% ตั้งแต่ระยะหนอนวัย 2 นาน 48 ชั่วโมง หลังปล่อยผีเสื้อผสมพันธุ์กันเป็นเวลา 7 วัน (เพศผู้ 3 ตัว: เพศเมีย 2 ตัว)	61
7	ค่า LC_{50} ของสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำความเข้มข้นต่างๆ ที่มีต่อเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน โดยตรวจสอบผลที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	63
8	อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อเลี้ยงบนใบถั่วซึ่งผ่านการจุ่มในสารสกัดหยาบชนิดต่างๆ จากสบู่ดำ ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ (เปรียบเทียบ ระหว่างสารสกัดชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน)	64

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
9	อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อเลี้ยงบนใบถั่วซึ่งผ่านการจุ่มในสารสกัดหยาดชนิดต่างๆ จากสับดำ ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ (เปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดแต่ละชนิด)	65
10	ประสิทธิภาพด้านต่างๆ ของสารสกัดหยาดจากสับดำจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (พิจารณาเฉพาะสารสกัดที่ให้ผลแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับชุดควบคุม)	66
11	จำนวนไข่ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายต่อต้นเปรียบเทียบระหว่างต้นฝ้ายในชุดควบคุมและชุดทดลองซึ่งฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากกากเมล็ดสับดำแช่ในตัวทำละลาย ethanol เป็นเวลา 3 วัน ที่ความเข้มข้น 1%	67
12	จำนวนหนอนเจาะสมอฝ้ายต่อต้นเปรียบเทียบระหว่างต้นฝ้ายในชุดควบคุมและชุดทดลองซึ่งฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากกากเมล็ดสับดำแช่ในตัวทำละลาย ethanol เป็นเวลา 3 วัน ที่ความเข้มข้น 1% หลังการฉีดพ่น 7 วัน	67

ตารางผนวกที่

1	จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาด KEM (kernel, ethanol, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	101
2	จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาด KES (kernel, ethanol, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	102
3	จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาด KPM (kernel, petroleum ether, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	103

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
4 จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KPS (kernel, petroleum ether, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ซม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	104
5 จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CEM (cake, ethanol, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ซม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	105
6 จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CES (cake, ethanol, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ซม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	106
7 จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CPM (cake, petroleum ether, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ซม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	107
8 จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CPS (cake, petroleum ether, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ซม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	108
9 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KEM (kernel, ethanol, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ซม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	109
10 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KES (kernel, ethanol, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ซม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	110
11 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KPM (kernel, petroleum ether, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ซม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	111

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
12 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KPS (kernel, petroleum ether, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	112
13 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CEM (cake, ethanol, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	113
14 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CES (cake, ethanol, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	114
15 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CPM (cake, petroleum ether, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	115
16 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CPS (cake, petroleum ether, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	116
17 จำนวนไข่และจำนวนตัวหนอนที่ฟักของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายที่ได้รับสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.1% ตั้งแต่ระยะหนอนวัย 2 นาน 48 ชั่วโมง และปล่อยผีเสื้อผสมพันธุ์กันเป็นเวลา 7 วัน (เพศผู้ 3 ตัว: เพศเมีย 2 ตัว)	117
18 จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KEM (kernel, ethanol, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	121
19 จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KES (kernel, ethanol, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	122

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า	
20	จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KPM (kernel, petroleum ether, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	123
21	จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KPS (kernel, petroleum ether, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	124
22	จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CEM (cake, ethanol, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	125
23	จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CES (cake, ethanol, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	126
24	จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CPM (cake, petroleum ether, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	127
25	จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CPS (cake, petroleum ether, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	128
26	จำนวนไข่ที่ฝักเชื้อเพศเมียวางบนต้นฝ้ายเมื่อนิฉัพด้วยสารสกัดจากกากเมล็ดสบู่ดำแช่ในตัวทำละลาย ethanol เป็นเวลา 3 วัน ที่ความเข้มข้น 1% หลังปล่อยให้ฝักเชื้อผสมพันธุ์กัน 3 วัน	129
27	จำนวนตัวหนอนที่ฟักจากไข่ของฝักเชื้อเพศเมียเมื่อนิฉัพด้วยสารสกัดจากกากเมล็ดสบู่ดำแช่ในตัวทำละลาย ethanol เป็นเวลา 3 วัน ที่ความเข้มข้น 1% หลังปล่อยให้ฝักเชื้อผสมพันธุ์กัน 7 วัน	129
28	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 10%	130

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
42	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.125%	137
43	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.0625%	137
44	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.03125%	138
45	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.015625%	138

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สูตรโครงสร้างทางเคมีของสารในสบู่ดำ	30
2	ลักษณะของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายระยะต่างๆ	31
3	วิธีการเลี้ยงและเพิ่มปริมาณหนอนเจาะสมอฝ้ายเพื่อใช้ทดสอบ	32
4	วิธีการเลี้ยงและเพิ่มปริมาณเพลี้ยอ่อนถั่วเพื่อใช้ทดสอบ	33
5	การเตรียมสบู่ดำสำหรับสกัด	35
6	การสกัดสารด้วยวิธีการแช่และกวนด้วยเครื่อง Magnetic stirrer	35
7	การสกัดสารแบบต่อเนื่องด้วยเครื่อง soxhlet apparatus	36
8	การระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง rotary evaporator	36
9	ขั้นตอนการสกัดสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำ	37
10	อุปกรณ์สำหรับทดสอบ	40
11	การทดสอบฤทธิ์ในการฆ่าและยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้ายโดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	41
12	เครื่องวัดพื้นที่ใบ (LI-3000A Portable Area Meter)	42
13	การทดสอบผลของสารสกัดต่อการขยายพันธุ์ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้าย	43
14	การทดสอบฤทธิ์ในการฆ่าเพลี้ยอ่อนถั่วโดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	45
15	การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดต่อผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายในเรือนทดลอง	47
16	ตัวอย่างสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ	50
17	อัตราการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำ ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	53
18	อัตรายับยั้งการกินอาหาร (AFI) ของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำ ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชั่วโมงหลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	เนื้อหา	หน้า
19	จำนวนไข่และจำนวนการฟักของไข่ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายที่ได้รับสารสกัด หยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสับดูค่าความเข้มข้น 0.1% ตั้งแต่ระยะหนอนวัย 2 นาน 48 ชั่วโมง หลังปล่อยผีเสื้อผสมพันธุ์กันเป็นเวลา 7 วัน (เพศผู้ 3 ตัว: เพศเมีย 2 ตัว)	60
20	อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนตัว เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและ กากเมล็ดสับดูค่าความเข้มข้นต่างๆ ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)	63

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำที่มีต่อหนอนเจาะสมอฝ้าย

Helicoverpa armigera (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) และเพลี้ยอ่อนถั่ว

Aphis craccivora Koch (Homoptera: Aphididae)

Efficacy of Crude Extracts from Seed Kernel and Seed Cake of Physic nut

(*Jatropha curcas* L.) against Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner)

(Lepidoptera: Noctuidae) and Pea Aphid, *Aphis craccivora* Koch

(Homoptera: Aphididae)

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการเพาะปลูกมานานจนกลายเป็นอาชีพหลักของคนไทย เห็นได้จากในปี 2548 ประเทศไทยมีพื้นที่ทางการเกษตรทั้งหมด 130,275,993 ล้านไร่ ของพื้นที่ทั้งหมด 320,696,888 ล้านไร่ โดยใช้เป็นพื้นที่นา 63,861,066 ล้านไร่ พืชไร่ 27,400,423 ล้านไร่ ไม้ผลและไม้ยืนต้น 27,787,972 ล้านไร่ ผักและไม้ดอก 1,229,808 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552ก) และในปี 2549 ประเทศไทยก็มีพื้นที่ทางการเกษตรเพิ่มขึ้นเป็น 130,290,717 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552ข)

ในการทำเกษตร ต้องประสบปัญหาต่างๆ มากมาย และปัญหาหนึ่งที่สำคัญคือ ปัญหาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช ซึ่งทำให้ผลผลิตทางการเกษตรเกิดความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจ วิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ในการแก้ปัญหาแมลงศัตรูพืชคือ การใช้สารเคมี เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก สามารถหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก และออกฤทธิ์เห็นผลเร็วตรงตามความต้องการของเกษตรกร ภาคการเกษตรจึงมีการใช้สารเคมีในปริมาณที่สูงมาก และมีแนวโน้มว่าการใช้สารเคมีสังเคราะห์ในประเทศไทยจะมีปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เห็นได้จากปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในปี 2545 ประเทศไทยมีการนำเข้า 70,158 ตัน มีมูลค่า 9,202.7 ล้านบาท ปี 2546 มีการนำเข้าสารเคมี 73,027 ตัน มีมูลค่าเพิ่มขึ้นเป็น 10,035.8 ล้านบาท อีก 3 ปีต่อมาในปี 2549 ปริมาณการนำเข้าสารเคมีเพิ่มขึ้นเป็น 101,854 ตัน มูลค่า 12,966.3 ล้านบาท ปี 2550 ปริมาณการนำเข้าสารเคมียังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็น 122,337 ตัน มีมูลค่าสูงถึง 14,643.6 ล้านบาท (สำนักงาน

เศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552ค) ในจำนวนนี้เป็นสารกำจัดแมลงถึง 21,589 ตัน มูลค่า 3,745 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552ง) และในปี 2551 ปริมาณการนำเข้าสารเคมีลดลงเป็น 112,445 ตัน แต่มีมูลค่าสูงถึง 18,091.2 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552ข) ถ้าเป็นเช่นนี้การนำเข้าสารเคมีกำจัดแมลงก็ยังคงมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี เป็นผลให้ประเทศไทยต้องสูญเสียเงินตราในการสั่งซื้อสารเคมีเป็นมูลค่ามหาศาล นอกจากนี้สารเคมียังส่งผลกระทบต่อในด้านต่างๆ อีก เช่น การทำให้แมลงศัตรูพืชเกิดความต้านทานต่อสารเคมี มีการระบาดเพิ่มขึ้น รวมถึงทำให้เกิดการระบาดของแมลงศัตรูชนิดใหม่ๆ ปัญหาเรื่องอันตรายที่จะเกิดแก่ผู้ใช้หรือต่อเกษตรกรอื่นเนื่องมาจากการใช้สารเคมีไม่ถูกวิธี ปัญหาการปนเปื้อน หรือพิษตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม ปัญหาเรื่องพิษตกค้างของสารเคมีในผลผลิต ซึ่งปัจจุบันมักจะถูกนำมาใช้เป็นประเด็นเพื่อกีดกันทางการค้าในระดับสากล แทนการกีดกันทางด้านภาษี และเพื่อปกป้องผู้บริโภคภายในประเทศ และผลกระทบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ เกษตรกรได้ทำลายสมดุลของธรรมชาติโดยไม่รู้ตัว ปัจจุบันรัฐบาลได้ตระหนักถึงอันตรายที่เกิดขึ้นจึงมีนโยบายและแผนรณรงค์ ลดการใช้สารเคมีสังเคราะห์ต่างๆ ให้น้อยลง การใช้สารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ก็เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรในการที่จะลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชลง

สมุนไพรเป็นพืชชนิดหนึ่งที่น่าสนใจนำมาศึกษาในด้านประสิทธิภาพต่อการควบคุมแมลงศัตรูพืช เนื่องจากในช่วงวิกฤตราคาน้ำมันแพง ได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกสมุนไพรหลายชนิดมีเป้าหมายเพื่อใช้เป็นพืชพลังงานทดแทน ดังนั้นถ้ามีการศึกษาประสิทธิภาพด้านอื่นๆ ควบคู่ไปด้วยจึงน่าจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรอย่างมาก เพราะเป็นการเปิดโอกาสให้เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรได้กว้างขึ้น ไม่จำกัดแต่เพียงการใช้เป็นพลังงานทดแทนเท่านั้น รวมทั้งยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่พืชชนิดนี้อีกทางหนึ่งด้วย

อย่างไรก็ตาม การใช้สารสกัดจากพืชในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชนั้นไม่ได้เป็นวิธีการที่แก้ไขปัญหาแมลงศัตรูพืชได้อย่างสมบูรณ์ จึงต้องใช้ร่วมกับการจัดการแมลงศัตรูพืชวิธีอื่นๆ ซึ่งก็คือ การจัดการแมลงศัตรูพืชแบบผสมผสาน นั่นเอง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์จากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสนุ่นดำที่เหมาะสม
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสนุ่นดำในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้ายและเพลี้ยอ่อนตัวในห่อปฏิบัติการ
3. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากกากเมล็ดสนุ่นดำต่อการวางไข่ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายในโรงเรือนทดลอง

การตรวจเอกสาร

หนอนเจาะสมอฝ้าย

หนอนเจาะสมอฝ้ายมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helicoverpa armigera* (Hübner) จัดอยู่ในวงศ์ Noctuidae อันดับ Lepidoptera ชื่อเดิมของหนอนเจาะสมอฝ้ายคือ *Heliothis armigera* (Hübner) มีชื่อสามัญอื่นๆ ซึ่งเรียกตามพืชอาหาร เช่น หนอนเจาะฝักข้าวโพด (corn earworm), หนอนเจาะยอดยาสูบ (tobacco budworm), หนอนเจาะฝักถั่ว (legume pod borer) เป็นต้น

หนอนเจาะสมอฝ้ายเป็นแมลงศัตรูดั้งเดิมในแถบแอฟริกาถึงเกาะแปซิฟิก เป็นแมลงศัตรูสำคัญของพืชเศรษฐกิจหลายชนิด มีรายงานว่าหนอนเจาะสมอฝ้ายทำให้เกิดความเสียหายกับพืชในหลายพื้นที่ทั่วโลก (Setiawati *et al.*, 2000; Kooner *et al.*, 2001; Fakrudin *et al.*, 2004) และถูกจัดให้เป็นแมลงศัตรูสำคัญมากที่สุดของฝ้าย โดยจะเริ่มเข้าทำลายฝ้ายช่วงประมาณ 10 สัปดาห์หลังจากฝ้ายเริ่มติดดอก ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นฝ้ายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จำนวนดอกอ่อนจะเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นจึงเริ่มติดสมอ (Matthews, 1989)

ในประเทศไทยเริ่มพบการระบาดของหนอนเข้าทำลายฝ้ายเมื่อปี 2508 เกษตรกรต้องสูญเสียต้นทุนเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดถึงร้อยละ 40 และหนอนได้สร้างความเสียหายแก่ฝ้ายสูงสุดในปี 2511 การระบาดของหนอนเจาะสมอฝ้ายทำความเสียหายแก่ฝ้ายจนเกษตรกรฉีดพ่นสารฆ่าแมลงไม่ทันต้องทิ้งไร่และขาดทุนเป็นจำนวนมาก (เกสร, 2541) Collins (1986) ได้ทำการสำรวจไร่ฝ้ายร่วมกับพื้นที่ปลูกข้าวและไร่ข้าวโพดในประเทศไทยเมื่อปี 2526 จำนวน 500,000 ไร่ พบหนอนเจาะสมอฝ้ายเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญที่สุด โดยในไร่ข้าวโพดจะมีการเพิ่มจำนวนประชากรหนอนอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการปลูก ส่วนในไร่ฝ้าย พบว่าหนอนทำให้พื้นที่การปลูกฝ้ายลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายในการป้องกันกำจัดสูงไม่คุ้มทุน

ลักษณะทั่วไปและวงจรชีวิต

ไข่ ผีเสื้อเพศเมียจะวางไข่เป็นฟองเดี่ยวๆ ตามส่วนต่างๆ ของพืช เช่น สมอฝ้าย ใบฝ้าย หรือเส้นไหมข้าวโพด ไข่ที่วางใหม่ๆ มีสีเหลืองนวลแวววาว และมีส่วนสีดำ-น้ำตาล ซึ่งจะเจริญเป็นส่วนของหัวในหนอนระยะแรก (Matthews, 1989) มีรูปร่างคล้ายผีเสื้อหรือรูปครึ่งวงกลม มีหัวหัก

จากจุดศูนย์กลางส่วนบนสุดเป็นลายเส้นลากลงมาติดกับส่วนของพีชประมาณ 24 เส้น (วัชร, 2544; เพ็ญพร, 2528) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกว้างประมาณ 0.4-0.5 มิลลิเมตร (สิริวัฒน์, 2526) ตัวเมียหนึ่งตัวสามารถวางไข่ได้ 500-2,000 ฟอง (คลินิกพืช กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549ก; อรณู และวัชร, 2535) ใช้เวลาวางไข่ประมาณ 4-8 วัน (อรณู และ วัชร, 2535; สุชาติ, 2549) ไข่จะฟักเป็นตัวหนอนภายใน 2-5 วัน

ตัวหนอน หนอนที่เพิ่งฟักออกจากไข่จะกินเปลือกไข่ของตัวเองเป็นอาหาร ก่อนที่จะเริ่มกินอาหารตามดอกอ่อนหรือสมอ ในระยะแรกๆ ตัวหนอนจะมีสีขาวอมเหลือง หรือน้ำตาลแดงอ่อนๆ เมื่อโตเต็มที่จะมีสีแตกต่างกันไปตามพืชอาหาร เช่น สีขาวนวล สีเหลืองปนน้ำตาล สีชมพู สีเขียวอ่อน สีเขียวเข้ม จนออกเป็นสีค่อนข้างดำ ผิวมีลักษณะเป็นเซลล์ขนาดเล็ก ทำให้ผิวหนังดูไม่เรียบเห็นเป็นปุ่มเล็กๆ และบริเวณลำตัวจะมีเส้นขนขึ้นประปราย (วัชร, 2544; Matthews, 1989) ข้างลำตัวมีแถบสีเหลืองข้างละแถบและแถบสีน้ำตาลเข้มด้านบนกลางลำตัว 1 เส้นซึ่งจะพาดจากส่วนหัวทอดยาวไปตามลำตัว ลักษณะประจำของหนอนอีกอย่างหนึ่งคือ ด้านหน้าของขาเทียมแต่ละขามีเส้นสีขาว 1 เส้น ตัวหนอนจะเจริญเติบโตลอกคราบ 5 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 2-5 วัน (สิริวัฒน์, 2526) ตัวหนอนที่โตเต็มที่ยาวประมาณ 3.5-4.0 เซนติเมตร (คลินิกพืช กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549ก) ระยะหนอนมีอายุ 17-25 วัน

ดักแด้ ในสภาพธรรมชาติแมลงชนิดนี้จะเข้าดักแด้ในดิน เมื่อตัวหนอนเริ่มเข้าดักแด้จะหยุดกินอาหาร หดตัวแล้วทิ้งตัวลงบนพื้น แล้วกัดดินให้เป็นร่องพอที่ตัวหนอนจะเคลื่อนตัวลงไปได้ ลึกลงไปประมาณ 25-175 มิลลิเมตร และใช้ปากทำดินบริเวณนั้นให้เป็นแอ่งกลม เรียบเป็นมันแล้วจึงสร้างใยสีขาวคลุมทั่วบริเวณแอ่งนั้น ดักแด้มีลักษณะเป็นกระสวย หัวมน เรียวขานลงทั้งสองข้าง จนแหลมตรงปลาย (obtect type) ในระยะแรกดักแด้มีสีเขียวและค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจนกระทั่งเป็นสีน้ำตาลเข้มมีเปลือกแข็งขึ้น ยาว 14-18 มิลลิเมตร (Matthews, 1989) จากระยะตัวหนอนจนเข้าเป็นดักแด้ในโพรงใช้เวลาประมาณ 10-14 วัน Pearson (1958) รายงานว่า ตัวหนอนจะเข้าดักแด้ได้ดีในอุณหภูมิต่ำ และดักแด้จะพัฒนาไปพร้อมกับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น ตัวหนอนจะชอบเข้าดักแด้ในเวลากลางคืน และเมื่อออกเป็นตัวเต็มวัยจะคลานขึ้นสู่ผิวดินตามร่องที่กัดไว้ (สุชาติ, 2549)

ตัวเต็มวัย เป็นผีเสื้อกลางคืน ลำตัวยาวประมาณ 18-19 มิลลิเมตรความกว้างเมื่อกางปีกออกเต็มที่ประมาณ 3.2-4.0 เซนติเมตร (คลินิกพืช กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549ก; Matthews, 1989) ปีก

คู่หน้าของตัวเต็มวัยเพศเมียมีสีน้ำตาลปนแดง มีจุดเล็กๆ ที่ปลายปีก ส่วนปีกคู่หน้าของตัวเต็มวัยเพศผู้มีสีเขียวอมเทา ตัวเต็มวัยจะผสมพันธุ์หลังจากออกจากคักได้แล้ว 1-4 วัน หลบซ่อนตัวในเวลากลางวัน และออกหากินโดยดูดกินน้ำหวานจากดอกไม้ในเวลาพลบค่ำ ผสมพันธุ์และวางไข่เวลากลางคืนจนถึงรุ่งเช้า โดยจะวางบนส่วนยอดของพืชมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านผิวหน้าของใบ (23%) และลำต้น (17%) (Beeden, 1974) ตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 10-20 วัน (สิริวัฒน์, 2526)

ลักษณะการทำลาย

หนอนเจาะสมอฝ้ายทำความเสียหายต่อส่วนที่เป็นโครงสร้างของผลผลิตโดยตรง คือดอกอ่อน ดอก และสมอ การเข้าทำลายดอกฝ้ายนั้นจะเริ่มตั้งแต่เป็นดอกตูม ใบเลี้ยงดอกจะบานอ้าออกให้สังเกตได้ ดอกเหล่านี้จะร่วงเสียไป เมื่อดอกบานตัวหนอนจะเข้าไปกัดกินช่อเกสรและกลีบดอกอยู่ภายใน ซึ่งทำให้ดอกร่วงเช่นเดียวกัน ส่วนการทำลายสมอฝ้าย หนอนจะเจาะเข้าทางด้านฐานของสมอ ส่วนหัวของหนอนจะอยู่ในสมอและกัดกินอยู่ภายใน ส่วนท้ายของลำตัวจะอยู่นอกสมอ เมื่อกัดกินภายในได้สักระยะหนึ่งตัวหนอนก็จะเคลื่อนย้ายเปลี่ยนจากสมอหนึ่งไปยังอีกสมอหนึ่ง และเปลี่ยนเช่นนี้ไปเรื่อยๆ โดยไม่กัดกินอยู่กับที่จนหมดสมอ (สุชาดา, 2549) โดยตัวหนอนจะเปลี่ยนดอกหรือสมอ 4-15 ครั้งต่อตัว หรือเฉลี่ย 9 ครั้งต่อตัว (Tunstall, 1962) การทำลายลักษณะนี้จึงสร้างความเสียหายให้แก่สมอฝ้ายเป็นจำนวนมาก ทำให้ผลผลิตลดลง และแทบจะไม่ได้ผลผลิตเลยถ้าไม่มีการป้องกันกำจัด (เกศรา และคณะ, 2544) ซึ่งแตกต่างจากลักษณะการทำลายของหนอนเจาะสมอสีชมพู (*Pectinophora gossypiella* (Saunders)) ที่ตัวหนอนจะเจาะเข้าไปอยู่ในสมอ และกัดกินอยู่ภายในสมอตลอดชีวิตหนอน ความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงน้อยกว่าหนอนเจาะสมอฝ้าย โดยทั่วไปตัวหนอนในวัยแรกจะกัดกินดอกตูมหรือสมอก่อน แต่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และออสเตรเลียตัวหนอนจะกินใบเป็นอาหารก่อนแล้วจึงค่อยเคลื่อนย้ายไปกินดอกตูมหรือสมอ (Matthews, 1989)

สำหรับการเข้าทำลายข้าวโพด หนอนเจาะสมอฝ้ายหรือหนอนเจาะฝักข้าวโพดจะมีความสำคัญมากในข้าวโพดหวาน เพราะถ้าฝักข้าวโพดหวานที่ถูกหนอนเข้าทำลายราคาขายจะตกทันที ลักษณะการเข้าทำลายนั้น ถ้าอยู่ในระยะที่ข้าวโพดยังไม่ออกฝักตัวหนอนจะกัดกินตรงยอดอ่อนที่ใบยังไม่คลี่ ทำให้ใบเป็นรูพรุนเมื่อใบคลี่ออก หากข้าวโพดออกฝักแล้วหนอนจะกัดกินบริเวณยอดฝัก เส้นไหมบนฝักจะถูกกัดขาดออกไป ถ้าอยู่ในระยะที่ฝักข้าวโพดออกเมล็ดแล้ว

เปลือกและเมล็ดที่อยู่ใกล้ยอดฝักจะถูกกัดกิน รอยที่ถูกกัดจะแฉะ มีมูลของหนอนสีน้ำตาลปนดำ หรือสีชมพูเกิดขึ้น ทำให้ฝักเสียหรือเน่าได้ง่าย (สิริวัฒน์, 2526)

พืชอาหาร

หนอนเจาะสมอฝ้ายเป็นแมลงศัตรูที่มีพืชอาหารหลายชนิด โดยสามารถเข้าทำลายพืชได้มากกว่า 182 ชนิด (Gowda, 2005) รวมทั้งพืชปลูกที่สำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ฝ้าย ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วต่างๆ ทานตะวัน ผัก และผลไม้ ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายมากถึงประมาณ 5 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ ในแถบเอเชียใต้หนอนเจาะสมอฝ้ายเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของพืชหลายชนิด ได้แก่ ฝ้าย ถั่ว ลูกไก่ ถั่วแระ ถั่วลิสง ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว กระเจียบเขียว มะเขือเทศ ละหุ่ง ทานตะวัน ข้าวโพด ข้าวฟ่าง เป็นต้น (Fitt, 1991; Manjunath *et al.*, 1989)

เขตการแพร่กระจาย

หนอนเจาะสมอฝ้ายเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญและแพร่กระจายในหลายทวีป ได้แก่ ทวีปเอเชีย ออสเตรเลีย แอฟริกาและยุโรปแถบเมดิเตอร์เรเนียน (Gowda, 2005; Sharma, 2005) ส่วนในประเทศไทยพบว่าการแพร่กระจายอยู่ทั่วไปตามแหล่งที่มีพืชอาหาร

วิธีการป้องกันกำจัด

หนอนเจาะสมอฝ้ายจัดเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญเนื่องจาก เป็นแมลงที่มีการเคลื่อนย้ายสูง มีพืชอาหารหลากหลายในธรรมชาติ อัตราการขยายพันธุ์สูง ลักษณะดังกล่าวทำให้แมลงชนิดนี้สามารถปรับตัวเปลี่ยนพืชอาหารได้อย่างรวดเร็ว (Gowda, 2005) การจัดการหนอนเจาะสมอฝ้ายจึงต้องใช้วิธีการที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของประชากรและความเสียหายทางเศรษฐกิจ

การใช้สารฆ่าแมลง ยังคงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้าย โดยเฉพาะในพืชปลูกที่ให้ผลผลิตราคาสูง เช่น ฝ้าย และผัก สารเคมีที่เกษตรกรในไร่ฝ้ายใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้ายมีหลายชนิด แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปทั้งประสิทธิภาพ ราคา ความยากง่ายในการหาซื้อและพิษของสารเคมี แต่เมื่อเกษตรกรมีการใช้สารเคมีในปริมาณมาก ทำ

ให้แมลงสร้างความต้านทานต่อสารเคมีขึ้น ในปัจจุบันจึงได้มีการนำสารฆ่าแมลงชนิดใหม่ๆ มาใช้ รวมทั้งสารชีวอินทรีย์ และสารสกัดจากพืช

สารชีวอินทรีย์ที่ใช้ในการควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้ายมีหลายชนิด ได้แก่ เชื้อไวรัส Nucleopolyhedro virus (HaNPV) เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) เชื้อราขาว *Normuraea rileyi* (Balsamo) และเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* โดย วัชร (2544) รายงานว่า ใช้ไวรัส HaNPV อัตรา 30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร พ่น 1-2 ครั้ง ในเวลาเย็นห่างกัน 3 วัน ตัวหนอนจะเป็นโรคและตายภายใน 3-7 วัน นอกจากนี้ยังสามารถใช้เชื้อไวรัสผสมสารฆ่าแมลงจะทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยการผสมสาร endosulfan อัตรา 60 มิลลิลิตร หรือ cyfluthrin อัตรา 10 มิลลิลิตร ผสมกับไวรัสเข้มข้น 1×10^9 ผลึก/มิลลิลิตร อัตรา 25 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร จะได้ผลกำไรต่อไร่สูงสุดและมีความเสี่ยงในการลงทุนต่ำสุด (มานพ และคณะ, 2532, 2533) ส่วนเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* สามารถใช้ฉีดพ่นในช่วงต้นฤดูปลูก ฝ้ายอายุ 31-60 วัน และช่วงอายุ 61-120 วัน ได้ หรืออาจใช้เชื้อแบคทีเรียผสมสารฆ่าแมลง พบว่าสามารถป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ดี (ลักขณา และคณะ, 2538, 2539, 2540)

ส่วนพริกขี้หนู และคณะ (2539, 2540) พบว่า สารสกัดจากสะเดาที่มี azadirachtin เข้มข้น 100 ppm สามารถใช้แทนสารฆ่าแมลงได้ในช่วงฝ้ายอายุ 31-60 วัน หรือ 90-120 วัน ซึ่งให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับการใช้สารฆ่าแมลง อย่างไรก็ตามฝ้ายอาจมีการสูญเสียผลผลิตมากขึ้นหากมีการระบาดของหนอนเจาะสมอฝ้ายรุนแรง ดังนั้นสารสกัดสะเดาอาจนำมาใช้ทดแทนสารฆ่าแมลงในช่วงการปลูกนี้ได้ ในกรณีที่มีการระบาดของหนอนไม่รุนแรง จะทำให้ลดการใช้สารฆ่าแมลงจาก 12 ครั้ง เหลือเพียง 4-8 ครั้ง และโซคชัย (2537) รายงานว่า ผงเมล็ดสะเดาหยาบผสมน้ำอัตรา 1:1 ฉีดพ่นบนเกสรตัวเมียในช่วงข้าวโพดออกฝักใหม่ๆ สามารถป้องกันหนอนเจาะบริเวณปลายฝักข้าวโพด นอกจากนี้ถ้าใช้สารสกัดสะเดาฉีดพ่นบนสมอฝ้ายทุกๆ 7 วัน จนถึงใกล้ระยะเก็บเกี่ยวก็สามารถป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ดีเช่นกัน

เพลี้ยอ่อนถั่ว

เพลี้ยอ่อนถั่ว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aphis craccivora* Koch อยู่ในวงศ์ Aphididae วงศ์ย่อย Aphidinae อันดับ Homoptera มีชื่อสามัญอื่นๆ ซึ่งเรียกตามพืชอาหารคือ Cowpea aphid, Groundnut aphid, Black legume aphid, Bean aphid

ลักษณะทั่วไปและวงจรชีวิต

Williams and Dixon (2007) แบ่งวงจรชีวิตของเพลี้ยอ่อนออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะของพืชอาหาร คือ เพลี้ยอ่อนที่มีพืชอาหารหลายชนิด (heteroecious) และ เพลี้ยอ่อนที่มีพืชอาหารชนิดเดียว (monoecious or autoecious)

เพลี้ยอ่อนที่มีพืชอาหารหลายชนิด จะอาศัยอยู่บนพืชชนิดหนึ่ง (primary host) และเคลื่อนที่ไปสู่พืชอีกชนิดหนึ่งในฤดูร้อน (secondary host) แต่จะย้ายกลับมาอยู่บนพืชอาหารชนิดแรกในช่วงอากาศอบอุ่น และออกลูกอยู่บนพืชอาหารชนิดนี้ ส่วนเพลี้ยอ่อนที่มีพืชอาหารชนิดเดียว จะอาศัยอยู่บนพืชอาหารเพียงชนิดเดียวตลอดชีวิต หรืออาจย้ายระหว่างพืชชนิดใกล้เคียงได้ และสามารถออกลูกบนพืชตระกูลเดียวกันได้ เพลี้ยอ่อนชนิดที่มีพืชอาหารหลายชนิดจะมีความสำคัญมากกว่าชนิดที่มีพืชอาหารชนิดเดียว แต่ก็มีการรายงานว่าพบเพลี้ยอ่อนที่มีลักษณะวงจรชีวิตเช่นนี้เพียง 10% เท่านั้น และสามารถพบในวงศ์ Aphididae ได้ถึง 4 วงศ์ย่อยจากทั้งหมด 8 วงศ์ย่อย คือ วงศ์ย่อย Aphidinae, Anoeciinae, Hormaphidinae และ Eriosomatinae (Shaposhnikov, 1981)

เพลี้ยอ่อนถั่วมีลักษณะเป็นรูปไข่ หรือลักษณะท้ายป้านหัวแหลม มีขนาดเล็ก สีน้ำตาลดำ ตัวอ่อนนุ่ม มักจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มบนพืช ตามลำต้น ยอด ใบอ่อน ช่อดอกและฝักอ่อนที่บริเวณส่วนท้องจะมีท่อเล็กๆ ยื่นยาวออกมา 2 ท่อ เรียกว่า cornicles (ศูนย์ารักษาพืช มูลนิธิโครงการหลวง, 2548) ส่วนปลายสุดของท้องจะมีส่วนของ caudal ลักษณะคล้ายหางยื่นออกมา (กฤษณกร, 2530) เพลี้ยอ่อนมีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (parthenogenesis) ไข่จะเจริญในท้องแม่และออกลูกเป็นตัว ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะมีรูปร่างลักษณะคล้ายกัน แต่ตัวอ่อนจะมีขนาดลำตัวเล็กกว่า มีสีน้ำตาลอ่อนและค่อยๆ เข้มขึ้นเป็นสีน้ำตาลแก่เกือบดำ ส่วนด้านบนของลำตัวจะมีผงฝุ่นสีขาวปกคลุมทั่วไป เมื่อเพลี้ยอ่อนเจริญเป็นตัวเต็มวัยแล้วจะมีสีดำเป็นมันเงา มีหนวดค่อนข้างยาวเป็นปล้องเล็กๆ 6 ปล้อง พบทั้งชนิดที่มีปีกและไม่มีปีก ชนิดที่มีปีก ปีกจะมีลักษณะบางใส 2 คู่ ปีกคู่หน้ายาว

กว่าลำตัวอย่างเห็นได้ชัด เมื่อโตเต็มที่มีลำตัวยาวประมาณ 1.0-1.3 มิลลิเมตร (กฤษณรัช, 2530) มีการลอกคราบ 4 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1-2 วัน (ศูนย์อารักขาพืช มูลนิธิโครงการหลวง, 2548) ระยะตัวอ่อนใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน ตัวเต็มวัยมีอายุอยู่ได้นานประมาณ 14-18 วัน เพี้ยอ่อน 1 ตัวสามารถออกลูกได้ประมาณ 25-55 ตัว (กฤษณรัช, 2530) และเพี้ยอ่อนตัวจะอยู่ร่วมกับมดแบบพึ่งพาอาศัยกัน (Kranz *et al.*, 1977)

ลักษณะการทำลาย

เพี้ยอ่อนตัวจัดเป็นเพี้ยอ่อนชนิดที่มีความสำคัญทางการเกษตรมากที่สุดชนิดหนึ่ง โดยทั่วไปจะพบเพี้ยอ่อนชนิดนี้เข้าทำลายถั่วฝักยาว แต่ก็มียางานว่าสามารถเข้าทำลายพืชอื่นๆ ได้อีกประมาณ 50 ชนิด 19 วงศ์ และเป็นพาหะนำโรควีรสมาสู่พืชอีกประมาณ 30 ชนิด เช่น ฝ้าย มะละกอ เป็นต้น (Kranz *et al.*, 1977; Blackman and Eastop, 2000, 2007) Van Lenteren (1990) รายงานว่าเพี้ยอ่อนสามารถสร้างความเสียหายให้กับพืชปลูกได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ความเสียหายที่เกิดขึ้นโดยตรงคือ เพี้ยอ่อนทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะดูดกินน้ำเลี้ยงผ่านทาง phloem บริเวณใต้ใบอ่อน ยอดอ่อน ลำต้น ช่อดอกและฝักอ่อน ทำให้บริเวณที่ถูกทำลายหงิกงอ ถ้าเข้าทำลายบริเวณยอดมากๆ จะทำให้ยอดชะงักการเจริญเติบโต เหี่ยวเฉาและเหลืองตายในที่สุด นอกจากนี้ยังทำให้ยอดและฝักอ่อนของถั่วบิตเบียวหงิกงอ ถ้าทำลายดอกจะทำให้ดอกเกร็นไม่ติด ฝัก ส่วนความเสียหายทางอ้อมคือ เพี้ยอ่อนตัวจะผลิต honeydew ปกคลุมใบพืช อาจส่งผลให้ใบพืชแก่เร็วขึ้น นอกจากนี้ honeydew ยังทำให้เกิดราดำ (sooty molds) ซึ่งทำให้พืชสูญเสียพื้นที่ใบในการสังเคราะห์แสงไป

เขตการแพร่กระจาย

เพี้ยอ่อนตัวเป็นแมลงศัตรูพืชที่ชอบอากาศอบอุ่น ถิ่นดั้งเดิมจึงอยู่ในทวีปยุโรปทางตอนใต้ของทวีป หรือแถบตะวันออกกลาง ซึ่งเป็นเขตที่มีอากาศอบอุ่น แต่ปัจจุบันสามารถพบได้ทั่วโลก มีการแพร่กระจายได้ดีในเขตร้อน และพบมากในฤดูแล้งที่ยาวนาน (Blackman and Eastop, 2000, 2007)

พืชอาหาร

เพลี้ยอ่อนตัวพบมากในพืชตระกูลถั่ว Leguminosae วงศ์ Fabaceae สามารถพบได้บ้างในพืชอาหารอื่นๆ เช่น ฝ้าย มันฝรั่งหวาน พืชตระกูลแตง และไม้ดอก (Kranz *et al.*, 1977; Blackman and Eastop, 2007) นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถทำลายผักโขม มันสำปะหลัง และปอเทืองด้วย (Banziger, 1977)

วิธีการป้องกันกำจัด

การป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อนตัวมีทั้งการใช้สารเคมีและสารสกัดจากพืชคือ ใช้ carbofuran 3% G (Furadan® 3% G) อัตรา 4 กิโลกรัมต่อไร่ หรือโรยในแถวปลูกหลังจากต้นถั่วงอกได้ 20-25 วัน จะสามารถป้องกันเพลี้ยอ่อนในระยะต้นอ่อนได้ ถ้าพบเพลี้ยอ่อนในระยะพืชกำลังออกดอกหรือติดฝักอ่อนมากกว่า 10 ตัวต่อใบ ให้พ่นด้วย triazophos 0.05% 1-2 ครั้ง โดยพ่นเป็นจุดๆ เฉพาะบริเวณที่พบเพลี้ยอ่อนลงทำลาย (คลินิกพืช กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549ข) นอกจากสารฆ่าแมลงแล้วสารสกัดจากสะเดายังมีผลในการยับยั้งการขยายพันธุ์ของเพลี้ยอ่อนได้โดยไม่มีผลกระทบต่อเจริญเติบโตของต้นพืชเลย (Griffiths *et al.*, 1978) และสามารถใส่สารสกัดสะเดาฉีดพ่นทุกๆ 5-7 วันเพื่อควบคุมปริมาณการระบาดของเพลี้ยอ่อนในถั่วฝักยาวได้ (โชคชัย, 2537)

นอกจากสะเดาแล้วจากผลการทดลองของกลุ่มงานวิจัยการปราบปรามศัตรูพืชทางธรรมชาติของกรมวิชาการเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522 จนถึงปัจจุบัน ยังพบพืชที่มีพิษต่อเพลี้ยอ่อน 18 ชนิด ได้แก่ ว่านน้ำ (*Acorus calamus*), ข่าลิง (*Alpinia conchigera*), รัก (*Calotropis gigantea*), ลำโพง (*Datura metel*), แสมสาร (*Cassia garrettiana*), สลอด (*Croton tiglium*), เถาวัลย์เปรียง (*Derris scandens*), กลอย (*Dioscorea hispida*), ผกากรอง (*Lantana camara*), ทานตะวัน (*Helianthus annuus*), ชาด (*Erythrophloeum succirbrum*), พญาไร้ใบ (*Euphorbia tirucalli*), ดอกดัง (*Gloriosa superba*), สับปะรด (*Jatropha gossypifolia*), เลี่ยน (*Melia azedarach*), มันแกว (*Pachyrhizus angulatus*), สารพัดพิษ (*Sophora tomentosa*) และแสลงใจ (*Strychnos nux-vomica*)

สารสำคัญในพืช

สารเคมีในพืชมีหลายชนิดแตกต่างกันไปตามส่วนต่างๆ ของพืช ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิด อายุ และสภาพแวดล้อมของพืชนั้นๆ นอกจากนี้สารเคมีในพืชยังสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามกลไกจากการถูกทำลายจากสภาพแวดล้อม หรือจากการเข้าทำลายของสัตว์ ซึ่งพฤติกรรมของการเข้าทำลายของสัตว์ก็จะมีผลต่อการแสดงออกของสารด้วย (Green and Ryan, 1972; Ryan and Green, 1974; Bryant, 1981; Schultz and Baldwin, 1983; Baldwin and Schultz, 1985) Rhoades (1979, 1985); Haukioja (1980) สันนิษฐานว่า การกระทำเหล่านี้จะเปลี่ยนสารเคมีในพืชให้เพิ่มขึ้น เพื่อให้พืชเกิดความต้านทานต่อการเข้าทำลายของสัตว์กินพืช และสามารถพัฒนาปฏิกิริยาในการป้องกันตัวเองจากอันตรายต่างๆ ได้ การทราบสารเคมีที่สำคัญจะช่วยให้สามารถนำสมุนไพรมานำมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำคัญต่างๆ เช่น ยา ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดแมลงได้ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2546)

สารเคมีที่พบในพืชมีจำนวนมาก วันดี (2544) แบ่งกลุ่มสารเคมีในพืชตามสารตั้งต้น (biosynthetic origin) ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ สารปฐมภูมิ (primary metabolites) และสารทุติยภูมิ (secondary metabolite)

1. สารปฐมภูมิ เป็นสารเคมีพื้นฐานที่พบในพืชชั้นสูงโดยทั่วไป พบได้ในพืชเกือบทุกชนิด เป็นกลุ่มสารที่เกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมที่จำเป็น และมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าขาดสารประเภทนี้อาจทำให้พืชตายได้ สารปฐมภูมิที่สำคัญ ได้แก่

1.1 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates) เป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ถูกสร้างขึ้นจากการสังเคราะห์แสงของพืชสีเขียวและเก็บเป็นอาหารสะสมของพืช สามารถใช้เป็นอาหารของคนและสัตว์ในรูปของแป้งและน้ำตาล และนำมาใช้ประโยชน์ในทางเภสัชกรรมเช่น แป้งใช้ในการตอกยาเม็ด ใช้แต่งรสหวานในยาน้ำ และใช้เป็นยาระบาย เป็นต้น

1.2 โปรตีน (Protein) เป็นสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนอยู่ในโมเลกุล เกิดจากกรดอะมิโนมาจับกันเป็นโมเลกุลใหญ่ พืชมักเก็บโปรตีนไว้ในรูปของเม็ดอะลูโรน (Aleurone grain) โปรตีนที่มีในธรรมชาติบางชนิดละลายน้ำได้ดี บางชนิดไม่ละลายน้ำ นอกจากสามารถใช้เป็นอาหารแล้ว ยังสามารถนำมาใช้ในด้านการรักษา และทางเภสัชกรรมด้วย นอกจากนี้โปรตีนบางชนิดยังเป็นสารที่มีพิษ เช่น ไรซิน (ricin) จากเมล็ดคางคก อะบริน (abrin) จากเมล็ดมะกาดำหนุ เป็นต้น (วันดี, 2544)

1.3 ไขมัน (Lipid) เป็นเอสเทอร์ที่เกิดจากกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาวจับกับแอลกอฮอล์ นอกจากใช้เป็นอาหารแล้ว ไขมันและไขยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านเภสัชกรรมหลายอย่าง เช่น ใช้น้ำมันละหุ่งเป็นยาถ่ายอย่างแรง ใช้ไขในการเตรียมยาขี้ผึ้งหรือครีม เป็นต้น

2. สารทุติยภูมิ เป็นสารประกอบที่พบแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด เชื่อว่าสารเหล่านี้เกิดจากกระบวนการชีวสังเคราะห์ในพืช สามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ดังนี้

2.1 แอลคาลอยด์ (Alkaloids) เป็นสารที่พบมากในพืชชั้นสูง ส่วนมากพบได้ในส่วนของเมล็ดและรากของพืช มีคุณสมบัติเป็นด่าง มักมีรสขม ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ มีโครงสร้างที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน พืชของสารชนิดนี้จะมีผลต่อระบบประสาทของมนุษย์และสัตว์ (สุรพล, 2546)

2.2 สารกลุ่มฟีนอลิก (Phenolic compound) สารที่สำคัญในกลุ่มนี้ ได้แก่

ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) เป็นสารประกอบที่พบมากในธรรมชาติโดยมักพบเป็นเม็ดสี (pigments) ในส่วนต่างๆ ของพืชโดยเฉพาะในดอกไม้ ทำให้ดอกไม้มีสีสันสวยงาม นอกจากนี้ยังสามารถพบได้ในเมล็ด (grains) เปลือก ราก และลำต้น อีกด้วย ฟลาโวนอยด์ส่วนใหญ่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เช่น rutin ซึ่งพบได้ในพืชหลายชนิด สามารถใช้รักษาโรคเส้นเลือดฝอยเพราะ quercetin มีฤทธิ์ด้านการอักเสบและด้านไวรัส นอกจากนี้ฟลาโวนอยด์บางชนิดยังมีฤทธิ์เป็น antioxidant อีกด้วย

แทนนิน (Tannins) เป็นสารพวก polyphenol มีโมเลกุลใหญ่และโครงสร้างสลับซับซ้อน พบได้ทั่วไปในพืชเกือบทุกชนิด มีรสฝาด จึงใช้เป็นยาฝาดสมาน มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย นอกจากนี้แทนนินยังถูกนำไปใช้ในการอุตสาหกรรมฟอกหนัง เนื่องจากสามารถตกตะกอนโปรตีนหนังสัตว์ได้

ควิโนน (Quinones) แอนทราควิโนน (Anthraquinones) เป็นควิโนนชนิดที่พบมากที่สุด และมีความสำคัญที่สุด นำมาใช้เป็นยาระบายและยาถ่าย ใช้เป็นยารักษาเชื้อราที่ผิวหนัง นอกจากนี้ยังใช้เป็นสีย้อม และมีรายงานว่า มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อไวรัสได้ (วันดี, 2544)

2.3 เทอร์พีนอยด์ และสเตอรอยด์ (Terpenoids and Steroids)

น้ำมันหอมระเหย (Volatile oils) พบได้ตามส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ดอก ใบ ผล และกลีบเลี้ยง เป็นต้น มีลักษณะเป็นน้ำมันที่มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิธรรมดา น้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่มีฤทธิ์ทางยา โดยมีคุณสมบัติในการขับลม มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค แก้อาการท้องอืด ท้องเฟ้อ มีฤทธิ์ลดอาการอักเสบ ฟกช้ำ นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เช่น น้ำหอม และใช้แต่งกลิ่นในเครื่องสำอางและตำหรับยา

เรซิน (Resins) เป็นสารประกอบที่เกิดจากสารเคมีหลายชนิดรวมกัน มีรูปร่างไม่แน่นอน ส่วนใหญ่จะเปราะ แตกง่าย บางชนิดอาจนิ่ม เมื่อทำให้ร้อนจะเหนียวหนืดและค่อยๆ หลอมละลาย เรซินมีประโยชน์ทางเภสัชกรรม คือ เป็นสารที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์แข็งตัว เช่น ในยาเตรียมขี้ผึ้งและพลาสติก และยังใช้เป็นยาขับปัสสาวะสำหรับสัตว์อีกด้วย

ซาโปนินส์ (Saponins) เป็นสารจำพวกสเตอรอยด์ หรือ ไตรเทอร์พีนอยด์ ซาโปนินส์ มีคุณสมบัติบางอย่างคล้ายสบู่ เช่น สามารถเกิดฟองเมื่อเขย่ากับน้ำ เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ดี และมีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดเย็น จึงสามารถใช้เป็นสารเบื่อปลา นอกจากนี้ซาโปนินส์ยังมีประโยชน์ที่สำคัญที่สุด คือ ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ยาจำพวก steroid hormones

2.4 ไกลโคไซด์

ไซยาโนเจนิก กลัยโคไซด์ (Cyanogenetic glycosides) เป็นสารที่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ เนื่องจากพิษของ HCN ที่เกิดขึ้น โดยไซยาไนด์ (CN) ที่ถูกดูดซึมเข้าร่างกายจะทำลาย cytochrome oxidase enzyme และ enzyme ในเนื้อเยื่อต่างๆ เป็นผลให้เนื้อเยื่อใช้ออกซิเจนจากเลือดไม่ได้ และทำให้การหายใจหยุดชะงักเนื่องจากขาดออกซิเจนในเลือด

สารทุติยภูมิเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อพฤติกรรมของแมลง โดยทำให้เกิดการดึงดูด การไล่ส่งเสริมหรือยับยั้งการกินอาหารของแมลง มีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา เช่น ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ยับยั้งการผสมพันธุ์ให้ช้าลงหรือเร่งให้เกิดเร็วขึ้น หรือชักนำให้หนอนเข้าดักแด้ และมีความเป็นพิษต่อแมลง ปฏิสัมพันธ์เหล่านี้ได้เกิดขึ้นและมีวิวัฒนาการร่วมกันมายาวนาน จากนั้นจึงได้ถูกพัฒนามาใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมแมลง โดยอาศัยพฤติกรรมของแมลงและการดัดแปลงสารเคมีในพืช เช่น การใช้ sex pheromone (Ridgway *et al.*, 1990) หรือการใช้สารสกัดจากสะเดา (Isman *et al.*, 1991) อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการตอบสนองเหล่านี้ก็มีความจำเพาะต่อสารเคมีในพืชอาหารบางชนิดเท่านั้น เช่น หนอนผีเสื้อ *Nemoria arizonaria* ซึ่งอาศัยอยู่บนต้นโอ๊ก ผีเสื้อชนิดนี้จะออกลูก 2 รุ่นต่อปี ลูกรุ่นที่ 1 จะฟักในช่วงอากาศอบอุ่นและกินช่อดอกโอ๊กเป็นอาหาร ตัวหนอนจะมีสีเหลืองจัด และมีขนขึ้นตามลำตัวอย่างหนาแน่น ซึ่งลักษณะเหล่านี้จะคล้ายคลึงกับช่อดอกโอ๊ก ทำให้ยากต่อการแยกออกจากช่อดอกที่มันอาศัยอยู่ ในช่วงฤดูร้อนหนอนรุ่นที่ 2 จะกินใบโอ๊กเป็นอาหาร ตัวหนอนจะมีสีเขียวเทา และอยู่นิ่งๆ เป็นเวลานาน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก ในช่วงอากาศอบอุ่นช่อดอกโอ๊กจะมีส่วนประกอบของแทนนินเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตัวหนอนรุ่นแรก จึงต้องพัฒนารูปร่างลักษณะให้สามารถป้องกันตัวเองได้ แต่ในฤดูร้อนปริมาณของสารแทนนินจะเพิ่มมากขึ้นในส่วนของใบ (Schoonhoven, 1993) จากพฤติกรรมนี้แสดงให้เห็นว่า

แทนนินในพืชอาจส่งผลต่อกลไกของต่อมไร้ท่อ (neuro-endocrine) และมีผลต่อการควบคุมการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานของแมลง (Greene, 1989)

สารสกัดจากพืช

สารสกัดจากพืช หมายถึง สารเคมีที่ได้จากพืชซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ เช่น ผงหรือน้ำของสารสกัด สารสกัดจากพืชถูกจัดอยู่ในกลุ่มสารฆ่าแมลงธรรมชาติ (natural insecticides) และมีคุณสมบัติเป็นสารประกอบอินทรีย์ (อรัญ, 2547) มนุษย์มีการใช้สารสกัดจากพืชในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูมาตั้งแต่โบราณ ก่อนที่จะมีการค้นพบคุณสมบัติในการเป็นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูของ DDT โดยในปี พ.ศ. 2233 มีการนำใบยาสูบมาต้มกับน้ำจนเดือดและนำสิ่งที่สกัดได้ไปใช้ในการกำจัดมวนปีกแก้วซึ่งเป็นแมลงศัตรูของแพร์ในทวีปยุโรป (ขวัญชัย, 2524) ประมาณก่อนปี พ.ศ. 2343 ชาวเปอร์เซียใช้สารสกัดจากดอกเบญจมาศ (เบญจมาศญี่ปุ่น) ในการป้องกันกำจัดแมลงพวกหมัดต่างๆ ในปี พ.ศ. 2436 ชาวยุโรปได้มีการสกัดสารโรติโนนจากต้นหางไหล หรือโล่ดินที่สามารถฆ่าแมลงและปลาในแหล่งน้ำได้ดี คุณสมบัติในการฆ่าแมลงและปลาของโล่ดินจะทราบกันดีในหมู่ชาวจีนโบราณและเอเชียอื่นๆ มานานแล้ว แต่ไม่มีหลักฐานบันทึกไว้เท่า่นั้น (คำรห์, 2543) หลังจากนั้นก็มีการสังเคราะห์สารฆ่าแมลงในกลุ่ม pyrethroids ขึ้นมาซึ่งเป็นสารเลียนแบบสาร pyrethrum จากพืช

วิธีการสกัดสารจากพืช

การสกัด (extraction) หมายถึง การดึงหรือชะส่วนที่ละลายออกจากส่วนที่ไม่ละลาย ซึ่งสารนั้นอาจเป็นของแข็งหรือของเหลวก็ได้ ด้วยการใช่วัตถุสกัดที่เป็นของเหลว (liquid solvent) ที่เหมาะสม (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2546)

การสกัดแยกสารที่อยู่ในรูปของแข็ง (leaching technique) เป็นเทคนิคการแยกสารที่ต้องการ (solute) ออกจากสารผสม (mixture) โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ (liquid solvent) ดึงหรือชะ (elute) สารที่ติดอยู่กับสารอื่นๆ วิธีการสกัดแยกสารในรูปของแข็งสามารถจำแนกได้ 2 แบบ โดยอาศัยหลักการสัมผัสกันระหว่างสารผสมและตัวทำละลายอินทรีย์ (อัญชลี, ม.ป.ป.) คือ

1. Fixed-bed contacting วิธีการนี้สารผสมจะอยู่กับที่ (stationary phase) ในขณะที่ตัวทำละลายจะแพร่กระจายผ่านผิวสัมผัส ซึ่งการเคลื่อนที่หรือการสัมผัสของตัวทำละลายกับสารที่ต้องการมี 3 รูปแบบ คือ

1.1 แบบ spray percolation เป็นการฉีดพ่นตัวทำละลายให้ซึมผ่านส่วนของวัสดุและปล่อยให้ซึมผ่านอย่างต่อเนื่องในระยะเวลาที่กำหนด

1.2 แบบ full immersion เป็นการจุ่มหรือแช่ส่วนของสารผสมในตัวทำละลายอย่างต่อเนื่องตามเวลาที่กำหนด

1.3 แบบ intermittent drainage เป็นการจุ่มหรือแช่ส่วนของสารผสมในตัวทำละลายเป็นครั้งคราวหรือต่อเนื่อง และมีการฉีดพ่นสารเข้าไปในระบบเป็นระยะ เช่น การสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้เครื่อง soxhlet apparatus

2. Moving-bed contacting วิธีการนี้สารผสมจะถูกกวนหรือทำให้เคลื่อนที่เพื่อให้พื้นที่ผิวสัมผัสกับตัวทำละลายมากที่สุด เครื่องมือสกัดที่ง่ายที่สุด คือ ถังสกัด (leaching tank and settling tank) ที่มีลักษณะเป็นถังเปิด

วิธีสกัดแยกสารออกจากพืชสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. การหมัก (maceration) เป็นการหมักพืชกับตัวทำละลายที่เหมาะสมในภาชนะปิด หมักไว้ในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งส่วนใหญ่จะนาน 7 วัน ระหว่างการหมักควรเขย่าหรือคนบ่อยๆ เมื่อครบกำหนดจึงกรองแยกกากออกจากสารละลาย

2. การต้ม (decoction) เป็นการต้มพืชกับน้ำหรือสารละลายชนิดอื่น คนบ่อยๆ เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดจึงกรองแยกกากออก

3. การชง (percolation) เป็นวิธีการสกัดสารแบบต่อเนื่องด้วยเครื่อง percolator โดยการปล่อยให้ น้ำยาสกัดไหลผ่านพืชอย่างช้าๆ พร้อมกับละลายเอาองค์ประกอบออกมาจากพืช

4. การสกัดด้วยเครื่อง soxhlet apparatus เป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ตัวทำละลายซึ่งมีจุดเดือดต่ำ การสกัดทำได้โดยใช้ความร้อนทำให้ตัวทำละลายใน flask ระเหยขึ้นไป แล้วกลั่น

ตัวลงใน thimble ซึ่งบรรจุพืชไว้ เมื่อตัวทำละลายใน extracting chamber สูงถึงระดับ สารสกัดจะไหลกลับลงมาใน flask ด้วยวิธีการกลั่น น้ำวนเวียนจนกระทั่งการสกัดสมบูรณ์

5. การสกัดน้ำมันหอมระเหย (extraction of volatile oil) ทำได้หลายวิธี เลือกใช้ตามความเหมาะสมของพืช ดังนี้

5.1 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (solvent extraction) ตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุด คือ ปิโตรเลียมอีเทอร์

5.2 การบีบหรือการอัด (expression) ใช้กับน้ำมันหอมระเหยที่สลายตัวเมื่อถูกความร้อน วิธีที่นิยมคือ ecuelle method ซึ่งใช้กับน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลส้ม โดยนำผลไปบีบบนรางที่มีเข็มแหลม ทำให้ต่อมน้ำมันแตกออก

5.3 การกลั่น (distillation) มี 3 แบบ คือ การกลั่นโดยใช้น้ำ (water distillation) เหมาะที่จะใช้กับพืชแห้ง ทำโดยต้มพืชกับน้ำ เมื่อน้ำและน้ำมันหอมระเหยลอยขึ้นไปถึง condenser จะกลั่นตัวแล้วจึงนำไปแยกชั้นกับน้ำ การกลั่นโดยใช้น้ำและไอน้ำ (water and steam distillation) ใช้ได้กับพืชสดและแห้ง ทำโดยบดพืชให้เป็นผง เติมน้ำให้ท่วมผ่านไอน้ำเข้าไป ส่วนที่กลั่นได้จะมีทั้งน้ำมันและน้ำ ทำการแยกน้ำมันออก และการกลั่นโดยใช้ไอน้ำ (steam distillation) เหมาะที่จะใช้กับพืชสด ทำโดยผ่านไอน้ำไปบนพืชซึ่งบรรจุใน flask พร้อมกับน้ำ ไอน้ำจะพาเอาน้ำมันหอมระเหยออกมา

ตัวทำละลายเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้การสกัดได้ผลดี ดังนั้นจึงควรเลือกตัวทำละลายให้เหมาะสม โดยทั่วไปตัวทำละลายที่มีขั้วจะเหมาะกับสารที่มีขั้ว และตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วเหมาะกับสารที่ไม่มีขั้ว การผสมระหว่างตัวทำละลายที่มีขั้วกับและไม่มีขั้วอาจทำให้การละลายดีขึ้นได้นั่นวัน (2544); สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข (2546) รายงานว่า ตัวทำละลายที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นตัวทำละลายที่สามารถละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี โดยอาศัยหลักเกณฑ์ที่ว่า สารละลายและตัวทำละลายมีคุณสมบัติความมีขั้วคล้ายคลึงกัน (like dissolve like) และสามารถละลายสารที่ต้องการออกมามากที่สุด ในขณะที่ละลายสารที่ไม่ต้องการออกมาน้อยที่สุด (selectivity)

2. ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป

3. ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด

4. ไม่เป็นพิษ
5. ราคาไม่แพง

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัด

อัญชลี (ม.ป.ป.) กล่าวถึง ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัดแยกสารในรูปของแข็งว่าขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิด ดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพของสารที่ต้องการสกัด เช่น ขนาดและรูปร่างของวัตถุดิบ ความหนาแน่นของมวล ความพรุน เป็นต้น ดังนั้นจึงควรทำอนุภาคของวัตถุดิบให้เล็กลงก่อนการสกัด แต่การทำเช่นนี้ก็มีข้อจำกัด เช่น ทำให้ต้นทุนสูงขึ้น การแยกสารผสมออกจากผลิตภัณฑ์ยากขึ้น
2. คุณสมบัติของสารละลายอินทรีย์ เช่น จุดเดือด ความหนืด ความถ่วงจำเพาะ ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดตลอดจนความเฉพาะเจาะจงต่อกระบวนการสกัด
3. อุณหภูมิในการสกัด การใช้อุณหภูมิสูงมีผลทำให้สารที่ต้องการละลายออกมาในตัวทำละลายได้ดีขึ้น ทำให้ได้สารสกัดมากขึ้น
4. วิธีการสกัดสาร ควรเลือกใช้วิธีที่ง่ายในการปฏิบัติ
5. การเลือกอุปกรณ์เครื่องมือ ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ ตลอดจนปริมาณและขนาดของอนุภาคที่ต้องการสกัด

การทำสารสกัดให้เข้มข้น

เมื่อสกัดสารจากพืชด้วยตัวทำละลายแล้ว สารสกัดที่ได้จะมีปริมาณมากและเจือจาง ทำให้นำไปแยกองค์ประกอบได้ไม่สะดวกและไม่มีประสิทธิภาพ จึงต้องทำให้เข้มข้นก่อนด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้

1. การระเหย (free evaporation) เป็นการนำตัวทำละลายออกโดยใช้ความร้อนจาก water bath หรือ hot plate
2. การกลั่นในภาวะสุญญากาศ (distillation in vacuum) เป็นการระเหยตัวทำละลายออกโดยการกลั่นที่อุณหภูมิต่ำ และลดความดันลงให้เกือบเป็นสุญญากาศโดยใช้ rotary evaporator
3. การทำให้แห้ง (drying) เป็นการระเหยเอาตัวทำละลายออกจนแห้ง ได้สารสกัดออกมาในสภาพของแข็งหรือกึ่งแข็ง
4. อัลตราฟิลเทรชัน (ultrafiltration) เป็นการทำสารสกัดด้วยน้ำให้เข้มข้นโดยใช้แผ่น membrane ใช้กับสารที่น้ำหนักโมเลกุลสูงกว่า 5,000

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชที่มีต่อแมลงศัตรู

สารสกัดจากพืช มีฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูได้หลายลักษณะ ผุสดี และ พันธิตรี (2546) ได้แบ่งประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชที่มีต่อแมลงศัตรูออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1. เป็นสารฆ่าแมลงโดยตรง (insecticidal effect) คือ ทำให้แมลงตายเมื่อได้รับสารนั้น ได้แก่ สารโรติโนน ไพรีทริน นิโคติน และสารลิโมนีน สารที่มีฤทธิ์ฆ่าแมลงโดยตรงแบ่งเป็น 3 ประเภทตามหนทางการเข้าทำลาย คือ เป็นพิษโดยการกิน (stomach poisons) โดยแมลงจะต้องกินสารพิษนั้นเข้าไป จึงนิยมใช้กับแมลงที่มีปากแบบกัดกิน เป็นพิษโดยการสัมผัส (contact poisons) โดยแมลงจะต้องสัมผัสกับสารพิษ และสารพิษจะซึมผ่านเข้าไปตามผนังลำตัว (cuticle) ของแมลง และเป็นพิษโดยการรม (fumigant poisons) ซึ่งแมลงจะต้องรับสารพิษในรูปของแก๊สเข้าไปทางรูหายใจ (spiracles) พิษจะเข้าไปทำลายระบบหายใจของแมลง
2. เป็นสารทำลายแมลงโดยอ้อม สารพิษจะมีผลต่อระบบสรีระและพฤติกรรมของแมลง เช่น ยับยั้งการกินอาหาร (antifeedant) ยับยั้งการเจริญเติบโตของตัวหนอน (growth inhibitor) โดยไปมีผลต่อฮอร์โมนที่ใช้ควบคุมการลอกคราบหรือมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ ทำให้แมลงเป็นหมัน ไข่ฝ่อ วางไข่ได้น้อยลง หรือไข่ที่ฟักไม่สมบูรณ์ เช่น azadirachtin และสาร rotenone

3. เป็นสารไล่หรือดึงดูดแมลง (repellent หรือ attractant) เป็นสารที่ป้องกันไม่ให้ศัตรูพืชเข้าทำลาย หรือล่อให้แมลงมาอยู่รวมกันเพื่อทำลายพร้อมกันครั้งเดียว แต่โดยมากแล้วสารดึงดูดนิยมนำมาใช้ในการตรวจสอบปริมาณของแมลงศัตรูพืชเพื่อพยากรณ์การระบาดมากกว่านำมาใช้ในการป้องกันกำจัดโดยตรง

สารสกัดจากพืชที่นำมาใช้ควบคุมแมลง

สารฆ่าแมลงจากพืชมีหลายชนิด แต่ที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช มี 5 ชนิด ได้แก่ สารนิโคติน โรติโนน ไพรีทริน ลิโมนีน และสารอะซาดิเรกติน (อรัญ, 2547)

1. สารนิโคติน (nicotine) เป็นสารที่สกัดได้จากต้นยาสูบ (*Nicotiana tabacum*) จัดเป็นสารในกลุ่มอัลคาลอยด์ เป็นพิษทั้งทางกินตาย สัมผัสตาย และทางระบบหายใจ โดยจะไปมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง สารนิโคตินสามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด โดยเฉพาะเพลี้ยอ่อน และหนอนผีเสื้อ

2. สารโรติโนน (rotenone) เป็นสารที่พบในรากของพืชตระกูลถั่วประมาณ 68 ชนิด แต่ที่สำคัญคือ สกัดจากรากของต้นหางไหลแดง *Derris elliptica*. และพืชสกุล *Lonchocarpus* spp. ออกฤทธิ์โดยการกินตายและสัมผัสตาย จัดเป็นสารฆ่าแมลงแบบ selective โดยมีผลกับแมลงบางกลุ่มเท่านั้น เช่น เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ ตัวปึกแข็ง หนอนผีเสื้อ เหน็บและเหาในสัตว์เลี้ยง

3. สารไพรีทริน (pyrethrin) สกัดได้ดอกเบญจมาศขนาดเล็ก (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) และดอก *Tanacetum cinerariifolium* ที่สกัดด้วย hexane สารสกัดที่ได้ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ 6 ชนิด แต่ที่สำคัญ คือ pyrethrin I (Elliott, 1989; Naumann, 1990) สารไพรีทรินจัดเป็นสารประเภทสัมผัสตาย เป็นพิษกับแมลงทุกชนิด สารพิษที่แทรกซึมเข้าไปจะมีผลบริเวณปลายประสาท ทำให้แมลงเป็นอัมพาตและสลบอย่างรวดเร็ว (knock down action)

4. สารลิโมนีน (limonene) เป็นสารที่สกัดได้จากเปลือกส้ม ใบและต้นของสะระแหน่ ออกฤทธิ์แบบสัมผัสทำให้แมลงสลบและตายอย่างรวดเร็ว

5. สารอะซาดีเรคติน (azadirachtin) เป็นสารที่สกัดได้จากเมล็ดสะเดา (*Azadirachta* spp.) เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ประกอบด้วย 2 โมเลกุลย่อย คือ โมเลกุลที่ทำหน้าที่เป็นสารไล่ ยับยั้ง การกินและยับยั้งการวางไข่ ซึ่งเป็นสารที่มีผลต่อพฤติกรรมของแมลง และอีกหนึ่งโมเลกุลจะเป็น สารยับยั้งการเจริญเติบโต ซึ่งมีผลในทางสรีรวิทยาของแมลง นอกจากสาร Azadirachtin แล้ว ส่วน ต่างๆ ของสะเดา เช่น ใบ เปลือก ลำต้น ผล และเมล็ด ยังมีสารเคมีต่างๆ อีกหลายชนิด สารสกัดจาก สะเดาจึงมีผลต่อแมลงแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัยและชนิดของแมลง แต่โดยทั่วไปพบว่า สามารถออกฤทธิ์ในการไล่แมลง (insect repellent) ยับยั้งการกินอาหาร (antifeedant) ควบคุมกระบวนการ เจริญเติบโตของแมลง (growth regulator) โดยจะไปยับยั้งการสร้างฮอร์โมนเอคไดโซน (ecdysone blocker) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ช่วยในการลอกคราบของแมลง ทำให้แมลงไม่สามารถลอกคราบได้ ออกฤทธิ์ยับยั้งการวางไข่ (antiovipositional effect) รวมทั้งเป็นพิษต่อไข่ด้วย (ovicidal toxicity) (นิรนาม, 2552; อริญ, 2547; Schmutterer and Ascher, 1984; Schmutterer, 1988)

วิเชียร และคณะ (2536); วิเชียร และ วรัญญา (2539) ทำการทดสอบสารสกัดสะเดาความเข้มข้น 5% (w/v) โดยใช้เมล็ดสะเดาบด 1 กิโลกรัม/น้ำ 20 ลิตร พบว่าสามารถป้องกันกำจัดหนอน ม้วนใบแก้ว (*Archips micaceana*) เพลี้ยจักจั่น (*Empoasca* spp.) และเพลี้ยอ่อน (*Aphis* spp.) ได้ดี เกรียงไกร และคณะ (2537) ทำการทดสอบสารสกัดสะเดาความเข้มข้น 50-200 ppm กับผีเสื้อ หนอนห่อใบงา (*Antigastra* spp.) ในห้องปฏิบัติการ พบว่าสารสกัดสะเดามีผลทำให้การวางไข่และการฟักของไข่ลดลง นอกจากนี้ยังทำให้หนอนตาย 80-100% เนื่องจากหนอนไม่สามารถลอกคราบได้ สำหรับการทดสอบในสภาพไร่ เกรียงไกร และคณะ (2538) ใช้สารสกัดสะเดาความเข้มข้น 100 ppm ร่วมกับการใช้สารฆ่าแมลง triazophos 40% EC วินัย (2538) ใช้สารสกัดสะเดาความเข้มข้น 50-100 ppm ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูทำลายผักคะน้า โดยพ่นทุกๆ 4 วัน พบว่า สามารถป้องกัน หนอนใยผักได้ 40.6-63.9% ป้องกันหนอนกระทู้หอมได้ 65.5-75.8% และป้องกันหนอนเจาะยอด กระหล่ำ (*Hellula undalis*) ได้ 85.7% พินิจ และคณะ (2535) ใช้สารสกัดสะเดาความเข้มข้น 0.002% ป้องกันการทำลายของด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) พบว่าสามารถป้องกันได้นาน 4 เดือน น้ำมันจากสะเดาอัตรา 10 มิลลิลิตรต่อเมล็ดข้าว 1 กิโลกรัม สามารถป้องกันการทำลายของแมลง ศัตรูข้าวเปลือกและมอดหัวป้อม (*Rhyzopertha dominica*) ได้นาน 12 และ 6 เดือน ตามลำดับ (บุษรา และคณะ, 2541; กุสุมา และคณะ, 2542) นอกจากนี้สารสกัดสะเดา 10 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ผสมสาร เติร์มฤทธิ์ TPP ยังสามารถใช้ฆ่าเห็บสุนัขได้ 74.4% (สุรพล และ เรวดี, 2542)

นอกจากนี้ยังพบสารจากพืชที่มีผลในการควบคุมแมลงอีกหลายชนิด เช่น

1. สาร N-Alkalamides สกัดได้จากพืชวงศ์ไม้ดาวเรือง (Asteraceae) และวงศ์ส้ม (Rutaceae) มีฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลง (Jacobson, 1971)
2. สารคูมารินส์ (Coumarins) พบในพืชตระกูลสารภี (*Mammea*) เช่น ใบ เมล็ดและผล แก่ของ *Mammea americana* มีฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลง
3. สารลิกแนน (Lignans) ประกอบด้วย oxygenated phenylpropanoid dimmers ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่พบในสารฆ่าแมลงทั่วไป (Harmatha and Nawrot, 1988) และมีรายงานจาก Yamauchi and Taniguchi (1991) ว่า สามารถแยกสาร haedoxen A จากต้น *Phryma letostachya* ซึ่งออกฤทธิ์ในการฆ่าแมลงได้สูงเช่นเดียวกับสารลิกแนน
4. Phototoxins เป็นสารที่สกัดได้จากพืชวงศ์ดาวเรือง Asteraceae มี 2 ชนิด คือ polyacetylenes และ thiophenes มีความเป็นพิษสูงกับหนอนใยผัก โดยมีค่า LD₅₀ เท่ากับ 400 ppm สาร 2 ชนิดนี้จะออกฤทธิ์ได้ดีเมื่อโดนแสงแดด (Wat *et al.*, 1981; Christensen and Lam, 1990; Fields *et al.*, 1991) phototoxins อาจเป็นสารที่มีประโยชน์มากในกลุ่มสารฆ่าแมลงชนิดใหม่ แต่ยังไม่มีการนำสาร 2 ชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากสารมีการสลายตัวเร็ว
5. สารแนฟโทควิโนน (Naphthoquinones) สารสำคัญที่สามารถใช้เป็นสารฆ่าและยับยั้งการกินอาหารของแมลงได้คือสาร plumbagin ซึ่งพบอยู่ในพืชวงศ์เจตมูลเพลิง (Plumbaginaceae) หลายชนิด เช่น *Plumbago europea* และยังพบว่าสารชนิดนี้มีฤทธิ์สูงกว่าสาร nicotin sulphate ด้วย (Gujar, 1990)
6. สารอโนนาอิน (Anonaine) เป็นสารในกลุ่มอัลคาลอยด์ สกัดได้จากพืชตระกูลน้อยหน่า (*Annona* sp.) มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง เช่น สารสกัดจากเมล็ดน้อยหน่า (*Annona squamosa*) ที่สกัดด้วย methanol มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนกระทู้ผักวัย 1, 2, 3, 4 และ 5 โดยมีค่า EC₅₀ (Effective concentration) เท่ากับ 192, 202, 533, 705 และ 1,708 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (Leatemia and Isman, 2004) นอกจากสารอโนนาอินแล้วในน้อยหน่ายังพบสาร acetogenins ซึ่งเป็นสารประกอบมีข้าวและมีฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลงเช่นกัน

7. Veratum alkaloids เป็นสารที่พบใน *Schoenocaulon officinale* ซึ่งเป็นพืชวงศ์ปรีก (Liliaceae) มีความเป็นพิษต่อแมลงและสัตว์เลื้อยคลานด้วยนม (Crosby, 1971)

นอกจากสารต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วในปัจจุบันยังมีพืชอีกหลายชนิดที่ให้ผลในการควบคุมแมลงศัตรูพืช บางชนิดก็เป็นเพียงภูมิปัญญาท้องถิ่น บางชนิดก็ได้มีการศึกษาค้นคว้าวิจัยไปได้ระดับหนึ่ง และอยู่ในระหว่างการพัฒนาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชต่อไป เช่น

สารที่ออกฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลงโดยตรงมีหลายชนิด เช่น สารสกัดจากหัวเห็ดหนูโดยใช้เครื่อง soxhlet apparatus ด้วย methanol เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำให้หนอนใยผัก (*P. xylostella*) ตาย 60% (Dadang *et al.*, 1996) สารสกัดจากเถียนดอกขาว (*Melia dubia* Cav.) ที่สกัดด้วย dichloromethane มีฤทธิ์แบบสัมผัสตายต่อหนอนเจาะสมอฝ้าย โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.65% ซึ่งสูงกว่าสารสกัดที่ใช้ methanol เป็นตัวทำละลายที่มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.85% (Koul *et al.*, 2000) สารสกัดจากรากและใบของหนอนตายหยาก (*Stemona collinsae* Craib) ที่สกัดด้วย methanol ออกฤทธิ์แบบสัมผัสตายต่อหนอนกระทุ้งฝ้าย โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 3 และ 15 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (Brem *et al.*, 2002) สารสกัดจากใบสาบเสือ (*Chromolaena odorata* L.) สามารถฆ่าหนอนกระทุ้งฝ้ายได้ 51.7% โดยออกฤทธิ์แบบสัมผัส (มารศรี, 2529) ส่วนสารที่ก่อให้เกิดพิษในการหายใจ ใช้เป็นสารรม ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของน้ำมัน เช่น การทดสอบของ Sarac and Tunc (1995) พบว่า น้ำมันเทียนสัตตบงกช (*Pimpinella anisum* L.) ที่ความเข้มข้น 81-135 ไมโครลิตร/ลิตรของอากาศ มีผลทำให้มอดแป้ง (*Tribolium castaneum* Herbst) ตาย 95% ภายในเวลา 24 ชั่วโมง และเมื่อทดสอบกับด้วงงวงข้าวที่ความเข้มข้น 81, 108 และ 135 ไมโครลิตร/ลิตรของอากาศ พบว่าด้วงงวงข้าวมีอัตราการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 91.6, 93.3 และ 95% ตามลำดับ และเมื่อทดสอบกับผีเสื้อข้าวโพด (*Ephestia kuehniella* Zeller) ที่ความเข้มข้นเดียวกันพบว่าอัตราการตาย เท่ากับ 93.3 และ 98.3% ตามลำดับ ที่เวลา 120 ชั่วโมง ในการทดสอบผลของน้ำมันยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camadulensis* Dehn), ขย (*Thymbra spicata* L. var. *spicana*) และ *Saturaja thymbra* L. ที่ความเข้มข้น 108 ไมโครลิตร/ลิตรของอากาศ พบว่า น้ำมันทั้ง 3 ชนิด ทำให้ด้วงงวงข้าวมีอัตราการตาย 94.8, 94.9 และ 94.8% ตามลำดับ ที่เวลา 168 ชั่วโมง และมีผลทำให้ผีเสื้อข้าวโพดมีอัตราการตาย เท่ากับ 92.5, 91.6 และ 84.1% ตามลำดับ และน้ำมันยูคาลิปตัส ที่ความเข้มข้น 135 ไมโครลิตร/ลิตรของอากาศ มีผลทำให้มอดแป้งตาย 85.5% ที่เวลา 168 ชั่วโมง และน้ำมันของ cardemon (*Elletaria cardamomum*

L.) ความเข้มข้น 1.2 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร มีผลทำให้มอดแป้งตาย 100% ในเวลา 24 ชั่วโมง (Huang *et al.*, 2000)

สารสกัดที่มีผลในการฆ่าแมลงทางอ้อม โดยไปมีผลต่อระบบสรีระและพฤติกรรมของแมลง เช่น สารสกัดจากรากและใบของหนอนตายหยากที่สกัดด้วย methanol สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนกระทุ้งฝ้ายได้ โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 1 และ 3 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (Brem *et al.*, 2002) สารสกัดจากใบเสนียด (*Adhatoda vasica* Nees) ที่สกัดด้วย methanol ความเข้มข้น 500, 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนกระทุ้งฝ้ายวัย 1 และส่งผลให้ตัวหนอนไม่สามารถเข้าดักแด้ได้ 78.3, 86.7 และ 100% ตามลำดับ (Sadek, 2003) น้ำมันของเมล็ดจันทน์เทศ (*Myristica fragrans* Houtt) ความเข้มข้น 2.23 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร มีผลทำให้มอดแป้งเพศเมียมีอัตราการวางไข่ลดลง 50% ในเวลา 24 ชั่วโมง (Huang *et al.*, 1997) สารสกัดจากมะแว้งเครือ (*Solanum trilobatum*) สกัดด้วย acetone ที่ความเข้มข้น 0.01- 0.1% มีผลทำให้ยุง *Anopheles stephensi* เพศเมียวางไข่ลดลง 18-99% (Rajkumar and Jebanesan, 2005)

สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการไล่หรือดึงดูดแมลง เช่น น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากเหง้าของว่านน้ำ (*Acorus calamus* L.) สามารถไล่ผีเสื้อกลางคืน หมัด และแมลงศัตรูเมล็ดพืชอื่นๆ ได้ (Watt *et al.*, 1962) และสารสกัดจากเหง้าของว่านน้าบด ที่ความเข้มข้น 0.125% และ 0.25% สามารถใช้ไล่ป้องกันแมลงกัดกินเชื้อผ้าได้ (วิทย์, 2542) สารสกัดจากตาเสือ (*Aphanamixis polystachya* Wall and Parker) ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ petroleum ether, acetone, ethanol และ methanol ความเข้มข้น 0.31 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร สามารถไล่มอดแป้งได้ 92, 100, 95 และ 98% ตามลำดับ ในเวลา 5 ชั่วโมง (Talukder and Howse, 1995) นอกจากนี้ยังพบสารสกัดจากพืชที่มีคุณสมบัติในการไล่และดึงดูดแมลงอีกหลายชนิด เช่น น้ำมันหอมระเหยจากใบโหระพา (*Ocimum basilicum* L.) (นิจศิริ, 2542) สารสกัดจากใบและเปลือกลำต้นของเลี่ยน (*Melia azedarach* L.) มีฤทธิ์ในการไล่แมลง (สมสุข, 2542) น้ำมันหอมระเหยจากใบกระเพราแดง (*Ocimum tenuiflorum* L.) มีสาร methyl eugenol ซึ่งเป็น pheromone สัมเคราะห์เลียนแบบ pheromone ของแมลงวันผลไม้เพศเมีย สามารถดึงดูดแมลงวันทองเพศผู้ (*Bactrocera dorsalis* Hendel) ได้ ทำให้เพศเมียมีโอกาสได้รับการผสมพันธุ์น้อยลง ไข่แมลงวันไม่ฟักเป็นตัว มีผลทำให้จำนวนประชากรลดลง

จากงานวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า มีพืชเป็นจำนวนมากที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลง Ahmed *et al.* (1984) รายงานว่า มีพืชที่แสดงคุณสมบัติเป็นสารฆ่าแมลงมากถึง 1,053 ชนิด สารฆ่าไร 2 ชนิด สารยับยั้งการกินอาหาร 230 ชนิด สารไล่ 225 ชนิด สารยับยั้งการเจริญเติบโต 32 ชนิด และสารดึงดูดแมลง 26 ชนิด ส่วน ผุสดี และ พันธิตร (2546) รายงานว่า ปัจจุบันสมุนไพรที่มีคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีมากกว่า 2,500 ชนิด โดยมีฤทธิ์เป็นสารฆ่า สารไล่ สารดึงดูด และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของแมลง เช่น ยับยั้งการกินอาหาร ยับยั้งการลอกคราบ ยับยั้งการวางไข่และทำให้แมลงเป็นหมัน สำหรับในวงการเกษตรเมืองไทยมีพืชที่ผ่านการทดลองในรูปแบบต่างๆ ถึง 231 ชนิด พบพืชที่มีผลต่อหนอนกระทู้ 9 ชนิด เช่น แสลงใจ (*Strychnos nux-vomica*) ว่านเศรษฐี (*Chlorophytum capense*) มันแกว (*Pachyrhizus angulatus*) สลัด (*Croton tiglium*) เป็นต้น พืชที่เป็นพิษต่อแมลงวัน 4 ชนิด ได้แก่ น้อยหน่า (*Annona squamosa*) สลัด มันแกว แสลงใจ และพืชที่เป็นพิษต่อแมลงวันทอง 14 ชนิด ได้แก่ ข่าเล็ก (*Alpinia officinarum*) พญาไร้ใบ (*Euphorbia tirucalli*) หมาก (*Areca catechu*) ยาสูบพื้นเมือง (*Nicotiana tabacum*) พริกไทยดำ (*Piper nigrum*) จิง (*Zingiber officinale*) โกงจุกพาลัมพา (*Artemisia pallens*) ส้มเกลี้ยง (*Citrus sinensis*) มะริดไม้ (*Diospyros philipensis*) เงาะ (*Nephelium lappaceum*) เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบพืชที่มีสารดึงดูดแมลงวันทอง เช่น พลับพลึง (*Crinum asiaticum*) หูกวาง (*Terminalia catappa*) ชำมะนาด (*Vallaris glabra*) มะระ (*Momordica charantia*) เป็นต้น และพืชที่มีสารไล่แมลงวันทองไม่ให้วางไข่ เช่น กระเทียม (*Allium sativum*) มะกรูด (*Citrus hystrix*) ละหุ่ง (*Ricinus communis*) เป็นต้น

การใช้สารจากพืชมีผลดี คือ แมลงมีพฤติกรรมสร้างความต้านทานต่อสารจากพืชเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งในทางตรงกันข้ามกลับพบว่า มีแมลงถึง 100 ชนิด ที่สร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงสังเคราะห์ (Gould, 1991) อย่างไรก็ตาม ระบบการป้องกันตัวเองของพืชที่เกิดขึ้นในธรรมชาติเป็นส่วนที่ซับซ้อนของระบบนิเวศ ดังนั้นจึงไม่อาจคาดการณ์ได้ว่าจะสามารถใช้สารจากพืชเป็นเครื่องมือในการควบคุมแมลงศัตรูได้อย่างถาวร (Schoonhoven, 1993)

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดต่อแมลงศัตรู

เป็นการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดที่ได้ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารต่อสิ่งมีชีวิตเป้าหมาย หรือเรียกว่า bioassays อรัญ (2547) ได้อธิบายถึงวิธีการทำ bioassays ไว้หลายวิธีดังนี้

1. การหยดสารเคมีลงบนศัตรูเป้าหมายที่ใช้ทดลอง (Topical application method) โดยใช้เครื่องหยดสาร microapplicator หรือ micropipette วิธีการนี้จะทราบปริมาณของสารที่เข้าสู่ร่างกายของแมลง
2. การจุ่มลงในสารเคมีทดสอบ (Dipping method) ใช้ทดสอบกับแมลงที่อยู่ในน้ำ เช่น ลูกน้ำยุง ทำโดยนำไปจุ่มลงในสารเคมีทดสอบซึ่งอาจมีการเติมสารจับใบเพื่อให้สารทดสอบเข้าสู่ตัวแมลงได้ดีขึ้น
3. การให้แมลงสัมผัสกับพืชค้ำของสาร (Contact หรือ residual exposure method) ทำโดยนำสารเคมีฉีดพ่นลงในภาชนะ สารเคมีจะเคลือบอยู่ที่ผิวของภาชนะ จากนั้นจึงปล่อยแมลง เช่น แมลงสาบหรือยุงลงไป เพื่อดูผลการออกฤทธิ์แบบสัมผัส ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ ไม่สามารถใช้ได้กับสารทดสอบที่ระเหยได้เร็ว
4. การจุ่มใบพืช (Leaf-dipping method) ใช้ทดสอบการออกฤทธิ์ของสารโดยการกิน ทำโดยจุ่มใบพืชอาหารของแมลงลงในสารที่ต้องการทดสอบ แล้วนำใบพืชนั้นไปให้แมลงกิน
5. การให้แมลงกิน (Feeding method) ใช้ทดสอบการออกฤทธิ์ของสารโดยการกิน โดยผสมสารสกัดกับอาหารเทียมให้แมลงกิน ถ้าแมลงกินหมดก็ทำให้ทราบปริมาณที่กินเข้าไป
6. การฉีดเข้าร่างกาย (Injection method) ทำโดยฉีดสารสกัดเข้าไปในลำตัวของแมลง โดยใช้เข็มฉีดเข้าทางด้านล่างของลำตัวตรงบริเวณรอยต่อระหว่างปล้องท้อง

สรุปคำ

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha curcas* L. อยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีชื่อสามัญที่รู้จักกันทั่วไปว่า physic nut หรือ purging nut และมีชื่อสามัญอื่นๆ อีกมากกว่า 200 ชื่อ ในประเทศไทยมีชื่อเรียกตามแต่ละภูมิภาค ซึ่งจรูญ และ โยชิมุมิ (2548) รายงานไว้ ดังนี้

ภาคเหนือ เรียก มะหุ้งฮั่ว มักเยา มะเยา มะโห่ง หงเทก

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียก หมาเก่า มะเย่า สีหลอด

ภาคกลาง เรียก สบู่ดำ สลอดดำ สบู่หัวเทศ สลอดป่า สลอดใหญ่

ภาคใต้ เรียก มะหุ่งเทศ ละหุ่งเทศ หงเทศ มาเกาะ

ชาวเขา เรียก ไท้ยู หรือ เกงยู

สบู่ดำเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่ง อยู่ในวงศ์เดียวกับยางพารา เช่นเดียวกับสบู่แดง ปัตตาเวีย ฟินตันหรือมะละกอฝรั่ง หนุมานั่งแท่น โป๊ยเซียน มันสำปะหลัง มะยม มะขามป้อม ผักหวานบ้าน ฯลฯ และจัดเป็นพืชดั้งเดิมของสกุล *Jatropha* มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ แถบประเทศเปรูหรือเม็กซิโก ซึ่งเป็นแหล่งที่มีการพบซากฟอสซิลของพืชชนิดนี้ ในช่วงแรกสบู่ดำจะแพร่กระจายอยู่ในประเทศเขตร้อนของทวีปอเมริกา ต่อมาชาวโปรตุเกสเป็นผู้นำเข้ามาในทวีปแอฟริกาและเอเชีย (Norman and Joan, n.d.) จึงมีการปลูกกันมากที่แหลม Verde ทวีปแอฟริกา ในที่ดินซึ่งใช้ประโยชน์ไม่ได้ และใช้ปลูกเป็นแนวรั้ว (ทวีศักดิ์, 2548) นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยครั้งแรกในช่วงปลายกรุงศรีอยุธยา โดยชาวโปรตุเกสนำเข้ามาปลูกเพื่อนำเมล็ดไปสกัดบีบน้ำมันสำหรับทำสบู่ (ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร, 2548) ประเทศไทยจึงมีการปลูกสบู่ดำกันมานานนับร้อยปี และมีอยู่ทุกภาคของประเทศ โดยปลูกเป็นไม้คู่บ้านในสวนหลังบ้าน ตามหัวไร่ปลายนา

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

สบู่ดำเป็นไม้พุ่มสูงได้ถึง 3 เมตร เป็นพืชทนแล้งและขึ้นได้ในสภาพดินเลว ทุกส่วนของต้นมีน้ำยางสีขาวข้นเหมือนน้ำมัน

ใบ ลักษณะใบเป็นใบเดี่ยวรูปไข่กว้างหรือค่อนข้างกลม กว้าง 7-11 เซนติเมตร ยาว 7-16 เซนติเมตร โคนใบเว้าเป็นรูปหัวใจ ปลายใบแหลม ขอบใบเรียบหรือหยักยาวประมาณ 3-5 เซนติเมตร (ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร, 2548)

ดอก ลักษณะดอกมีสีเขียวแกมเหลือง ออกดอกเป็นช่อ ช่อดอกเป็นแบบ panicle หรือ panicle cyme ประกอบด้วย ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในช่อเดียวกัน มีกลีบรอง (calyx) และกลีบดอก (corolla) อย่างละ 5 กลีบ (ทวีศักดิ์, 2548) กลีบดอกเพศผู้มีส่วนโคนเชื่อมต่อกันเป็นรูปถ้วย ส่วนกลีบดอกเพศเมียจะแยกจากกัน และมีรังไข่เรียบเกลี้ยง

ผล มีลักษณะกลมขนาด 2.5-3 เซนติเมตร เมื่อแก่จะแตกเป็นพู แต่ละพูมี 2 กลีบ ภายในมีเมล็ด 3 เมล็ด มีลักษณะเป็นรูปกลมรี สีดำ ผิวเกลี้ยง เนื้อใน (kernel) มีสีขาว

การแพร่กระจาย

พบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในประเทศเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนทั่วโลก (Norman and Joan, n.d.)

การใช้ประโยชน์

ส่วนต่างๆ ของสบู่ดำสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ดังนี้

ยางจากก้านใบ ใช้ป่ายรักษาโรคปากนกกระจอก ห้ามเลือด แก้ปวดฟัน แก้ลิ้นเด็กเป็นฝ้าขาวโดยผสมกับน้ำมันมะรดาป้ายลิ้น ยางจากลำต้นและรากใช้ทำหมึกสำหรับเขียนบนผ้า

ลำต้น นำมาตัดเป็นท่อนต้มน้ำให้เด็กกิน แก้อาการชาง ตาลขโมย หรือตัดเป็นท่อนแช่น้ำอาบแก้โรคพุพอง

เมล็ด สามารถหีบเอาน้ำมันมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล ใช้บำรุงรากผม (ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร, 2548) ใช้ทำสบู่ สบู่ที่ทำจากน้ำมันสบู่ดำเป็นสบู่ที่มีคุณภาพดี มีฟองมากและมีคุณภาพดีกว่าสบู่ที่ทำจากน้ำมันปาล์ม นาค (2548) รายงานว่าในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 น้ำมันก๊าดที่ใช้จุดตะเกียงขาดแคลนจึงใช้เมล็ดสบู่ดำกะเทาะเปลือกสีดาข้างนอกออกเหลือแต่เนื้อในสีขาวแล้วใช้ไม้ไฟที่เหลาเล็กๆ เสียบเมล็ดสีขาวติดต่อกันยาวประมาณ 1 คืบ แล้วจุดไฟใช้อ่านหนังสือแทนเทียนไข ชาวจีนนำน้ำมันมาต้มน้ำดื่มกับเกลือออกไซด์ใช้ซ่อมเฟอร์นิเจอร์และในประเทศญี่ปุ่นใช้น้ำมันและเยื่อไม้ในการทำร่มกระดาษ (Norman and Joan, n.d.)

ใบ ชาวกระเหรี่ยงใช้ยอดอ่อนของต้นสบู่ดำกินแกล้มกับลาบ และใช้ใบแก้ตากแดดชงกินเป็นน้ำชาซึ่งชาวกระเหรี่ยงเชื่อว่าช่วยแก้โรคเบาหวานได้

ทางการเกษตร ชาวบ้านนิยมปลูกสบู่ดำไว้เป็นแนวรั้วป้องกันสัตว์เลื้อย เช่น โค กระบือ ม้า แพะ เข้ามาทำลายผลผลิต เพราะสบู่ดำมีกลิ่นเหม็นเขียว ซึ่งสัตว์ไม่ชอบ แต่ก็มีรายงานว่า ในประเทศอินเดียมีการเลี้ยงหนอนไหมด้วยใบสบู่ดำ (Norman and Joan, n.d.) ส่วนกากของสบู่ดำที่ได้จากการหีบน้ำมันจากเมล็ดนำมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งมีธาตุอาหารหลักมากกว่าปุ๋ยหมักและมูลสัตว์หลายชนิด

ความเป็นพิษ

น้ำมันในเมล็ดสบู่ดำมีสาร curcin หรือ curcacin หรือ ricin และมีสาร diterpene esters หรือ phorbol ester ซึ่งเป็นสารประกอบประเภทหนึ่งของเทอร์พีนอยด์ (terpenoids) อยู่ (ทวิศักดิ์, 2548; Heller, 1996) ซึ่งเป็นสารที่มีความพิษเป็นกับมนุษย์และสัตว์ ทำให้เกิดการกระสับกระส่าย ปวดท้องอย่างรุนแรง คลื่นไส้ อาเจียน และท้องเดิน ส่วนที่ใบ ราก และผลมีการสะสมสาร hydrocyanic acid ซึ่งมีผลต่อระบบทางเดินอาหาร ทำให้ระบบหายใจล้มเหลว และอาจเสียชีวิตได้ (รัตน, 2547) ส่วนของน้ำยาง ซึ่งพบได้ในทุกส่วนของพืช มีลักษณะเป็นยางเหนียว สีขาวขุ่น มีกลิ่นฉุน ประกอบด้วยสารเรซินประมาณ 14.6% และสารแทนนินประมาณ 10% ในส่วนของเปลือกลำต้น ประกอบด้วยสารแทนนินประมาณ 37% และยังมีสารซาโปนินด้วย

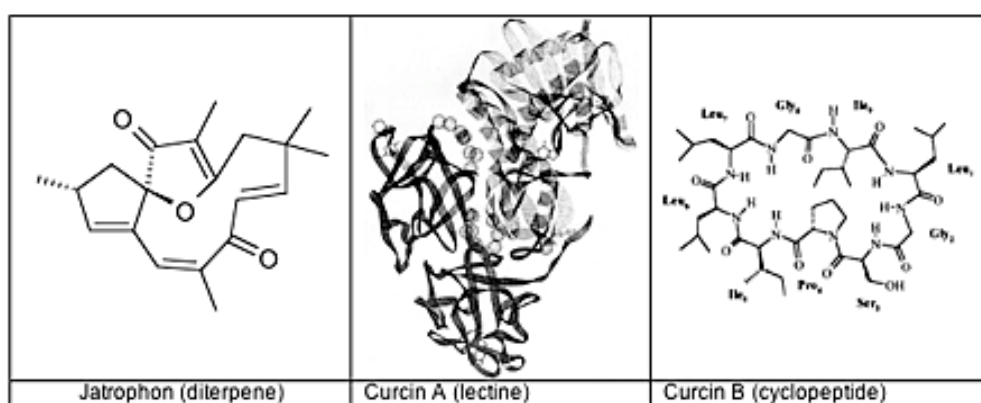
นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า น้ำมันสบู่ดำมีความเป็นพิษกับสัตว์เลื้อย เช่น แกะที่ได้รับสารเข้าไป 1 กรัม/วัน/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะทำให้แกะตายภายใน 1 สัปดาห์ (Norman and Joan, n.d.) และพบอาการที่เกิดกับหนูทดลองคือ ทำให้เกิดมะเร็งที่ผิวหนังกับหนู (Heller, 1996) ส่วนด้านความเป็นพิษกับแมลง Grainge and Ahmed (1988) ได้ทำการสำรวจเกี่ยวกับคุณสมบัติของสารสกัดสบู่ดำจากส่วนต่างๆ ในด้านการใช้เป็นสารฆ่าแมลงพบว่า สารสกัดจากเมล็ดสบู่ดำสามารถใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด ได้แก่ หนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa armigera*) เพลี้ยอ่อนฝ้าย (*Aphis gossypii*) หนอนเจาะสีชมพู (*Pectinophora gossypiella*) เพลี้ยจักจั่นฝ้าย (*Empoasca biguttula*) ค้างคาวเขียว (*Callosobruchus maculatus*) ค้างคาวเหลือง (*Callosobruchus chinensis*) หนอนเจาะลำต้นสีชมพู (*Sesamia calamitis*) แต่การทดสอบนี้ยังอยู่ในขั้นตอนของการทดลอง และยังไม่สามารถนำไปใช้ในแปลงเกษตรกรได้ Morales (2006) รายงานว่า Dr. Aida Decena-Solsoloy นักวิทยาศาสตร์ที่ Cotton Research and Development Institute (CRDI) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการเป็นสารฆ่าแมลงของสบู่ดำ โดยการสกัดน้ำมันดิบในรูปของสารแขวนลอย ซึ่งนำไปใช้ควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้าย ค้างคาวดอกไม้มะยม และแมลงศัตรูทางการเกษตรอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น ค้างคาวในผลิตผลในโรงเก็บ เช่น ข้าวโพด ข้าว ถั่วเขียว และยังสามารถใช้ควบคุมหอยเชอรี่

(golden snail) ศัตรูที่สำคัญของข้าว โดยใช้ผลิตภัณฑ์ในรูปผง และคาดว่าถ้าใช้สูตรที่เหมาะสมก็ยังสามารถใช้ในการป้องกันศัตรูในบ้านเรือนได้อีกด้วย เช่น แมลงสาบ หนู และแมลงวัน นอกจากนี้สารสกัดจากใบสบู่ดำที่สกัดด้วยน้ำยังสามารถนำไปใช้ในการควบคุมเชื้อรา *Sclerotium* sp. (Garcia and Lawas, 1990) และส่วนของน้ำยางสามารถยับยั้งโรคต่างที่เกิดจากเชื้อไวรัสในแตงโมได้ (Norman and Joan, n.d.)

องค์ประกอบทางเคมีของสารในสบู่ดำ

องค์ประกอบทางเคมีของสบู่ดำยังไม่มีการศึกษากันมากนัก แต่ก็เป็นที่ยอมรับกันว่าสารที่พบในยางสบู่ดำเป็นสารชนิดที่พบได้ยากในธรรมชาติ เช่น cyclicpeptides ซึ่งประกอบด้วย cyclopeptides 2 กลุ่มใหญ่ คือ curcin A และ curcin B (ภาพที่ 1) ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ต้านโรคมะเร็ง และเป็นยาระงับภูมิคุ้มกัน ส่วนน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำนอกจากจะประกอบด้วยสาร curcin A และ curcin B แล้วยังมีสาร diterpene ด้วย ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านโรคมะเร็งได้เช่นเดียวกัน

curcin A และ curcin B เป็นที่รู้จักกันดีในชื่อเลคติน (lectin) นอกจากจะมีประโยชน์ในทางเภสัชกรรมแล้วยังมีพิษต่อมนุษย์และสัตว์ด้วย แต่ความเป็นพิษของสาร curcin จะลดลงเมื่อถูกความร้อน (Kayser, 2008)



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างทางเคมีของสารในสบู่ดำ

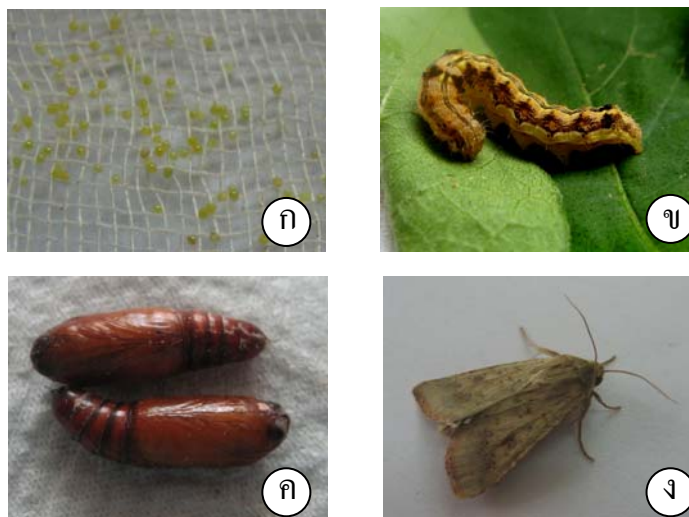
ที่มา: Kayser (2008)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเลี้ยงและเพิ่มปริมาณแมลงที่ใช้ทดสอบ

1.1 การเลี้ยงและเพิ่มปริมาณหนอนเจาะสมอฝ้าย

เก็บรวบรวมหนอนและดักแด้จากแปลงพืชอาหารบริเวณรอบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน มาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง เลี้ยงตัวหนอนด้วยอาหารเทียมในกล่องเลี้ยงแมลง และเจาะรูเล็กๆ ที่ฝาเพื่อเป็นที่ระบายอากาศ เมื่อตัวหนอนเข้าสู่วัยที่ 3 แยกตัวหนอนออกมาเลี้ยงในถ้วยเลี้ยงแมลง ถ้วยละ 1 ตัว เพื่อป้องกันการกินกันเอง จนกระทั่งตัวหนอนเข้าดักแด้ เก็บดักแด้ออกจากอาหารเทียม รวบรวมไว้ในกล่องเลี้ยงแมลง เมื่อดักแด้กลายเป็นตัวเต็มวัยจับฝีเสื้อเพศผู้และเพศเมียผสมพันธุ์กันในขวดโหลพลาสติก โดยใช้ฝีเสื้อ 8-10 คู่ ต่อขวดโหล 1 ใบ ใช้ผ้าขาวบางคลุมปากโหลเพื่อเป็นที่วางไข่ของฝีเสื้อเพศเมีย และให้น้ำหวานเจือจาง 10% เป็นอาหาร เมื่อฝีเสื้อเพศเมียวางไข่บนผ้า เก็บผ้าไว้ รอจนไข่ฟักเป็นตัวหนอน นำตัวหนอนไปเลี้ยงด้วยอาหารเทียมต่อไป ลักษณะของฝีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายระยะต่างๆ และวิธีการเลี้ยงเพิ่มปริมาณแสดงดังภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 2 ลักษณะของฝีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายระยะต่างๆ

ก) ไข่บนผ้าขาวบาง

ข) หนอนวัย 5

ค) ดักแด้

ง) ตัวเต็มวัยเพศผู้



ภาพที่ 3 วิธีการเลี้ยงและเพิ่มปริมาณหนอนเจาะสมอฝ้ายเพื่อใช้ทดสอบ

ก) ดักด้ผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายจากธรรมชาติ

ข) การผสมพันธุ์ผีเสื้อเพศผู้และเพศเมีย

ค) อาหารเทียมสำหรับเลี้ยงหนอน

ง) การเลี้ยงหนอนวัยแรกด้วยอาหารเทียม

จ) การแยกเลี้ยงหนอนวัย 3 ในถ้วยเลี้ยงแมลง

ฉ) หนอนวัย 2 สำหรับใช้ในการทดสอบ

1.2 การเลี้ยงและเพิ่มปริมาณเพลี้ยอ่อนถั่ว

ปลูกถั่วฝักยาวในเรือนทดลองเพื่อให้เพลี้ยอ่อนถั่วเข้าทำลาย และปลูกเพิ่มอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้เพลี้ยอ่อนมีพืชอาหารอยู่ตลอด เมื่อจะทำการทดสอบจึงเก็บเฉพาะตัวเต็มวัยที่พร้อมจะออกลูกประมาณ 20-30 ตัว มาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง โดยเลี้ยงตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนในกล่องเลี้ยงแมลงที่มีฝาปิด และให้ใบถั่วเป็นอาหาร ตรวจสอบอาหารและเปลี่ยนให้สดอยู่เสมอ จนกระทั่งเพลี้ยอ่อนออกลูกจึงนำรุ่นลูกซึ่งอยู่ในวัยเดียวกันไปใช้ในการทดสอบ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 การเลี้ยงและเพิ่มปริมาณเพลี้ยอ่อนถั่วเพื่อใช้ทดสอบ

- ก) การปลูกถั่วฝักยาวในเรือนทดลอง
- ข) ลักษณะการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนในเรือนทดลอง
- ค) การเพาะเลี้ยงเพลี้ยอ่อนในห้องปฏิบัติการ
- ง) เพลี้ยอ่อนอายุ 4 วัน สำหรับใช้ในการทดสอบ

2. การสกัดสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากสบู่ดำ

เก็บรวบรวมเมล็ดสบู่ดำและกากเหลือจากการหีบน้ำมันจากแหล่งต่างๆ และเปลือกเมล็ดสบู่ดำออกแยกเอาเฉพาะส่วนของเนื้อเมล็ด บดเนื้อเมล็ดด้วยเครื่องปั่นจนละเอียด ส่วนกากสบู่ดำสามารถนำไปใช้ในการสกัดได้เลย (ภาพที่ 5) นำวัตถุดิบที่เตรียมได้ไปทำการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ ethanol และ petroleum ether และใช้การสกัดแบบหยาบ 2 กรรมวิธี ดังนี้

2.1 การแช่และกวนด้วยเครื่อง Magnetic stirrer

นำเนื้อเมล็ดสบู่ดำบดละเอียดหรือกากสบู่ดำ 25 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ผสมกับตัวทำละลาย ethanol หรือ petroleum ether ปริมาตร 250 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 1: 10 w/v) ปิดปากบีกเกอร์ด้วย aluminum foil เพื่อป้องกันการระเหยของตัวทำละลาย นำส่วนผสมทั้งหมดกวนให้เข้ากันด้วยเครื่อง magnetic stirrer นานประมาณ 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 6) และแช่ทิ้งไว้ 3 วัน ทำการกวนบ้างเป็นครั้งคราว เมื่อครบกำหนดจึงกรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบาง (cheesecloth) นำส่วนของสารละลายมาระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator (ภาพที่ 8) โดยสารสกัดที่ใช้ ethanol เป็นตัวทำละลาย ระเหยออกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ส่วนสารสกัดที่ใช้ petroleum ether เป็นตัวทำละลาย ระเหยออกที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หลังจากการระเหยให้สารสกัดที่ได้เป็นสารสกัดหยาบความเข้มข้น 100% เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

2.2 การสกัดแบบต่อเนื่องด้วยเครื่อง Soxhlet apparatus

นำเนื้อเมล็ดสบู่ดำบดละเอียดหรือกากสบู่ดำ 200 กรัม ใส่ใน thimble ใส่ตัวทำละลาย ethanol หรือ petroleum ether ปริมาตร 800 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 1: 4 w/v) สกัดด้วยเครื่อง soxhlet apparatus วันละ 8 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วันติดกัน (ภาพที่ 7) เมื่อครบกำหนดจึงกรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบาง (cheesecloth) นำสารละลายที่ได้มาระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator เช่นเดียวกับวิธีการในข้อ 2.1

สารสกัดหยาบที่สกัดได้ทุกชนิดจะอยู่ในรูปของน้ำมัน เก็บสารสกัดหยาบที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป ขั้นตอนการสกัดสารออกฤทธิ์จากสบู่ดำแสดงดังภาพที่



ภาพที่ 5 การเตรียมสับดำสำหรับสกัด

ก) ผลสับดำแก่

ข) เนื้อเมล็ดสับดำหลังการกระเทาะเปลือก

ค) เนื้อเมล็ดสับดำบดละเอียด

ง) กากสับดำ



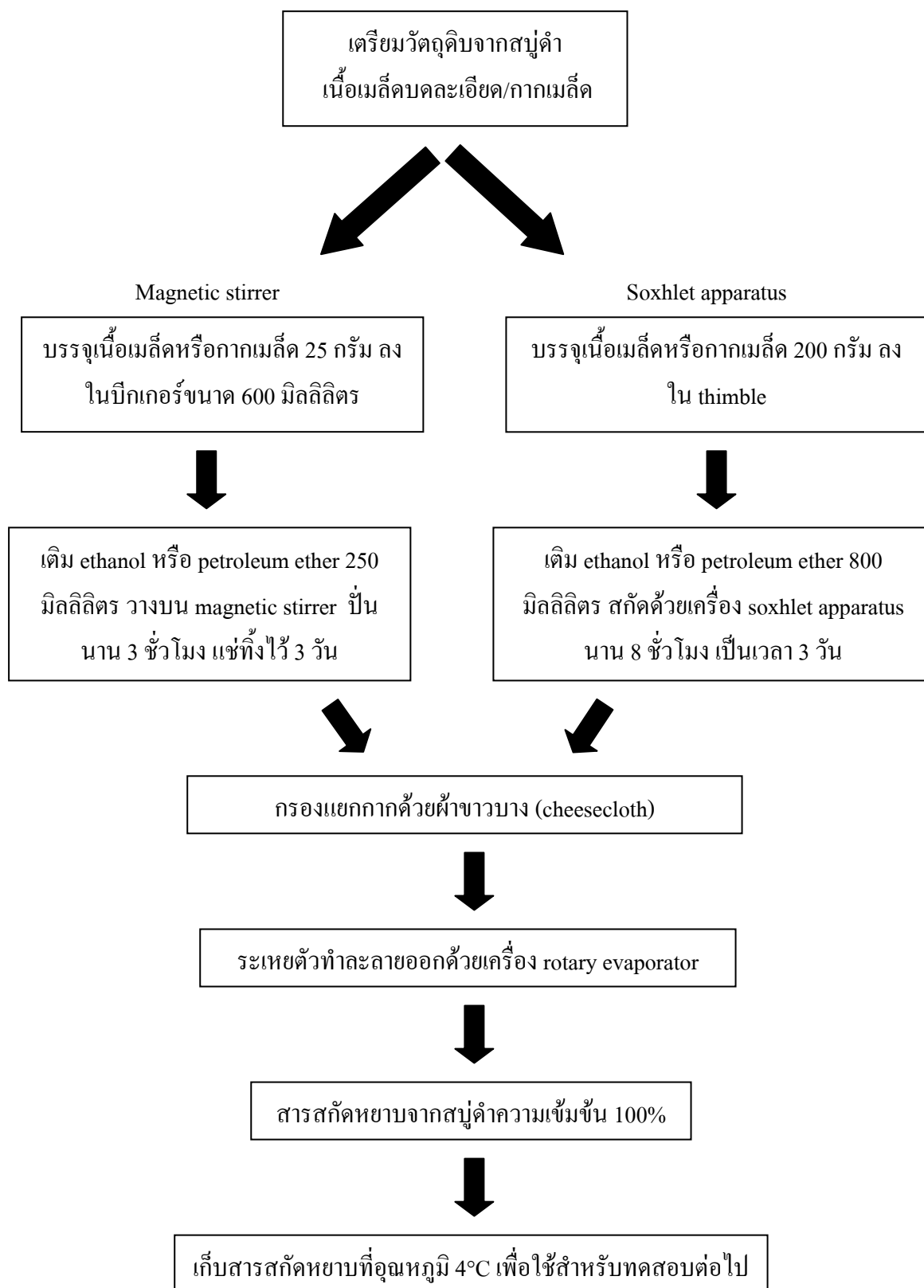
ภาพที่ 6 การสกัดสารด้วยวิธีการแช่และกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer



ภาพที่ 7 การสกัดสารแบบต่อเนื่องด้วยเครื่อง soxhlet apparatus



ภาพที่ 8 การระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง rotary evaporator



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการสกัดสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสมุนไพร

3. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบ

สารสกัดหยาบจากข้อ 2 ที่นำมาใช้ทดสอบมีการจัดกรรมวิธีในลักษณะ factorial 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ คือ

1. วัตถุดิบ

ก. เนื้อเมล็ดสบู่ดำ

ข. กากเมล็ดสบู่ดำ

2. ตัวทำละลาย

ก. ethanol

ข. petroleum ether

3. วิธีการสกัด

ก. การแช่และกวนด้วยเครื่อง Magnetic stirrer

ข. การสกัดแบบต่อเนื่องด้วยเครื่อง Soxhlet apparatus

3.1 ทดสอบฤทธิ์ในการฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้าย (Insecticidal activity)

เตรียมอุปกรณ์สำหรับทดสอบดังภาพที่ 10 ทำการทดสอบโดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method) เตรียมสารสกัดหยาบที่ความเข้มข้น 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625 และ 0.3125% (w/v) (ภาพที่ 11) โดยเจือจางด้วยน้ำ และผสม emulsifier 0.5% + สารจับใบ 0.5% และเตรียมชุดควบคุม โดยใช้ น้ำผสมตัวทำละลาย 1% + emulsifier 0.5% + สารจับใบ 0.5% เพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบ ตัดใบฝ้าย ให้เป็นชิ้นกลมด้วย cork borer เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8 มิลลิเมตร จุ่มชิ้นใบฝ้ายลงในสารสกัดที่เตรียมไว้เป็นเวลา 30 วินาที ผึ่งใบให้แห้งสนิท เตรียม grid สำหรับทดสอบ โดยรอง grid ด้วยแผ่น acrylic ใส และแผ่นวุ้นเพื่อให้ความชุ่มชื้นแก่ใบ โดยวางแผ่นวุ้นบนแผ่น acrylic ใสแล้วจึงวาง grid ลงบนแผ่นวุ้น วางชิ้นใบฝ้ายลงใน grid ช่องละ 1 ชิ้น เชียหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 ลงบนใบฝ้าย ชิ้นละ 1 ตัว grid 1 อัน มี 10 ช่อง เมื่อเชียหนอนครบจึงปิด grid ด้วยแผ่น acrylic ใส อีกครั้ง แต่ละความเข้มข้นทำการทดสอบ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว บันทึกผลการตายของหนอนหลังการทดสอบที่ 24, 48

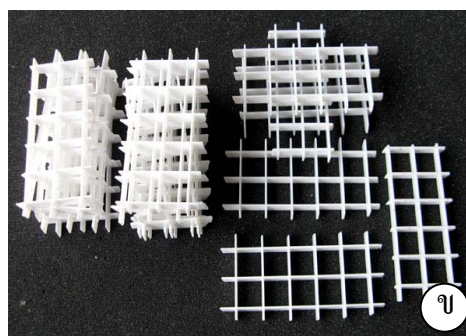
และ 72 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance แบบ factorial CRD และแยกวิเคราะห์เฉพาะแต่ละความเข้มข้น

3.2 ทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้าย (Antifeedant activity)

ทำการทดสอบโดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method) โดยมีรายละเอียดการดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 3.1 แต่ทดสอบที่ความเข้มข้น 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.3125 และ 0.15625% (w/v) (ภาพที่ 11) และทำการวัดพื้นที่การกินด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ (LI-3000A Portable Area Meter) (ภาพที่ 12) โดยวัดพื้นที่ใบก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบที่ 48 ชั่วโมง แต่ละความเข้มข้นทำการทดสอบ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว คำนวณค่ายับยั้งการกิน antifeedant index ตามวิธีของ Blaney *et al.* (1984) โดยใช้สูตร $AFI = (C-T)/(C+T) \times 100$ (เมื่อ C คือ เปอร์เซ็นต์การกินในชุดควบคุม และ T คือ เปอร์เซ็นต์การกินในชุดทดลอง) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance แบบ factorial CRD และแยกวิเคราะห์เฉพาะแต่ละความเข้มข้น

3.3 ทดสอบผลของสารสกัดต่อการขยายพันธุ์ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้าย (Antiovipositional activity and ovicidal activity)

ทำการทดสอบโดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method) โดยเตรียมสารสกัดหยาบที่ความเข้มข้น 0.1% (w/v) ด้วยน้ำผสม emulsifier และสารจับใบ 0.5% และเตรียมชุดควบคุมเพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบ จุ่มใบฝ้ายในสารสกัดที่เตรียมไว้เป็นเวลา 30 วินาที ผึ่งใบให้แห้งสนิท และใส่ลงในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิด (ภาพที่ 13) เชี่ยหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 ลงบนใบชุปสาร ประมาณ 100-150 ตัว และปิดฝากล่องให้สนิท ให้หนอนกินใบฝ้ายชุปสารนาน 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงย้ายออกไปเลี้ยงในอาหารเทียมปกติ ในถ้วยเลี้ยงแมลง ถ้วยละ 1 ตัว จนหนอนกลายเป็นตัวเต็มวัย จับผีเสื้อเพศผู้และเพศเมียผสมพันธุ์กันในขวดโหลพลาสติกซึ่งบุข้างขวดด้วยกระดาษทิชชู โดยใช้ผีเสื้อเพศผู้ 3 ตัว และเพศเมีย 2 ตัว ปิดปากขวดโหลด้วยกระดาษทิชชู และให้น้ำหวาน 10% เป็นอาหาร ทำการทดสอบ 5 ซ้ำ นับจำนวนไข่ที่ผีเสื้อเพศเมียวางบนกระดาษทิชชูทุกวันติดต่อกันเป็นเวลา 7 วัน และตรวจสอบอัตราการฟักโดยวิธีนับจำนวนตัวหนอนที่ฟักออกจากไข่ และนับเฉพาะไข่ที่วางในวันที่ 2 หลังการปล่อยผีเสื้อ นำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



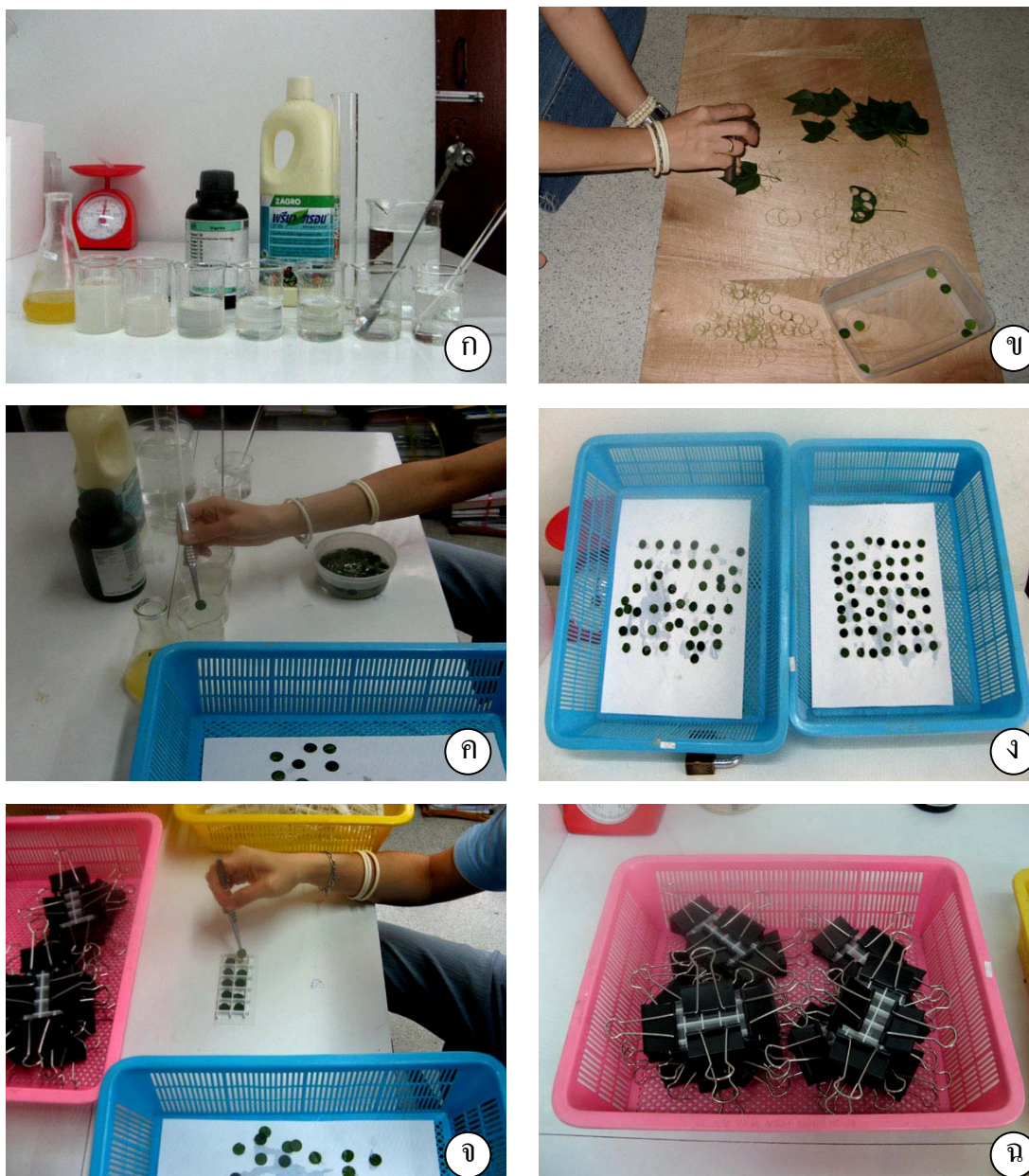
ภาพที่ 10 อุปกรณ์สำหรับทดสอบ

ก) cork borer (ขนาด 8 มิลลิเมตร)

ข) แผ่น grid

ค) แผ่น acrylic ใส

ง) คลิปสำหรับหนีบ



ภาพที่ 11 การทดสอบพฤติกรรมการนำเข้าและยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้ายโดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ก) เตรียมสารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆ โดนวิธี serial dilution

ข) การเจาะใบฝ้ายด้วย cork borer

ค) การจุ่มชิ้นใบฝ้ายในสารสกัด

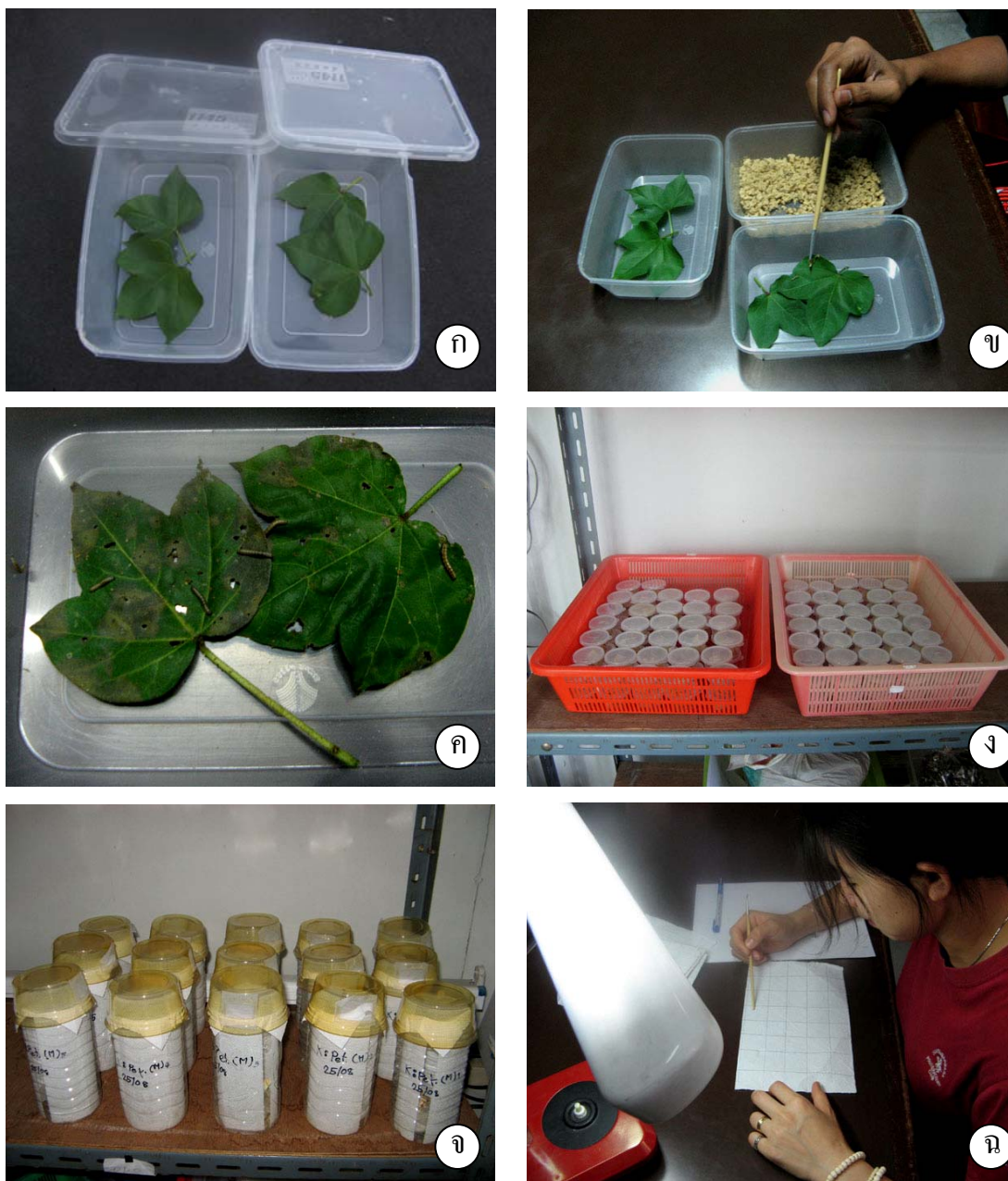
ง) การฝังชิ้นใบฝ้ายหลังจุ่มสาร

จ) การใส่ชิ้นใบฝ้ายลงในแผ่น grid

ฉ) ลักษณะการปิด grid หลังเขียนหนอนลงบนชิ้นใบฝ้าย



ภาพที่ 12 เครื่องวัดพื้นที่ใบ (LI-3000A Portable Area Meter)



ภาพที่ 13 การทดสอบผลของสารสกัดต่อการขยายพันธุ์ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้าย

ก) ใบฝ้ายซุบสารสกัด (ซ้าย) และใบฝ้ายในชุดควบคุม (ขวา)

ข) การเขียนหนอนวัย 2 จากอาหารเทียมลงบนใบฝ้าย

ค) ลักษณะการกินของหนอนที่ 48 ชั่วโมง

ง) การย้ายหนอนมาแยกเลี้ยงด้วยอาหารเทียม

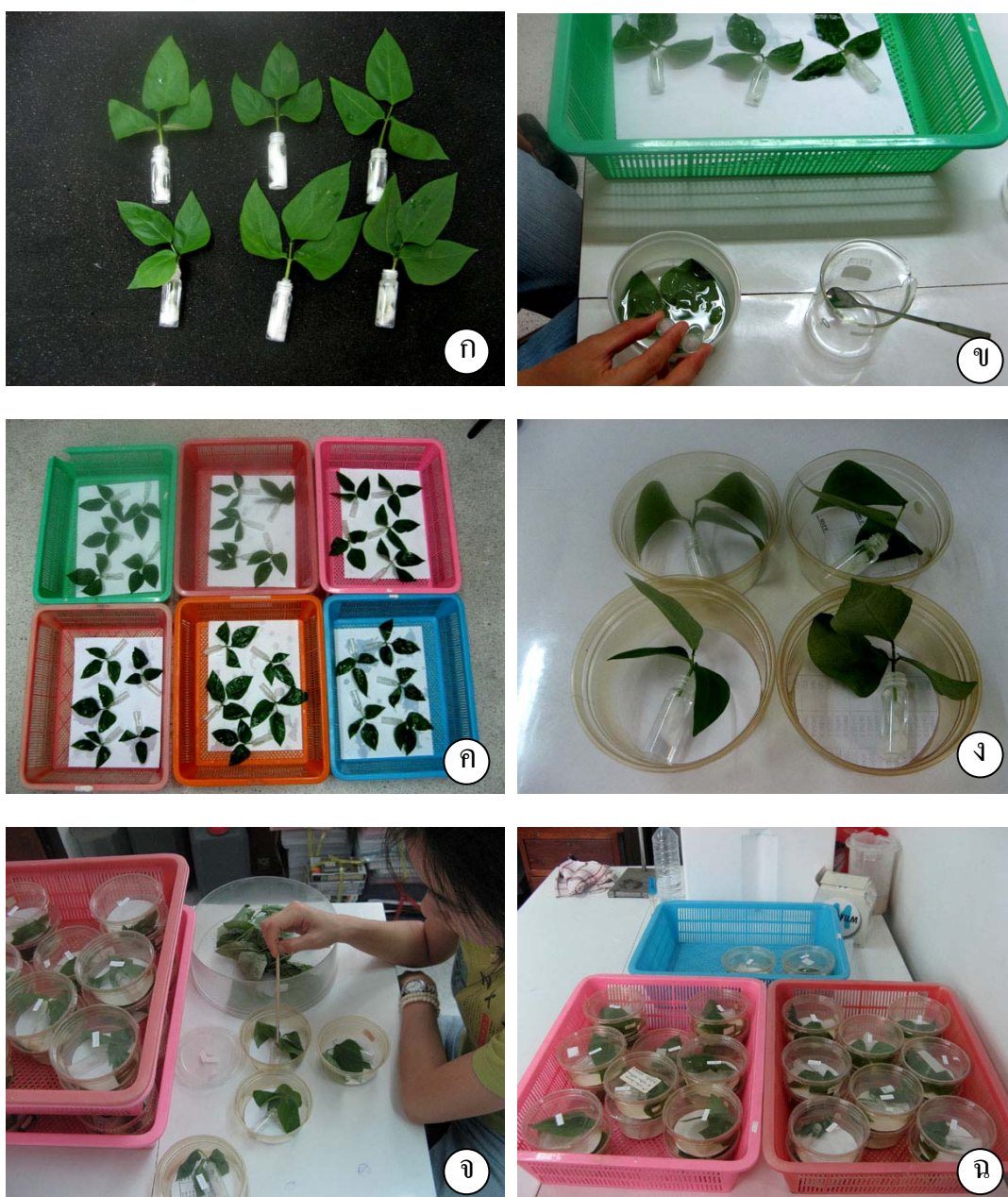
จ) การผสมพันธุ์ผีเสื้อ

ฉ) การนับจำนวนไข่

3.4 ทดสอบฤทธิ์ในการฆ่าเพลี้ยอ่อนถั่ว (Insecticidal activity)

ทำการทดสอบโดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method) เตรียมสารสกัดหยาบที่ความเข้มข้น 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625, 0.03125 และ 0.015625% (w/v) (ภาพที่ 14) โดยเจือจางด้วยน้ำ ผสม emulsifier 0.5% + สารจับใบ 0.5% และเตรียมชุดควบคุมเช่นเดียวกับที่ทดสอบในหนอนเจาะสมอฝ้าย

เลือกยอดใบถั่ว และหุ้มก้านใบด้วยสำลีชุบน้ำ ใส่ก้านลงในขวด vial ขนาดเล็กบรรจุน้ำ เพื่อให้ความชุ่มชื้นแก่ใบถั่ว จุ่มใบในสารสกัดที่เตรียมไว้นาน 30 วินาที ผึ่งใบให้แห้ง วางใบถั่วชุบสารในถ้วยเลี้ยงแมลงที่มีฝาปิด เจียเพลี้ยอ่อนอายุ 4 วัน ลงบนใบถั่ว ใบละ 10 ตัว แต่ละความเข้มข้นทำการทดสอบ 5 ซ้ำ บันทึกผลการตายของเพลี้ยอ่อนหลังทำการทดสอบที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่า LC_{50} โดยใช้โปรแกรม Probit analysis และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance แบบ factorial CRD โดยแยกวิเคราะห์เฉพาะแต่ละความเข้มข้น



ภาพที่ 14 การทดสอบฤทธิ์ในการฆ่าเชื้ออ่อนตัวโดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ก) การเตรียมใบแก้วสำหรับทดสอบ

ข) การจุ่มใบแก้วในสารสกัด

ค) การผึ่งใบแก้วหลังจุ่มสาร

ง) การวางใบแก้วลงบนถ้วยทดสอบ

จ) การเขียนเชื้ออ่อนลงบนใบแก้ว

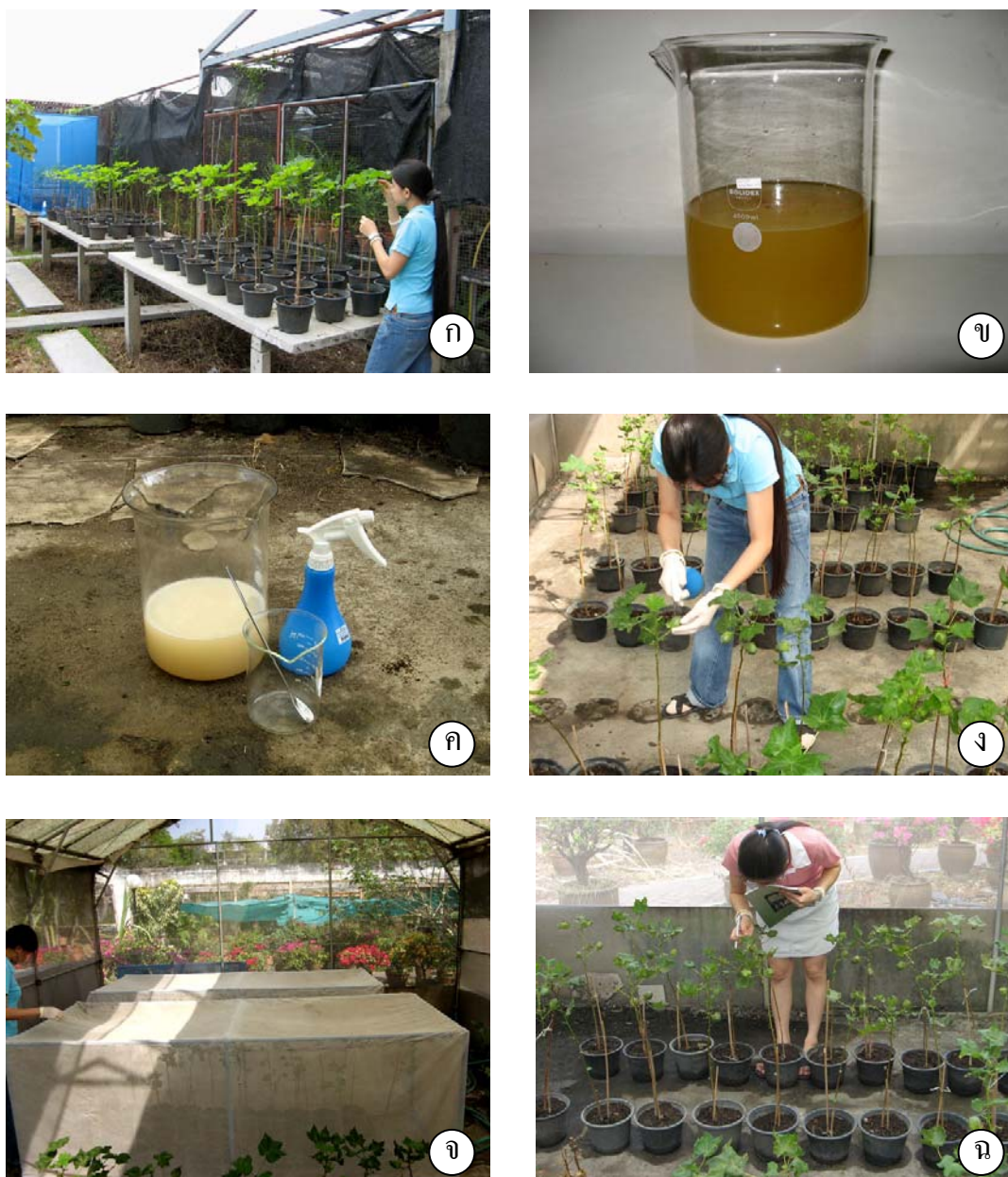
ฉ) ลักษณะของถ้วยทดสอบหลังเขียนเชื้ออ่อนลงบนใบแก้ว

3.5 ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบต่อผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายในเรือน

ทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบต่อผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายในเรือนทดลอง สารสกัดหยาบที่ใช้มีวิธีการสกัดซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีการแช่และกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer ที่ใช้สกัดในห้องปฏิบัติการ ทำโดยแช่กากไว้ในตัวทำละลาย ethanol โดยทำการกวนเป็นครั้งคราวเป็นเวลา 3 วัน ทำการทดลองที่เรือนทดลองของภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) 2 กรรมวิธี คือ ชุดทดลอง และชุดควบคุม กรรมวิธีละ 20 ต้น โดยสุ่มนับจำนวนไข่บนต้นฝ้ายจำนวน 5 ต้น และนับจำนวนตัวหนอนบนต้นฝ้ายทุกต้น

ปลูกต้นฝ้ายในกระถาง กระถางละ 1 ต้น และใช้ต้นฝ้ายที่อายุ 90 วัน ริดใบฝ้ายแต่ละต้นให้เหลือเฉพาะส่วนยอดอ่อนเพื่อความสะดวกในการทดสอบ (ภาพที่ 15) เจือจางสารสกัดที่ความเข้มข้น 1% ด้วยน้ำ ผสม emulsifier 0.5% + สารจับใบ 0.5% และเตรียมชุดควบคุมโดยใช้น้ำผสมตัวทำละลาย ethanol 1% + emulsifier 0.5% + สารจับใบ 0.5% สำหรับเปรียบเทียบ นิดพ่นสารสกัดที่เตรียมไว้ด้วยกระบอกฉีดบนต้นฝ้ายที่เป็นชุดทดลองให้ทั่วทุกต้น และฉีดพ่นน้ำในชุดควบคุมด้วยกระบอกฉีด หลังจากนั้นจึงคลุมมุ้งให้มิดชิดโดยแยกมุ้งเป็น 2 หลัง ปลอຍผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้าย 5 คู่ (เพศผู้ 5 ตัว และเพศเมีย 5 ตัว) ในมุ้งทั้ง 2 หลัง ให้น้ำหวานเจือจางเป็นอาหาร ตรวจนับจำนวนไข่และตัวหนอน โดยสุ่มนับจำนวนไข่จากต้นฝ้ายจำนวน 5 ต้น หลังปลอຍผีเสื้อ 3 วัน และนับจำนวนตัวหนอนบนต้นฝ้ายทุกต้นหลังปลอຍให้ผีเสื้อผสมพันธุ์กัน 7 วัน นำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 15 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดต่อการขยายพันธุ์ของเชื้อเห็ดหนอนเจาะสมอฝ้ายในเรือนทดลอง

- ก) การปลูกและการดูแลต้นฝ้ายสำหรับทดสอบ
- ข) สารสกัดจากกากสบู่ดำความเข้มข้น 1%
- ค) การเตรียมอุปกรณ์สำหรับทดสอบในเรือนทดลอง
- ง) การฉีดพ่นสารสกัดบนต้นฝ้าย
- จ) การคลุมมุ้งเพื่อแยกส่วนทดลองก่อนปล่อยเชื้อเห็ด
- ฉ) การตรวจนับจำนวนไข่และจำนวนตัวหนอน

4. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการและเรือนปลูกพืชทดลองภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

5. ระยะเวลาในการทดลอง

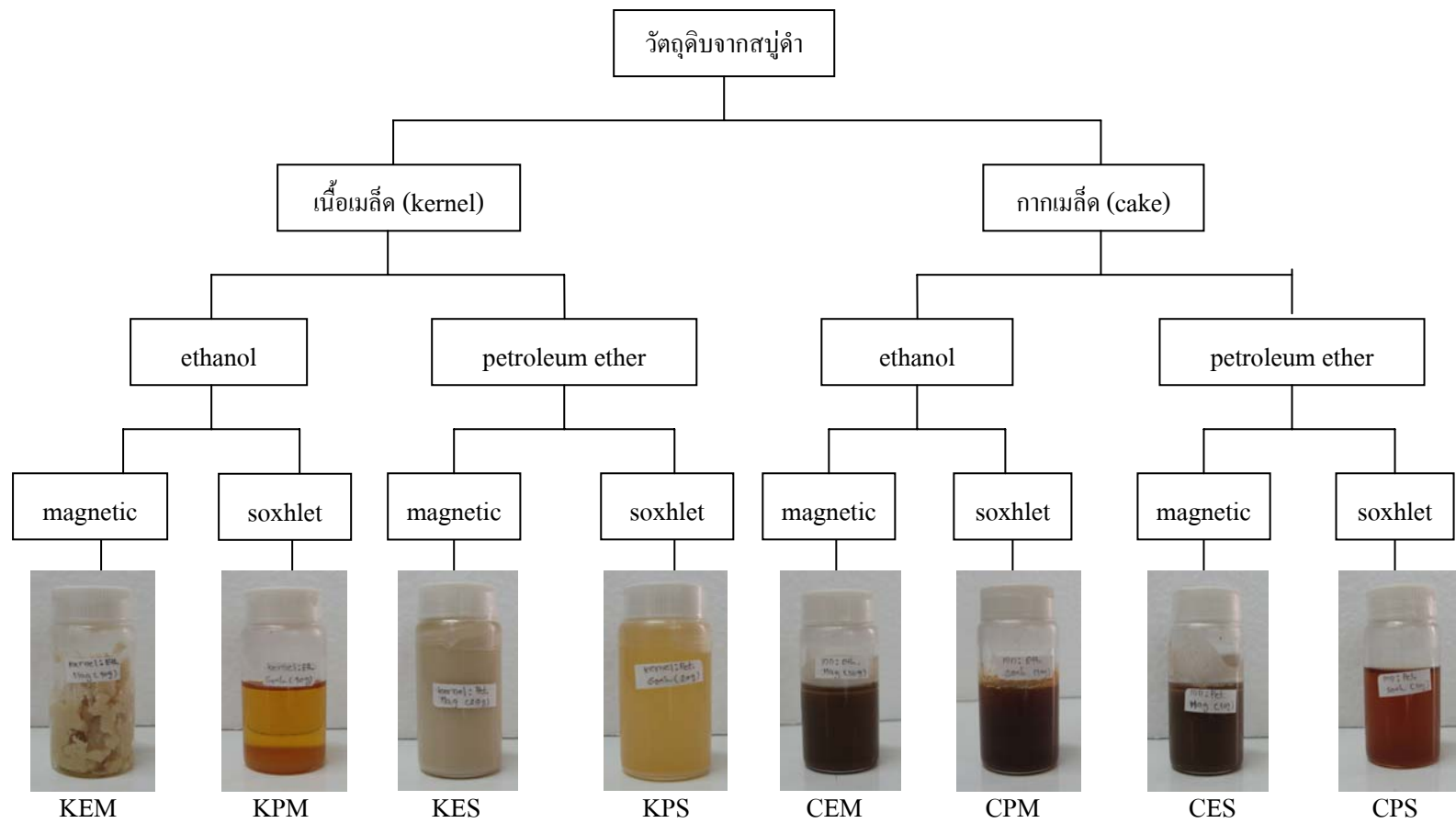
เริ่มการทดลองตั้งแต่ เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2549 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2552

ผลและวิจารณ์

ผลการทดลอง

สารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำ

การสกัดสารจากเนื้อเมล็ดสบู่ดำและกากเหลือจากการหีบน้ำมันโดยใช้ตัวทำละลายในการสกัด 2 ชนิด คือ ethanol และ petroleum ether ด้วยวิธีการสกัดหยาบ 2 กรรมวิธี คือ วิธีการแช่และกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer วิธีนี้เป็นการสกัดที่ไม่มีการให้ความร้อนแก่สาร วัตถุดิบจะถูกแช่และเคลื่อนที่อยู่ในตัวทำละลายตลอดเวลา โดยจะถูกกวนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และแช่ทิ้งไว้นาน 3 วัน และวิธีสกัดแบบต่อเนื่องด้วยเครื่อง soxhlet apparatus วิธีนี้มีการให้ความร้อนแก่สารประมาณ 50°C วัตถุดิบจะถูกแช่อยู่ในตัวทำละลายตลอดเวลาโดยไม่มีการเคลื่อนที่ แต่ตัวทำละลายจะไหลผ่านวัตถุดิบอย่างต่อเนื่อง วันละ 8 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน การสกัดทั้ง 2 วิธีการ จะได้สารสกัดหยาบ 8 ชนิด ในรูปของน้ำมัน ไม่ละลายน้ำ (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 ตัวอย่างสารสกัดหยาบจากสนุ่นดำ

เมื่อทำการเปรียบเทียบน้ำหนักของสารสกัดหยาบที่ได้ทั้ง 8 ชนิด พบว่า ถ้าใช้วิธีการสกัดและตัวทำละลายชนิดเดียวกัน สารสกัดหยาบที่ใช้เนื้อเมล็ด (kernel) เป็นวัตถุดิบในการสกัดจะได้น้ำหนักสารมากกว่าใช้กากเหลือ (cake) เป็นวัตถุดิบ โดยสารสกัด KEM มีน้ำหนัก 35.2 กรัม ส่วนสาร CEM มีน้ำหนัก 13.2 กรัม, สาร KPM น้ำหนัก 60.9 กรัม ส่วนสาร CPM น้ำหนัก 33.3 กรัม, สาร KES น้ำหนัก 16.7 กรัม ส่วนสาร CES น้ำหนัก 11.1 กรัม และสาร KPS น้ำหนัก 51.7 กรัม ส่วนสาร CPS น้ำหนัก 22.8 กรัม (ตารางที่ 1)

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสารที่สกัดด้วยวัตถุดิบและตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่กรรมวิธีต่างกัน พบว่า สารสกัดด้วยวิธีแช่และกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer ได้น้ำหนักสารมากกว่าการสกัดด้วยเครื่อง soxhlet apparatus โดยสารสกัด KEM มีน้ำหนัก 35.2 กรัม ส่วนสาร KES มีน้ำหนัก 16.7 กรัม, สาร KPM น้ำหนัก 60.9 กรัม ส่วนสาร KPS น้ำหนัก 51.7 กรัม, สาร CEM น้ำหนัก 13.2 กรัม ส่วนสาร CES น้ำหนัก 11.1 กรัม และสาร CPM น้ำหนัก 33.3 กรัม ส่วนสาร CPS น้ำหนัก 22.8 กรัม (ตารางที่ 1)

และเมื่อเปรียบเทียบสารสกัดหยาบที่ใช้วัตถุดิบและกรรมวิธีสกัดชนิดเดียวกัน แต่ใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน สารสกัดหยาบที่ใช้ petroleum ether เป็นตัวทำละลาย จะได้น้ำหนักสารมากกว่าสารสกัดที่ใช้ ethanol เป็นตัวทำละลาย โดยสาร KPM มีน้ำหนัก 60.9 กรัม ส่วนสาร KEM มีน้ำหนัก 35.2 กรัม, สาร KPS น้ำหนัก 51.7 กรัม ส่วนสาร KES น้ำหนัก 16.7 กรัม, สาร CPM น้ำหนัก 33.3 กรัม ส่วนสาร CEM น้ำหนัก 13.2 กรัม และสาร CPS น้ำหนัก 22.8 กรัม ส่วนสาร CES น้ำหนัก 11.1 กรัม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 น้ำหนักของสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำด้วยวิธีการสกัดและตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

วัตถุดิบ	น้ำหนักสารสกัด (กรัม/วัตถุดิบ 100 กรัม)			
	magnetic stirrer		soxhlet apparatus	
	ethanol	petroleum ether	ethanol	petroleum ether
kernel	35.2	60.9	16.7	51.7
cake	13.2	33.3	11.1	22.8

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาดต่อหนอนเจาะสมอฝ้ายและเพลี้ยอ่อนถั่ว

1. ฤทธิ์ในการฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้าย (Insecticidal activity)

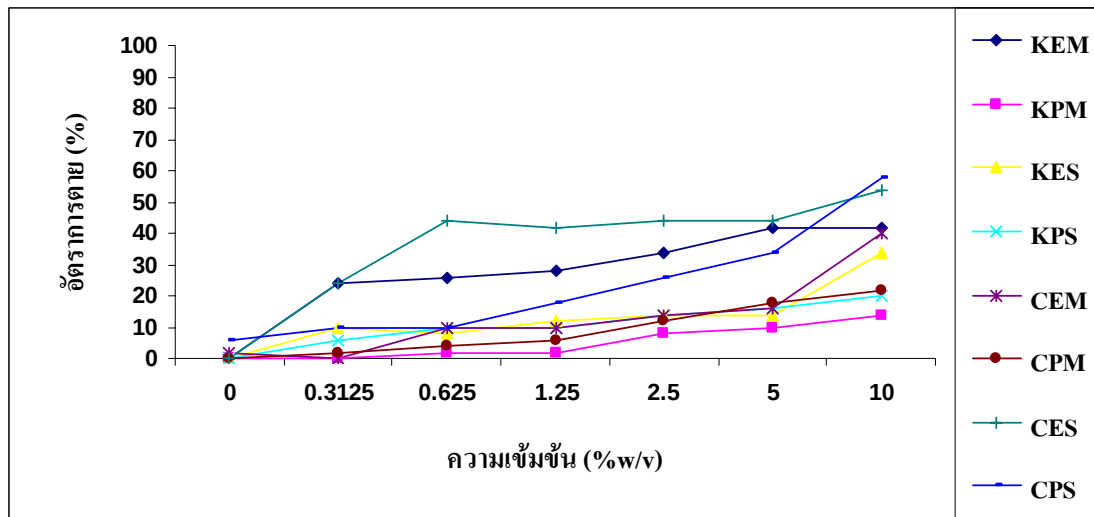
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามตารางผนวกที่ 28-33 พบว่า interaction ระหว่างปัจจัยต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกความเข้มข้นที่ทดสอบ ทำให้การแปลผลข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยหลักมีความไม่ชัดเจนจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนใหม่โดยจัดให้แต่ละ treatment combination เป็นเสมือน single treatment และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาด 8 ชนิด จากสปู่ดำต่อหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 โดยวิธีจุ่มขึ้นใบฝ้ายลงในสารสกัดที่ความเข้มข้น 0.3125, 0.625, 1.25, 2.5, 5 และ 10% (w/v) เป็นเวลา 30 วินาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ขึ้นใบฝ้ายจุ่มน้ำผสมตัวทำลาย 1%, emulsifier 0.5% + สารจับใบ 0.5%) ตรวจนับจำนวนการตายทุกๆ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดจากเนื้อเมล็ดสปู่ดำด้วยการสกัด 2 กรรมวิธี และตัวทำลายทั้ง 2 ชนิด ทำให้หนอนมีอัตราการตายระหว่าง 0-58% (ภาพที่ 17)

เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบฤทธิ์ในการฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้ายของสารสกัดชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน พบว่า ที่ความเข้มข้น 10% สารสกัด CPS, CES, KEM และ CEM มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้ายได้สูงสุดคือ 58, 54, 42 และ 40% ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสารสกัดหยาดอีก 4 ชนิด คือ สาร KES, CPM, KPS, KPM มีฤทธิ์ในการฆ่าได้ 34, 22, 20 และ 14% ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับความเข้มข้นอื่นที่ทำการทดสอบสารสกัดทุกชนิดมีผลทำให้หนอนตายได้น้อยกว่า 50%

และเมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบฤทธิ์ในการฆ่าของสารสกัดชนิดเดียวกันที่ความเข้มข้นต่างๆ (ตารางที่ 3) โดยพิจารณาเฉพาะสารที่มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้ายได้สูงสุด 4 ชนิด พบว่าสาร CES ที่ความเข้มข้น 0.625-10% มีฤทธิ์สามารถฆ่าหนอนได้ 42-54% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสาร KEM ที่ความเข้มข้น 0.3125-10% สามารถฆ่าได้ 24-42% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนสาร CPS และ CEM ที่ความเข้มข้น 10% ให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า ส่วนสารสกัดหยาดอีก 4 ชนิด คือ สาร KES, CPM, KPS,

KPM ที่ความเข้มข้น 0.3125-10% มีฤทธิ์ฆ่าเห็บได้ค่อนข้างต่ำคือ 8-34, 2-22, 6-20 และ 0-14% ตามลำดับ



ภาพที่ 17 อัตราการตายของเห็บสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ด และกากเมล็ดสบู่ดำ ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ตารางที่ 2 อัตราการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อเลี้ยงบนชิ้นใบฝ้ายซึ่งผ่านการจุ่มในสารสกัดหยาดชนิดต่างๆ จากสับดำ ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ (เปรียบเทียบระหว่างสารสกัดชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน)

สารสกัดหยาด	อัตราการตาย (%) (Mean±SE) ^{1/}						
	ชุดควบคุม	0.3125	0.625	1.25	2.5	5	10
KEM	0±0.00a	24±8.12b	26±6.78b	28±6.63bc	34±2.45b	42±4.90c	42±8.6cde
KES	0±0.00a	10±4.47a	8±3.74a	12±2.00ab	14±7.48a	14±6.00ab	34±6.78abcd
KPM	0±0.00a	0±0.00a	2±2.00a	2±2.00a	8±5.83a	10±5.48a	14±5.10a
KPS	0±0.00a	6±4.00a	10±3.16a	10±3.16ab	14±9.27a	16±5.10ab	20±3.16ab
CEM	2±2.00a	0±0.00a	10±3.16a	10±5.48ab	14±5.10a	16±4.00ab	40±4.47bcde
CES	0±0.00a	24±5.10b	44±8.72c	42±10.68c	44±2.45b	44±8.12c	54±10.30de
CPM	0±0.00a	2±2.00a	4±2.45a	6±4.00a	12±3.74a	18±8.60ab	22±5.83abc
CPS	6±2.45b	10±4.47a	10±3.16a	18±7.35ab	26±8.72ab	34±11.22bc	58±3.74e

^{1/} ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 3 อัตราการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อเลี้ยงบนชิ้นใบฝ้ายซึ่งผ่านการจุ่มในสารสกัดหยาดชนิดต่างๆ จากสบูดำ ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ (เปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดแต่ละชนิด)

ความเข้มข้น (% w/v)	อัตราการตาย (%) (Mean±SE) 1/							
	KEM	KES	KPM	KPS	CEM	CES	CPM	CPS
ชุดควบคุม	0±0.00a	0±0.00a	0±0.00a	0±0.00a	2±2.00ab	0±0.00a	0±0.00a	6±2.45a
0.3125	24±8.12b	10±4.47a	0±0.00a	6±4.00ab	0±0.00a	24±5.10b	2±2.00a	10±4.47a
0.625	26±6.78b	8±3.74a	2±2.00a	10±3.16ab	10±3.16abc	44±8.72bc	4±2.45ab	10±3.16a
1.25	28±6.63b	12±2.00a	2±2.00a	10±3.16ab	10±5.48abc	42±10.68bc	6±4.00ab	18±7.35ab
2.5	34±2.45b	14±7.48a	8±5.83ab	14±9.27ab	14±5.10bc	44±2.45bc	12±3.74abc	26±8.72ab
5	42±4.90b	14±6.00a	10±5.48ab	16±5.10b	16±4.00c	44±8.12bc	18±8.60bc	34±11.22b
10	42±8.60b	34±6.78b	14±5.10b	20±3.16b	40±4.47d	54±10.30c	22±5.83c	58±3.74c

1/ ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

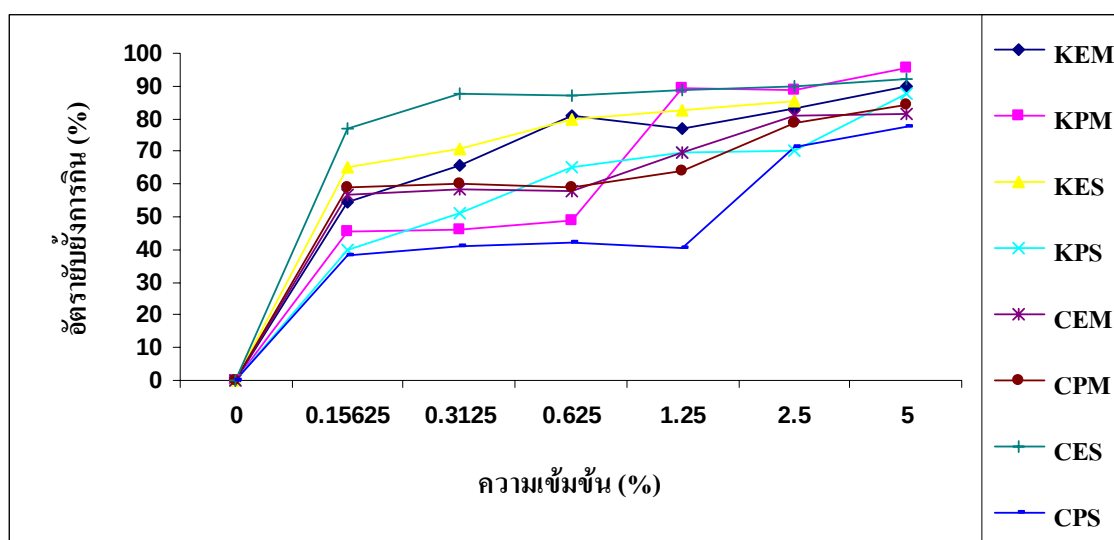
2. ฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้าย (Antifeedant activity)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามตารางผนวกที่ 34-39 พบว่า interaction ระหว่างปัจจัยต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกความเข้มข้นที่ทดสอบ ทำให้การแปลผลข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยหลักมีความไม่ชัดเจนจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนใหม่โดยจัดให้แต่ละ treatment combination เป็นเสมือน single treatment และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบ 8 ชนิด จากสบู่ดำ แบบไม่ให้ทางเลือกในการกินอาหาร (no-choice test) ต่อหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 โดยวิธีจุ่มใบฝ้ายลงในสารสกัดที่ความเข้มข้น 0.15625, 0.3125, 0.625, 1.25, 2.5 และ 5% (w/v) เป็นเวลา 30 วินาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ให้หนอนกินใบฝ้ายชุบสารเป็นเวลา 48 ชั่วโมง และวัดพื้นที่การกิน พบว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดสบู่ดำ 4 ชนิด คือ สารสกัด KEM, KPM, KES และ KPS มีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารได้ 54-89, 45-95, 65-85 และ 39-87% ตามลำดับ ส่วนสารสกัดหยาบจากกากสบู่ดำ 4 ชนิด คือ สารสกัด CEM, CPM, CES และ CPS มีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารได้ 57-81, 58-84, 77-92 และ 37-77% (ภาพที่ 18)

เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหารของสารสกัดชนิดต่างๆ ภายใต้อาการกินอาหารเดียวกัน พบว่า ที่ความเข้มข้น 5% มีสารสกัดจาก 6 ชนิด สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้ายได้สูงและไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือสารสกัด KPM, CES, KEM, KPS, CPM และ CEM สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ 95.57, 92.16, 89.71, 87.69, 84.01 และ 81.24% ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ส่วนสารสกัด CPS สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนได้ 77.77% ในขณะที่สาร KES ที่ความเข้มข้น 5% ทำให้ใบฝ้ายเกิดการใบไหม้จึงไม่สามารถทดสอบและวัดพื้นที่ใบได้ ที่ความเข้มข้น 2.5% สารสกัดหยาบทั้ง 8 ชนิด สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ สาร KEM, KES, KPM, KPS, CEM, CES, CPM และสาร CPS โดยสามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนได้ 83.00, 85.48, 88.52, 70.48, 80.66, 89.93, 78.67 และ 71.46% ตามลำดับ ส่วนที่ความเข้มข้น 0.15625-1.25% สารสกัดทั้งหมดสามารถยับยั้งการกินได้ 37.96-89.37%

เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหารของสารสกัดหยาบชนิดเดียวกัน ที่ความเข้มข้นต่างๆ (ตารางที่ 5) โดยเปรียบเทียบจากสาร KPM, CES, KEM, KPS, CPM และ CEM ที่สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้ายได้สูงสุด พบว่า สารสกัดด้วยวิธี KPM ที่ความเข้มข้น 1.25-5% มีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ 88.52-95.57% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สารสกัดด้วยกรรมวิธี CES ที่ความเข้มข้น 0.3125-5% มีฤทธิ์ยับยั้งการกินได้ 87.08-92.16% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สาร KEM ที่ความเข้มข้น 2.5 และ 5% ยับยั้งการกินได้ 83.00 และ 89.71% ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สาร KPS ที่ความเข้มข้น 5% ยับยั้งการกินได้ 87.69% ให้ผลแตกต่างจากความเข้มข้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาร CPM ที่ความเข้มข้น 0.15625-5% ยับยั้งการกินได้ 58.92-84.01% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสาร CEM ที่ความเข้มข้น 1.25-5% ยับยั้งได้ 69.82-81.24% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนสารสกัดอีก 2 ชนิด คือ สาร KES ที่ความเข้มข้น 0.15625-2.5% ยับยั้งได้ 65.39-85.48% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสาร CPS ที่ความเข้มข้น 2.5 และ 5% ยับยั้งการกินอาหารได้ 71.46 และ 77.77% ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 18 อัตรายับยั้งการกินอาหาร (AFI) ของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำ ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชั่วโมงหลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ตารางที่ 4 อัตรายับยั้งการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อเลี้ยงบนจีนใบฝ้ายซึ่งผ่านการจุ่มในสารสกัดหยาดชนิดต่างๆ จากสมุนไพร ที่ 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ (เปรียบเทียบระหว่างสารสกัดชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน)

สารสกัดหยาด	ค่า AFI (Mean±SE) ^{1/}						
	ชุด	0.15625	0.3125	0.625	1.25	2.5	5
	ควบคุม	(%w/v)	(%w/v)	(%w/v)	(%w/v)	(%w/v)	(%w/v)
KEM	0±0.00	54.70±5.95abc	65.80±2.84abc	81.17±4.33cd	77.18±5.14bcd	83.00±2.99a	89.71±3.43ab
KES	0±0.00	65.39±8.21bc	71.01±6.63bc	79.65±10.91cd	82.86±8.44cd	85.48±4.17a	Phytotoxic
KPM	0±0.00	45.59±5.92ab	45.84±5.03a	48.89±10.05ab	89.37±5.41d	88.52±4.06a	95.57±1.70b
KPS	0±0.00	39.68±3.71ab	51.28±4.71ab	65.23±3.09bc	69.55±4.78bc	70.48±8.40a	87.69±4.27ab
CEM	0±0.00	57.01±4.91abc	58.47±11.25ab	58.14±2.64ab	69.82±6.26bc	80.66±7.61a	81.24±6.17ab
CES	0±0.00	77.05±4.03c	87.80±6.28c	87.08±1.22d	88.96±3.25d	89.93±3.27a	92.16±3.78ab
CPM	0±0.00	58.92±11.20abc	60.18±11.60ab	58.98±9.03ab	63.88±3.77b	78.67±9.40a	84.01±3.27ab
CPS	0±0.00	37.96±6.65a	40.93±8.68a	42.09±5.16a	40.64±7.74a	71.46±3.40a	77.77±7.17a

^{1/} ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

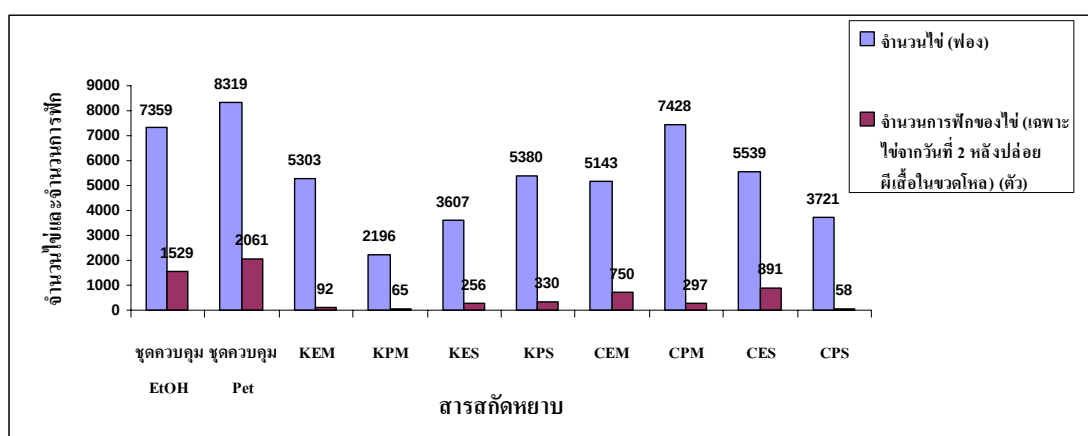
ตารางที่ 5 อัตรายับยั้งการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อเลี้ยงบนจีนใบฝ้ายซึ่งผ่านการจุ่มในสารสกัดหยาดชนิดต่างๆ จากสมุนไพร ที่ 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ (เปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดแต่ละชนิด)

ความเข้มข้น	AFI (Mean±SE) ^{1/}							
(%w/v)	KEM	KES	KPM	KPS	CEM	CES	CPM	CPS
ชุดควบคุม	0±0.00a	0±0.00a	0±0.00a	0±0.00a	0±0.00a	0±0.00a	0±0.00a	0±0.00a
0.15625	54.70±5.95b	65.39±8.21b	45.59±5.92b	39.68±3.71b	57.01±4.91b	77.05±4.03b	58.92±11.20b	37.96±6.65b
0.3125	65.80±2.84bc	71.01±6.63b	45.84±5.03b	51.28±4.71b	58.47±11.25b	87.80±6.28bc	60.18±11.60b	40.93±8.68b
0.625	81.17±4.33de	79.65±10.91b	48.89±10.05b	65.23±3.09c	58.14±2.64b	87.08±1.22bc	58.98±9.03b	42.09±5.16b
1.25	77.18±5.14cd	82.86±8.44b	89.37±5.41c	69.55±4.78c	69.82±6.26bc	88.96±3.25c	63.88±3.77b	40.64±7.74b
2.5	83.00±2.99de	85.48±4.17b	88.52±4.06c	70.48±8.40c	80.66±7.61c	89.93±3.27c	78.67±9.40b	71.46±3.40c
5	89.71±3.43e	Phytotoxic	95.57±1.70c	87.69±4.27d	81.24±6.17c	92.16±3.78c	84.01±3.27b	77.77±7.17c

^{1/} ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ผลของสารสกัดหยาบต่อการขยายพันธุ์ของฝิเลื้อหอนเจาะสมอฝ้าย (Antiovipositional activity and ovicidal activity)

การศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากสบู่ดำที่มีต่อการขยายพันธุ์ของฝิเลื้อหอนเจาะสมอฝ้าย โดยให้หอนวัย 2 กินใบฝ้ายที่ผ่านการจุ่มในสารสกัดความเข้มข้น 0.1% (w/v) เป็นเวลา 48 ชั่วโมงก่อนย้ายไปเลี้ยงด้วยอาหารเทียมปกติจนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย จึงนำฝิเลื้อเพศผู้และเพศเมียใส่ภายในขวดโหลเดียวกันและตรวจนับไข่เป็นเวลา 7 วัน พบว่า ฝิเลื้อเพศเมียที่หอนวัย 2 ได้รับสารสกัดหยาบ 4 ชนิดจากเนื้อเมล็ดสบู่ดำ คือ สาร KEM, KPM, KES และ KPS มีการวางไข่ 72.02, 26.40, 49.01 และ 64.67% ตามลำดับ และไข่มีอัตราการฟัก 10.19, 7.86, 35.90, 37.12% ตามลำดับ (ตารางที่ 6) และฝิเลื้อเพศเมียที่หอนวัย 2 ได้รับสารสกัดหยาบ 4 ชนิดจากกากสบู่ดำ คือ สาร CEM, CPM, CES และ CPS พบว่า ฝิเลื้อเพศเมียมีการวางไข่ 69.89, 89.29, 75.27 และ 44.73% ตามลำดับ และไข่มีอัตราการฟัก 43.17, 21.63, 47.95 และ 6.62% ตามลำดับ (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 จำนวนไข่และจำนวนการฟักของไข่ของฝิเลื้อหอนเจาะสมอฝ้ายที่ได้รับสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำความเข้มข้น 0.1% ตั้งแต่ระยะหอนวัย 2 นาน 48 ชั่วโมง หลังปล่อยฝิเลื้อผสมพันธุ์กันเป็นเวลา 7 วัน (เพศผู้ 3 ตัว: เพศเมีย 2 ตัว)

เมื่อเปรียบเทียบผลของสารสกัดที่มีต่อการขยายพันธุ์ของฝิเลื้อหอนเจาะสมอฝ้ายทั้ง 8 ชนิด พบว่าสารสกัดหยาบที่ใช้ ethanol เป็นตัวทำละลาย 2 ชนิด คือสาร KES และ CEM มีผลให้ฝิเลื้อหอนเจาะสมอฝ้ายวางไข่น้อยลง (721.40 ฟอง และ 1028.60 ฟอง ตามลำดับ) (ตารางที่ 6) และแตกต่างกับชุดควบคุม (1,471.80 ฟอง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสารสกัดหยาบที่สกัดด้วย petroleum ether พบว่าสาร KPM และ CPS มีผลทำให้ฝิเลื้อวางไข่น้อยลง (432.20 ฟอง และ

744.20 ฟอง ตามลำดับ) และแตกต่างกับชุดควบคุม (1,663.80 ฟอง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสารสกัดหยาบชนิดอื่นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม โดยสาร KEM, KPS, CPM และ CPS วางไข่ได้ 1,060.00, 1,076.00, 1,485.60 และ 1,107.80 ฟอง ตามลำดับ แต่จากการบันทึกจำนวนการฟักของไข่ที่วางในวันที่ 2 หลังการปล่อยผีเสื้อให้ผสมพันธุ์กัน พบว่าไข่ของผีเสื้อที่ได้รับสารสกัดในระยะหย่อนมีอัตราการฟักต่ำกว่าไข่ในชุดควบคุมทุกชนิด

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยจำนวนไข่และอัตราการฟักของไข่ของผีเสื้อหย่อนเจาะสมอฝ้ายที่ได้รับสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสนับดำความเข้มข้น 0.1% ตั้งแต่ระยะหย่อนวัย 2 นาน 48 ชั่วโมง หลังปล่อยผีเสื้อผสมพันธุ์กันเป็นเวลา 7 วัน (เพศผู้ 3 ตัว: เพศเมีย 2 ตัว)

สารสกัดหยาบ	จำนวนไข่ ^{1/}	อัตราการวางไข่	
		เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (%)	อัตราการฟักของไข่ (%) ^{2/}
ชุดควบคุม: EtOH	1471.80±242.89b	100.00	61.33
KEM	1060.00±182.25ab	72.02	10.19
KES	721.40±197.11a	49.01	35.9
CEM	1028.60±221.05a	69.89	43.17
CES	1107.80±78.34ab	75.27	47.95
ชุดควบคุม: Pet	1663.80±274.12c	100.00	74.92
KPM	439.20±99.34a	26.40	7.86
KPS	1076.00±148.76bc	64.67	37.12
CPM	1485.60±173.70c	89.29	21.63
CPS	744.20±220.22ab	44.73	6.62

^{1/} ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ที่ใช้ตัวทำละลายเดียวกันและตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/} อัตราการฟักของไข่ที่ผีเสื้อเพศเมียวางในวันที่ 2 หลังปล่อยผีเสื้อให้ผสมพันธุ์กันในขวดโหลพลาสติก

4. ฤทธิ์ในการฆ่าเพลี้ยอ่อนตัว (Insecticidal activity)

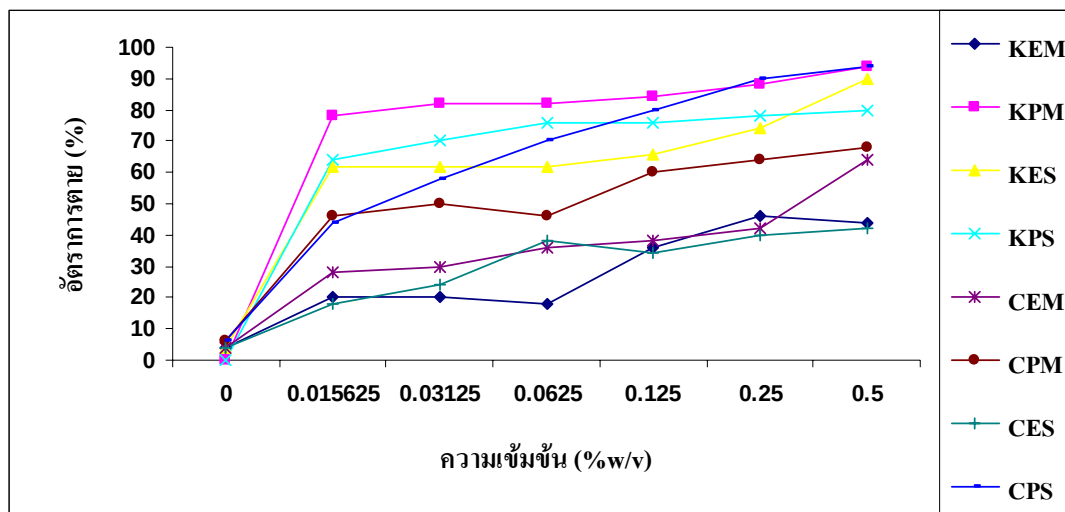
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามตารางผนวกที่ 40-45 พบว่า interaction ระหว่างปัจจัยต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกความเข้มข้นที่ทดสอบ ทำให้การแปลผลข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยหลักมีความไม่ชัดเจนจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนใหม่โดยจัดให้แต่ละ treatment combination เป็นเสมือน single treatment และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบ 8 ชนิดจากสบู่ดำ ต่อเพลี้ยอ่อนตัว โดยวิธีจุ่มใบถั่วลงในสารสกัดที่ความเข้มข้น 0.015625, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25 และ 0.5% (w/v) เป็นเวลา 30 วินาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ตรวจนับจำนวนการตายทุกๆ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดสบู่ดำ 4 ชนิด คือ สารสกัด KEM, KPM, KES และ KPS มีฤทธิ์สามารถฆ่าเพลี้ยอ่อนตัวได้ 20-44, 78-94, 62-90 และ 64-80% ตามลำดับ และมีค่าความเป็นพิษ (LC_{50}) เท่ากับ 0.89, 0.0068, 0.0003 และ 0.0007% (w/v) ตามลำดับ (ภาพที่ 20 และตารางที่ 7) ส่วนสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ 4 ชนิด คือ สารสกัด CEM, CPM, CES และ CPS มีฤทธิ์สามารถฆ่าเพลี้ยอ่อนได้ 28-64, 46-68, 18-42 และ 44-94% ตามลำดับ และมีค่าความเป็นพิษ (LC_{50}) เท่ากับ 0.37, 1.36, 0.06 และ 0.02% (w/v) ตามลำดับ

เมื่อทำการเปรียบเทียบฤทธิ์ในการฆ่าของสารสกัดชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน พบว่า ที่ความเข้มข้น 0.5% สารสกัด KPM, CPS, KES, KPS, CPM และ CEM มีฤทธิ์ในการฆ่าเพลี้ยอ่อนตัวได้สูงสุด 94, 94, 90, 80, 68 และ 64% ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสารสกัดหยาบอีก 2 ชนิด คือ สาร KEM และ CES มีฤทธิ์ในการฆ่าได้ 44 และ 42% ตามลำดับ และ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนที่ความเข้มข้น 0.015625-0.25% สารสกัดหยาบทั้งหมดมีฤทธิ์ฆ่าเพลี้ยอ่อนได้ 18-90%

และเมื่อทำการเปรียบเทียบฤทธิ์ในการฆ่าของสารสกัดชนิดเดียวกันที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าสาร KPM, KES, KPS และ CPM ที่ความเข้มข้น 0.015625-0.5% มีฤทธิ์สามารถฆ่าเพลี้ยอ่อนได้ 74-94, 62-90, 64-80 และ 46-68% ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาร CPS ที่ความเข้มข้น 0.125-0.5% สามารถฆ่าได้ 80-94% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสาร CEM ที่ความเข้มข้น 0.0625-0.5% สามารถฆ่าได้ 36-64% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนสารสกัด

หยาบอีก 2 ชนิด คือ สาร KEM และ CES ที่ความเข้มข้น 0.015625-0.5% ฆ่าได้ 18-44% และ 18-42% ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 20 อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนถั่ว เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ด ถั่วดำความเข้มข้นต่างๆ ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ตารางที่ 7 ค่า LC_{50} ของสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดถั่วดำความเข้มข้นต่างๆ ที่มีต่อเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน โดยตรวจสอบผลที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

สารสกัด หยาบ	LC_{50}	Fiducial Limits		Parameter estimates ^{1/}		
		Upper	Lower	A	slope	M
KEM	0.89	0.45	3.42	4.44	0.61	9.03
KES	0.00683	0.00014	0.02	5.46	0.45	8.86
KPM	0.00027	0	0.00231	6.01	0.42	8.86
KPS	0.00065	0	0.00522	5.64	0.31	8.91
CEM	0.37	0.21	1.02	4.69	0.53	8.97
CES	1.36	0.51	16.23	4.49	0.44	8.99
CPM	0.06	0.03	0.11	5.07	0.43	8.95
CPS	0.02	0.01	0.03	5.52	1.02	8.79

^{1/} Regression Line: $Y=A+slope(X-M)$

ตารางที่ 8 อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อเลี้ยงบนใบถั่วซึ่งผ่านการจุ่มในสารสกัดหยาดชนิดต่างๆ จากสมุนไพร ที่ 72 ชั่วโมง
หลังการทดสอบ (เปรียบเทียบระหว่างสารสกัดชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน)

สารสกัดหยาด	อัตราการตาย (%) ^{1/}						
	ชุดควบคุม	0.015625	0.03125	0.0625	0.125	0.25	0.5
KEM	4±0.49	20±1.79a	20±1.1a	18±2.14a	36±2.24a	46±2.33ab	44±2.66ab
KES	4±0.49	62±3.25bc	62±1.94bc	62±2.23bc	66±1.5ab	74±1.36c	90±1.79c
KPM	0±0.00	78±2.32c	82±2.23c	82±2.71c	84±1.85c	88±0.40c	94±0.80c
KPS	0±0.00	64±3.26bc	70±1.90c	76±2.06c	76±1.17c	78±0.63c	80±2.33bc
CEM	4±0.80	28±2.32ab	30±0.89ab	36±1.74ab	38±2.40a	42±2.14a	64±2.58abc
CES	4±0.80	18±0.98a	24±2.06a	38±2.48ab	34±2.87a	40±2.19a	42±3.30a
CPM	6±0.80	46±1.50abc	50±3.58abc	46±2.24bc	60±2.00ab	64±2.65bc	68±1.93abc
CPS	6±0.80	44±1.85abc	58±1.94bc	70±0.63bc	80±2.19c	90±0.63c	94±0.49c

^{1/} ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วย
Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 9 อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อเลี้ยงบนใบถั่วซึ่งผ่านการจุ่มในสารสกัดหยาบชนิดต่างๆ จากสมุนไพร ที่ 72 ชั่วโมง
หลังการทดสอบ (เปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดแต่ละชนิด)

ความเข้มข้น (%w/v)	อัตราการตาย (%) ^{1/}							
	KEM	KES	KPM	KPS	CEM	CES	CPM	CPS
ชุดควบคุม	4±0.49a	4±0.49a	0±0.00a	0±0.00a	4±0.80a	4±0.80a	6±0.80a	6±0.80a
0.015625	20±1.79ab	62±3.25b	78±2.32b	64±3.26b	28±2.32ab	18±0.98ab	46±1.50b	44±1.85b
0.03125	20±1.1ab	62±1.94b	82±2.23b	70±1.90b	30±0.89ab	24±2.06ab	50±3.58b	58±1.94bc
0.0625	18±2.14ab	62±2.23b	82±2.71b	76±2.06b	36±1.74bc	38±2.48ab	46±2.24b	70±0.63cd
0.125	36±2.24b	66±1.5b	84±1.85b	76±1.17b	38±2.40bc	34±2.87ab	60±2.00b	80±2.19de
0.25	46±2.33b	74±1.36b	88±0.40b	78±0.63b	42±2.14c	40±2.19b	64±2.65b	90±0.63de
0.5	44±2.66b	90±1.79b	94±0.80b	80±2.33b	64±2.58c	42±3.30b	68±1.93b	94±0.49e

^{1/} ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วย
Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5. ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากกากเมล็ดสบู่ดำต่อการวางไข่ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายในเรือนทดลอง

การศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากสบู่ดำที่มีต่อการขยายพันธุ์ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายในเรือนทดลอง จะเลือกใช้สารสกัดเพียงชนิดเดียว โดยพิจารณาจากคุณสมบัติต่างๆ คือ มีประสิทธิภาพในการควบคุมสูง ใช้วิธีการสกัดที่ง่าย เกษตรกรสามารถทำได้เองและนำไปใช้ได้จริงในสภาพไร่ สารสกัดหยาบที่เลือกใช้คือ กากเมล็ดแช่และกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer ในตัวทำละลาย ethanol (ตารางที่ 10) และดัดแปลงวิธีการสกัดให้ง่ายและสะดวกเหมาะแก่การนำไปใช้จริง โดยแช่กากในตัวทำละลาย ethanol เป็นเวลา 3 วัน

ตารางที่ 10 ประสิทธิภาพด้านต่างๆ ของสารสกัดหยาบจากสบู่ดำจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (พิจารณาเฉพาะสารสกัดที่ให้ผลแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับชุดควบคุม)

ประสิทธิภาพของสารสกัด	สารสกัด							
	KEM	KES	KPM	KPS	CEM	CES	CPM	CPS
ฤทธิ์ในการฆ่า	*	NS	NS	NS	*	*	NS	*
ฤทธิ์ยับยั้งการกิน	*	NS	*	*	*	*	*	NS
ผลต่อการขยายพันธุ์	NS	*	*	NS	*	NS	NS	*

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อใช้สารสกัดความเข้มข้น 1% ฉีดพ่นลงบนต้นฝ้ายในชุดทดลอง พบว่า ผีเสื้อเพศเมียวางไข่บนต้นฝ้ายที่ฉีดพ่นสารได้เฉลี่ย 7.20 ฟองต่อต้น (ตารางที่ 11) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับต้นฝ้ายที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารซึ่งผีเสื้อวางไข่ได้เฉลี่ย 24.80 ฟองต่อต้น และเมื่อทำการเปรียบเทียบจำนวนตัวหนอนที่ 7 วันหลังการฉีดพ่นสาร พบว่า ไม่ปรากฏหนอนเจาะสมอฝ้ายบนต้นฝ้ายที่ได้รับการฉีดพ่นสารสกัดแม้แต่ตัวเดียว ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมที่พบหนอนเฉลี่ย 4.15 ตัวต่อต้น

ตารางที่ 11 จำนวนไข่ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายต่อต้านเปรียบเทียบระหว่างต้นฝ้ายในชุดควบคุมและชุดทดลองซึ่งฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากกากเมล็ดสบู่ดำแช่ในตัวทำละลาย ethanol เป็นเวลา 3 วัน ที่ความเข้มข้น 1%

กรรมวิธี	N	จำนวนไข่ (ฟอง/ต้น) ^{1/}	t	df	Sig (2-tailed)
ชุดทดลอง	5	7.20±7.2	3.344	4	0.029 ^{2/}
ชุดควบคุม	5	24.80±10.84			

^{1/} ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{2/} แปลงข้อมูลแบบ log(x-1)

ตารางที่ 12 จำนวนหนอนเจาะสมอฝ้ายต่อต้านเปรียบเทียบระหว่างต้นฝ้ายในชุดควบคุมและชุดทดลองซึ่งฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากกากเมล็ดสบู่ดำแช่ในตัวทำละลาย ethanol เป็นเวลา 3 วัน ที่ความเข้มข้น 1% หลังการฉีดพ่น 7 วัน

กรรมวิธี	N	จำนวนไข่ที่ฟัก (ตัว/ต้น) ^{1/}	t	df	Sig (2-tailed)
ชุดทดลอง	20	0±0.00	-3.936	19	0.001
ชุดควบคุม	20	4.15±1.06			

^{1/} ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

วิจารณ์ผลการทดลอง

การสกัดสารสำคัญจากพืชสามารถทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปการสกัดเบื้องต้นจะได้ องค์ประกอบเป็นสารผสมหรือสารสกัดหยาบ (crude extract) ซึ่งเป็นสิ่งที่สกัดออกมาโดยใช้ตัวทำละลายต่างๆ (solvent) สารสกัดหยาบที่ได้จะเป็นสารผสมขององค์ประกอบทางเคมีของพืชซึ่งจะมีทั้งสารสำคัญ (active constituents) ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ และสารเฉื่อย (inert substances) (รัตนนา, 2547) การสกัดสารจากพืชด้วยกรรมวิธีและตัวทำละลายที่มีขั้วแตกต่างกัน (polarity) จะทำให้ได้ สารสกัดหยาบในปริมาณที่แตกต่างกัน

การสกัดสารจากเนื้อเมล็ดและกากสบู่ดำด้วยวิธีการและตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ สารสกัดหยาบในรูปของน้ำมันปริมาณแตกต่างกัน โดยสารที่ใช้เนื้อเมล็ดเป็นวัตถุดิบในการสกัดจะได้ปริมาณสารมากกว่าใช้กากเป็นวัตถุดิบเนื่องจากกากเป็นส่วนที่เหลือจากการหีบน้ำมันไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นแล้วจึงเหลือปริมาณน้ำมันเพียงเล็กน้อย ไทยโพสท์ (2548) รายงานว่า การสกัด น้ำมันด้วยระบบไฮดรอลิกและระบบอัดเกลียว จะได้น้ำมันประมาณ 25-30% และมีน้ำมันตกค้างอยู่ในกากประมาณ 10-15% ส่วนในเนื้อเมล็ดเป็นแหล่งที่มีปริมาณน้ำมันสูงโดยมีประมาณ 46-58% ของน้ำหนักเนื้อเมล็ด (ทวีศักดิ์, 2548) เมื่อนำมาสกัดจึงได้ปริมาณสารมากกว่าส่วนของกาก

สารสกัดที่ใช้วิธีการแช่และกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer จะได้ปริมาณสารมากกว่าสกัดด้วยเครื่อง soxhlet apparatus แต่การทดลองของ Pongnaravan (2004) ซึ่งทำการวัดประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนส์จากผลขมิ้นชันปริมาณ ด้วยวิธีการแช่ขุ่ย (maceration) ซึ่งเป็นวิธีการที่คล้ายคลึงกับการแช่และกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer และวิธี soxhlet extraction พบว่าวิธีการแช่ขุ่ยได้ปริมาณสารสกัด 80% ที่ 72 ชั่วโมง ส่วนการสกัดด้วยวิธี soxhlet extraction ได้ปริมาณสาร 95% โดยใช้เวลาเพียง 2 ชั่วโมง De Priva (2004) รายงานว่า การสกัดสารจากรากของ *Plumbago scandar* L. ด้วยวิธีการ maceration สามารถสกัดสาร plumbagin ได้ 0.33 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ส่วนวิธี soxhlet extraction สามารถสกัดได้ 1.56 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร Werayul (2004) รายงานว่า การสกัดสาร cucurminoid จากขมิ้นชัน (*Cucuma longa*) ด้วยตัวทำละลาย ethanol 95% โดยใช้วิธี maceration, percolation และ soxhlet extraction จะได้ปริมาณสารใกล้เคียงกันคือ 25.34, 26.37 และ 26.67 กรัม ตามลำดับ ขณะที่อุดมลักษณ์ (2549) สกัดสารจากเปลือกมังคุดสดและแห้งด้วยวิธี maceration และวิธี soxhlet extraction โดยใช้ตัวทำละลาย ethanol พบว่า สารสกัดจากเปลือกมังคุดสดด้วยวิธี soxhlet extraction ให้ปริมาณสารสูงกว่าวิธี maceration (17.075 และ 13.749%) ส่วนสารสกัดจากเปลือกมังคุดแห้งทั้ง 2 วิธีให้ปริมาณสารใกล้เคียงกัน (25.89 และ

26.59%) ซึ่งการทดลองทั้งหมดให้ผลแตกต่างจากการทดลองครั้งนี้ อาจเป็นไปได้ว่า ในขั้นตอนของการกรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบางก่อนนำไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง rotary evaporator การสกัดด้วยวิธีการแช่และกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer มีส่วนของกากผ่านผ้าขาวบางรวมอยู่ในสารละลายมากกว่าการสกัดด้วยวิธี soxhlet extraction ซึ่งวัตถุดิบถูกบรรจุอยู่ใน thimble ดังนั้นเมื่อทำการระเหยตัวทำละลายแล้ว สารสกัดหยาบด้วยวิธีแช่และกวนจึงมีน้ำหนักมากกว่าสารสกัดด้วยวิธี soxhlet extraction

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย petroleum ether จะได้น้ำหนักสารมากกว่าตัวทำละลาย ethanol เนื่องจาก petroleum ether เป็นตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำจึงมีประสิทธิภาพในการแยกสารที่ไม่มีขั้วหรือมีขั้วต่ำได้ดี (non polar component) เช่น สารพวก coumarins, terpenoids, alkaloids, fatty acid รวมทั้งไขมัน (lipid) เมื่อนำมาสกัดสบูดำซึ่งเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่ง จึงให้ปริมาณสารในรูปของน้ำมันมากกว่าตัวทำละลาย ethanol ในทุกกรรมวิธีการสกัด ส่วน ethanol เป็นตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารสำคัญที่มีขั้ว (polar active constituent) เช่นเดียวกับ methanol แต่ methanol มีความเป็นพิษสูงกว่า จึงเลือกใช้ ethanol แทน

ดังนั้นการสกัดสารจากเนื้อเมล็ดและกากสบูดำ ด้วยวิธีการแช่และกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer และวิธี soxhlet extraction โดยใช้ ethanol และ petroleum ether เป็นตัวทำละลาย สารสกัดจากเนื้อเมล็ดสบูดำด้วยวิธีแช่และกวนใน petroleum ether จึงเป็นสารสกัดหยาบที่มีน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 60.9 กรัม และสารสกัดจากกากด้วยวิธี soxhlet extraction ด้วย ethanol เป็นสารที่มีน้ำหนักน้อยที่สุด เท่ากับ 11.1 กรัม

พืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่มี allelochemicals หลายชนิดเพื่อใช้ในการป้องกันตัวเองจากแมลงศัตรู จึงมีการสกัดสารจากส่วนต่างๆ ของพืช ทั้งใบ ราก เมล็ด และเปลือก เพื่อใช้เป็นสารฆ่าแมลงมานานนับศตวรรษ เชื่อกันว่าสารจากพืชเหล่านี้มีองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ที่สลับซับซ้อน จึงมีผลต่อพฤติกรรมและสรีรวิทยาของแมลงได้กว้าง และเป็นไปได้อาจจะสามารถลดการต้านทานของแมลงได้ สารจากพืชมีฤทธิ์จำเพาะในการป้องกันกำจัดแมลงได้แตกต่างกัน เช่น ออกฤทธิ์เป็นสารไล่แมลง (repellents) หรือดึงดูดแมลง (attractants) ออกฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลงตัวเต็มวัย (adulticides) ฆ่าตัวอ่อน (larvicides) ยับยั้งการกินอาหาร (antifeedant) ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibitor) ยับยั้งการวางไข่หรือยับยั้งการสืบพันธุ์ (antioviposition) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และ metamorphosis ของแมลง (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2546; อรัญ, 2547; Ahmad, 2007)

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบ

1. การทดสอบฤทธิ์ในการฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้าย (Insecticidal activity)

การทดสอบฤทธิ์ในการฆ่าของสารสกัดหยาบ 8 ชนิด จากสมุนไพร ต่อหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 โดยวิธีการจุ่มใบ (leaf-dipping method) พบว่า สารสกัดหยาบจากสมุนไพรทุกชนิดมีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ในระดับปานกลาง สารสกัดส่วนใหญ่ทำให้หนอนมีอัตราการตายต่ำกว่า 50% โดยทำการทดสอบที่ความเข้มข้น 0.3125, 0.625, 1.25, 2.5, 5 และ 10% สามารถฆ่าหนอนได้เพียง 0-58% เท่านั้น จึงคาดว่าสารสกัดหยาบจากส่วนของเนื้อเมล็ดและกากสมุนไพรด้วยวิธีการแช่และกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer และสกัดด้วยเครื่อง soxhlet apparatus โดยใช้ตัวทำละลาย ethanol และ petroleum ether น่าจะให้ผลต่ำในการสกัดสารออกฤทธิ์ในการฆ่าจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสมุนไพร

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบจากสมุนไพรทั้งส่วนของเนื้อเมล็ดและกากด้วยวิธีการและตัวทำละลายที่แตกต่างกันมีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ในระดับปานกลางเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Sinchaisri *et al.* (1988) ที่ทำการสกัดสารจากใบและรากของสมุนไพรด้วยวิธีการแช่ในตัวทำละลาย ethanol 95% เป็นเวลา 3 วัน ทดสอบกับหนอนใยผักโดยใช้สารสกัดที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม นิดฟ่นลงบนใบคะน้า พบว่า สารสกัดสมุนไพรทั้งสองส่วนของพืชไม่มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนใยผักวัย 3 ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ ในขณะที่ Solsoloy (1995) ทำการสกัดสารจากเมล็ดสมุนไพรด้วยวิธีการแช่ในตัวทำละลาย petroleum ether พบว่า สารสกัดหยาบจากสมุนไพรมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูหลายชนิด คือมีฤทธิ์แบบสัมผัสตายกับด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamays*) และด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus chinensis*) โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 1.92 และ 0.91% ตามลำดับ เมื่อฉีดพ่นสารลงบนเมล็ดข้าวโพดและเมล็ดถั่วเขียวและทิ้งไว้เป็นเวลานาน 2 เดือน พบว่า ด้วงมีอัตราการทำลายลดลงและประชากรของด้วงข้าวโพดก็ลดลงด้วย เมื่อทำการทดสอบฤทธิ์ของสารต่อแมลงวันบ้าน (*Musca domestica*) พบว่า สารสกัดหยาบที่ความเข้มข้น 5% มีผลทำให้หนอนแมลงวันตาย 66.67% และมีความเป็นพิษเรื้อรังต่อหนอนแมลงวันที่อยู่รอดคือ เมื่อตัวหนอนเข้าดักแด้ ดักแด้จะมีขนาดเล็กกว่าปกติ และเมื่อกลายเป็นตัวเต็มวัย ปีกของตัวเต็มวัยจะกางได้ไม่สมบูรณ์มีรูปร่างผิดปกติไปจากหนอนแมลงวันที่ไม่ได้รับสาร Georges *et al.* (2007) พบว่าสารสกัดจากเมล็ดสมุนไพรด้วยตัวทำละลาย n-hexane, ethyl acetate และ methanol ที่ความเข้มข้น 250 $\mu\text{g/ml}$ มีฤทธิ์ในการฆ่าตัวเต็มวัยแมลงหวี่ขาว (*Bemisia tabaci*) ได้ 70-90% ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ และสามารถฆ่าลูกน้ำยุง *Ochlerotatus triseriatus* ระยะที่ 4

ได้ถึง 100% ที่ 24 ชั่วโมงหลังการทดสอบ Rahuman *et al.* (2008) ทำการสกัดสารจากใบสบู่ดำด้วยวิธี soxhlet extraction ในตัวทำละลาย ethyl acetate, butanol และ petroleum ether ทดสอบกับลูกน้ำยุงระยะที่ 4 ด้วยวิธีการจุ่มลงในสาร พบว่าสารสกัดจากใบสบู่ดำใน petroleum ether มีฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti*) และยุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus*) ได้สูงสุด โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 8.79 และ 11.34 ppm ตามลำดับ มีค่า LC_{90} เท่ากับ 39.39 และ 46.52 ppm ตามลำดับ ส่วน Wink *et al.* (n.d.) รายงานว่า สารสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำที่ความเข้มข้น 0.1% มีฤทธิ์ทำให้ด้วง *Phaedon cochliariae*, หนอนใยผัก, หนอนกระทู้ *Spodoptera frugiperda*, เพลี้ยอ่อน *Myzus persicae* และไรสองจุด (*Tetranychus urticae*) ตายได้ 33, 33, 0, 95 และ 45% ตามลำดับ เมื่อทำการทดสอบกับความเข้มข้นที่สูงขึ้นเป็น 1% แมลงมีอัตราการตายเพิ่มขึ้นเป็น 50, 60, 33, 100 และ 100% ตามลำดับ โดยวิธีหยดสารลงบนตัว (topical application) ที่ 7 วันหลังการทดสอบ

นอกจากนี้ Solsoloy (1995) ยังพบว่าสารสกัดหยาบจากสบู่ดำมีฤทธิ์เป็นสารฆ่าหอย *Pomacea* sp. ได้ โดยมีผลทำให้หอยตายภายใน 30 นาทีหลังการทดสอบ และมีค่า LC_{50} เท่ากับ 1.4% ส่วน Rug and Rupple (2000) ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดจากสบู่ดำต่อหอยไฮสตรี้ดวกกลางของพยาธิใบไม้ในเลือดและตัวอ่อนของพยาธิใบไม้ในเลือด (Schistosomes) โดยทำการสกัดสารจากสบู่ดำ 3 กรรมวิธีคือ สารสกัดน้ำมัน สารสกัดด้วยตัวทำละลาย methanol และสารสกัดด้วยน้ำ พบว่า สารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลาย methanol มีฤทธิ์ในการฆ่าหอย *Bulinus truncates*, *Bulinus natalensis* และ *Biomphalaria glabrata* ได้สูงสุด มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.2, 0.2 และ 5 ppm ตามลำดับ มีค่า LC_{100} เท่ากับ 1, 1 และ 25 ppm ตามลำดับ มีฤทธิ์ฆ่าตัวอ่อนของพยาธิใบไม้ระยะ cercariae ได้ โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 5 ppm รองลงมาคือ สารสกัดน้ำมันและสารสกัดด้วยน้ำซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าต่ำสุด โดยวิธีการจุ่มลงในสาร (dipping method)

เมื่อพิจารณาจากงานทดลองทั้งหมด จึงอาจสรุปได้ว่าสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของสบู่ดำมีฤทธิ์ในการฆ่าแมลงศัตรูวงศ์ Noctuidae ซึ่งเป็นแมลงจำพวกผีเสื้อกลางคืนได้ค่อนข้างดี โดยจะต้องใช้ความเข้มข้นที่สูงมากจึงจะสามารถฆ่าได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ แต่สารสกัดสบู่ดำมีฤทธิ์สามารถฆ่าแมลงกลุ่มอื่นๆ ได้ดี นอกจากนี้สารสกัดสบู่ดำยังมีประสิทธิภาพในการฆ่าหอยได้หลายชนิด และส่วนใหญ่จะเป็นพิษแบบสัมผัสตายกับแมลงศัตรูเป้าหมาย

2. การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้าย

(Antifeedant activity)

เมื่อทำการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 โดยวิธีการจุ่มใบ ที่ 48 ชั่วโมงหลังการทดสอบ พบว่า สารสกัดหยาบ 8 ชนิด จากสมุนไพร มีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนได้ดี โดยที่ความเข้มข้น 5% สามารถยับยั้งได้ถึง 77.77- 95.57%

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า สารสกัดหยาบจากสมุนไพรทั้งส่วนของเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดด้วยวิธีการและตัวทำละลายที่แตกต่างกันมีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ดี แม้ใช้สารสกัดที่ความเข้มข้นต่ำก็ตาม ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองอื่นๆ เช่น Solsoloy and Rejesus (1993) ได้รายงานไว้ว่า สารสกัดจากเนื้อเมล็ดสมุนไพรด้วยตัวทำละลาย petroleum ether ในรูปของน้ำมัน ไม่มีพิษแบบสัมผัสตายกับหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 แต่มีฤทธิ์สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนได้ ส่วนสารสกัดจากใบสมุนไพรด้วยตัวทำละลาย chloroform ผสมในอาหาร ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 แต่จะไปมีผลในการลดการพัฒนารูปร่างเจริญเติบโต โดยทำให้ตัวหนอนเข้าดักแด้ได้ช้าลง ต่อมา Solsoloy (1995) ได้รายงานไว้ว่า สารสกัดจากเมล็ดสมุนไพรด้วยวิธีการแช่ในตัวทำละลาย petroleum ether ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 2.5, 5 และ 10% มีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยของด้วงงวงข้าวโพดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยจะลดลงตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ Meshram *et al.* (1996) รายงานว่า สารสกัดจากสมุนไพรด้วย petroleum ether มีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของหนอนแก้วส้ม (*Papilio demoleus* L.) ได้ โดยตัวหนอนที่ได้รับสารจะกินใบพืชเพียง 33.77% แตกต่างจากชุดควบคุมซึ่งกินใบพืชถูกกินไปถึง 85.85% Georges *et al.* (2007) รายงานว่า สารสกัดจากเมล็ดสมุนไพรด้วย ethyl acetate ที่ความเข้มข้น 250 µg/ml มีฤทธิ์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนเจาะฝักข้าวโพด (*Helicoverpa zea*) ได้ โดยทำให้น้ำหนักตัวของหนอนลดลงประมาณ 67% และ Wink *et al.* (n.d.) ซึ่งทำการสกัดสารจากเมล็ดสมุนไพรด้วยตัวทำละลาย petroleum ether และทดสอบกับหนอนใบยาสูบ (*Manduca sexta*) โดยใช้ความเข้มข้น 1-5% ผสมในอาหาร พบว่าหนอนมีอัตราการตายปานกลาง แต่สารสกัดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนได้ และเมื่อสกัดด้วยตัวทำละลาย methanol พบว่าที่ความเข้มข้นสูงสุด 0.025% มีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินได้เช่นเดียวกัน

เมื่อวิเคราะห์จากการทดลองเหล่านี้จึงอาจเป็นไปได้ว่าสารออกฤทธิ์ที่มีผลในการยับยั้งการกินอาหารของแมลงศัตรูพบเฉพาะในส่วนของเมล็ดสมุนไพรเท่านั้น แต่ไม่พบในใบสมุนไพร ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wink *et al.* (n.d.) ที่ว่าในน้ำมันสมุนไพรซึ่งสกัดได้จากส่วนของเมล็ดจะประกอบด้วยสาร phorbol ester ซึ่งมีความเป็นพิษต่อแมลงหลายชนิด เช่น หนอนใบยาสูบ หนอน

เจาะสมอฝ้าย เพลี้ยอ่อนฝ้าย หนอนเจาะสมอสีชมพู เพลี้ยจักจั่นฝ้าย ค้างคาวเขียว ค้างคาวขาวโพด หนอนเจาะลำต้นสีชมพู ผีเสื้อหัวมันฝรั่ง (*Phthorimaea operculella*), ยุงรำคาญ (*Culex* sp.), *Busseola fusca*, แมลงสาบอเมริกัน (*Periplaneta Americana*), แมลงสาบเยอรมัน (*Blatella germanica*) และมวน *Oncopeltus fasciatus*

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Simmond *et al.* (1990) ที่ว่าสารประกอบที่สกัดได้จากพืชต่างๆ หลายชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้าย ได้สูง และสารจากพืชบางชนิดมีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหารมากกว่ามีฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลง การทดลองครั้งนี้จึงให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาและรายงานถึงประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชหลายชนิด ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้าย เช่น สารสกัดจากดอกกรักขาว (*Calotropis procera*) และต้นลำโพง (*Datura stromonium*) ด้วยน้ำ สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนได้ประมาณ 90% (Dodia *et al.*, 1998) สารสกัดจาก *Parthenium hysterophorus* ด้วย petroleum ether ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5% สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนได้ถึง 100% (Janathan *et al.*, 1999) สารสกัดจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวสายพันธุ์ *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ด้วยตัวทำละลาย methanol มีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหารมากกว่าฤทธิ์ในการฆ่า โดยที่ความเข้มข้น 20% ฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 1 ได้เพียง 5% แต่ทำให้น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนที่รอดชีวิตต่ำกว่าชุดควบคุมถึง 4 เท่า เมื่อทำการแยกสารสกัดหยาบให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี Thin Layer Chromatography พบสารละลายออกฤทธิ์ 2 แถบคือ Rf4 และ Rf6 ที่ความเข้มข้น 1% สามารถฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 1 ได้เพียง 30 และ 53% ตามลำดับ แต่ทำให้น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนที่รอดชีวิตต่ำกว่าชุดควบคุม 4 และ 6 เท่า ตามลำดับ (Mahaghant *et al.*, 2000)

สารสกัดจากรากของ *Berberis lyceum* L. และ *Veleriana jatamansi* L., ใบ *Zanthoxylum armatum* L., ใบและผลของ *Hedera nepalensis* และเหง้าของว่านน้ำ (*Acorus calamus* L.) ที่ความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm พบว่ามีเพียงสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าของว่านน้ำความเข้มข้น 10,000 ppm เท่านั้นที่มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนได้ 88% ส่วนสารสกัดจากพืชอื่นๆ มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนต่ำมากคือ ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถฆ่าหนอนได้เพียง 28-46% (Tewary *et al.*, 2005) สารสกัดจากใบแมงลัก (*Hyptis suaveolens* (L.)) ด้วยวิธีแช่ในตัวทำละลาย ethyl acetate เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 4 โดยวิธีหยดลงบนตัวได้เพียง 11.5% แต่มีฤทธิ์ยับยั้งการกินได้สูงถึง 71% และเมื่อนำสารสกัดหยาบ ethyl acetate มาแยก fraction จำนวน 11 fraction พบว่า fraction ที่ 2 และ 5 ที่ความเข้มข้น 2,000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินได้สูงสุด 78.4 และ 77% ตามลำดับ (Raja *et al.*, 2005) สาร

สกัดจากใบยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) และคันธุลี (*Tylophora indica*) โดยวิธี soxhlet extraction ด้วยตัวทำละลาย ethanol และ hexane พบว่าสารสกัดหยาบจากใบยูคาลิปตัสและคันธุลี ด้วยตัวทำละลาย ethanol มีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของหนอนวัย 5 ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม โดยมีค่า EI_{50} (Effective Index) เท่ากับ 6.9 และ 2.8% ตามลำดับ ส่วนสารสกัดด้วยตัวทำละลาย hexane มีค่า EI_{50} เท่ากับ 9.3 และ 5.2% ตามลำดับ (Kathuria and Kaushik, 2005) สารสกัดจากใบแพงพวยฝรั่ง (*Catharanthus roseus* L (G) Don.) ด้วยตัวทำละลาย methanol, petroleum ether และทำ methanol fraction และ ethyl acetate fraction ทดสอบที่ความเข้มข้น 1,000 ppm พบว่าสารสกัดทั้งหมดมีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนเจาะฝักถั่วได้ปานกลาง แต่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินได้ดี โดยสารสกัด ethyl acetate fraction มีประสิทธิภาพในการยับยั้งได้สูงสุด มีค่า ED_{50} (Effective Dose) เท่ากับ 84.54 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (Ramya *et al.*, 2008)

3. ผลของสารสกัดหยาบต่อการขยายพันธุ์ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้าย

(Antiovipositional activity and ovicidal activity)

เมื่อทำการทดสอบผลของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรที่มีต่อการขยายพันธุ์ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้าย โดยให้หนอนวัย 2 กินใบฝ้ายหุบสารสกัดที่ความเข้มข้น 0.1% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงเลี้ยงด้วยอาหารเทียมปกติพบว่า สารสกัดหยาบมีผลต่อการขยายพันธุ์ของผีเสื้อ โดยพบสาร 4 ชนิดที่มีผลทำให้ผีเสื้อเพศเมียวางไข่ลดลง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมคือ สาร KES, KPM, CEM และ CPS และสารสกัดทุกชนิดมีผลทำให้ไข่มีอัตราการฟักลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า สารสกัดหยาบจากสมุนไพรทั้งส่วนของเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดด้วยวิธีการและตัวทำละลายที่แตกต่างกันมีผลต่อการขยายพันธุ์ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้าย

จากการตรวจเอกสารยังไม่พบงานวิจัยอื่นๆ ที่ทำการทดสอบโดยให้ตัวหนอนกินอาหารผสมสารสกัดและติดตามผลต่อเนื่องไปถึงการขยายพันธุ์ของผีเสื้อ แต่ก็พบงานวิจัยที่มีวิธีการศึกษาใกล้เคียงกัน โดย Solsoy (1993) ได้ทำการสกัดสารจากเนื้อเมล็ดบดละเอียดด้วยวิธีการแช่ในน้ำ พบว่าเมื่อให้หนอนเจาะสมอฝ้ายกินใบฝ้ายที่ฉีดพ่นสารสกัดความเข้มข้น 45% ตั้งแต่หนอนวัย 1 จนเข้าวัย 2 มีผลทำให้หนอนเข้าดักแด้ได้ช้าลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อนำสารสกัดมาผสมกับน้ำผึ้งเจือจาง 2% และให้เป็นอาหารสำหรับผีเสื้อตัวเต็มวัย พบว่าสารสกัดไม่มีผลในการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อเพศเมีย แต่มีความเป็นพิษเรื้อรังส่งผลต่อการฟักของไข่ ทำให้ไข่มีอัตราการฟักลดลง 55.4% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และได้ทำการทดสอบสารสกัดน้ำมันสมุนไพรจากเนื้อ

เมล็ดด้วยวิธีการแช่ในตัวทำละลาย petroleum ether ที่ความเข้มข้น 50% โดยวิธีหดยคสารลงบนตัวหนอนวัย 4 และคักคั และเลี้ยงต่อจนเป็นตัวเต็มวัย พบว่าหนอนและคักคัที่หดยคสารมีอัตราการขยายพันธุ์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนั้น Solsoloy (1995) ได้รายงานว่ สารสกัดจากเมล็ดสบู่ดำบดแช่ใน petroleum ether ความเข้มข้น 5% ผสมในอาหารสำหรับตัวเต็มวัยแมลงวันบ้าน มีผลทำให้แมลงวันรุ่นลูก (F_1) ตั้งแต่วัยไข่-ตัวเต็มวัย มีอัตราการเจริญเติบโตลดลง โดยทำให้อัตราการเข้าคักคัและการกลายเป็นตัวเต็มวัยลดลง 40-60% ส่วนสารสกัดจากพืชชนิดอื่นก็มีฤทธิ์ยับยั้งการฟักของไข่ผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายได้เช่นเดียวกัน เช่น สารสกัดหยาบจากใบแมงลักคาแช่ในตัวทำละลาย ethyl acetate นาน 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm มีฤทธิ์ยับยั้งการฟักของไข่ได้ 65.70% โดยวิธีจุ่มไข่ในสาร และเมื่อนำสารสกัดหยาบมาแยก fraction จำนวน 11 fraction พบว่า fraction ที่ 2 และ 5 มีฤทธิ์ยับยั้งการฟักของไข่ได้สูงสุด 73.40 และ 67.60% ตามลำดับ (Raja *et al.*, 2005)

4. การทดสอบฤทธิ์ในการฆ่าเพลี้ยอ่อนตัว (Insecticidal activity)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ สารสกัดหยาบจากส่วนของเนื้อเมล็ดและกากสบู่ดำทุกชนิดมีฤทธิ์ในการฆ่าเพลี้ยอ่อนตัวได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wink *et al.* (n.d.) ซึ่งรายงานว่าในน้ำมันสบู่ดำซึ่งสกัดได้จากส่วนของเมล็ดจะประกอบด้วยสาร phorbol ester ซึ่งมีความเป็นพิษต่อแมลงหลายชนิดรวมทั้งเพลี้ยอ่อนฝ้าย (*Aphis gossypii*) ในขณะที่ Solsoloy (1993) รายงานว่ สารสกัดจากเนื้อเมล็ดสบู่ดำด้วยวิธีการแช่ในตัวทำละลาย petroleum ether ความเข้มข้น 1% มีฤทธิ์แบบสัมผัสในการฆ่าเพลี้ยอ่อนฝ้าย โดยสามารถฆ่าได้ถึง 100% ด้วยวิธีฉีดพ่นลงบนใบฝ้าย ส่วนสารสกัดจากเนื้อเมล็ดสบู่ดำด้วยวิธีการแช่ในน้ำ มีฤทธิ์สามารถฆ่าเพลี้ยอ่อนฝ้ายได้เช่นเดียวกันแต่ต้องใช้ความเข้มข้นที่สูงกว่า โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 35% และมีผลทำให้เพลี้ยอ่อนออกลูกได้ลดลง 2.92% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

สารสกัดจากพืชหลายชนิดซึ่งสกัดด้วยวิธีการและตัวทำละลายที่แตกต่างกัน มีฤทธิ์สามารถฆ่าเพลี้ยอ่อนตัวได้เช่นเดียวกับการทดลองครั้งนี้ เช่น สารสกัดจากผลมะระ (*Momordica charantia*) ด้วยตัวทำละลาย petroleum ether มีฤทธิ์ฆ่าเพลี้ยอ่อนตัวได้ มีค่า LC_{50} เท่ากับ 78.2 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ 24 ชั่วโมงหลังการทดลอง (Tantiwanich *et al.*, 1983) สารสกัดจากใบและผลของ *Hedera nepalensis* L. ด้วยวิธี soxhlet extraction โดยใช้ตัวทำละลาย petroleum ether ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm มีฤทธิ์ฆ่าเพลี้ยอ่อนได้ 95 และ 66% ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากราก *Berberis lyceum* ด้วยวิธี soxhlet extraction โดยใช้ตัวทำละลาย petroleum ether ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm

สามารถฆ่าเพลี้ยอ่อนได้ 98% (Tewary, 2005) สารสกัดจากใบยาสูบ, สะเดา, ยูคาลิปตัส, หัวกระเทียม (*Allium sativum*) และผลอ่อนมะฮอกกานี (*Swietenia mehogani*) ด้วยน้ำ มีฤทธิ์ฆ่าเพลี้ยอ่อนตัวได้ทั้งในห้องปฏิบัติการ ในเรือนทดลอง และในแปลง โดยสารสกัดใบยาสูบมีฤทธิ์ฆ่าได้สูงสุด 88.89, 83.05 และ 73.42% ตามลำดับ ที่ 24 ชั่วโมงหลังการทดลอง รองลงมาคือ สารสกัดสะเดาสามารถฆ่าได้ 63.14, 56.85 และ 52.24% ตามลำดับ สารสกัดจากหัวกระเทียมและใบยูคาลิปตัสมีฤทธิ์ฆ่าได้ใกล้เคียงกันระหว่าง 40.52-45.02% ส่วนสารสกัดจากผลมะฮอกกานีมีฤทธิ์ฆ่าเพลี้ยอ่อนตัวได้ต่ำสุด (Bahar *et al.*, 2007) ในขณะที่สารสกัดจากใบสะเดา, รักขาว (*Calotropis procera*), ผักไผ่น้ำ (*Polygonum hydropiper*) และผักบุ้ง *Ipomoea sepiaria* ด้วยวิธีการแช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และต้มในน้ำร้อนให้เดือดประมาณ 3-5 นาที นิดพ่นในแปลงถั่วฝักยาว ที่อัตรา 227 ลิตร/hectare จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ในการฉีดพ่นครั้งที่ 1 สารสกัดทุกชนิดมีผลทำให้ประชากรเพลี้ยอ่อนตัวลดลง โดยเพลี้ยอ่อนมีอัตราการตาย 59-94% หลังฉีดพ่น 7 วัน แต่ประชากรเพลี้ยอ่อนจะเพิ่มขึ้นใน 3-4 สัปดาห์ต่อมา จึงทำการฉีดพ่นครั้งที่ 2 ซึ่งทำให้เพลี้ยอ่อนมีอัตราการตาย 65-87% (Das *et al.*, 2008)

5. ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากกากเมล็ดสนุ่นดำต่อการวางไข่ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายในเรือนทดลอง

การทดสอบสารสกัดหยาบจากกากเมล็ดสนุ่นดำแช่ในตัวทำละลาย ethanol เป็นเวลา 3 วัน ที่ความเข้มข้น 1% ฉีดพ่นลงบนต้นฝ้ายในเรือนทดลอง พบว่าผีเสื้อเพศเมียวางไข่บนต้นฝ้ายในชุดทดลองได้น้อยลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม สอดคล้องกับการทดลองในห้องปฏิบัติการของ Areekul (1988) ซึ่งรายงานว่ สารสกัดจากเมล็ดสนุ่นดำด้วยวิธี soxhlet extraction ในตัวทำละลาย petroleum ether สามารถยับยั้งการวางไข่ของแมลงวันผลไม้ (*Dacus dorsalis* Hendel) ได้ปานกลาง โดยมีฤทธิ์ในการไล่ทำให้แมลงวันผลไม้เพศเมียวางไข่ได้ 87.53% Consol *et al.* (1989) รายงานว่า สารสกัดจากผลและใบสนุ่นดำด้วยวิธี soxhlet extraction ใน ethanol นาน 72 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 1, 10 และ 100 ppm ทำให้ยุง *Aedes fluviatilis* วางไข่ได้ 421.6, 214.7 และ 60.0 ฟอง ตามลำดับ แตกต่างกับชุดควบคุมซึ่งสามารถวางได้ถึง 776.0 ฟอง Solsoloy (1995) รายงานว่า สารสกัดจากเมล็ดสนุ่นดำโดยวิธีการแช่ใน petroleum ether มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการขยายพันธุ์ของด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่วเขียวได้ โดยทำการฉีดพ่นสารลงบนเมล็ดข้าวโพดและเมล็ดถั่วเขียว ปลอ่ยทิ้งไว้เป็นเวลานาน 2 เดือน พบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้น 2.5, 5 และ 10% มีผลทำให้จำนวนประชากรของด้วงงวงข้าวโพดลดลงแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ความเข้มข้น 5 และ 10% เมล็ดข้าวโพดถูกทำลายน้อยกว่าชุดควบคุม

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังมีผลในการยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวบนเมล็ดถั่วเขียวได้เช่นเดียวกัน Adebowake *et al.* (2006) ทำการสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำด้วยวิธี soxhlet extraction ใน petroleum ether และทดสอบที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5 และ 2% ต่อด้วงถั่วเขียว พบว่า ในการทดสอบแบบไม่ให้ทางเลือกสารสกัดทุกความเข้มข้นสามารถลดอัตราการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวได้แตกต่างกับชุดควบคุม โดยที่ความเข้มข้น 2% ทำให้ด้วงสามารถวางไข่ได้เพียง 4.00 ฟอง ในขณะที่ชุดควบคุมวางได้ถึง 54.33 ฟอง ส่วนการทดสอบแบบให้ทางเลือก ที่ความเข้มข้นเดียวกัน ด้วงมีการวางไข่ได้เพียง 6.67 ฟอง ในขณะที่ชุดควบคุมวางได้ถึง 21.67 ฟอง และในเวลา 12 สัปดาห์หลังการทดสอบไม่พบเมล็ดถั่วเขียวที่ถูกด้วงถั่วเขียวเข้าทำลายเลย

ในขณะที่การทดลองของ Solsoloy (1995) ซึ่งทำการสกัดสารจากเมล็ดสบู่ดำบดด้วยวิธีการแช่ใน petroleum ether และทดสอบกับหนอนเจาะสมอฝ้ายในแปลงฝ้าย ที่อัตรา 800 และ 1,250 มิลลิลิตร/hectare โดยทำการฉีดพ่น 2 ครั้ง พบว่า การฉีดพ่นครั้งที่ 1 (43-66 วัน หลังการปลูก) สารสกัดหยาดทั้ง 2 อัตรามีประสิทธิภาพต่ำกว่าในชุดควบคุม (deltamethrin) Solsoloy อ้างว่า อาจเป็นเพราะกลไกการออกฤทธิ์ของสารสกัดกับสารเคมีสังเคราะห์แตกต่างกัน โดยสารสกัดจะออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตซึ่งเห็นผลช้ากว่าสารเคมีสังเคราะห์ที่มีฤทธิ์ในการฆ่าแมลง และเมื่อทำการฉีดพ่นครั้งที่ 2 (87-94 วันหลังการปลูก) เป็นช่วงที่ฝ้ายเริ่มติดสมอ พบว่า สารสกัดที่ความเข้มข้น 1,250 มิลลิลิตร/hectare ทำให้ฝ้ายมีผลผลิตลดลงเนื่องจากเกิด phytotoxic กับพืช ซึ่งแตกต่างกับผลการทดลองครั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการทดลองในครั้งนี้เปรียบเทียบกับน้ำซึ่งเป็นชุดควบคุม สารสกัดจึงมีผลในการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ดีกว่า

สำหรับผลการเปรียบเทียบจำนวนไข่ที่ฟักเป็นตัวหนอนพบว่า ไข่ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายในชุดทดลองไม่สามารถฟักเป็นตัวได้เลย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Adebowake *et al.* (2006) ที่ทำการสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำด้วยวิธี soxhlet extraction โดยใช้ petroleum ether เป็นตัวทำละลาย และทดสอบที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5 และ 2% ต่อด้วงถั่วเขียว พบว่า ทั้งการทดสอบแบบไม่ให้ทางเลือก และการทดสอบแบบให้ทางเลือก สารสกัดที่ทุกความเข้มข้นทำให้ไข่ของด้วงไม่สามารถฟักเป็นตัวได้

นอกจากนี้พืชชนิดอื่นๆ ในวงศ์ Euphorbiaceae ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับสบู่ดำก็มีผลต่อการวางไข่และการฟักของไข่ได้เช่นเดียวกัน เช่น สารสกัดจากใบสบู่แดง (*Jatropha gossypifolia*) ด้วยวิธี soxhlet extraction โดยใช้ petroleum ether เป็นตัวทำละลาย สามารถยับยั้งการวางไข่ของแมลงวันผลไม้ได้ปานกลาง โดยออกฤทธิ์ในการไล่ทำให้ตัวเต็มวัยสามารถวางไข่ได้เพียง 75.98%

(Areekul *et al.* 1988) ในขณะที่สาร flavonoids ซึ่งแยกได้จากใบชะมวง (*Ricinus communis*) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่และยับยั้งการออกลูกของด้วงถั่วเขียวได้ดี (Upasani *et al.* 2003)

ส่วนสารสกัดจากพืชชนิดอื่นๆ ที่มีฤทธิ์สามารถยับยั้งการวางไข่และการฟักของไข่ผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายได้เช่นเดียวกัน ได้แก่ สารสกัดจากใบแมงลักคา (*Hyptis suaveolens* (L.)) ด้วยวิธีแช่ใน ethyl acetate เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และฉีดพ่นบนใบฝ้าย ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm มีฤทธิ์ยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายเพศเมียได้ 24% และสามารถยับยั้งการฟักได้ 65.7% และเมื่อนำสารสกัดหยาบ ethyl acetate มาแยก fraction จำนวน 11 fraction พบว่า fraction ที่ 2 และ 5 ที่ความเข้มข้น 2,000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักของไข่ได้สูงสุด 73.40 และ 67.60% ตามลำดับ (Raja *et al.*, 2005)

สารสกัดจากใบแพะพาน (*Cipadessa baccifera*), ใบส้ม (*Clausena dentate*), ใบโคโคเนีย (*Dodonaea angustifolia*) และใบเลี่ยน (*Melia dubia*) โดยใช้ใบฝิ่นหนาม (*Argemone mexicana*) บดละเอียดเป็นสารเสริมฤทธิ์ พบว่าสารสกัดจากใบส้มความเข้มข้น 5 กรัม ร่วมกับใบฝิ่นหนาม สามารถลดการเข้าดักแด้ของหนอนได้ดีที่สุด 63.3% และทำให้ดักแด้บางส่วนไม่สามารถฟักเป็นตัวเต็มวัยได้ ส่วนตัวเต็มวัยที่ฟักออกมาได้จะมีรูปร่างไม่สมบูรณ์ถึง 89% และมีผลต่อการวางไข่และการฟักของไข่ในลูกรุ่นที่ 1 (F₁) ด้วย (Malarvannan *et al.*, 2008)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การสกัดสารจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำด้วยกรรมวิธีการสกัดแบบหยาบ 2 กรรมวิธี คือ การแช่และกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer และการสกัดแบบต่อเนื่องด้วยเครื่อง soxhlet apparatus โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิดคือ ethanol และ petroleum ether ได้สารสกัดหยาบ 8 ชนิด ที่อยู่ในรูปของน้ำมัน และมีน้ำหนักสารแตกต่างกัน โดยสารสกัดที่ใช้เนื้อเมล็ดเป็นวัตถุดิบในการสกัดจะได้น้ำหนักสารมากกว่าใช้กากเป็นวัตถุดิบประมาณ 33.53-62.50% ในทุกกรรมวิธีการสกัด และตัวทำละลายเดียวกัน เนื่องจากสบู่ดำเป็นพืชที่มีน้ำมันในเมล็ดประมาณ 46-58% ส่วนกากซึ่งเหลือจากการหีบน้ำมันจะมีปริมาณน้ำมันตกค้างอยู่เพียง 10-15% การสกัดสารด้วยกรรมวิธีการแช่และกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer จะได้น้ำหนักสารมากกว่าการสกัดแบบต่อเนื่องด้วยเครื่อง soxhlet apparatus ส่วนสารที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลาย petroleum ether จะได้น้ำหนักสารมากกว่าใช้ตัวทำละลาย ethanol เนื่องจาก petroleum ether เป็นตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำเหมาะแก่การสกัดสารประเภทไขมันซึ่งมีขั้วต่ำเช่นเดียวกัน แต่ ethanol เป็นตัวทำละลายที่มีขั้วสูง เมื่อนำมาสกัดไขมันจึงทำให้ได้สารในปริมาณที่ต่ำกว่า

การทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าของสารสกัดหยาบ 8 ชนิดจากสบู่ดำ ต่อหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 โดยวิธีจุ่มใบ พบว่า สารสกัดทุกชนิดที่ความเข้มข้น 10% มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนได้ในระดับปานกลาง 14-58% ที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ โดยพบว่า สารสกัดหยาบ 4 ชนิด คือ CPS, CES, KEM และ CEM มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนได้สูงสุด 40, 42, 54 และ 58% ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของสารสกัดหยาบ 8 ชนิดจากสบู่ดำ ต่อหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 โดยวิธีจุ่มใบ พบว่า สารสกัดทุกชนิดมีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหารได้ดี โดยที่ความเข้มข้น 5% มีสารสกัดหยาบ 6 ชนิด คือ KPM, CES, KEM, KPS, CPM และ CEM สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ 95.57, 92.16, 89.71, 87.69, 84.01 และ 81.24% ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้ยังพบว่า สาร CES ที่ความเข้มข้น 0.3125-5% มีฤทธิ์ยับยั้งการกินได้ 87.80-92.16% ไม่มีความแตกต่าง และสาร CPM ที่ความเข้มข้น 0.15625-5% มีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของหนอนได้ 58.92-84.01% ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การทดสอบผลของสารสกัดหยาบ 8 ชนิดจากสบู่ดำ ต่อการขยายพันธุ์ของฝัสนอนเงาะ สมอฝ้าย โดยให้หอนกินใบฝ้ายชุปสารความเข้มข้น 0.1% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และย้ายมาเลี้ยง ด้วยอาหารปกติจนเป็นฝัสนอง แล้วปล่อยให้ฝัสนองผสมพันธุ์กัน พบว่า สารสกัดหยาบ 4 ชนิด ทำให้ ฝัสนองวางไข่ลดน้อยลงแตกต่างกับชุดควบคุม คือ สาร KPM, KES, CPS และ CEM วางไข่ได้ 432.20, 721.40, 744.20 และ 1,028.60 ฟอง ตามลำดับ และสารสกัดทุกชนิดมีผลทำให้ไข่ที่วางในวันที่ 2 หลังการปล่อยฝัสนองให้ผสมพันธุ์กันมีอัตราการฟักต่ำกว่าไข่ในชุดควบคุม

การทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าของสารสกัดหยาบ 8 ชนิดจากสบู่ดำ ต่อเพลี้ยอ่อนถั่ว อายุ 4 วัน โดยวิธีจุ่มใบ พบว่า สารสกัดหยาบส่วนใหญ่มีฤทธิ์ในการฆ่าเพลี้ยอ่อนได้ดี ที่ความเข้มข้น 0.5% พบว่ามีสารสกัดหยาบ 6 ชนิด คือสาร KPM, CPS, KES, KPS, CPM และ CEM สามารถฆ่าเพลี้ยอ่อนได้ 94, 94, 90, 80, 68 และ 64% ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.0003, 0.02, 0.0068, 0.0007, 0.06 และ 0.37% (w/v) ตามลำดับ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากกากเมล็ดสบู่ดำแช่ในตัวทำละลาย ethanol เป็นเวลา 3 วัน ที่ความเข้มข้น 1% ต่อฝัสนองเงาะสมอฝ้ายในเรือนทดลอง พบว่า ฝัสนองวางไข่บน ต้นฝ้ายที่ฉีดพ่นสารได้น้อยลง (7.2 ฟอง/ต้น) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ จำนวนไข่บนต้นฝ้ายในชุดควบคุม (24.8 ฟอง/ต้น) และไข่ที่ฝัสนองเพศเมียวางบนต้นฝ้ายที่ฉีดพ่น สารไม่สามารถฟักเป็นตัวได้ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมที่ไข่สามารถฟักได้ โดยสามารถพบหอนเฉลี่ย 4.12 ตัว/ต้น

ข้อเสนอแนะ

การสกัดสารจากพืชสบู่ดำในการทดลองครั้งนี้ สารที่สกัดได้เป็นสารสกัดหยาบ ซึ่งจะประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ (active constituents) และสารเฉื่อย (inert substances) อยู่ร่วมกัน อาจเป็นสาเหตุให้สารสกัดมีประสิทธิภาพในการควบคุมหอนเงาะสมอฝ้ายและเพลี้ยอ่อนถั่วได้ต่ำลง ดังนั้นจึงควรทำการแยกสารออกฤทธิ์ให้บริสุทธิ์ ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การกลั่น (distillation), การตกผลึกแยกส่วน (fractional crystallization), การเหวี่ยง (centrifugation), วิธี chromatography ต่างๆ เช่น Thin Layer Chromatography (TLC), High Pressure Thin-Layer Chromatography (HPTLC) และ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้สารสกัดมีประสิทธิภาพในการควบคุมหอนเงาะสมอฝ้ายและเพลี้ยอ่อนถั่วได้สูงขึ้น และสามารถใส่สารสกัดในความเข้มข้นที่ต่ำกว่าสารสกัดหยาบด้วย

นอกจากนี้ยังอาจทำการสกัดสาร โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เพื่อใช้เป็นชุดเปรียบเทียบกับตัวทำละลายอื่นๆ เพิ่มเติม และทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์สบู่ดำ แหล่งที่ปลูก และอายุการเก็บเมล็ด หรืออาจเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์สบู่ดำที่มีพิษกับสายพันธุ์ที่ไม่มีพิษต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษกันษ์ เต็มบุญเกียรติ. 2530. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากสะเดาที่มีต่อหนอนใยผัก *Plutella xylostella* Linn. และเพลี้ยอ่อนถั่ว *Aphis craccivora* Koch. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกรียงไกร จำเริญมา, เตือนจิตต์ สัตยาวิรุทธิ์ และบุญทิวา วิจิตวาที. 2538. การใช้พันธุ์แนะนำร่วมกับสารสกัดจากสะเดา ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูงา, น. 77-78. ใน เอกสารประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 2 วันที่ 9-11 ตุลาคม 2538. โรงแรมเพชรงาม, เชียงใหม่.

_____, _____, _____ และชัยพัฒน์ จิระธรรมอารี. 2537. ผลของสารสกัดสะเดาที่มีพฤติกรรมของหนอนห่อใบงา *Antigastra* sp., น. 25-34. ใน รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2537. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชน้ำมันและพืชไร่ตระกูลถั่ว กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

เกศรา จิระจรรยา. 2541. ประวัติการปลูกฝ้ายและการใช้สารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายในประเทศไทย. ว. กัญ. สัตว. 20 (3): 197-198.

เกศรา จิระจรรยา, สุเทพ สหายา, ลักขณา บำรุงศรี และสุพจน์ กิตติบุญมา. 2544. การจัดการการใช้สารฆ่าแมลงในฝ้าย, น. 77-89. ใน สุวัฒน์ รวยอารีย์, บรรณาธิการ. เทคโนโลยีทางเลือกสำหรับ “ไอ พี เอ็ม”. กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กุสุมา นวลวัฒน์, พินิจ นิลพานิชย์ และประชา ศิลปสร. 2542. การใช้น้ำมันสะเดาคูกเมลิ็ดพันธุ์ข้าวฟ่างเพื่อป้องกันการทำลายของมอดหัวป้อม, น. 162. ใน รายงานผลการวิจัยปี 2542. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ขวัญชัย สมบัติศิริ. 2524. ยาฆ่าแมลง. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คลินิกพืช กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549ก. หนอนเจาะสมอฝ้าย. กรมส่งเสริมการเกษตร.

แหล่งที่มา: <http://plantpro.doae.go.th/plantclinic/plant/rose 6.htm>, 14 พฤศจิกายน 2549.

_____. 2549ข. เพลี้ยอ่อนถั่ว. กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งที่มา:

<http://plantpro.doae.go.th/plantclinic/plant/peanut/aphid.htm>, 19 ธันวาคม 2549.

จรรยา ค้อมคำพันธุ์ และโยชิอุมิ ทาคะ. 2548. น้ำมันสบูดำกับเครื่องยนต์ดีเซล, น. 6-10. ใน ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร, ผู้รวบรวม. นานาสาระ “สบูดำ”. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

โชคชัย พรหมแพทย์. 2537. ไม้สะเดาและการใช้สารสกัดสะเดาป้องกันกำจัดแมลง. สำนักพิมพ์ อโกร คอมมิวนิตี้, กรุงเทพฯ.

คำรณ รุ่งสุข. 2543. สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์. ภาควิชาอารักขาพืช มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ทวีศักดิ์ อุณจิตติกุล. 2548. สบูดำ พืชพลังงานสารพัดประโยชน์. บริษัท วศิระ จำกัด, กรุงเทพฯ.

ไทยโพสต์. 2548. “สบูดำ” น้ำมันทดแทนจากพืชสมุนไพร. อีสาระแห่งความคิด ไทยโพสต์. แหล่งที่มา: <http://www.thaipost.net>, 29 ธันวาคม 2549.

นาค โพธิ์แท่น. 2548. เก็บมาแล้ว : สบูดำ. น. 4-5. ใน ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร, ผู้รวบรวม. นานาสาระ “สบูดำ”. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2542. เครื่องเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2552. บทที่ 1 ชีววิทยาของแมลง (Insect Biology). แหล่งที่มา:

<http://158.108.52.253/elearning/ENTO2/main/ento2.pdf>, 9 กุมภาพันธ์ 2552.

สุสดี สายชนะพันธ์ และพันธมิตร มะลิสุวรรณ. 2546. **สมุนไพรกำจัดแมลงและศัตรูพืช**. บริษัท ศรีสยามพรีนซ์แอนด์แพคเกจ จำกัด, กรุงเทพฯ.

พรทิพย์ เทพกิดาการ, ลักขณา บำรุงศรี และเกศรา จิระจรรยา. 2539. การใช้สารสกัดจากสะเดากับสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้ายในสภาพไร่, น. 30-36. ใน **รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2539**. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชและพืชเส้นใย กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

_____, _____ และ _____. 2540. การใช้สารสกัดจากสะเดากับสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้ายในสภาพไร่, น. 8-14. ใน **รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2540**. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชและพืชเส้นใย กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

เพ็ญพร ดิเรกศรี. 2528. **การศึกษาขั้นพื้นฐานคุณสมบัติทาง ANTIBIOSIS ของพันธุ์ฝ้ายที่มีต่อหนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พินิจ นิลพานิชย์, โสภารรณ มงคลธรรมากุล, อุดมลักษณ์ อุณจิตต์วรรณะ และชัยพัฒน์ จิระธรรมอารี. 2535. การใช้สารสกัดจากสะเดาเพื่อป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพดในโรงเก็บ, น. 43-46. ใน **รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2535**. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

มานพ นชะพงษ์, สมชัย สุวงศ์ศักดิ์ศรี, อุทัย เกตุนุติ และกิตติ อ้อไธสง. 2533. การทดสอบประสิทธิภาพของอัตราการใช้เชื้อไวรัสและสารฆ่าแมลงชนิดต่างๆ ในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้ายในสภาพไร่, น. 202-212. ใน **รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2533**. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชและพืชเส้นใย กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

มานพ นชะพงษ์, อัจฉรา ตันติโชค, อุทัย เกตุนุติ, กิตติ อ้อไธสง และสว่าง วังบุญคง. 2532. การใช้แบคทีเรียหรือไวรัสร่วมกับสารฆ่าแมลงเพื่อป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้าย, น. 190-206. ใน รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2532. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชและพืชเส้นใย กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

มารศรี อุดมโชค. 2529. การใช้สารพิษจากสาบเสือในการป้องกันกำจัดศัตรูผักคะน้า. ข่าวสาร **วัตถุดิบพืช**. 13(6): 177-184.

วิทย์ เทียงบุญธรรม. 2542. พจนานุกรมสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่ 5. โรงพิมพ์อักษรพิทยา, กรุงเทพฯ.

วินัย รัชตปกรณชัย. 2538. ผลการศึกษาประสิทธิภาพสารสกัดจากสะเดาในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูบางชนิดในคะน้า ปี 2538. เอกสารประกอบการบรรยายในการประชุมสัมมนาเรื่อง ประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดาในการป้องกันกำจัดแมลงและไรศัตรูพืช, กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

วิเชียร บำรุงศรี และวรัญญา ตันติยุทธ. 2539. การทดสอบสารสกัดจากสะเดาเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียว, น. 9-18. ใน รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2539. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชน้ำมันและพืชไร่ตระกูลถั่ว กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

_____, _____ และวรจิต ฝาภูมิ. 2536. การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชกับแมลงศัตรูถั่วเขียว, น. 1-14. ใน รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2536. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชน้ำมันและพืชไร่ตระกูลถั่ว กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

วัชร ชูณหวงศ์. 2544. การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวโพดหวานโดยวิธีผสมผสาน, น. 284-302. ใน สุวัฒน์ รวยอารีย์, บรรณาธิการ. เทคโนโลยีทางเลือกสำหรับ “ไอ พี เอ็ม”. กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

วันดี กฤษณพันธ์. 2544. พฤษเคมีเบื้องต้น, น. 34-102. ใน นพมาศ สุนทรเจริญนนท์, บรรณาธิการ. **ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ**. ภาควิชาเภสัชวินิจัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

รัตนา อินทรานุปกรณ์. 2547. การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ลักขณา บำรุงศรี, พรทิพย์ เทพกิดาการ, กิตติ อ้อไธสง และเกศรา จีระจรรยา. 2538. การใช้แบบที่เรียกว่าสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้าย, น. 91-95. ใน รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2538. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูฝ้ายและพืชเส้นใย กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

_____, _____, เกศรา จีระจรรยา และ อุทัย เกตุนุติ. 2539. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดาและเชื้อจุลินทรีย์ในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้าย, น. 194-199. ใน รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2539. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูฝ้ายและพืชเส้นใย กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

_____, _____, _____ และ _____. 2540. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดาและเชื้อจุลินทรีย์ในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้าย, น. 70-74. ใน รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2540. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูฝ้ายและพืชเส้นใย กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร. 2548. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสบู่ดำ, น. 1-3. ใน ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร, ผู้รวบรวม. นานาสาระ “สบู่ดำ”. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ศูนย์อารักขาพืช มูลนิธิโครงการหลวง. 2548. คู่มือศัตรูไม้ดอกและการป้องกันกำจัด. บริษัททรีโอ แอดเวอร์ไทซิงแอนด์มีเดีย จำกัด, เชียงใหม่.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข. 2546. **สมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงทางการแพทย์**. ฝ่ายชีววิทยาและนิเวศวิทยา กลุ่มกีฏวิทยาทางการแพทย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.

สมสุข มัจฉาชีพ. 2542. **พืชสมุนไพร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์แพรวพิตยา, กรุงเทพฯ.

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2526. **แมลงศัตรูพืชทางการเกษตรของประเทศไทย**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ. 2549. **หนอนเจาะสมอฝ้าย Cotton bollworm**. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. แหล่งที่มา: <http://www.oaep.go.th/agri/Insect.htm>, 14 พฤศจิกายน 2549.

สุรพล วิเศษสรรค์. 2546. **เอกสารประกอบการสอนวิชา 423581 กลไกของสารพิษในสัตว์**. ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____ และเรวดี ชูช่วย. 2542. ประสิทธิภาพของสารสกัดจากตะไคร้หอม (*Cymbopogon winterianus* Jewitti) และสะเดา (*Azadirachta indica* var. *siamensis* Valetton) กับ การเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ทำลายพิษในเห็บสุนัข (*Rhipicephalus sanguineus* Latreille), น. 847-851. ใน รายงานผลการวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย การประชุมวิชาการประจำปี โครงการ BRT ครั้งที่ 3 วันที่ 11-14 ตุลาคม 2542. หาดใหญ่, สงขลา.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552ก. **การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรของประเทศไทยระดับประเทศ ปี 2529-2548**. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/oae_go.th/landused.xls, 10 มกราคม 2552.

_____. 2552ข. **การใช้ที่ดินของประเทศไทย เป็นรายภาค ปี 2546-2549**. สถิติการเกษตรของประเทศไทย 2550. แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th/statistic/yearbook50/section13/sec13table128.pdf>, 9 กุมภาพันธ์ 2552.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552ค. **ยาปราบศัตรูพืช: ปริมาณ และมูลค่าการนำเข้ารายเดือน**. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งที่มา:

<http://www.oae.go.th/statistic/import/imPTC.xls>, 10 มกราคม 2552.

_____. 2552ง. **ตารางปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชปี 2537-2550**. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th/factor/PestNew.htm>, 10 มกราคม 2552.

อรนุช กองกาญจนะ และวัชรรา ชุณหวงศ์. 2535. **แมลงศัตรูข้าวโพดและแนวทางการบริหาร**, น. 111-127. ใน สุวัฒน์ รวยอารีย์, บรรณาธิการ. **แมลงและสัตว์ศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหารเอกสารวิชาการฉบับพิเศษ**. กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

อรัญ งามผ่องใส. 2547. **สารเคมีควบคุมศัตรูพืช**. ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

อุดมลักษณ์ สุขอิตตะ, อุไรวรรณ ดิเรกคุณานันท์, ประภัสสร รักถาวร, สิริพร ศิริวรรณ และ พจมาน พิศเพ็ญจันทร์. 2549. **การสกัดและการออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเปลือกมังคุด**, น. 443-450. ใน **เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 สาขาวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ.

อัญชลี สงวนพงษ์. ม.ป.ป. **เทคนิคการผลิตสารสกัดจากพืช**. ใน **เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคนิคการวิจัยทางกีฏวิทยา**. ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปอาหาร คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

Adebowale, K.O. and C.O. Adedire. 2006. Chemical composition and insecticidal properties of the underutilized *Jatropha curcas* seed oil. **African J. of Biotechnology**. 5(10): 901-906.

- Ahmad, M. 2007. Insecticide resistance mechanisms and their Management in *Helicoverpa armigera* (Hübner) - A review. **J. Agric. Res.** 45(4): 319-335.
- Ahmed, S., M. Grainge, J.W. Hylin, W.C. Michel and J.A. Litsinger. 1984. Some promising plant species for use as pest control agents under traditional farming systems. Natural pesticides from neem tree and other tropical plants, pp. 365-380. *In* **Proceeding of the second International Neem Conference**. Rauis chhlozhausen, Federal Republic of Germany: 25-28 May, 1983. Eschebarn.
- Areekul, S., P. Sinchaisri and S. Tigvatananon. 1988. Effect of Thai plant extracts on the oriental fruit fly II. Repellent test. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)**. 22: 56-61.
- Bahar, H., A. Isman, A. Mannan and J. Udding. 2007. Effectiveness of some botanical extracts on bean aphid attacking yard-long bean. **J. of Entomol.** 4(2): 136-141.
- Baldwin, I.T. and J.C. Schultz. 1985. Rapid changes in tree leaf chemistry induced by damage: evidence for communication between plants. **Sci.** 221: 277-278.
- Banziger, H. 1977. **Key for the Identification of Aphid of crops in Thailand**. Dept of Agriculture Ministry of Agriculture and Co-operation, Bangkok.
- Beeden, P. 1974. Bollworm oviposition on cotton in Malawi. **Cott. Gr. Rev.** 51: 52-61.
- Blackmand, R.L. and V.F. Eastop. 2000. **Aphid on the World's Crops an Identification Guide**. John Wiley and Sons, England.
- Blackmand, R.L. and V.F. Eastop. 2007. Taxonomic issues, pp. 1-29. *In* H.F. van Emden and R. Harrington, eds. **Aphids as Crop Pests**. Cromwell Press, Trowbridge, UK.

- Blaney, W.M., M.S.J. Simmonds, S.V. Evans and L.E. Fellows. 1984. The role of the secondary plant compound 2,5-dihydroxymethyl 3,4 dihydroxypyrrolidine as a feeding inhibitor for insects. **Entomol. Exp. Appl.** 36: 209–216.
- Brem, B., C. Seger, T. Pacher, O. Hofer, S. Vajrodaya and H. Greger. 2002. Feeding deterrence and contact toxicity of *Stemona* alkaloids – A source of potent natural insecticides. **J. Agric. Food Chem.** 50: 6383: 6388.
- Bryant, J.P. 1981. Phytochemical deterrence of snowshoe hare browsing by adventitious shoots of four alaskan trees. **Sci.** 213:889-890.
- Christensen, L.P. and J. Lam. 1990. Acetylenes and related compounds in cynareae. **Phytochemistry.** 29: 2753-2785.
- Collins, M.D. 1986. Pyrethroids resistance in *Helicoverpa armigera* - a case history from Thailand. Proc. 1986. **Br. Crop Prot. Cont. Pests and Diseases.** 2: 583-589.
- Consol, R.A.G.B., N.M. Mendes, J.P. Pereira, B.S. Santos and M.A. Lamounier. 1989. Influence of several plant extracts on the oviposition behaviour of *Aedes fluviatilis* (LUTZ) (Diptera: Culicidae) in the laboratory. **Mem. Inst.** 84(1): 47-51.
- Crosby, D.G. 1971. Minor insecticides of plant origin, pp. 177-139. In M. Jacobson and D.G. Crosby, eds. **Naturally Occurring Insecticides.** Dekker, New York.
- Dadang, K., S. K. Ohsawa and I. Yamamoto. 1996. Insecticidal compound in tuber of *Cyperus rotundus* L. against the diamondback moth larvae. **J. Pest. Sci.** 21: 444-446.
- De Priva, S.R., A.L. Lucilene, R.F. Maria and A.C.K. Maria. 2004. Plumbagin quantification in root of *plumbago scandens* L. obtained by different extraction techniques. **Ann. of the Brazilian Acad. of Sci.** 76(3): 499-504.

- Das, B. C., P. K. Sarker, M. Rahman. 2008. Aphidicidal activity of some indigenous plant extracts against bean aphid *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae). **J. Pest. Sci.** 81:153–159.
- Dodia, D.A., I.S. Patel and A.R. Pathak. 1998. Antifeedant properties of some indigenous plant extracts against larvae of *Helicoverpa armigera*. **Pestol.** 19:21-22.
- Elliott, M. 1989. The pyrethroids: early discovery, recent advances and the future. **Pestic sci.** 27: 337-351.
- Fakrudin, B., V. Kumar, K.B. Krishnareddy, B.V. Patil and M.S. Kuruvinaashetti. 2004. Morphometric differences between pyrethroid resistant and susceptible populations of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. **Resistant Pest Management Newsletter.** 13: 18-19.
- Fields, P.G., J.T. Arnason, B.J.R. Philogène, R.R. Aucoin, P. Morand and C. Soucy-Breau. 1991. Phototoxin as insecticides and natural plant defences. **Memoirs of the Entomological Society of Canada.** 159: 29-38.
- Fitt, G.P. 1991. Host selection in Heliothinae. pp. 172-201. In W.J. Bailey and T.J. Ridsdill-Smith, eds. **Reproductive Behaviour in Insect-Individuals and Population.** Chapman and Hall, London, UK.
- Georges, K., B. Jayaprakasam, S.S. Dalavoy and M.G. Nair. 2007. Pest-managing activities of plant extracts and anthraquinones from *Cassia nigricans* from Burkina Faso. **Bioresource Tech.** 99: 2037–2045.
- Griffiths, D.C., A.R. Greenway and S.L. Llotd. 1978. The influence of repellent materials and aphid extract on settling behavior and larviposition of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Bull. Ent. Res.** 68(4): 613-619.

- Gould, F. 1991. Arthropod behavior and the efficacy of plant protectants. **Annu. Rev. Entomol.** 36: 305-330.
- Gowda, C.L.L. 2005. *Helicoverpa* - the global problem, pp. 1-6. In H.C. Sharma, ed. ***Heliothis/Helicoverpa Management Emerging Trends and Strategies for Future Research***. Oxford and IBH Publishing , New Delhi, India.
- Gracia, R.P. and P. Lawas. 1990. Note: Potential plant extract for the control of Azolla fungal pathogens. **Philipp. Agric.** 73: 343-348.
- Grainge, M. and S. Ahmed. 1988. **Handbook of Plants with Pests-control Properties**. John Wiley and Sons, New York.
- Green, T.R. and C.A. Ryan. 1972. Wound induced proteinase inhibitors in plant leaves. **Sci.** 175: 776-777.
- Greene, E. 1989. A diet-induced developmental polymorphism in a caterpillar. **Sci.** 343: 643-646.
- Gujar, G.T. 1990. Plumbagin, a naturally occurring naphthoquinone. Its pharmacological and pesticidal activity. **Fitoterapia.** 61: 387-394.
- Harmatha, J. and J. Nawrot. 1988. The role of lignans in insect interaction, pp. 81-86. In F. Sehnal, A. Zabza and D.L. Denlinger, eds. **Endocrinological Frontiers in Physiological Insect Ecology**. Wroclaw Technical University Press.
- Haukioja, E. 1980. On the role of plant defenses in the fluctuations of herbivore populations. **Oikos.** 35: 202-213.

- Heller, J. 1996. Physic nut. *Jatropha curcas* L. International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Huang, Y., J.M.W.L. Tan, R.M. Kini and S.H. Ho. 1997. Toxic and antifeedant action of nutmeg oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. **J. Stored Prod. Res.** 33(4): 289-298.
- Huang, Y., S.L. Lam and S.H. Ho. 2000. Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. To *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). **J. Stored Prod. Res.** 36: 107-177.
- Isman, M.B., O. Koul, J.T. Arnason, J. Stewart and G.S. Salloum. 1991. Developing a neem-based insecticide for Canada. **Men. Entomol. Soc.Can.** 159: 39-47.
- Jacobson, M. 1971. The unsaturated isobutylamides, pp. 137-176. In M. Jacobson and D.G. Crosby, eds. **Naturally Occurring Insecticides**. Dekker, New York.
- Janarthan, R.S., K.C. Chitra, R.P. Kameswara and R.K. Subramaniyam. 1999. Antifeedant and insecticidal properties of certain plant extracts against *Helicoverpa armigera*. **J. Insect Sci.** 5: 163-164.
- Kathuria , V. and N. Kaushik. 2005. Feeding inhibition of *Helicoverpa armigera* (Hübner) by *Eucalyptus camaldulensis* and *Tylophora indica* extracts. **Insect Sci.** 12: 249-254.
- Kayser, O. 2008. *Jatropha curcas*. [jatropha-biorefinery.org](http://www.jatropha-biorefinery.org). Available Source: <http://www.jatropha-biorefinery.org/default.aspx?pi=workpackage3>, 14 กุมภาพันธ์ 2552.
- Kooner, B.S., B.S. Malhi and K.S. Chabra. 2001. **Abstracts: National Symposium on Pulses for Sustainable Agriculture and National Security**. New Delhi.

- Koul, O., M.P. Jain and V.K. Sharma. 2000. Growth inhibitory and antifeedant activity of extracts from *Melia dubia* to *Spodoptera litura* and *Helicoverpa armigera* larvae. **Indain J. Expt. Biol.** 38: 63-68.
- Kranz, J., H. Schmutterer and W. Koch. 1977. **Diseases, Pest and Weeds in Tropical Crop.** Verlag Paul Parey, Germany.
- Leatemala, J.A. and M.B. Isman. 2004. Efficacy of crude seed extracts of *Annona squamosa* against diamondback moth, *Plutella xylostella* L. in the greenhouse. **Int. J. Pest Management.** 50(2): 129-133.
- Mahagant, A., J. Polchai, W. Luakhumhan, V. Arunpairojana and P. Atthasampunna. 2000. **Insecticidal Effect of Microalgal Extracts on Insect Pest Larva.** Thailand Institute of Scientific and Technological Research, BKK.
- Malarvannan, S., S.S. Kumar, V.R. Prabavathy and S. Nair. 2008. Individual and synergistic effects of leaf powder of few medicinal plants against american bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Noctuidae: Lepidoptera). **Asian J. Exp. Sci.** 22(1): 79-88.
- Manjunath, T.M., V.S. Bhatnagar, C.S. Pawar and S. Sitanathan. 1989. Economic importance of *Heliothis* spp. In India and an assessment of their natural enemies and host plants, pp. 196-278. In E.G. King and R.D. Jackson, eds. **Proc. of the Workshop on Biological Control of Heliothis: Increasing the Effectiveness of Natural Enemies.** Far Eastern Regional Research Office. US Department of Agricultural, New Delhi, India.
- Matthews, G.A. 1989. **Cotton Insect Pests and Their Management.** John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Meshram, P.B., N. Kulkarni, K.C. Joshi. 1996. Antifeedant activity of *Azadirachta indica* and *Jatropha curcas* against *Papilio demoleus* L. **J. Environ. Biol.** 17: 295-298.

- Morales, M. L. 2006. A safe and effective pesticide. **ILEIA Newsletter**. 11: 31.
- Naumann, K. 1990. **Chemistry of Plant Protection. Volume 4. Synthetic Pyrethroid Insecticide: Structures and Properties, and Volume 5. . Synthetic Pyrethroid Insecticide: Chemistry and Patents**. Springer-Verlag, Berlin.
- Norman, J. and H.M. Joan. n.d. ***Jatropha curcas***. The World Bank Asia Technical Department Agriculture Division.
- Pearson, E.O. 1958. **The Insect Pests of Cotton in Tropical Africa**. Empire Cotton Growing Corporation and Commonwealth Institute of Entomology, London.
- Pongnarawan, B. 2004. **Subcritical Water Extraction of Anthraquinones from Roots of *Morinda citrifolia***. M.S. Thesis, Chulalongkorn University.
- Raja, J., S.J. Venkatesan and S. Ignacimuthu. 2005. Efficacy of *Hyptis suaveolens* against lepidopteran pests. **Current Sci.** 88(2): 220-222.
- Rajkumar, S. and A. Jebanesan. 2005. Scientific note: oviposition deterrent and skin repellent activities of *Solanum trilobatum* leaf extract against the malarial vector *Anopheles stephensi*. **J. Insect Sci.** 5: 15.
- Ramya, S., C. Rajasekaran, T. Kalaivani, G. Sundararajan and R. Jayakumararaj. 2008. Biopesticidal effect of leaf extracts of *Catharanthus roseus* L (G) Don. on the larvae of gram pod borer - *Helicoverpa armigera* (Hübner). **Ethnobotanical Leaflets**. 12: 1096-1101.
- Rahuman, A. A., G. Gopalakrishnan, P. Venkatesan and K. Geetha. 2008. Larvicidal activity of some Euphorbiaceae plant extracts against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). **Parasitol Res.** 102: 867–873.

- Rhoades, D.F. 1979. Evolution of plant chemical defenses against herbivores, pp. 3-54. *In* G.A. Rosenthal and D.H. Janzen, eds. **Herbivores: Their Interaction with Secondary Plant Metabolites**. Academic, New York.
- _____. 1985. Offensive-defensive interactions between herbivores and plants: their relevance in herbivore population dynamics and ecological theory. **Am. Natur.** 125: 205-238.
- Ridgway, R.L., R.M. Silverstein and M.N. Inscoe. 1990. **Behavior Modifying Chemicals for Insect Management**. Marcel Dekker, New York.
- Rug, M. and A. Ruppel. 2000. Toxic activities of the plant *Jatropha curcas* against intermediate snail hosts and larvae of schistosome. **Tropical Med. and Int. Health.** 5(6): 423-420.
- Ryan, C.A. and T.R. Green. 1974. Proteinase inhibitors in natural plant protection. **Rec. Adv. Phytochem.** 8: 123-140.
- Sadek, M.M. 2003. Antifeedant and toxic activity of *Adhatoda vasica* leaf extract against *Spodoptera littoralis* (Lep., Noctuidae). **J. Appl. Entomol.** 127: 396-404.
- Sarac, A. and I. Tunc. 1995. Toxicity of essential oil vapours to stored-product insects. **J. Plant Dis. Proct.** 102(1): 69-74.
- Schmutterer, H. 1988. Potential of azadirachtin containing pesticides for integrated pest control in developing and industrial countries. **J. Insect. Physiol.** 34: 713-719.
- Schmutterer, H. and K.R.S. Ascher. 1984. Natural pesticides from the neem tree and other tropical plants. **Proc. 2nd. Int. Neem Conf. Rauischholghausen, 1993**. GTZ Eschborn, Germany. 587 pp.

- Schoonhoven, L.M. 1993. Insects and phytochemicals-nature's economy, pp. 1-17. *In* T.A. van Beek and H. Breteler, eds. **Phytochemical and Agriculture**. Oxford University Press Inc., New York.
- Schultz, J.C. and I.T. Baldwin. 1983. Oak leaf quality declines in response to defoliation by gypsy moth larvae. **Sci.** 217: 149-151.
- Setiawati, W. A. Somantri and A.S. Duriat. 2000. Effect of population density and infestation time of *Helicoverpa armigera* Hubn. on tomato yield loss and its control. **J. of Horticulture (Indonesia)**. 10: 112-120.
- Shaposhnikov, G.C. 1981. **Population and Species in Aphids and the Need for a Universal Species Concept**. Special Publication of the Research Branch, Agricultural, Canada.
- Sharma, H.C. 2005. ***Heliothis/Helicoverpa* management emerging trends and strategies for future research**. Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi, India.
- Simmonds, M.S.J., W.M. Blaney and F.E. Fellows. 1990. Behavioral and electro-physiological study of antifeedant mechanisms associated with polyhydroxy alkaloids. **J. Chem. Ecol.** 16: 3167-3196.
- Sinchaisri, N., D. Roongsook and S. Areekul. 1988. Botanical repellent against the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. **Kasetsart J. (Nat. Sci Suppl.)** 22: 71-74.
- Solsoloy, A.D. 1993. Insecticidal efficacy of the formulated product and aqueous extract from physic nut, *Jatropha curcas* L. seed kernel oil on cotton insect pests. **Cotton Res. J. (Phils.)**. 6:28-34.
- _____. 1995. Pesticidal efficacy of the formulated physic nut, *Jatropha curcas* L. oil on pests of selected field crops. **Philipp. J. of Sci.** 124(1): 59-74.

- Solsoloy, A.D., B.M. Rejesus. 1993. Juvenile hormone effect of the insecticidal principle from Physic nut, *Jatropha curcas* Linn. on cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubn.), pp. 34. In **24. Annual Scientific Meeting of the Pest Management Council of the Philippines**. Cebu City, Philippines.
- Talukder, F.A. and P.E. Howse. 1995. Evaluation of *Aphanamixis polystachya* as a source of repellents, antifeedants, toxicants and protestants in storage against *Tribolium castaneum* (Herbst). **J. Stored Prod. Res.** 31(1): 55-61.
- Tantiwanich, A. and C. Dejsupa. 1983. Insecticidal activity of organic substance in *Momordica charantia* L., pp. 220-221. In **Research Reports 1983**. Kasetsart Univ, Bangkok, Thailand.
- Tewary, D.K., A. Bhardwaj, A.Shanker. 2005. Pesticidal activities in five medicinal plants collected from mid hills of western Himalayas. **Industrial Crops and Prods.** 22: 241–247.
- Tunstall, J.P. 1962. Behaviour studies of *Heliothis armigera* and *Earias biphaga*, pp. 74-75. In **Cotton Pest Research Scheme in Malawi Ministry of Agricultural Annual Report**. Malawi.
- Upasani, S.M., H.M. Kotkar, P.S. Mendki, V.L. Maheshwari. 2003. Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L. foliage flavonoids. **Pest Management Sci.** 59:(12) 1349-1354.
- Van Lenteren, J.C. 1990. Biological control in a tritrophic system approach, pp. 3-21. In D.C. Peters, J.A. Webster and C.S. Chlouber, eds. **Proc. Aphid-Plant Interaction: Population to Molecules, 12-17 August 1990**. Oklahoma State University, USA.

- Watt, J.M. and M.G. Breyer-Brandwijk. 1962. **The Medicinal and Poisonous Plants of Southern and Eastern Africa**. Edinburgh and London.
- Wat, C.K., S.K. Prasad, E.A. Graham, S. Partington, T. Arnason, G.H.N. Towers and J. Lam. 1981. Photosensitization of invertebrates by natural polyacetylenes. **Biochemical Systematics and Ecology**. 9: 59-62.
- Werayul, P. 2004. Extraction method for high curcuminoid content from *Curcuma longa*. **Mahidol Univ. J. of Pharmaceutical Sci.** 31: 44-47.
- Williams, I.S. and A.F.G. Dixon. 2007. Life cycle and polymorphism, pp. 69-85. *In* H.F. van Emden and R. Harrington, eds. **Aphids as Crop Pests**. Cromwell Press, Trowbridge, UK.
- Wink, M., C. Koschmieder, M. Sauerwein, F. Sporer. n.d. Phorbol esters of *J. curcas*-biological activities and potential applications, pp. 160-166. *In* **Biofuels and Industrial Products from J. curcas**. Institute für Pharmazeutische Biologie der Universität Heidelberg, Germany.
- Yamauchi, S. and E. Taniguchi. 1991. Synthesis and insecticidal activity of lignan analogs **Agric. Biol. Chem.** 55: 3075-3084.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KEM (kernel, ethanol, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.3125	50	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	6	4	2	5	12	24
0.625	50	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	4	3	1	4	1	13	26
1.25	50	1	0	0	3	0	1	0	0	3	0	1	3	2	5	3	14	28
2.5	50	1	1	0	2	1	1	2	1	3	2	4	3	3	3	4	17	34
5	50	0	0	0	2	1	0	0	2	2	1	5	3	5	5	3	21	42
10	50	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	3	5	7	2	4	21	42

ตารางผนวกที่ 2 จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KES (kernel, ethanol, soxhlet apparatus)
ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.3125	50	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	1	2	0	5	10
0.625	50	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	2	1	4	8
1.25	50	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	6	12
2.5	50	0	1	3	0	1	0	1	3	0	2	0	1	4	0	2	7	14
5	50	0	0	1	1	2	0	0	1	1	2	0	0	3	2	2	7	14
10	50	3	4	2	2	1	5	4	3	4	1	5	4	3	4	1	17	34

ตารางผนวกที่ 3 จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KPM (kernel, petroleum ether, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.3125	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.625	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2
1.25	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
2.5	50	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	3	0	0	1	4	8
5	50	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	1	3	0	0	5	10
10	50	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	1	0	2	3	1	7	14

ตารางผนวกที่ 4 จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KPS (kernel, petroleum ether, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.3125	50	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	2	0	3	6
0.625	50	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	5	10
1.25	50	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	2	0	5	10
2.5	50	0	3	0	1	0	0	4	0	1	0	1	5	0	1	0	7	14
5	50	0	0	1	2	1	0	2	0	0	2	0	2	1	2	3	8	16
10	50	0	2	2	1	0	1	2	2	2	2	1	2	2	3	2	10	20

ตารางผนวกที่ 5 จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CEM (cake, ethanol, magnetic stirrer)
ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
0.3125	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.625	50	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	1	1	1	5	10
1.25	50	1	0	1	0	1	1	0	1	0	2	1	0	1	0	3	5	10
2.5	50	1	1	0	2	0	1	1	1	2	0	1	2	1	3	0	7	14
5	50	1	2	2	0	1	1	2	2	1	1	1	2	3	1	1	8	16
10	50	2	3	5	2	3	2	4	5	2	4	3	4	5	3	5	20	40

ตารางผนวกที่ 6 จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CES (cake, ethanol, soxhlet apparatus)
ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.3125	50	1	2	0	1	1	1	2	0	4	1	1	2	2	4	3	12	24
0.625	50	2	3	4	4	4	2	3	4	6	5	2	3	5	7	5	22	44
1.25	50	1	1	5	3	4	2	1	5	4	6	3	1	7	4	6	21	42
2.5	50	4	3	3	1	3	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	22	44
5	50	4	2	4	2	5	4	2	4	3	6	5	2	4	7	7	25	50
10	50	7	4	3	7	2	7	5	5	8	2	7	5	5	8	2	27	54

ตารางผนวกที่ 7 จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CPM (cake, petroleum ether, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.3125	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
0.625	50	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	4
1.25	50	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	3	6
2.5	50	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	1	1	2	6	12
5	50	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	5	0	2	1	1	9	18
10	50	0	0	0	0	1	2	1	1	1	1	3	1	2	1	4	11	22

ตารางผนวกที่ 8 จำนวนการตายของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CPS (cake, petroleum ether, soxhlet apparatus)
ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	3	6
0.3125	50	0	2	0	0	0	1	2	0	0	1	1	2	0	0	2	5	10
0.625	50	1	0	0	1	1	1	0	0	2	1	1	1	0	2	1	5	10
1.25	50	0	1	0	0	2	0	3	1	1	3	0	4	1	1	3	9	18
2.5	50	3	0	3	1	1	4	0	3	2	1	4	0	4	4	1	13	26
5	50	1	5	1	5	2	1	6	1	5	2	1	7	2	5	2	17	34
10	50	5	6	3	2	3	5	7	3	5	4	6	7	6	5	5	29	58

ตารางผนวกที่ 9 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KEM (kernel, ethanol, magnetic stirrer)
ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	พื้นที่ก่อนกิน (cm ³)	พื้นที่ที่ถูกกิน (cm ³)					รวม	อัตราการกิน (%)
		1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	13.1	4.06	3.68	4.77	5.02	3.77	21.3	32.52
0.15625	13.1	1.07	0.57	2	1.31	1.52	6.47	9.88
0.3125	13.1	1.07	0.67	1.19	0.78	0.71	4.42	6.75
0.625	13.1	0.44	0.67	0.1	0.61	0.35	2.17	3.31
1.25	13.1	0.31	0.8	0.79	0.82	0.15	2.87	4.38
2.5	13.1	0.12	0.32	0.55	0.57	0.47	2.03	3.1
5	13.1	0.05	0.2	0.15	0.15	0.39	0.94	1.43

ตารางผนวกที่ 10 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KES (kernel, ethanol, soxhlet apparatus)
ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	พื้นที่ก่อนกิน (cm ³)	พื้นที่ที่ถูกกิน (cm ³)					รวม	อัตราการกิน (%)
		1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	13.1	4.06	3.68	3.84	5.02	3.77	20.37	31.1
0.15625	13.1	1.8	0.47	0.72	0.39	1.03	4.41	6.73
0.3125	13.1	0.49	0.29	0.43	1.68	0.9	3.79	5.79
0.625	13.1	0.04	0.57	0	2.13	0.27	3.01	4.6
1.25	13.1	0	1.01	0.79	0.31	0	2.11	3.22
2.5	13.1	0.07	0.12	0.35	0.7	0.46	1.7	2.6
5	13.1	เกิด Phytotoxic กับ ใบฝ้าย						

ตารางผนวกที่ 11 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KPM (kernel, petroleum ether, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	พื้นที่ก่อนกิน (cm ³)	พื้นที่ที่ถูกกิน (cm ³)					รวม	อัตราการกิน (%)
		1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	13.1	4.32	3.71	5.08	3.97	3.43	20.51	31.31
0.15625	13.1	1.36	2.2	1.21	1.5	1.34	7.61	11.89
0.3125	13.1	1.87	0.87	1.55	1.82	1.57	7.68	12.19
0.625	13.1	1.07	1.95	0.56	1.38	2.08	7.04	10.83
1.25	13.1	0.79	0.22	0.2	0	0.06	1.27	2
2.5	13.1	0.45	0.49	0.2	0.15	0.06	1.35	2.18
5	13.1	0.21	0	0.19	0.08	0.03	0.51	0.8

ตารางผนวกที่ 12 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KPS (kernel, petroleum ether, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	พื้นที่ก่อนกิน (cm ³)	พื้นที่ที่ถูกกิน (cm ³)					รวม	อัตราการกิน (%)
		1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	13.1	2.84	2.49	2.85	3.18	2.96	14.32	21.86
0.15625	13.1	1.22	1.21	1.18	1.7	0.93	6.24	9.53
0.3125	13.1	1.22	0.81	0.56	0.94	1.15	4.68	7.37
0.625	13.1	0.5	0.6	0.49	0.87	0.78	3.24	4.95
1.25	13.1	0.46	0.42	0.24	0.68	0.85	2.65	4.21
2.5	13.1	1.25	0.37	0.28	0.55	0.21	2.66	4.29
5	13.1	0.3	0.36	0.13	0.04	0.09	0.92	1.47

ตารางผนวกที่ 13 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CEM (cake, ethanol, magnetic stirrer)
ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	พื้นที่ก่อนกิน (cm ³)	พื้นที่ที่ถูกกิน (cm ³)					รวม	อัตราการกิน (%)
		1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	13.1	2.84	2.49	2.85	3.18	2.96	14.32	21.86
0.15625	13.1	0.99	0.55	0.57	1.29	0.65	4.05	6.18
0.3125	13.1	0.46	1.02	0.1	1.74	0.84	4.16	6.35
0.625	13.1	0.69	0.6	0.61	0.97	0.97	3.84	5.86
1.25	13.1	0.32	0.28	0.31	0.98	0.83	2.72	4.15
2.5	13.1	0.75	0.28	0.47	0	0.09	1.59	2.43
5	13.1	0.07	0.38	0.36	0.69	0.08	1.58	2.41

ตารางผนวกที่ 14 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CES (cake, ethanol, soxhlet apparatus)
ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	พื้นที่ก่อนกิน (cm ³)	พื้นที่ที่ถูกกิน (cm ³)					รวม	อัตราการกิน (%)
		1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	13.1	4.91	4.57	6.45	3.75	6.68	26.36	40.24
0.15625	13.1	0.45	0.45	0.54	0.83	1.1	3.37	5.15
0.3125	13.1	0.05	0.09	0.39	0.14	1.49	2.16	3.32
0.625	13.1	0.38	0.26	0.39	0.35	0.39	1.77	2.7
1.25	13.1	0.15	0.2	0.11	0.4	0.7	1.56	2.4
2.5	13.1	0.14	0.59	0.27	0.17	0.18	1.35	2.09
5	13.1	0.08	0.22	0.17	0.46	0.06	0.99	1.49

ตารางผนวกที่ 15 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CPM (cake, petroleum ether, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	พื้นที่ก่อนกิน (cm ³)	พื้นที่ที่ถูกกิน (cm ³)					รวม	อัตราการกิน (%)
		1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	13.1	2.93	4.45	7.58	6.2	4.37	25.53	38.98
0.15625	13.1	1.88	0.71	0.94	0.76	1.69	5.98	9.13
0.3125	13.1	1.77	0.37	0.62	1.49	1.64	5.89	8.99
0.625	13.1	0.6	2.54	1.29	0.74	1.38	6.55	10
1.25	13.1	0.81	0.78	1.1	1.77	1	5.46	8.34
2.5	13.1	0.77	0.02	0	0.87	1.48	3.14	4.79
5	13.1	0.15	0.52	0.25	0.75	0.52	2.19	3.34

ตารางผนวกที่ 16 อัตราการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CPS (cake, petroleum ether soxhlet apparatus)
ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 48 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	พื้นที่ก่อนกิน (cm ³)	พื้นที่ที่ถูกกิน (cm ³)					รวม	อัตราการกิน (%)
		1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	13.1	8.03	7.79	7.56	5.52	6.34	35.24	53.8
0.15625	13.1	2.86	2.9	2.36	3.79	3.75	15.66	23.91
0.3125	13.1	2.97	3.96	1.6	4.25	2.23	15.01	22.92
0.625	13.1	3.24	2.48	2.28	3.29	2.9	14.19	21.66
1.25	13.1	1.61	2.94	3.48	3.74	3.04	14.81	22.61
2.5	13.1	1.47	0.73	1.46	1.25	0.92	5.83	8.9
5	13.1	1.57	0.45	1.28	1.31	0.65	5.26	8.03

ตารางผนวกที่ 17 จำนวนไข่และจำนวนตัวหนอนที่ฟักของผีเสื้อหนอนเจาะสมอฝ้ายที่ได้รับสารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดและกากเมล็ดสบู่ดำชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.1% ตั้งแต่ระยะหนอนวัย 2 นาน 48 ชั่วโมง และปล่อยผีเสื้อผสมพันธุ์กันเป็นเวลา 7 วัน (เพศผู้ 3 ตัว: เพศเมีย 2 ตัว)

สารสกัด หยาบ	วันที่	จำนวนไข่ (ฟอง)					รวม	จำนวนตัว หนอนที่ฟัก (ตัว) ^{1/}	อัตรา การฟัก (%) ^{1/}
		1	2	3	4	5			
ชุดควบคุม ethanol	1	307	51	199	0	0	557		
	2	357	164	616	104	1252	2493		
	3	754	354	265	236	399	2008		
	4	731	202	203	357	122	1615	1529	61.33
	5	78	96	70	245	2	491		
	6	0	3	17	115	0	135		
	7	0	7	38	15	0	60		
ชุดควบคุม petroleum ether	1	0	20	18	0	35	73		
	2	674	68	959	134	916	2751		
	3	461	1057	636	366	1066	3586		
	4	181	517	133	196	334	1361	2016	74.92
	5	99	93	3	31	111	337		
	6	152	23	0	0	5	180		
	7	0	2	0	28	1	31		
KEM	1	24	4	255	23	1	310		
	2	65	79	496	116	147	903		
	3	238	432	580	238	149	1637		
	4	270	371	406	204	288	1539	92	10.19
	5	152	37	33	248	174	644		
	6	71	0	0	109	4	184		
	7	15	0	0	71	0	86		

ตารางผนวกที่ 17 (ต่อ)

สารสกัด หยาบ	วันที่	จำนวนไข่ (ฟอง)					รวม	จำนวนตัว หนอนที่ฟัก (ตัว) ^{1/}	อัตรา การฟัก (%) ^{1/}
		1	2	3	4	5			
KES	1	33	24	4	254	231	546		
	2	53	29	7	297	309	695		
	3	16	583	10	283	153	1045		
	4	6	436	13	74	285	814	256	35.9
	5	1	28	82	1	89	201		
	6	0	0	138	0	11	149		
	7	0	0	157	0	0	157		
KPM	1	0	46	145	0	47	238		
	2	24	277	332	77	117	827		
	3	42	111	211	68	154	586		
	4	333	12	99	37	37	518	65	7.86
	5	0	20	0	0	1	21		
	6	0	5	1	0	0	6		
	7	0	0	0	0	0	0		
KPS	1	15	6	59	6	0	86		
	2	312	65	90	416	6	889		
	3	385	187	103	76	581	1332		
	4	406	178	533	113	127	1357	330	37.12
	5	460	280	57	131	323	1251		
	6	59	146	0	154	55	414		
	7	8	5	0	38	0	51		

ตารางผนวกที่ 17 (ต่อ)

สารสกัด หยาบ	วันที่	จำนวนไข่ (ฟอง)					รวม	จำนวนตัว หนอนที่ฟัก (ตัว) ^{1/}	อัตรา การฟัก (%) ^{1/}
		1	2	3	4	5			
CEM	1	10	63	45	48	3	169		
	2	64	27	745	52	828	1716		
	3	818	108	363	65	419	1773		
	4	110	191	74	86	227	688	750	43.71
	5	200	188	26	41	33	488		
	6	133	77	0	71	0	281		
	7	28	0	0	0	0	28		
CES	1	42	112	65	173	129	521		
	2	615	183	91	887	82	1858		
	3	409	211	804	176	158	1758		
	4	0	339	122	81	289	831	891	47.95
	5	0	263	2	4	186	455		
	6	0	100	0	0	11	111		
	7	0	5	0	0	0	5		
CPM	1	23	8	60	56	39	186		
	2	108	654	209	239	163	1373		
	3	418	589	784	440	572	2803		
	4	224	386	586	218	313	1727	297	21.63
	5	474	236	198	238	37	1183		
	6	6	27	77	25	0	135		
	7	21	0	0	0	0	21		

ตารางผนวกที่ 17 (ต่อ)

สารสกัด หยาบ	วันที่	จำนวนไข่ (ฟอง)					รวม	จำนวนตัว หนอนที่ฟัก (ตัว) ^{1/}	อัตรา การฟัก (%) ^{1/}
		1	2	3	4	5			
CPS	1	14	188	12	3	84	301		
	2	212	241	180	67	176	876		
	3	105	390	252	129	83	959		
	4	8	349	1	402	1	761	58	6.62
	5	0	201	126	207	0	534		
	6	0	132	14	122	0	268		
	7	1	5	0	16	0	22		

^{1/} จำนวนตัวหนอนและอัตราการฟักของไข่ที่ฝักเมื่อเพาะเลี้ยงในวันที่ 2 หลังปล่อยให้ฝักเมื่อผสมพันธุ์กัน

ตารางผนวกที่ 18 จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KEM (kernel, ethanol, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	4
0.015625	50	1	0	0	0	0	3	2	0	0	0	3	5	1	0	1	10	20
0.03125	50	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	2	2	1	4	1	10	20
0.0625	50	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	1	6	1	0	1	9	18
0.125	50	3	0	1	0	0	4	0	2	1	1	4	0	7	3	4	18	36
0.25	50	0	0	0	1	0	0	0	5	2	0	2	4	9	4	4	23	46
0.5	50	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	7	5	2	2	6	22	44

ตารางผนวกที่ 19 จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KES (kernel, ethanol, soxhlet apparatus)
ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	2	4
0.015625	50	0	0	1	0	1	2	0	8	3	7	4	3	10	5	9	31	62
0.03125	50	0	0	2	2	0	3	1	5	7	2	9	5	5	8	4	31	62
0.0625	50	1	0	0	0	0	6	2	3	2	3	7	6	10	4	4	31	62
0.125	50	0	0	0	1	0	2	0	2	4	2	6	7	8	8	4	33	66
0.25	50	3	1	0	3	0	6	1	0	4	5	9	6	7	9	6	37	74
0.5	50	0	1	0	2	0	6	3	7	7	1	8	10	10	9	8	45	90

ตารางผนวกที่ 20 จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KPM (kernel, petroleum ether, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.015625	50	0	0	1	0	0	1	4	7	4	2	5	10	9	8	7	39	78
0.03125	50	0	0	0	0	0	2	4	5	8	6	8	4	9	10	10	41	82
0.0625	50	0	1	0	0	0	2	8	8	7	2	8	10	10	10	3	41	82
0.125	50	0	0	1	0	0	8	2	1	2	1	10	9	8	5	10	42	84
0.25	50	0	0	1	0	1	5	6	8	3	6	9	9	9	8	9	44	88
0.5	50	0	1	1	0	1	1	10	8	2	8	9	10	10	8	10	47	94

ตารางผนวกที่ 21 จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ KPS (kernel, petroleum ether, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.015625	50	1	0	1	2	5	7	1	6	3	8	10	2	8	3	9	32	64
0.03125	50	1	0	2	1	3	2	3	6	1	10	5	5	8	7	10	35	70
0.0625	50	0	1	2	1	2	2	4	6	10	7	5	6	7	10	10	38	76
0.125	50	2	1	0	9	0	3	2	5	9	2	3	8	9	9	9	38	76
0.25	50	0	1	2	0	1	3	2	2	0	3	6	7	9	9	8	39	78
0.5	50	4	5	2	3	4	6	7	6	6	6	8	7	9	8	8	40	80

ตารางผนวกที่ 22 จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CEM (cake, ethanol, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	4
0.015625	50	0	0	0	0	0	0	1	3	0	2	0	5	4	0	5	14	28
0.03125	50	0	1	0	1	1	1	2	1	1	2	3	4	2	2	4	15	30
0.0625	50	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	5	1	6	3	3	18	36
0.125	50	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	4	8	2	4	19	38
0.25	50	1	0	0	1	1	3	1	0	3	3	7	3	1	6	4	21	42
0.5	50	0	1	0	0	1	1	1	1	4	4	8	3	4	10	7	32	64

ตารางผนวกที่ 23 จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CES (cake, ethanol, soxhlet apparatus) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	4
0.015625	50	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	2	3	2	2	0	9	18
0.03125	50	0	0	1	0	0	0	4	2	1	0	0	6	2	3	1	12	24
0.0625	50	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	4	1	1	6	7	19	38
0.125	50	0	0	0	0	0	6	1	0	0	1	9	2	3	2	1	17	34
0.25	50	0	0	0	0	0	1	2	3	1	1	3	6	5	3	3	20	40
0.5	50	0	1	0	1	0	1	2	2	1	0	7	8	3	1	2	21	42

ตารางผนวกที่ 24 จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CPM (cake, petroleum ether, magnetic stirrer) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	1	0	0	3	6
0.015625	50	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	4	5	6	6	2	23	46
0.03125	50	0	0	0	1	1	1	1	0	1	5	3	10	0	4	8	25	50
0.0625	50	1	1	0	1	0	1	3	1	3	0	6	6	3	7	1	23	46
0.125	50	1	0	0	0	0	1	2	1	2	2	6	3	7	5	9	30	60
0.25	50	0	0	0	0	1	5	5	4	3	2	7	9	5	9	2	32	64
0.5	50	1	0	0	0	0	6	0	3	3	2	10	5	5	6	8	34	68

ตารางผนวกที่ 25 จำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อทดสอบกับสารสกัดหยาบ CPS (cake, petroleum ether, soxhlet apparatus)
ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24, 48 และ 72 ชม. หลังการทดสอบ โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	N	จำนวนการตาย (ตัว)															รวม	อัตราการตาย (%)
		24 ชม.					48 ชม.					72 ชม.						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
ชุดควบคุม	50	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	1	0	0	3	6
0.015625	50	0	0	0	1	0	0	2	1	2	2	5	6	1	4	6	22	44
0.03125	50	0	0	0	0	0	0	5	1	3	0	5	6	6	9	3	29	58
0.0625	50	0	0	0	0	0	2	0	6	3	1	7	7	7	8	6	35	70
0.125	50	0	0	0	1	0	0	4	3	6	7	4	8	8	10	10	40	80
0.25	50	2	0	3	0	1	5	2	6	10	5	9	8	9	10	9	45	90
0.5	50	0	0	0	0	0	3	5	1	4	6	10	10	9	9	9	47	94

ตารางผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของหนอนเจาะสมอฝ้าย
วัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 10%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	8401.229 ^a	1200.176	5.724	.000
Intercept	1	48998.600	48998.600	233.707	.000
mat	1	2249.700	2249.700	10.730	.003
met	1	1386.977	1386.977	6.615	.015
sol	1	2022.937	2022.937	9.649	.004
mat * met	1	1632.517	1632.517	7.787	.009
mat * sol	1	459.277	459.277	2.191	.149
met * sol	1	639.840	639.840	3.052	.090
mat * met * sol	1	9.980	9.980	.048	.829
Error	32	6709.060	209.658		
Total	40	64108.889			
Corrected Total	39	15110.289			

^a R Squared = .556 (Adjusted R Squared = .459)

ตารางผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของหนอนเจาะสมอฝ้าย
วัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 5%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	7632.725 ^a	1090.389	3.785	.004
Intercept	1	23414.469	23414.469	81.267	.000
mat	1	545.899	545.899	1.895	.178
met	1	408.129	408.129	1.417	.243
sol	1	1348.269	1348.269	4.680	.038
mat * met	1	3023.599	3023.599	10.494	.003
mat * sol	1	114.819	114.819	.399	.532
met * sol	1	57.049	57.049	.198	.659
mat * met * sol	1	2134.959	2134.959	7.410	.010
Error	32	9219.793	288.119		
Total	40	40266.988			
Corrected Total	39	16852.518			

^a R Squared = .453 (Adjusted R Squared = .333)

ตารางผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของหนอนเจาะสมอฝ้าย
วัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 2.5%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	5599.005 ^a	799.858	4.604	.001
Intercept	1	16357.171	16357.171	94.153	.000
mat	1	296.371	296.371	1.706	.201
met	1	521.573	521.573	3.002	.093
sol	1	1387.213	1387.213	7.985	.008
mat * met	1	2022.653	2022.653	11.643	.002
mat * sol	1	14.933	14.933	.086	.771
met * sol	1	20.851	20.851	.120	.731
mat * met * sol	1	1335.411	1335.411	7.687	.009
Error	32	5559.329	173.729		
Total	40	27515.506			
Corrected Total	39	11158.335			

^a R Squared = .502 (Adjusted R Squared = .393)

ตารางผนวกที่ 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของหนอนเจาะสมอฝ้าย
วัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 1.25%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	6021.951 ^a	860.279	5.028	.001
Intercept	1	9713.507	9713.507	56.769	.000
mat	1	266.927	266.927	1.560	.221
met	1	666.917	666.917	3.898	.057
sol	1	2200.327	2200.327	12.859	.001
mat * met	1	1480.237	1480.237	8.651	.006
mat * sol	1	6.947	6.947	.041	.842
met * sol	1	.277	.277	.002	.968
mat * met * sol	1	1400.317	1400.317	8.184	.007
Error	32	5475.431	171.107		
Total	40	21210.889			
Corrected Total	39	11497.382			

^a R Squared = .524 (Adjusted R Squared = .420)

ตารางผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของหนอนเจาะสมอฝ้าย
วัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.625%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	7190.000 ^a	1027.143	8.836	.000
Intercept	1	7290.000	7290.000	62.710	.000
mat	1	160.000	160.000	1.376	.249
met	1	490.000	490.000	4.215	.048
sol	1	2560.000	2560.000	22.022	.000
mat * met	1	1440.000	1440.000	12.387	.001
mat * sol	1	250.000	250.000	2.151	.152
met * sol	1	40.000	40.000	.344	.562
mat * met * sol	1	2250.000	2250.000	19.355	.000
Error	32	3720.000	116.250		
Total	40	18200.000			
Corrected Total	39	10910.000			

^a R Squared = .659 (Adjusted R Squared = .584)

ตารางผนวกที่ 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของหนอนเจาะสมอฝ้าย
วัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.3125%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	5328.281 ^a	761.183	6.136	.000
Intercept	1	4225.286	4225.286	34.059	.000
mat	1	197.536	197.536	1.592	.216
met	1	65.306	65.306	.526	.473
sol	1	1807.546	1807.546	14.570	.001
mat * met	1	1335.296	1335.296	10.763	.003
mat * sol	1	308.636	308.636	2.488	.125
met * sol	1	65.306	65.306	.526	.473
mat * met * sol	1	1548.656	1548.656	12.483	.001
Error	32	3969.866	124.058		
Total	40	13523.432			
Corrected Total	39	9298.146			

^a R Squared = .573 (Adjusted R Squared = .480)

ตารางผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราขั้วยังการกินของหนอนเจาะ
สมอฝ้ายวัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 5%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	1929.580 ^a	275.654	2.994	.016
Intercept	1	313415.683	313415.683	3404.338	.000
mat	1	892.742	892.742	9.697	.004
met	1	31.524	31.524	.342	.563
sol	1	204.168	204.168	2.218	.146
mat * met	1	3.221	3.221	.035	.853
mat * sol	1	16.809	16.809	.183	.672
met * sol	1	780.484	780.484	8.478	.007
mat * met * sol	1	.633	.633	.007	.934
Error	32	2946.036	92.064		
Total	40	318291.299			
Corrected Total	39	4875.616			

^a R Squared = .396 (Adjusted R Squared = .264)

ตารางผนวกที่ 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราขั้วยังการกินของหนอนเจาะ
สมอฝ้ายวัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 2.5%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	1837.744 ^a	262.535	1.490	.206
Intercept	1	262606.887	262606.887	1490.692	.000
mat	1	28.612	28.612	.162	.690
met	1	113.873	113.873	.646	.427
sol	1	560.327	560.327	3.181	.084
mat * met	1	193.996	193.996	1.101	.302
mat * sol	1	75.543	75.543	.429	.517
met * sol	1	855.163	855.163	4.854	.035
mat * met * sol	1	10.231	10.231	.058	.811
Error	32	5637.262	176.164		
Total	40	270081.893			
Corrected Total	39	7475.006			

^a R Squared = .246 (Adjusted R Squared = .081)

ตารางผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราขั้วยังการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 1.25%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	8945.460 ^a	1277.923	7.469	.000
Intercept	1	211885.870	211885.870	1238.431	.000
mat	1	1935.716	1935.716	11.314	.002
met	1	208.118	208.118	1.216	.278
sol	1	1916.010	1916.010	11.199	.002
mat * met	1	62.800	62.800	.367	.549
mat * sol	1	1765.178	1765.178	10.317	.003
met * sol	1	2879.470	2879.470	16.830	.000
mat * met * sol	1	178.168	178.168	1.041	.315
Error	32	5474.949	171.092		
Total	40	226306.279			
Corrected Total	39	14420.410			

^a R Squared = .620 (Adjusted R Squared = .537)

ตารางผนวกที่ 37 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราขั้วยังการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.625%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	9156.015 ^a	1308.002	5.735	.000
Intercept	1	169805.658	169805.658	744.476	.000
mat	1	513.014	513.014	2.249	.143
met	1	450.845	450.845	1.977	.169
sol	1	5159.031	5159.031	22.619	.000
mat * met	1	4.837	4.837	.021	.885
mat * sol	1	4.077	4.077	.018	.894
met * sol	1	488.951	488.951	2.144	.153
mat * met * sol	1	2535.260	2535.260	11.115	.002
Error	32	7298.800	228.087		
Total	40	186260.472			
Corrected Total	39	16454.814			

^a R Squared = .556 (Adjusted R Squared = .459)

ตารางผนวกที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราขั้วยังการกินของหนอนเจาะ
สมอฝ้ายวัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.3125%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	7850.689 ^a	1121.527	3.775	.004
Intercept	1	144793.089	144793.089	487.385	.000
mat	1	112.963	112.963	.380	.542
met	1	268.842	268.842	.905	.349
sol	1	4498.641	4498.641	15.143	.000
mat * met	1	.202	.202	.001	.979
mat * sol	1	18.742	18.742	.063	.803
met * sol	1	1461.923	1461.923	4.921	.034
mat * met * sol	1	1489.376	1489.376	5.013	.032
Error	32	9506.609	297.082		
Total	40	162150.386			
Corrected Total	39	17357.297			

^a R Squared = .452 (Adjusted R Squared = .332)

ตารางผนวกที่ 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราขั้วยังการกินของหนอนเจาะ
สมอฝ้ายวัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.15625%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	6127.774 ^a	875.396	3.874	.004
Intercept	1	118981.192	118981.192	526.489	.000
mat	1	409.024	409.024	1.810	.188
met	1	9.341	9.341	.041	.840
sol	1	3240.180	3240.180	14.338	.001
mat * met	1	20.349	20.349	.090	.766
mat * sol	1	3.428	3.428	.015	.903
met * sol	1	2073.168	2073.168	9.174	.005
mat * met * sol	1	372.283	372.283	1.647	.209
Error	32	7231.672	225.990		
Total	40	132340.638			
Corrected Total	39	13359.446			

^a R Squared = .459 (Adjusted R Squared = .340)

ตารางผนวกที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.5%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	20183.201 ^a	2883.314	6.272	.000
Intercept	1	186659.808	186659.808	406.040	.000
mat	1	2262.467	2262.467	4.922	.034
met	1	2537.490	2537.490	5.520	.025
sol	1	8678.032	8678.032	18.877	.000
mat * met	1	30.120	30.120	.066	.800
mat * sol	1	507.443	507.443	1.104	.301
met * sol	1	678.235	678.235	1.475	.233
mat * met * sol	1	5489.415	5489.415	11.941	.002
Error	32	14710.637	459.707		
Total	40	221553.645			
Corrected Total	39	34893.838			

^a R Squared = .578 (Adjusted R Squared = .486)

ตารางผนวกที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.25%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	17682.297 ^a	2526.042	6.749	.000
Intercept	1	159738.002	159738.002	426.778	.000
mat	1	2498.138	2498.138	6.674	.015
met	1	1807.277	1807.277	4.829	.035
sol	1	10364.858	10364.858	27.692	.000
mat * met	1	225.673	225.673	.603	.443
mat * sol	1	703.502	703.502	1.880	.180
met * sol	1	275.573	275.573	.736	.397
mat * met * sol	1	1807.277	1807.277	4.829	.035
Error	32	11977.226	374.288		
Total	40	189397.525			
Corrected Total	39	29659.523			

^a R Squared = .596 (Adjusted R Squared = .508)

ตารางผนวกที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.125%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	15175.521 ^a	2167.932	3.440	.007
Intercept	1	134621.487	134621.487	213.618	.000
mat	1	1777.822	1777.822	2.821	.103
met	1	1073.400	1073.400	1.703	.201
sol	1	9713.507	9713.507	15.413	.000
mat * met	1	2.495	2.495	.004	.950
mat * sol	1	2.772	2.772	.004	.948
met * sol	1	89.970	89.970	.143	.708
mat * met * sol	1	2515.555	2515.555	3.992	.054
Error	32	20166.283	630.196		
Total	40	169963.290			
Corrected Total	39	35341.803			

^a R Squared = .429 (Adjusted R Squared = .305)

ตารางผนวกที่ 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนตัวอายุ 4 วัน เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.0625%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	18438.542 ^a	2634.077	4.564	.001
Intercept	1	107956.256	107956.256	187.033	.000
mat	1	1629.197	1629.197	2.823	.103
met	1	2782.224	2782.224	4.820	.035
sol	1	9142.157	9142.157	15.839	.000
mat * met	1	39.442	39.442	.068	.795
mat * sol	1	1231.656	1231.656	2.134	.154
met * sol	1	488.042	488.042	.846	.365
mat * met * sol	1	3125.824	3125.824	5.415	.026
Error	32	18470.514	577.204		
Total	40	144865.312			
Corrected Total	39	36909.056			

^a R Squared = .500 (Adjusted R Squared = .390)

ตารางผนวกที่ 44 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.03125%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	19018.297 ^a	2716.900	4.618	.001
Intercept	1	92799.506	92799.506	157.730	.000
mat	1	3525.945	3525.945	5.993	.020
met	1	694.306	694.306	1.180	.285
sol	1	10382.895	10382.895	17.648	.000
mat * met	1	459.345	459.345	.781	.384
mat * sol	1	217.856	217.856	.370	.547
met * sol	1	1387.095	1387.095	2.358	.135
mat * met * sol	1	2350.856	2350.856	3.996	.054
Error	32	18827.062	588.346		
Total	40	130644.864			
Corrected Total	39	37845.359			

^a R Squared = .503 (Adjusted R Squared = .394)

ตารางผนวกที่ 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการตายของเพลี้ยอ่อนถั่วอายุ 4 วัน เมื่อได้รับสารสกัดหยาบจากสบู่ดำ ที่ความเข้มข้น 0.015625%

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P
Corrected Model	7	19261.243 ^a	2751.606	4.672	.001
Intercept	1	76682.422	76682.422	130.191	.000
mat	1	6132.309	6132.309	10.411	.003
met	1	141.639	141.639	.240	.627
sol	1	7148.404	7148.404	12.137	.001
mat * met	1	734.192	734.192	1.247	.273
mat * sol	1	480.457	480.457	.816	.373
met * sol	1	1979.227	1979.227	3.360	.076
mat * met * sol	1	2645.014	2645.014	4.491	.042
Error	32	18847.956	588.999		
Total	40	114791.621			
Corrected Total	39	38109.199			

^a R Squared = .505 (Adjusted R Squared = .397)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวสุวิมล วงศ์พลัง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	20 กรกฎาคม 2525
สถานที่เกิด	อ. เบตง จ. ยะลา
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2550