



การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.)

เพื่อควบคุมหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* F.)

Study on the Efficacy of Seed Extracts from Tiam (*Azadirachta excelsa* Jack.)

for Cotton Leafworm; *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera : Noctuidae) Control

ปาริชาติ ปาลินทร

Parichat Palintron

Order Key	28303
BIB Key	176078

เลขหมู่	SB 314. M3 16d 45A3 4.2
เลขทะเบียน	
	20 พ.ค. 2543

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Entomology

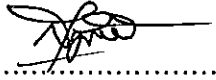
Prince of Songkla University

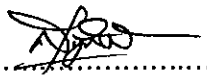
2543

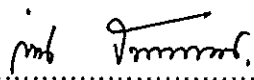
ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.) เพื่อควบคุมหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* F.)
ผู้เขียน นางสาวปาริชาติ ปาลินทร
สาขาวิชา กัญญาวิทยา

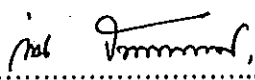
คณะกรรมการที่ปรึกษา

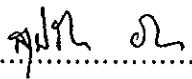
คณะกรรมการสอบ

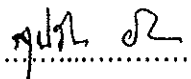

.....ประธานกรรมการ
(ดร.สุนทร พิพิชแสงจันทร์)

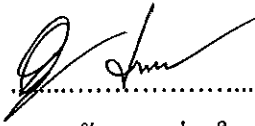

.....ประธานกรรมการ
(ดร.สุนทร พิพิชแสงจันทร์)

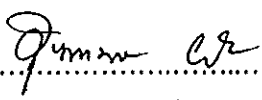

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ก้าน จันทร์พรหมมา)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ก้าน จันทร์พรหมมา)

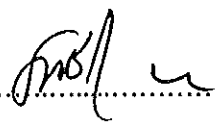

.....กรรมการ
(อ. สุปรียา ยืนยงสวัสดิ์)

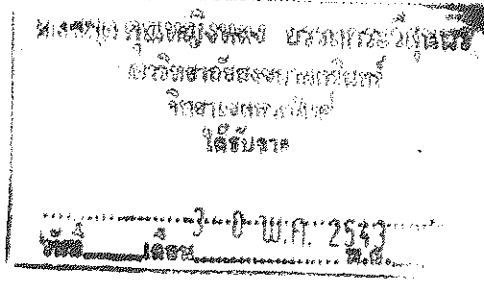

.....กรรมการ
(อ. สุปรียา ยืนยงสวัสดิ์)


.....กรรมการ
(ดร.อรัญ งามส่องใส)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาส ผลพันธิ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา กัญญาวิทยา


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ บำรุงรักษ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.) เพื่อควบคุม หนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* F.)

ผู้เขียน นางสาวปาริชาติ ปาลินทร

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้จากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.) และสะเดาไทย (*A. indica* var. *siamensis* Vale.) จำนวน 10 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ที่สกัดโดยวิธีการแช่ขุ่ย พบว่าน้ำมันที่ได้จากการแช่สกัดด้วย n-hexane ที่ได้คือ 43.15 และ 32.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดหยาบที่ได้จากการแช่สกัดด้วย methanol ที่ได้คือ 14.52 และ 11.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ค่า saponification value และ ค่า acid value ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง มีค่าเท่ากับ 163.07 และ 9.01 ส่วนน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย มีค่าเท่ากับ 161.40 และ 4.55 ตามลำดับ

ผลการทดสอบพิษทางการสัมผัส ด้วยวิธีการ topical application บนหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* F.) วัยที่ 2 พบว่า สาร permethrin (Ambush[®]) มีค่า LC₅₀ เท่ากับ 116.6 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง เท่ากับ 5,255.2 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เท่ากับ 11,037.2 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง เท่ากับ 35,445.7 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เท่ากับ 48,334.2 มิลลิกรัม/ลิตร และ เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) มีค่า เท่ากับ 68,755.3 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนการทดสอบบนหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 พบว่า สาร Ambush[®] มีค่า LC₅₀ เท่ากับ 181.5 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง เท่ากับ 8,833.3 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เท่ากับ 16,405.3 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง เท่ากับ 42,847.3 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เท่ากับ 52,056.4 มิลลิกรัม/ลิตร และ สาร Thuricide[®] มีค่า เท่ากับ 77,088.8 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนการทดสอบบนหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 พบว่า สาร Ambush[®] มีค่า LC₅₀ เท่ากับ 1,435.7 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง เท่ากับ 19,686.9 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจาก

เนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เท่ากับ 22,684.2 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย และสาร Thuricide[®] ไม่พบพิษทางการสัมผัส บนหนอนกระทุ้
ผักวีย์ที่ 4

ผลการทดสอบพิษทางการกิน โดยผสมสารทดสอบลงในอาหารเทียม หนอนวีย์ที่ 2 พบว่า
สาร Ambush[®] มีค่า LC₅₀ เท่ากับ 75.5 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง เท่า
กับ 1,594.6 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เท่ากับ 1,616.0 มิลลิกรัม/
ลิตร น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง เท่ากับ 29,210.4 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำมันจากเนื้อในเมล็ด
สะเดาไทย เท่ากับ 49,517.2 มิลลิกรัม/ลิตร และ สาร Thuricide[®] มีค่า เท่ากับ 17,497.0
มิลลิกรัม/ลิตร การทดสอบบนหนอนกระทุ้ผัก วีย์ที่ 3 พบ ว่าสาร Ambush[®] มีค่า LC₅₀ เท่ากับ
107.3 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง เท่ากับ 3,671.1 มิลลิกรัม/ลิตร สาร
สกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เท่ากับ 3,952.6 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดา
ข้าง เท่ากับ 43,525.9 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เท่ากับ 59,494.0 มิลลิกรัม/
ลิตร และ สาร Thuricide[®] มีค่า เท่ากับ 18,028.1 มิลลิกรัม/ลิตร และการทดสอบบนหนอนกระทุ้
ผัก วีย์ที่ 4 พบว่า สาร Ambush[®] มีค่า LC₅₀ เท่ากับ 342.0 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อใน
เมล็ดสะเดาข้าง เท่ากับ 4,716.7 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เท่ากับ
9,912.5 มิลลิกรัม/ลิตร และ สาร Thuricide[®] มีค่า เท่ากับ 48,448.6 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนน้ำมัน
จากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยไม่พบพิษทางการกิน บนหนอน
กระทุ้ผักวีย์ที่ 4

ผลการทดสอบการลดจำนวนประชากรหนอนกระทุ้ผักวีย์ที่ 2 บนต้นผักวางตุ้ง โดยการ
ฉีดพ่น สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่
ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า สามารถลดจำนวนประชากรหนอนกระทุ้ผักได้
60 และ 76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Thesis Title Study on the Efficacy of Seed Extracts from Tiam (*Azadirachta excelsa* Jack.) for Cotton Leafworm; *Spodoptera litura* F. (Lepdoptera : Noctuidae) Control

Author Miss Parichat Palintorn

Major Program Entomology

Academic Year 2000

Abstract

A study on quantitative of crude extracts from Tiam ; *Azadirachta excelsa* Jack., compered with Thai neem; *A. indica* var. *siamensis* Vale., using 10 kg dry seed kernel extracts by maceration method, oil hexane extracts were 43.15 and 32.57 % and crude methanol extracts were 14.52 and 11.32 % . Analysis of the saponification value and acid value of oil from Tiam were 163.07 and 9.01 and Thai neem were 161.40 and 4.55, respectively.

The efficacy test of contact toxicity by topical aplication on 2nd instar larvae of *Spodoptera litura* F. , permethrin (Ambush[®]) showed the LC₅₀ was 116.6 mg./l., crude extracts from Tiam (5,255.2 mg./l.), crude extracts from Thai neem (11,037.2 mg./l.), oil from Tiam (35,445.7 mg./l.), oil from Thai neem (48,334.2 mg./l.), and *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) was 68,755.3 mg./l. On 3rd instar larvae, Ambush[®] showed the LC₅₀ was 181.5 mg./l., crude extracts from Tiam (8,833.3 mg./l.), crude extracts from Thai neem (16,405.3 mg./l.), oil from Tiam (42,847.3 mg./l.), oil from Thai neem (52,056.4 mg./l.), and Thuricide[®] was 77,088.8 mg./l. On 4th instar larvae, Ambush[®] showed the LC₅₀ was 1,435.7 mg./l., crude extracts from Tiam (19,686.9 mg./l.), crude extracts from Thai neem (22,684.2 mg./l.), respectively. The oil from Tiam, oil from Thai neem and Thuricide[®] had no efective contact toxicity on 4th instar larvae of *S. litura* F.

The oral toxicity by feeding in a concentration dependent manner when incorporated in artificial diet. On the 2nd instar larvae, Ambush[®] showed the LC₅₀ was 75.5 mg./l., crude extracts from Tiam (1,594.6 mg./l.), crude extracts from Thai neem (1,616.0 mg./l.), oil from Tiam (29,210.4 mg./l.), oil from Thai neem (49,517.2 mg./l.), and Thuricide[®] was 17,497.0 mg./l. On 3rd instar larvae, Ambush[®] showed the LC₅₀ was 107.3 mg./l., crude extracts from Tiam (3,671.1 mg./l.), crude extracts from Thai neem (3,952.6 mg./l.), oil from Tiam (43,525.9 mg./l.), oil from Thai neem (59,494.0 mg./l.), and Thuricide[®] was 18,028.1 mg./l. On 4th instar larvae, Ambush[®] showed the LC₅₀ was 342.2 mg./l., crude extracts from Tiam (4,716.7 mg./l.), crude extracts from Thai neem (9,912.5 mg./l.), and Thuricide[®] was 48,448.65 mg./l., oil from Tiam and oil from Thai neem had no effective feeding toxicity on 4th instar larvae of *S. litura* F.

The test of reducing population of 2nd instar larvae of *S. litura* F. on chinese kale by spraying application, showed the extracts from Tiam and Thai neem at concentration 30,000 mg./l. can reducing the population 60 and 76 % , respectively.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความกรุณาจากบุคลากร และหน่วยงาน ฝ้ายต่างๆ ดังนี้

ดร.สุนทร พิพิธแสงจันทร์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้คำปรึกษาในเรื่องการเรียน

รศ.ดร.ก้าน จันท์พรหมมา กรรมการที่ปรึกษาที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำปรึกษา สนับสนุน และให้คำแนะนำต่างๆ ตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ อันก่อให้เกิด ความถูกต้องและสมบูรณ์

อาจารย์สุปรียา ยืนยงสวัสดิ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำปรึกษา แนะนำเกี่ยวกับ การสกัดสาร และอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ใน กระบวนการสกัด

ผศ. นฤปดี ผดุงสมบัติ หัวหน้าภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ผู้ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทดลองหาค่า saponification value และ acid value

รศ.ดร. จุฑามาส ผลพันธ์ิน และ ดร. อรัญ งามผ่องใส กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ แนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องเพิ่มเติมในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

คุณทิวา บุตรผา และคุณทิพาพรรณ ทองเจือ ผู้ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลืออย่างดียิ่ง จนทำให้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

คุณสุระหงส์ สายบุญ ผู้ให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือในการถ่ายภาพ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ด้วยดีตลอดมา

คุณปัทมาพร อินสุวรรณโร และคุณสิริพร สุขตุก ผู้ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือเกี่ยวกับ งานเอกสาร งานสารบรรณ และแบบฟอร์มต่างๆ

คุณสุภาพ จันท์รัตน์ และคุณจำลอง ชูกำเนิด ผู้ให้คำแนะนำ และสนับสนุนเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ในการทำวิจัย

คุณนิวรรณ แทนมณี เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือกลางคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ผู้ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือเกี่ยวกับเครื่องมือ และอุปกรณ์ในกระบวนการสกัด สาร และคุณมณฑา ชาลีทา ผู้ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการจัดพิมพ์ข้อมูลต่างๆ

ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติและภาควิชาเกษตรและ
เกษตรพันธุศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการ
ใช้สถานที่และห้องปฏิบัติการตลอดโครงการวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สถาบันที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์
จากสำนักงบประมาณปี 2540-2541 จึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

กราบขอบพระคุณ จำเริญนิวัตน์ ปาลินทร์ อาจารย์ดวงจันทร์ ปาลินทร์ ร้อยตำรวจโท
ศัลยวิทย์ ปาลินทร์ และคุณยายจำปา สุรไพฑูรย์ ผู้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา ให้ความรัก
และกำลังใจด้วยดีเสมอมา ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ในการช่วยเหลือ
และสนับสนุนจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ปาริชาติ ปาลินทร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(3)
Abstract.....	(5)
กิตติกรรมประกาศ.....	(7)
สารบัญ.....	(9)
รายการตาราง.....	(10)
รายการตารางภาคผนวก.....	(12)
รายการภาพประกอบ.....	(19)
รายการภาพผนวก.....	(21)
บทที่	
1 บทนำ.....	1
บทนำต้นเรื่อง.....	1
การตรวจเอกสาร.....	4
วัตถุประสงค์.....	20
2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ.....	21
3 ผลและวิจารณ์.....	31
4 สรุป.....	56
5 เอกสารอ้างอิง.....	58
6 ภาคผนวก.....	66
7 ประวัติผู้เขียน.....	136

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ปริมาณและเปอร์เซ็นต์ของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดสะเดาข้างและเมล็ดสะเดาไทยที่สกัดด้วย n-hexane และ methanol โดยวิธีการแช่เย็น.....	31
2 แสดงค่า saponification value และ acid value ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยที่สกัดด้วย n-hexane	33
3 ปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันจากเมล็ดสะเดาข้างและน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทยที่สกัดด้วย n-hexane โดยใช้วิธีการแช่เย็น.....	34
4 ค่า LC ₅₀ และ LC ₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 ที่ทดสอบด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ.....	39
5 ค่า LC ₅₀ และ LC ₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 ที่ทดสอบด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ.....	40
6 ค่า LC ₅₀ และ LC ₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 ที่ทดสอบด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ.....	41
7 ค่า LC ₅₀ และ LC ₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 ที่ทดสอบด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ.....	42
8 ค่า LC ₅₀ และ LC ₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 ที่ทดสอบด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ.....	43
9 ค่า LC ₅₀ และ LC ₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 ที่ทดสอบด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ.....	44

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
10	
ค่า LC_{50} ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 3 และ 4 ที่ทดสอบ ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity) และพิษทาง การกิน (feeding toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ.....	45
11	
แสดงจำนวนเฉลี่ยที่พบและจำนวนเฉลี่ยที่ลดลงของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 ที่พบบนต้นพืช หลังการฉีดพ่นสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและสารสกัด จากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่เวลา 72 ชั่วโมง.....	54

ตารางผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า
1 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	66
2 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	67
3 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อ <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	68
4 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	69
5 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	70
6 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	71
7 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	72
8 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	73

ตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
9 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	74
10 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาซึ่ง ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	75
11 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	76
12 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	77
13 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง Ambush [®] ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	78
14 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง Ambush [®] ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)	79
15 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อ <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	80
16 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อ <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	81
17 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส(contact toxicity).....	82

ตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
18 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสาร สกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาข้าง ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	83
19 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสาร สกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธี การทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	84
20 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสาร สกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	85
21 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมัน จากเมล็ดสะเดาข้างต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษ ทางการสัมผัส (contact toxicity).....	86
22 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาข้าง ต่อการ ตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	87
23 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมัน จากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบ พิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	88
24 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตาย ของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	89
25 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสาร ฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	90
26 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบทางการสัมผัส (contact toxicity).....	91

ตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
27 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	92
28 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (contact toxicity).....	93
29 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	94
30 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	95
31 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	96
32 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	97
33 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อ <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	98
34 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อ <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	99
35 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	100

ตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
36 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	101
37 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	102
38 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	103
39 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	104
40 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	105
41 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมัน จากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	106
42 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	107
43 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	108
44 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	109

ตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
45 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อ <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนกระทู้ ผักวัย 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	110
46 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	111
47 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	112
48 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	113
49 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	114
50 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	115
51 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	116
52 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	117
53 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	118

ตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
54 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	119
55 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	120
56 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	121
57 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อ <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	122
58 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อ <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide [®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	123
59 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการโดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	124
60 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	125
61 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	126
62 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	127

รายการภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
1 สูตรโครงสร้างของสารฆ่าแมลง permethrin.....	6
2 แสดงลักษณะผล ใบ และดอกของสะเดาช้าง (<i>A. excelsa</i> Jack.).....	12
3 สูตรโครงสร้างของสาร azadirachtin.....	13
4 สูตรโครงสร้างของสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol.....	13
5 แสดงขั้นตอนการเตรียมส่วนสกัดของสะเดาช้างและสะเดาไทย.....	22
6 กระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดาช้างและเมล็ดสะเดาไทย.....	25
7 แสดงลักษณะของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 หลังการทดสอบด้วยสารสกัด หยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ด สะเดาไทย ที่ทดสอบพิษทางการสัมผัส.....	46
8 แสดงลักษณะของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 หลังการทดสอบด้วยสารสกัด หยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ด สะเดาไทย ที่ทดสอบพิษทางการสัมผัส.....	47
9 แสดงลักษณะของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 หลังการทดสอบด้วยสารสกัด หยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ด สะเดาไทย และสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®]) ที่ทดสอบพิษทาง การกิน.....	48
10 แสดงลักษณะของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 หลังการทดสอบด้วยสารสกัด หยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ด สะเดาไทย สารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®]) และเชื้อแบคทีเรีย <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> HD-1 (Thuricide [®]) ที่ทดสอบพิษ ทางการกิน.....	49
11 ลักษณะของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 6 และดักแด้ที่ผิดปกติหลังการทดสอบ ด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ที่ทำการศึกษาต่อ.....	50
12 ลักษณะของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 6 ที่ผิดปกติก่อนเข้าสู่ระยะดักแด้ หลังการทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างและสาร สกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยที่ทดสอบพิษทางการกิน.....	51

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
13 ลักษณะของดักแด้หนอนกระทู้ผักที่ผิดปกติหลังการทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยที่ทดสอบพิษทางการกิน.....	52
14 ดักแด้และผีเสื้อหนอนกระทู้ผักที่ผิดปกติหลังการทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ที่ทดสอบพิษทางการกิน ที่ทำการศึกษาคือ.....	53

รายการภาพผนวก

ภาพผนวกที่	หน้า
1 ลักษณะของสะเดาช้างและสะเดาไทย.....	128
2 ลักษณะของเมล็ดสะเดาช้างและเมล็ดสะเดาไทย.....	129
3 วัฏจักรชีวิตของหนอนกระทู้ผัก.....	130
4 การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณหนอนกระทู้ผัก.....	131
5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด.....	132
6 การทดสอบการลดจำนวนประชากรหนอนกระทู้ผักบนต้นพืช.....	133

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ผักเป็นพืชอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ช่วยเสริมสร้างให้สุขภาพร่างกายแข็งแรง เนื่องจากผักประกอบด้วยธาตุอาหารที่มีคุณค่าต่อร่างกาย เช่น วิตามิน และเกลือแร่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินซี และสารเบต้าแคโรทีน ซึ่งป้องกันโรคหัวใจ โรคเบาหวาน และช่วยลดจำนวนผู้ป่วยจากโรคมะเร็ง (กรมวิชาการเกษตร, 2537) ผักเป็นพืชที่ใช้ประกอบอาหารในชีวิตประจำวัน เกษตรกรจึงนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย เป็นอาชีพที่ทำรายได้สูง เพราะผักส่วนมากจะมีอายุสั้น สามารถเก็บเกี่ยวได้ในเวลาอันรวดเร็ว และจำหน่ายได้เงินหมุนเวียนหลายครั้งในรอบปี ปัจจุบันประเทศไทยมีผักหลายชนิดเพื่อใช้ประโยชน์ในการบริโภคสด การอุตสาหกรรมเกษตร การผลิตเมล็ดพันธุ์ และเพื่อการส่งเป็นสินค้าออกไปยังตลาดต่างประเทศ ผักจึงนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ ดังนั้นตามแหล่งปลูกผักจึงมักมีการปลูกต่อเนื่องตลอดปี

ภาคใต้ของประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชผัก ไม้ผล และไม้ยืนต้นเขตร้อน บริเวณปลูกผักในจังหวัดสงขลาที่สำคัญ ได้แก่ ตำบลบางเหรียง กิ่งอำเภอกวนเนียง ตำบลบางแพะ ในเขตอำเภอหาดใหญ่ นิคมสร้างตนเอง อำเภอรัตนภูมิ และในจังหวัดอื่น ๆ ในภาคใต้ เช่น อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และบางส่วนของจังหวัดพัทลุง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2539)

ในขณะที่เดียวกันเกษตรกรที่ปลูกผักก็ประสบปัญหาแมลงศัตรูผักก่อความเสียหายต่อผลผลิต ซึ่งแมลงศัตรูผักที่สำคัญมีหลายชนิด และมีลักษณะการทำลายที่แตกต่างกันออกไป แมลงศัตรูผักที่สำคัญ ๆ มีหลายชนิด เช่น หนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) หนอนคืบกะหล่ำ (*Phytometra ni*) หนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน (*Heliothis armigera*) คีบเต่าแดงแดง (*Aulacophora indica*) คีบเต่าแดงดำ (*Aulacophora lewisii*) คีบหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata*) และหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*) ซึ่งเป็นแมลงที่ก่อความเสียหายต่อผลผลิตของเกษตรกร พบการระบาดของภูมิภาคของประเทศไทย จากปัญหาการเข้าทำลายของแมลงศัตรู ทำให้ผลผลิตและคุณภาพของผักลดลงมาก ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันและกำจัด การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูให้ได้ผลดี ต้องอาศัยความรู้ประสบการณ์ และในการดำรงชีวิตของแมลง การกินอาหาร การแพร่ระบาด การขยายพันธุ์ และการเจริญเติบโต ซึ่งปัจจุบันยังเป็นปัญหาที่สำคัญของเกษตรกร เพราะแมลงศัตรูสามารถเพิ่มจำนวนได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว (สมภพ, 2542)

การผลิตผักในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาร่วม เพื่อลดการใช้แรงงาน ตลอดจนเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิต หากมีการเกษตรกรรมที่ดี มีวิธีการเพาะปลูก และดูแลรักษาที่ถูกต้อง เช่น การคัดเลือกพันธุ์ที่ดี การให้น้ำและปุ๋ย การดูแลรักษาดิน การกำหนดระยะปลูก การปลูกพืชสลับหรือพืชหมุนเวียน ตลอดจนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งกล่าวโดยรวมคือการใช้หลัก good agricultural practice (GAP) (จรัล, 2542) ซึ่งปัจจุบันการส่งออกสินค้าเกษตรไปยังต่างประเทศ ยังประสบกับปัญหาการถูกปฏิเสธสินค้า ถูกกักกันสินค้า เนื่องจากไม่ได้คุณภาพตามความต้องการของผู้ซื้อ ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพของสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกจึงมีความสำคัญมาก ดังเช่นการผลิตสินค้าในรูปของ สินค้าอินทรีย์ (organic food) หรือพืชผักปลอดสารพิษ เป็นต้น เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ซึ่งมีหน่วยงานของภาครัฐที่ควบคุมดูแลคือ ศูนย์ตรวจสอบและออกรับรับรองคุณภาพสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก (ศตอ.) เนื่องจากผู้นำเข้าบางประเทศจะบังคับให้มีการตรวจสอบควบคุมการผลิตก่อนที่จะนำสินค้าเกษตรเข้าสู่อุตสาหกรรมให้เป็นไปตามมาตรฐาน GAP (อดุลย์, 2542) ในขณะเดียวกันเกษตรกรเริ่มให้ความสนใจในการปลูกพืชผักที่มีความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของผู้บริโภคมากขึ้น รวมทั้งกลุ่มธุรกิจหลายกลุ่ม ได้หันมาผลิตผลิตภัณฑ์ผักเหล่านี้ จึงได้มีการผลิตออกจำหน่ายอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และเรียกชื่อผลิตภัณฑ์แตกต่างกันไป เช่น ผักปลอดสารพิษ ผักปลอดภัยจากสารพิษ และผักอนามัย เป็นต้น (ปวีณา, 2541) ในขณะที่การใช้สารฆ่าแมลงเป็นปัจจัยหลักในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ซึ่งสารฆ่าแมลงเหล่านั้นก่อให้เกิดผลกระทบหลายอย่างตามมา ดังนั้นการใช้สารสกัดจากพืชจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ และมีพืชหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูได้ดี เช่น ใบยาสูบ ตะไคร้หอม เหง้าขิง เหง้าไพล เหง้าข่า ดอกเบญจมาศ และเมล็ดของสะเดา และมีการทดลองพบว่า มีพืชหลายชนิดในประเทศไทยสามารถควบคุมหนอนใยผัก (*P. xylostella*) เช่น ยี่โถ สะระแหน่ กระเทียม ข่า ขิง ตะไคร้ และเอื้องหมายนา เป็นต้น (Piphitsangchan, 1993)

การใช้สารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูทำให้เกิดความสูญเสียของผลผลิตของดิน และเกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำ ซึ่งกำลังเป็นปัญหาที่โลกกำลังให้ความสนใจ รวมทั้งองค์กรภาครัฐและเอกชนของประเทศไทยก็ได้พยายามหาทางแก้ไข เกิดการรณรงค์ส่งเสริม ให้มีการใช้สารสกัดจากพืชชนิดต่างๆ เพื่อทดแทนสารฆ่าแมลง ตลอดระยะเวลา 30-40 ปีที่ผ่านมา เป็นช่วงเวลาที่เกิดแนวคิด ในการที่จะหาหนทางในการรักษาฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อม ให้คงสภาพยั่งยืน เห็นได้จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 5 รัฐบาลเริ่มมีนโยบายหลักเกี่ยวกับการจัดการและบริหารทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร รวมทั้งการกระจายความเจริญไปสู่ชนบทโดยคำนึงถึงภาพรวมการบริหารทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไป (วิจิตร, 2536) ส่วนแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 ได้มีการนำเอา

แนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมนำมาใช้พัฒนาประเทศควบคู่ไปกับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมที่เด่นชัดขึ้น ส่วนแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 นโยบายของรัฐได้ให้ความสำคัญต่อทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม โดยส่งเสริมรักษาคุณภาพชีวิต เรงรัดให้มีการพัฒนาสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติ (ณรงค์, 2536)

ในยุคปัจจุบันสังคมมีการตื่นตัวด้านสิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศวิทยา ตลอดจนการปลูกพืชโดยไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ (organic farming) และการเกษตรแบบยั่งยืน (sustainable agriculture) ประกอบกับสารฆ่าแมลงในยุคปัจจุบันมีราคาสูงขึ้น และมีพิษต่อสิ่งแวดล้อม มีสารฆ่าแมลงหลายชนิดที่ก่อให้เกิดการื้อยาของแมลง จึงทำให้เกิดกระแสการใช้สารสกัดจากพืชเพื่อทดแทนการใช้สารฆ่าแมลง (ณรงค์, 2536) ส่วนแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 ซึ่งเป็นแผนปัจจุบัน นอกจากให้ความสำคัญกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแล้วยังมุ่งเน้นไปถึงการลดปริมาณสารอันตรายให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย และส่งเสริมให้ตระหนักถึงการลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยเสนอทางเลือกอื่นที่เหมาะสม (ปวีณา, 2541)

ปัจจุบันสะเดาเป็นพืชที่มีการนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูอย่างแพร่หลาย ตลอดจนมีการผลิตในรูปแบบการค้า เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ มีชื่อว่า azadirachtin ในประเทศไทยพืชสะเดาที่มีชื่ออยู่ในสกุลเดียวกัน 3 ชนิด ได้แก่ สะเดาอินเดีย (*Azadirachta indica* A. Juss.) พบที่ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก สะเดาไทย (*A. indica* var. *siamensis* Val.) พบที่ภาคกลางและภาคตะวันออก และสะเดาช้างหรือไม้เทียม (*A. excelsa* Jack.) พบมากในเขตภาคใต้ของประเทศไทย จากการศึกษาพบว่า สารออกฤทธิ์และสารประกอบหลักสำคัญที่พบใน สะเดาไทย และสะเดาอินเดีย คือสาร azadirachtin ซึ่งมีผลในการยับยั้งการกินและการลอกคราบของแมลง ส่วนสะเดาช้างหรือไม้เทียม เมื่อนำสารสกัดจากเมล็ดไปตรวจสอบด้วยวิธี high performance liquid chromatography (HPLC) พบว่ามีปริมาณสารประกอบหลักที่แตกต่างจากสะเดาไทย และสะเดาอินเดียนั้นคือสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol ที่มากกว่า ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งการกิน (Emmel *et al.*, 1996) ในปัจจุบันประเทศไทยมีการนำสารสกัดจากสะเดาไทยมาใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชและผลิตจำหน่ายในรูปแบบของการค้า ส่วนสะเดาช้างนั้นยังขาดการศึกษาถึงคุณสมบัติ และการออกฤทธิ์ของสารสกัด ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงแนวทางที่จะนำสารสกัดจากสะเดาช้าง ซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นในภาคใต้มาศึกษาในการควบคุมแมลงศัตรู นับว่าเป็นแนวทางในการใช้สารที่ปลอดภัย และเป็นการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นภาคใต้ให้เกิดประโยชน์ ตลอดจนเป็นการสร้างทางเลือกใหม่ ที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมให้แก่เกษตรกร

บทตรวจเอกสาร

ชีววิทยาของหนอนกระทู้ผัก

หนอนกระทู้ผักมีชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษว่า tobacco cutworm, cotton worm และ cotton leafworm จัดอยู่ในวงศ์ Noctuidae อันดับ Lepidoptera ระยะตัวเต็มวัยของเพศเมียจะวางไข่ได้ใบพืชอาหาร โดยวางเป็นกลุ่ม กลุ่มละประมาณ 300-500 ฟอง ไข่ของหนอนกระทู้ผักมีลักษณะกลม (oval shape) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.36 มิลลิเมตร มีสีเขียวปนน้ำตาล ผิวมัน ไข่วางเป็นกลุ่มและเรียงซ้อนกันเป็นระเบียบ ปกคลุมด้วยเส้นขนสีน้ำตาล (hairy scale) เพื่อป้องกันการเปียกน้ำและอันตรายจากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ไข่ฟักภายในเวลา 4 วัน (อินทวัฒน์, 2537)

ตัวหนอนมีลักษณะรูปร่างเป็นแบบ eruciform ส่วนบนของกะโหลกพบ ecdysial suture มีลักษณะเป็นรูปตัววาย (Y) หัวกลับชัดเจน สิ่งที่เป็นลักษณะเด่นของหนอนกระทู้ผักคือ ตัวหนอนจะมีสีเขียวหรือสีเขียวคล้ำปนดำหลังจากการลอกคราบครั้งที่สองจะมีจุดสีดำชัดเจนที่บริเวณด้านข้างของปล้องอกปล้องแรกข้างละจุด ตัวหนอนที่โตเต็มที่จะมีรูปร่างค่อนข้างทู่ ยาวประมาณ 4-5 เซนติเมตร มีสีเขียวปนดำ และมีแถบสีเหลืองอ่อนพาดตามด้านบนและด้านข้างของลำตัว ด้านบนของลำตัวมักพบลายสีดำรูปครึ่งวงกลมเรียงเป็นแถว ตัวหนอนจะหลบซ่อนตัวในเวลากลางวัน และออกหากินในช่วงเวลาเย็นหรือกลางคืน ในระยะตัวอ่อนหรือช่วงที่เป็นตัวหนอนมีการลอกคราบ 5 ครั้ง มีระยะตัวอ่อน 6 วัน หนอนในวัยที่ 1 และวัยที่ 2 จะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มกัดกินผิวด้านล่างของใบพืชอาหาร ส่วนวัยที่ 3 เป็นต้นไปจะกัดกินใบพืชจนขาดทั้งแผ่น ระยะหนอนจากวัยที่ 1 ถึงวัยที่ 6 ประมาณ 15-21 วัน จึงเข้าสู่ระยะดักแด้ หนอนกระทู้ผักมีพืชอาหารกว้าง ส่วนใบพืชผักรับประทาน พบว่า จะทำลายพืชตระกูลกะหล่ำ และคะน้า ตัวหนอนทำความเสียหายต่อพืชได้ทุกส่วน ในประเทศไทยพบการระบาดได้ในทุกภาค ทั้งในเขตภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคใต้ (สุรไกร, 2540)

ดักแด้มีรูปร่างแบบ obtected type หมายถึงดักแด้ที่มีโครงสร้างภายนอกแข็งหุ้มระยางค์ทุกส่วน ยกเว้นระหว่างช่องรอยต่อระหว่างปล้องอกและท้องที่เคลื่อนไหวได้เมื่อสัมผัสกับสิ่งกระตุ้นภายนอก ดักแด้จะมีสีน้ำตาลแดง มีอายุประมาณ 1 สัปดาห์ (สุรไกร และคณะ, 2531)

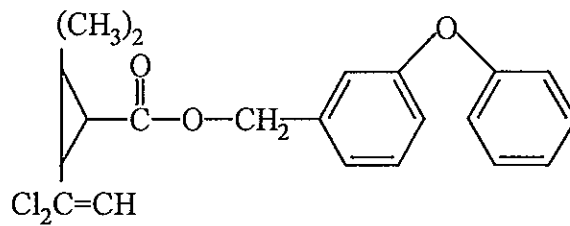
ผีเสื้อหนอนกระทู้ผักลำตัวยาวประมาณ 11-16 มิลลิเมตร เมื่อกางปีกเต็มที่ วัดจากขอบปีกด้านหนึ่งไปยังขอบปีกอีกด้านหนึ่งมีความยาวประมาณ 24-30 มิลลิเมตร โดยปกติผีเสื้อชนิดนี้จะเกาะนิ่งอยู่กับที่ และหุบปีกเป็นรูปหลังคา ปีกคู่หน้ามีสีเทาปนดำ และมีจุดสีเทาเข้มตรงปลายปีกข้างละหนึ่งจุด ขอบปีกด้านล่างมีจุดสีดำเรียงอยู่เป็นแถว 7-8 จุด ปีกคู่หลังมีสีอ่อนกว่าปีกคู่หน้า มองดูเป็นสีขาวรอบ ๆ บริเวณขอบปีก ขาและลำตัวปกคลุมด้วยเกล็ด (scale)

หนอนกระทู้ผักมีพืชอาหารหลายชนิด เช่น ข้าวโพด มันเทศ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วแดง พักทอง หม่อน กระทกรก ปอแก้ว กระเจี๊ยบ มะละกอ องุ่น กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก คื่นช่าย ผักกาดหัว ผักกาดขาว ผักกวางตุ้ง มะเขือเทศ มะระ ถั่วฝักยาว ถั่วพู ตำลึง หอมหัวใหญ่ เถือก ข้าว ยาสูบ บานชื่น กุหลาบ หงอนไก่ และบานไม่รู้โรย นอกจากนั้นหนอนกระทู้ผักมีแมลงศัตรูธรรมชาติคือมวน *Eocanthecona furcellata* W. (Hemiptera ; Pentatomidae) และแตนเบียน *Cortasarisbeci* (Hymenoptera ; Braconidae) (พิมลพร และคณะ, 2534)

หนอนกระทู้ผักและแมลงอื่นมากกว่า 750 ชนิด สามารถเลี้ยงขยายพันธุ์ได้บนอาหารเทียม และมีการศึกษาค้นสูตรอาหารเทียม ประมาณ 600 สูตร ซึ่งสูตรอาหารเทียมที่นำมาเลี้ยงแมลงมักจะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของแมลงที่ต้องการเลี้ยงแต่ธาตุอาหารหลักที่แมลงต้องการเหมือนกับสิ่งมีชีวิตทั่วไปคือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน และเกลือแร่ (Singh, 1976) สูตรอาหารเทียมที่ใช้เลี้ยงแมลงที่มีความเหมาะสม ต้องมีสารป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เข้าไปปะปนในอาหารเทียมและภาชนะที่ใช้บรรจุอาหารเทียม เช่น สาร methyl parahydroxy benzoate, sorbic acid และ formalin สามารถป้องกันการระบาดของแบคทีเรียในสกุล *Bacillus*, *Micrococcus*, *Aspergillus*, *Serratia* และ *Streptococcus* ได้ (อุทัย, 2534)

การใช้สารฆ่าแมลง permethrin ในการควบคุมหนอนกระทู้ผัก

สารฆ่าแมลง permethrin จัดเป็นสารเคมีในกลุ่มของสารฆ่าแมลงที่ได้จากการสังเคราะห์เลียนแบบโครงสร้างพื้นฐานของสารไพรีทริน ซึ่งเป็นสารที่ได้จากการสกัดดอกไพรีทรัม ซึ่งสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้เรียกว่า สารกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ สารกลุ่มนี้มีข้อดีคือ มีพิษสูงและออกฤทธิ์เร็ว ฆ่าแมลงได้หลายชนิด แต่มีพิษต่อปลา ผี และแมลงตัวห้ำต่าง ๆ เช่น จากการทดสอบกับปลาโดยให้ทางปาก พบว่ามีค่า LC_{50} อยู่ระหว่าง 1-140 ไมโครกรัม/ลิตร สาร permethrin มีสารออกฤทธิ์คือสาร 3-phenoxybenzyl- (IRS)- cis, tran- 3-(2,2-dichlorovinyl) -2,2- dimethylcyclopropane carboxylate มีชื่อการค้าหลายอย่าง เช่น ริฟคอร์® ซุมิไซดิน® เพอร์เมทริน® และแอมบูซ® ซึ่งองค์การอนามัยโลก (WHO) จัดระดับความเป็นพิษในชั้น 4 มีพิษต่อผึ้ง และปลา แต่มีพิษน้อยต่อคน (สุภาณี, 2540) สารฆ่าแมลง permetrin จะออกฤทธิ์ทำให้แมลงเกิดการ knock down โดยสารออกฤทธิ์จะไปรวมตัวกับ lipid ใน nerve cell (axon membrane) ทำให้เกิดการยับยั้งการส่งต่อความรู้สึก ทำให้แมลงเกิดการกระตุก (excitation) ของระบบประสาท (ขวัญชัย, 2540) สาร permethrin ใช้ในการป้องกันและกำจัดหนอนผีเสื้อกินใบพืชได้ผล และมีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของสารฆ่าแมลง permethrin

การใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ในการควบคุมหนอนกระทู้ผัก

การควบคุมทางชีววิธีที่สำคัญและนิยมใช้วิธีหนึ่ง คือการใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคต่อแมลง เชื้อจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ได้แก่ เชื้อไวรัส เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อรา ซึ่งมีประสิทธิภาพในการควบคุมและไม่ก่อผลกระทบต่อเหมือนสารเคมี แต่การใช้เชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมแมลงนั้นเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้จะต้องมีความเฉพาะเจาะจงต่อแมลงสูงมาก ความจำเพาะเจาะจงนี้จะเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาว่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนั้น จะไม่ก่อผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นตลอดจนสิ่งแวดล้อมด้วย

แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูมากที่สุด โดยทั่วไปแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคแมลง แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก คือ

1. obligate pathogen bacteria กลุ่มนี้มีความจำเพาะเจาะจงต่อแมลงสูงมาก จะเพิ่มจำนวนได้เฉพาะภายในตัวแมลงเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความสามารถในการทำลายแมลงได้น้อยชนิดและไม่สามารถเลี้ยงได้ในอาหารเทียม เช่น *Bacillus popilliae*
2. facultative pathogen bacteria กลุ่มนี้มีความจำเพาะเจาะจงต่อชนิดของแมลง และสามารถเลี้ยงในอาหารเทียมได้เช่น *Bacillus thuringiensis*
3. potential pathogen bacteria กลุ่มนี้ไม่มีความจำเพาะเจาะจงต่อชนิดของแมลง และสามารถเลี้ยงในอาหารเทียมได้ เช่น *Bacillus cereus* (จุฑามาศ, 2526)

เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ถูกค้นพบโดย Edward A., Steinhaus ในปี ค.ศ. 1915 ซึ่งพบใน *Anagasta kuehniella* ที่ตายแล้ว และ ตั้งชื่อให้ว่า *Bacillus thuringiensis* นอกจากนี้ยังมีนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นตรวจพบเชื้อนี้ในหนอนไหม *Bombyx mori* และตั้งชื่อว่า "sotto disease bacillus" ในเวลาเดียวกันอีกด้วย (Prasertphon, 1996)

จากนี้ยังมีนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นตรวจพบเชื้อนี้ในหนอนไหม *Bombyx mori* และตั้งชื่อว่า “sotto disease bacillus” ในเวลาเดียวกันอีกด้วย (Prasertphon, 1996)

แบคทีเรียกลุ่ม obligate pathogen ทุกชนิดและส่วนใหญ่ของกลุ่ม facultative pathogen จะเป็นพวกที่สามารถสร้างสปอร์ได้ ส่วนแบคทีเรียกลุ่ม potential pathogen ทุกชนิดจะไม่สามารถสร้างสปอร์ โดยทั่วไปแบคทีเรียจะไม่สามารถผ่านผนังของลำตัวแมลงได้ ดังนั้นจะเข้าสู่แมลงโดยปนกับอาหารหรือเข้าทางบาดแผล แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างสปอร์ทุกชนิดจะสร้างเอนโดสปอร์ (endospore) พวกนี้จึงสามารถมีชีวิตอยู่ได้นานทั้งภายในตัวแมลงที่ตายแล้วและนอกตัวแมลง หลังจากแมลงกินสปอร์เข้าไปแล้ว สปอร์จะเจริญเป็นเซลล์และทำลายแมลง เช่น เชื้อแบคทีเรีย *B. popilliae* ทำให้เกิดโรค milky disease ในตัวอ่อนของแมลงพวกด้วง พวกที่สร้างสปอร์บางกลุ่ม เช่น เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* จะมีการสร้างผลึกของโปรตีนที่เป็นพิษด้วยเมื่อถูกแมลงกินเข้าไป ผลึกของโปรตีนจะละลายในทางเดินอาหารของแมลงซึ่งมีสภาพเป็นด่าง ทำให้เกิดสภาวะพิษในระบบทางเดินอาหารของแมลง (จุฑามาส, 2526)

ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ในสภาพแปลงในมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย พบว่าเชื้อ *B. thuringiensis* ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ชนิดอื่น ๆ จึงเริ่มนำมาผลิตเป็นเชิงพาณิชย์ได้ (Steinhaus, 1975)

delta-endotoxin (δ -endotoxin) เป็นสารที่พบในผลึกโปรตีนของ *B. thuringiensis* และเป็นสารพิษที่มีผลต่อระบบทางเดินอาหารแมลงตอนกลาง (mid gut) เนื่องจากไปยับยั้งกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนของสารภายในระบบทางเดินอาหาร (Van Rie, et al., 1990) ในปี ค.ศ. 1980 มีการทดสอบถึงประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ต่อ หนอนของผีเสื้อหนอนไหม *Bombyx mori* พบว่า ค่า pH ของเลือดหนอนสูงผิดปกติ เนื่องจากสารไปยับยั้งการดูดซึมและแลกเปลี่ยนโปตัสเซียมไอออน (K^+) ทำให้ K^+ ขาดสมดุล ทำให้แมลงเป็นอัมพาตและตายได้ (Nishitsusuji and Endo, 1980)

พ.ศ 2534 ได้มีการนำเอาเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. aizawai เข้ามาในประเทศไทยซึ่งนำมาในชื่อของการค้าต่าง ๆ เช่น Delfin WG[®], Bactopein HP[®], BMP-123WP[®], Centari WG[®] และ Puinch WP[®] (สุรไกรและอรุณ, 2537)

จากการศึกษาจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการตายของหนอนกระทู้ผักในธรรมชาติ พบโรคที่เกิดจากแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ในพื้นที่เขตจังหวัดสงขลา เมื่อแยกเชื้อศึกษารายละเอียดในห้องปฏิบัติการพบว่าเมื่อนำตัวอ่อนหนอนกระทู้ผักที่ติดเชื้อแบคทีเรียจำนวน 1 ตัวปั่นบดผสมกับน้ำ 1,000 cc. ในการทดสอบกับหนอนกระทู้ผักพบว่าสามารถทำลายระยะหนอนที่ปกติได้ 43.33 เปอร์เซ็นต์ และระยะดักแด้ได้ 5.88 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสังเกตอาการของหนอนที่ได้รับเชื้อ ปรากฏว่า

หนอนวัยที่ 3 ที่เริ่มทดลองจะกินอาหารก่อนข้างเช้าในระยะแรกอย่างเด่นชัด เมื่อหนอนเข้าสู่วัยที่ 5 จะเคลื่อนที่ช้าลงและหยุดการเคลื่อนที่กินอาหารน้อยลงจนถึงหยุดกินอาหาร ลำตัวสีซีดจางตัวอ่อนมีอาการท้องเสียอย่างรุนแรง เชื้อแบคทีเรียจะเข้าไปในช่องว่างในลำตัวของแมลงในระหว่างการลอกคราบจะเข้าไปแพร่ขยายจำนวนในระบบทางเดินอาหารและผ่านเข้าไปในกระแสเลือด เกิดการทำลายอวัยวะต่าง ๆ ของแมลงทำให้เกิดอาการ septicemia เมื่อแมลงตายลำตัวจะมีสีเข้มขึ้นเป็นสีน้ำตาลและดำ ลำตัวอ่อนนุ่มรูปร่างไม่คงที่ อวัยวะภายในจะแตก และมีกลิ่นเหม็นหยุดการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นและตายในที่สุด เมื่อตายแล้วรอบ ๆ ลำตัวจะมีน้ำเปียกชื้น มีกลิ่นเหม็น ลำตัวจะเปลี่ยนเป็นสีดำหลังจากตายประมาณ 7-10 ชั่วโมง เมื่อนำตัวอ่อนที่ตายมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า จะพบเชื้อแบคทีเรียจำนวนมากในเลือดของแมลง (สุรไกร และคณะ, 2531) โดยทั่วไปแมลงที่เป็นโรคที่เกิดจาก *B. thuringiensis* จะมีอาการเชื่องช้า ไม่เคลื่อนที่ไม่อยากอาหาร อาเจียนและท้องเสีย ดังนั้น *B. thuringiensis* จึงสามารถใช้เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูบางชนิดได้ (ทิพย์วดี, 2535)

สะเดาข้างและการใช้สะเดาในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช

ปัจจุบันการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชซึ่งต้องพึ่งพาการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ ยาฆ่าแมลง ซึ่งนับวันมีราคาสูงขึ้นเรื่อย ๆ และเกิดปัญหาจากการใช้ โดยเฉพาะการดื้อยาของแมลงศัตรู ในอดีตมีการใช้สารสกัดจากพืชบางชนิดในการป้องกันกำจัด ซึ่งสามารถใช้ได้คิกับแมลงศัตรูบางชนิด เช่น ใบยาสูบสามารถใช้กำจัดเพลี้ยอ่อน และหนอนผีเสื้อ โล่ดินใช้ในการกำจัดหนอนผีเสื้อ ในปัจจุบันได้มีการทดสอบใช้พืชหลายชนิด เพื่อพัฒนาและนำสารสกัดจากพืชมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรู (อำนาจ, 2534)

สะเดามีชื่อสามัญที่เรียกกันทั่วไปว่า Neem, Nim, Yepa และ Tamaka สำหรับชื่อท้องถิ่นในประเทศไทยเรียกกันทั่วไปว่า สะเดาบ้าน ภาคใต้เรียกเคา หรือกะเคา ส่วนภาคเหนือเรียกสะเดียม สะเดาที่ปลูกกันทั่วไปคือสะเดาไทย ลักษณะของใบจะหยักเป็นฟันเลื่อยแต่ปลายของฟันจะทู่ สีของใบเขียวเข้มเป็นมัน ใบอ่อนและดอกใช้รับประทานเป็นอาหารได้ สะเดาไทยเป็นไม้ขนาดกลางถึงใหญ่ เรือนยอดหนาทึบสามารถพบได้ตลอดปี ในการศึกษาการใช้สารสกัดจากสะเดาในการกำจัดแมลงศัตรูพืชเริ่มศึกษาค้นคว้าในประเทศอินเดีย เมื่อปี ค.ศ 1982 และพบว่าสารพิษจากสะเดาสามารถใช้ควบคุมแมลงศัตรูได้หลายชนิด เช่น เพลี้ยอ่อน เพลี้ยกระโดด มอดแป้ง มอดข้าว โทด และหนอนผีเสื้ออีกหลายชนิด (โชคชัย, 2537)

สะเดาเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Meliaceae มีชื่อสกุลว่า *Azadirachta* สามารถพบได้ในเขตร้อนทั่วไป เชื่อกันว่ามีถิ่นกำเนิดที่ประเทศอินเดีย และพม่า แพร่กระจายไปยังประเทศต่าง ๆ โดยปลูกเพื่อการค้า และใช้ประโยชน์ด้านเชื้อเพลิง ตลอดจนเพื่อการปลูกป่า เช่น แอฟริกา อเมริกา กลาง หมู่เกาะแคริเบียน และออสเตรเลีย (กรมวิชาการเกษตร, 2537) ในประเทศไทยพบว่ามีพืชสะเดาที่มีชื่ออยู่ในสกุลเดียวกัน 3 ชนิด ได้แก่

1. สะเดาอินเดีย (*Azadirachta indica* A. Juss.) เป็นไม้ยืนต้นผลัดใบขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ลักษณะขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อยแหลม โคนใบเบี้ยว ปลายใบแหลมเรียว ออกดอกเป็นช่อที่ส่วนยอด ดอกมีสีขาวและหอม ปกติจะออกดอกปีละครั้ง ประมาณช่วงเดือน มีนาคม-เมษายน และผลสุกประมาณช่วงเดือน กรกฎาคม- สิงหาคม

2. สะเดาไทย (*A. indica* A. Juss. var. *siamensis* Vale.) เป็นไม้ยืนต้นผลัดใบขนาดกลางถึงใหญ่ ขึ้นได้ดีในแถบแห้งแล้งทั่วไป ใบมีขนาดโตกว่าสะเดาอินเดีย ใบมีสีเขียวเข้มหนา ขอบใบหยักเล็กน้อย ดอกมีสีขาวและออกดอกประมาณช่วงเดือน ธันวาคม-มกราคม ผลสุกประมาณช่วงเดือน เมษายน- พฤษภาคม

3. สะเดาข้าง หรือไม้เทียม (*A. excelsa* Jack.) เป็นไม้ยืนต้นผลัดใบ ขนาดสูงประมาณ 30-40 เมตร ลำต้นค่อนข้างตรง ใบเป็นช่อ ก้านใบยาวประมาณ 20-30 เซนติเมตร ใบย่อยมี

ลักษณะเป็นรูปหอก แก้มใบมนเรียว ปลายใบค่อนข้างแหลม ฐานใบเบี้ยวไม่เท่ากัน ขอบใบเรียบ เป็นมันและเป็นคลื่นเล็กน้อย ออกดอกเป็นช่อยาวประมาณ 20-45 เซนติเมตร ดอกมีสีขาวอมเขียว ออกดอกประมาณช่วงเดือนมีนาคม และติดผลประมาณช่วงเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน เป็นไม้โตเร็ว พบในเขตภาคใต้ของประเทศไทยตั้งแต่จังหวัดสุราษฎร์ธานีลงไปจนถึงมาเลเซีย และอินโดนีเซีย (กองวัตถุมีพิษการเกษตร, 2539)

ค.ศ. 1961 Jacob เป็นบุคคลแรกที่ตั้งชื่อให้สะเคาข้างว่า *Azadirachta excelsa* Jack. เป็นพืชลักษณะคล้ายกับ *Melia excelsa* และ *A. integrifolia* สะเคาเทียมซึ่งเป็นชื่อที่เรียกในประเทศไทย ส่วนบริเวณคาบสมุทรมาเลเซีย เรียก Sentang ในซาราวัก เรียก Ranggo และ Sentang ฟิลิปปินส์ เรียก Marrango โดยพืชทั้ง 3 ชนิดมีชื่อสามัญว่า Tiam หรือสะเคาเทียมที่เรียกกันในเมืองไทย (Kijkar and Boontawee, 1995)

Burgess (1996) รายงาน *A. excelsa* เป็นพืชพื้นเมืองของหมู่เกาะบอร์เนียว และฟิลิปปินส์ โดยพบที่หมู่เกาะลูซอน และเกาะปาเลวัน โดยในปี ค.ศ. 1985 มีรายงานพบ *A. excelsa* บริเวณภาคใต้ของประเทศไทย และคาบสมุทรมาเลเซีย ในปัจจุบันได้แพร่กระจายทั่วไปในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

สะเคาข้างเป็นไม้ที่โตเร็ว ลำต้นตรง เนื้อไม้ใช้ประโยชน์ได้มาก ฆอด ฆลวก และฆแมลงต่าง ๆ จะเข้าทำลายได้น้อยมาก เนื้อไม้ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ กรอบประตู กรอบหน้าต่าง และแกะสลักไม้ประดับสวยงาม เป็นไม้ที่โตเร็วขึ้นปะปนกับไม้ชนิดต่าง ๆ เรือนยอดสูงเด่น ขึ้นในที่ชุ่มชื้น และดินมีความอุดมสมบูรณ์ เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ มีความสูงประมาณ 30-40 เมตร และต้นที่มีอายุเกิน 50 ปี จะมีความสูงเกิน 50 เมตร เนื้อไม้สีน้ำตาลแดงอ่อน เปลือกเรียบสีน้ำตาลแดง เมื่ออายุประมาณ 10 ปีขึ้นไป เรือนยอดเป็นพุ่มค่อนข้างโปร่ง มีกิ่งก้านค่อนข้างน้อย ใบเป็นใบประกอบแบบขนนก (pinnately compound leaf) ก้านใบยาวประมาณ 20-60 เซนติเมตร ใบจะแตกรวมกันเป็นกระจุกที่ปลายกิ่ง ตรงโคนก้านใบมีร่องเล็ก ๆ ด้านละ 1 ร่อง ร่องใบขึ้นเยื้องสลับกันเล็กน้อย จำนวน 7-11 คู่ ขนาด 4-4.2 x 2-3.5 เซนติเมตร ก้านใบย่อยยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ใบย่อยมีรูปทรงแบบรูปหอกแก้มใบมน ทรงใบค่อนข้างเบี้ยวไม่ได้สัดส่วน ปลายใบแหลมและฐานใบเบี้ยวไม่เท่ากัน (ภาพที่ 2) ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อยยกเว้นตอนยังเป็นกล้าไม้ ขอบใบจะหยักเป็นฟันเลื่อยและปลายใบเป็นกิ่งยาวใบหนาเกลี้ยงสีเขียวเป็นมัน (Choongpong and Buranatham, 1991)

หลังจากผลัดใบแล้วสะเคาข้างจะเริ่มออกดอกประมาณเดือน มีนาคม ดอกมีสีขาวอมเขียวอ่อน มีกลิ่นหอม ก้านดอกยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร มีขนสั้นละเอียดปกคลุม กลีบของดอกสั้นเล็ก ยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร กลีบดอกจำนวน 5 กลีบ ขนาดยาว 5-6.5 มิลลิเมตร ก้านชูเกสรตัวผู้เชื่อมติดกันยาวประมาณ 4 มิลลิเมตร ผนังด้านในมีขนสั้นปกคลุม ผนังด้านนอกมีลักษณะเป็นสัน

ยาวตลอดแนว จำนวน 10 ต้น ตรงปลายเถรตัวผู้เป็นแฉกต้น ๆ มีอับเรณูยึดติดอยู่ด้านใน รังไข่มี 3 ห้อง เสรตัวเมียมี 1 อัน (ก้านชูเกสรตัวเมียมีสีเขียวอ่อน ตรงปลายเป็นแฉกลักษณะทู่ 3 แฉก ผลจะสุกภายใน 3 เดือนหลังดอกบาน ซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป ลักษณะของผลรี เป็นรูปไข่ ผลมีสีเขียวอ่อน ถ้ารีดจะมีน้ำขุ่นขาวไหลออกมา แต่เมื่อผลสุกเต็มที่จะมีสีเหลืองขนาด 2.4-3.2 x 1.3-1.5 เซนติเมตร ผลสุกมีเปลือกหนา เนื้อนุ่มรับประทานได้ ค้างคาบชอบกิน หนึ่งผลมี 1 เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ดบางแต่แข็ง เมื่อตัดเมล็ดจะมีกลิ่นแรง ผลสดมีน้ำหนักเฉลี่ยผลละ 8.23 กรัม ส่วนเมล็ดมีน้ำหนักเฉลี่ยเมล็ดละ 2.01 กรัม (สุทัศน์ และไววิทย์, 2534)



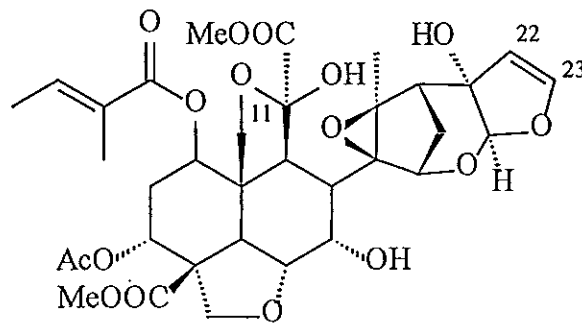
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะผล ใบ และดอกของสะเดาช้าง (*A. excelsa* Jack.)

ก. ลักษณะผลสะเดาช้าง

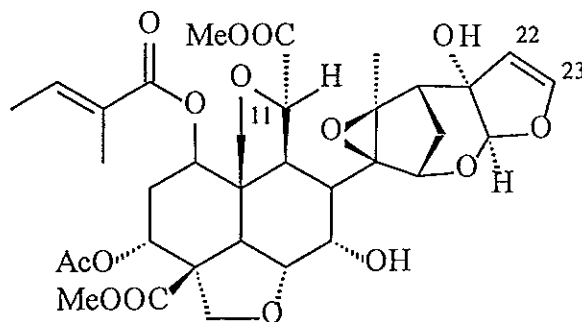
ข. ลักษณะใบและดอกต้นสะเดาช้าง

ค. ลักษณะภาพตัดตามขวางดอกสะเดาช้าง

สาร azadirachtin เป็นสารกลุ่มหลักที่พบในเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ส่วนในเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง พบ สาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol เป็นสารหลัก สาร azadirachtin เป็นสารกลุ่ม tetranortriterpenoid (limonoids หรือ maliacins) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของสาร triterpenoid โดยมีคาร์บอนอะตอมที่ 24 และคาร์บอนอะตอมที่ 27 หายไป ส่วนคาร์บอนอะตอมที่เหลือจะจับกันเป็น furan ring จึงเรียกว่า tetranortriterpenoid ซึ่งเมื่อนำโครงสร้างของสาร azadirachtin มาศึกษาพบว่า มีโครงสร้างใกล้เคียงกับสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol (ขวัญชัย, 2540) โดยมีข้อแตกต่าง ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 11 กล่าวคือ สาร azadirachtin มี OH มาเกาะ ส่วนสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol มี H มาเกาะ (Djerassi, 1994) ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 สูตรโครงสร้างของสาร azadirachtin



ภาพที่ 4 สูตรโครงสร้างของสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol

จากการสำรวจสะเดาแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย จำนวน 95 ตัวอย่าง จาก 17 จังหวัด สะเดาอินเดียพบสารออกฤทธิ์ azadirachtin ในปริมาณสูงสุดที่จังหวัดระยอง ปริมาณที่พบคือ 4.7 - 7.8 มิลลิกรัม/กรัม ของ seed kernel ของเมล็ดสะเดา ส่วนของเมล็ดสะเดาไทย มี azadirachtin 0.5-4.6 มิลลิกรัม/กรัม ของ seed kernel ของเมล็ด ส่วนสะเดาข้างหรือไม้เทียม กำลังรอผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เก็บจากบริเวณภาคใต้ (สำนักวิจัยและพัฒนาการผลิตสารจากธรรมชาติ, 2541)

นอกจากนั้นยังพบว่า ปริมาณน้ำมันที่ได้จากสะเดาอินเดียมากกว่าสะเดาไทย คือสะเดาอินเดีย 40.6 และสะเดาไทย 32.4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ตามลำดับ องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันสะเดาพบว่า ในสะเดาไทยมี palmitic acid เป็นกรดไขมันอิ่มตัว พบสูงสุด 32.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสะเดาข้างและสะเดาอินเดียพบ oleic acid ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว พบในสะเดาอินเดีย 42.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในสะเดาข้าง 43.6 เปอร์เซ็นต์ และยังพบกรดไขมันชนิดอื่น ๆ ในปริมาณน้อยมาก คือ stearic acid, linoleic acid, และ arachidonic acid (สำนักวิจัยและพัฒนาการผลิตสารธรรมชาติ, 2541) ชาวอินเดียรู้จักการไล่แมลงจากการใช้ผลและใบของสะเดามาช้านาน ก่อนที่จะมีการใช้สารเคมี เนื่องจากสะเดามีคุณสมบัติในการขับไล่แมลง เพราะมีสาร azadirachtin ซึ่งเป็นสารคล้ายสเตอรอยด์ (steroid like) ซึ่งมีในปริมาณสูงในเมล็ดของสะเดา และปลอดภัยต่อสัตว์ ส่วนน้ำมันสะเดา (neem oil) ใช้ประโยชน์ในการทำสบู่และผงซักฟอก ส่วนอื่น ๆ ที่เหลือจากการสกัดน้ำมันจะใช้ผสมทำยาสีฟันในประเทศอินเดีย (ขวัญชัย, 2540)

น้ำมันสะเดา (neem oil) พบว่าในเมล็ดสะเดา จะมีน้ำมัน 40-45 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันสะเดาจะมีสีเหลืองอ่อนมีรสขมและกลิ่นเหม็นส่วนกากของเมล็ดสะเดาที่เอาน้ำมันออกแล้วนั้นในประเทศอินเดียนำไปใส่ดินในนาข้าวเพื่อให้ผลในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens*) หลังจากเริ่มปักดำได้ประมาณ 1 อาทิตย์ (สุภาณีและคณะ, 2532)

สารเคมีที่สกัดได้จากส่วนต่าง ๆ ของสะเดา เช่น ใบ เปลือก ผล ลำต้น และเมล็ดของสะเดาจะมีสารอยู่หลายชนิดที่จัดอยู่ในกลุ่ม triterpenoids, diterpenoids และ nonterpenoids กลุ่มของสารที่ได้รับการทดสอบ และพบว่า มีผลและประสิทธิภาพต่อการกำจัดแมลง ได้แก่สารพวก triterpenoids โดยเฉพาะสาร azadirachtin ที่สกัดได้จากเนื้อในของเมล็ด (seed kernel) โดยพบว่าจะมีสาร azadirachtin ในปริมาณสูงเมื่อผลสะเดาสุกเต็มที่ ได้มีการทดลองแยกอนุพันธ์ของสาร azadirachtin ที่สกัดได้จากเมล็ดสะเดาอินเดีย จำนวน 27 กิโลกรัม จะได้อนุพันธ์ของ azadirachtin หลายชนิด คือ azadirachtin A, B, C, D, E, F และ G แต่พบว่า มีปริมาณของ azadirachtin A มากที่สุด และมีปริมาณของ azadirachtin B มีปริมาณรองลงมา (Rembold, 1989)

จากการศึกษาปริมาณของสาร azadirachtin ในส่วนต่าง ๆ ของสะเดาต่างสายพันธุ์ ในแหล่งปลูกต่างกัน จำนวน 21 ตัวอย่าง โดยใช้วิธี HPLC ไม่พบสาร azadirachtin ในใบของ สะเดา เปลือกและลำต้น ตลอดจนเปลือกของเมล็ด แต่พบในเนื้อในของเมล็ด โดยพบสาร azadirachtin ในเนื้อในของเมล็ดของสะเดาอินเดีย มี 7.7 มิลลิกรัม/กรัม สะเดาช้างมี 3.4 มิลลิกรัม/กรัม สะเดาไทยมี 3.2-6.7 มิลลิกรัม/กรัม (บงกชรัตน์ และคณะ, 2534)

การสำรวจศึกษาปริมาณสาร azadirachtin A ในเนื้อในของเมล็ดสะเดา ในประเทศไทยพบว่า ในสะเดาที่มีปริมาณ azadirachtin A มากที่สุดคือเมล็ดสะเดาอินเดียจาก จังหวัดระยอง คือมีค่า 7.8 มิลลิกรัม/กรัม ของเนื้อในเมล็ด และให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุดคือ 40.5 เปอร์เซ็นต์โดย น้ำหนัก ส่วนสะเดาไทยพบ azadirachtin A มากที่สุดในจังหวัดกาญจนบุรี คือมีค่า 4.6 มิลลิกรัม/กรัม ของ kernel แต่ปริมาณของ azadirachtin A ที่พบโดยเฉลี่ยคือ 2.4 มิลลิกรัม/กรัม ของ เนื้อใน เมล็ด ส่วนปริมาณน้ำมันที่พบในสะเดาไทยคือ 34 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (Chaiyapat, *et al.*, 1997)

สารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดามีคุณสมบัติเป็นสารขับไล่แมลงศัตรู และสามารถ ขับยุงการเจริญเติบโตของแมลงศัตรูได้ หรืออาจทำให้เกิดอาการผิดปกติในแมลง ตลอดจนยับยั้ง การวางไข่ได้ เมื่อแยกส่วนประกอบสำคัญที่ทำหน้าที่ในการยับยั้งการกินและยับยั้งการเจริญเติบโต คือสาร azadirachtin (Sharma, *et al.* 1983)

จากการศึกษาค่าความเป็นพิษของสาร azadirachtin A จากสารในรูปการค้า Neemix[®] (55 cc./น้ำ 20 ลิตร) สาร azadirachtin B จากสารในรูปการค้า Advantage[®] (80 cc./น้ำ 20 ลิตร) สาร synthetic pyrethroid ในรูปการค้า Karate[®] (16 cc./น้ำ 20 ลิตร) และสาร permethrin ในรูปการค้า Ambush[®] (10 cc./น้ำ 20 ลิตร) ฉีดพ่นบนแปลงผักที่มีผึ้ง *Apis cerana* อาศัยอยู่ในพื้นที่ทดสอบ 99 ตารางเมตร โดยนับจำนวนผึ้งก่อนทำการฉีดพ่น และหลังฉีดพ่น 3 วัน พบว่า สาร azadirachtin A และ B ไม่เป็นอันตรายต่อผึ้ง ส่วนสารสังเคราะห์ pyrethroid และสาร permethrin มี พิษต่อผึ้ง ไม่เหมาะสมในการฉีดพ่นใกล้สภาพแปลงที่มีผึ้งอาศัยอยู่ (Ratna and Siriwat, 1997)

ส่วนในประเทศไทย กองวัตถุมีพิษการเกษตร (2539) ได้ทำการทดลอง พบว่าผงของเมล็ด สะเดา มีพิษน้อยต่อปลาตะเพียนขาว และปลานิลแดง โดยการวัดพิษเฉียบพลันหลังจากปลาได้รับ พิษ 48 ชั่วโมง จะมีค่า LC₅₀ (median lethal concentration) หรือระดับความเข้มข้นของสาร ที่ทำให้ จำนวนปลาที่ใช้ในการทดลอง ตายไปครึ่งหนึ่งของจำนวนปลาทั้งหมด โดยพบว่า

ค่า LC ₅₀ ของปลาตะเพียนขาวมีค่าเท่ากับ	1,401.97 มิลลิกรัม / น้ำ 1 ลิตร
ค่า LC ₅₀ ของปลานิลแดงมีค่าเท่ากับ	1,040.50 มิลลิกรัม / น้ำ 1 ลิตร

จากการทดสอบของ สถาบันวิจัยข้าวที่ฟิลิปปินส์ (IRRI) พบว่าการฉีดพ่นสาร สะเดามีผลทำให้แมลงกินอาหารน้อยลง พบว่าพืชกระโดดสีน้ำตาล และแมลงปากกัด เมื่อกินใบ พืชที่มีสารสกัดจากสะเดา จะทำให้ไข่อ่อน เมื่อเข้าสู่ระยะดักแด้ปีกจะยึดติดกับรังดักแด้ และไม่สามารถออกจากปลอกดักแด้ได้และจากการทดลองฉีดพ่นน้ำยาสะเดาที่มีระดับความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ ในอัตรา 4 ลิตร/1 เฮกแตร์ (1 เฮกแตร์ = 6.25 ไร่) โดยใช้เครื่องมือฉีดพ่นเป็นละอองน้ำ น้อย (ultra low volume) สามารถป้องกันข้าวจากการทำลายของแมลงศัตรูได้ (โชคชัย, 2537)

มีรายงานว่าสารสกัดจากเมล็ดสะเดา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ esterase และ GSH-S-transferase ต่อแมลงศัตรูพืช 4 ชนิด คือ *P. xylostella*, *H. armigera*, *Orseolia oryzae* และ *Nilaparvata lugens* (สุรพล, 2536) ในการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สะเดาใน สภาพแปลง โดยนำสะเดาที่มีเปอร์เซ็นต์สารออกฤทธิ์ azadirachtin 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไปฉีดพ่นใน แปลงข้าวโพดและข้าวฟ่าง โดยใช้ผลิตภัณฑ์สะเดา 100 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำ 20 ลิตร พบว่า สามารถป้องกันและกำจัดเพลี้ยอ่อนได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (อารมณ, 2536)

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสาร azadirachtin ที่ได้จากการ สกัดเมล็ดสะเดาอินเดีย โดยทดสอบกับหนอนวัยที่ 2 ของผีเสื้อวงศ์ Noctuidae 6 ชนิด คือ *Acetebia fennica*, *Mamestra configurat*, *Peidroma saucis*, *Melanchra picta*, *Phytometra ni* และ *Spodoptera litura* โดยผสมสารทดสอบลงในอาหารเทียม พบว่าสามารถควบคุม *P. saucis* และ *S. litura* ได้ (Isman, 1993)

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับพืชที่สามารถนำมาควบคุม *S. litura* ที่ Nagoya University ประเทศญี่ปุ่น ซึ่ง *S. litura* เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของ sweet potatoes, sugar cane, crucifers, taro, และ legume ซึ่งสารสกัดจากพืชที่สามารถควบคุมได้ คือ ใบของ *Orixia japonica*, ใบของ *Clerodendron tricotomum* และ ใบของพืชวงศ์ Verbenaceae (Shomey and Mckelvey, 1977)

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากผลสะเดาไทยกับ แมลง *S. litura* และ *S. exigua* โดยให้หนอนกินและจุ่มตัวหนอนลงในสารละลาย พบว่าประสิทธิภาพของสารสกัด ที่สกัดด้วย เมธานอล และ เฮกเซน ให้ผลดีที่สุด โดยเมื่อทำการสกัดด้วยเฮกเซนแล้ว จะได้กาก สะเดา แล้วนำกากสะเดามาสกัดต่อด้วยเมธานอล 1,000 มิลลิลิตร อีกครั้งหนึ่ง จะได้สารสกัด ประมาณ 6.03 กรัม สารสกัดที่ได้มีลักษณะเหนียว สีค่อนข้างดำ และมีน้ำมันผสมอยู่เล็กน้อย เมื่อนำ สารสกัดดังกล่าวไปทดสอบกับหนอนวัย 3 โดยวิธีจุ่ม อัตราความเข้มข้น 0.5 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้หนอนตาย 20, 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนวิธีการให้กิน พบว่าเมื่อ

หนอนกินพืชที่มีสารสกัดจากสะเดา หนอนจะไม่สามารถลอกคราบได้ การเจริญเติบโตผิดปกติ ตลอดจนมีเปอร์เซ็นต์การเข้าดักแด้ลดลงด้วย (อุคมพร, 2528)

ได้มีการทดลองฉีดสาร azadirachtin เข้าสู่ร่างกายของหนอนแมลงวันในช่วงวัยสุดท้ายของหนอน *Calliphora vicina* ผลปรากฏทำให้หนอนเจริญไปเป็นดักแด้ที่ไม่สมบูรณ์ หรือมีลักษณะที่ผิดปกติ คือ มีขนาดเล็กกว่าปกติ น้ำหนักเบา ตลอดจนมีลักษณะรูปร่างที่ผิดปกติ และตายไปในที่สุด ส่วนที่ไม่ตายจะไม่สามารถฟักออกเป็นตัวเต็มวัยได้ แต่มีบางส่วนที่สามารถฟักออกมาเป็นตัวเต็มวัยที่ผิดปกติไม่สามารถสืบพันธุ์ได้ มีขนาดเล็ก และตายในเวลาอันรวดเร็วกว่าปกติ (Bidmon, et al., 1987) สาร azadirachtin มีผลในการควบคุม tobacco hornworm (*Manduca sexta*) โดยมีผลยับยั้งการกินอาหาร ในตัวหนอนวัยที่ 1 ถึงตัวหนอนวัยที่ 5 จากการทดลองพบว่าสาร azadirachtin ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm. มีผลทำให้หนอนไม่กินอาหาร และตายภายในเวลา 7 วัน หลังการทดสอบ (Haasler, 1983)

จากการฉีดพ่นสารในแปลงทดลองที่ปลูก กะหล่ำปลี และหน่อไม้ฝรั่ง โดยฉีดพ่นสารสกัดจากเมล็ดสะเดาด้วยอัตรา 650-700 กรัม / น้ำ 20 ลิตร (แช่ทิ้งนาน 1 คืน) พบว่าในแปลงทดลองยังตรวจพบ ศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูผัก เช่น แมงมุม มดดำ แตนเบียน และต่อเบียน (สมปอง, 2536) และในการเตรียมสารสกัดแบบง่าย ๆ ของเกษตรกรโดยใช้ผงสะเดาสด 10 กิโลกรัม แช่น้ำ 1 ปี นาน 1 คืน แล้วกรองออกสามารถนำไปฆ่าแมลงได้หลายชนิด เช่น หนอนกระทู้ผัก หนอนหลอดหอม และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (งานวิจัยพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ, 2532)

จากการวิเคราะห์ HPLC เพื่อตรวจสอบคุณภาพและปริมาณของสารที่พบในเมล็ดสะเดาทั้ง 3 ชนิด พบว่า ในสะเดาไทยมีสารกลุ่มหลักที่พบคือ azadirachtin A (aza. A) และตรวจพบสาร azadirachtin B (aza. B) และสาร 1- tigloyl-3-acetylazadirachtol ในปริมาณรองลงมา ส่วนในสะเดาช้างพบสารกลุ่มหลักคือ 1- tigloyl-3- acetylazadirachtol ส่วนสะเดาอินเดียพบสารคือ azadirachtin A (aza. A) และ azadirachtin B (aza. B) ส่วนสาร nimbin และสาร salannin มีในปริมาณเล็กน้อย (Ermel et al., 1996)

เทคนิคที่นิยมใช้ในการแยกสารสกัดคือเทคนิคทาง chromatography ซึ่งมีหลายวิธี เช่น paper chromatography (PC) , gas liquid chromatography (GLC) และ thin layer chromatography (TLC) ส่วนการจะเลือกใช้แบบใดนั้น ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการละลาย และการระเหยของสารที่ต้องการจะแยก (สนั่น, 2540)

ในกรณีที่เกี่ยวข้องเตรียมสารสกัดแบบง่าย ๆ โดยใช้เมล็ดสะเดาแช่น้ำ พบว่ามักมี ปัญหาในการใช้ เช่น ไม่สามารถเก็บสารสกัดไว้ได้นาน หรือคุณภาพของเมล็ดไม่ดี ตลอดจนสาร azadirachtin ที่ได้ไม่เพียงพอต่อการป้องกันกำจัดแมลง จากการศึกษาพบว่าสาร azadirachtin ที่สกัด ด้วยน้ำ ถ้าเนื้อในของเมล็ดสะเดาไทยมีคุณภาพดี สามารถใช้เมล็ดสะเดา 1 กิโลกรัม แช่น้ำ 20 ลิตร แช่ทิ้งไว้ เป็นเวลา 1 คืน จะได้สารสกัดที่มีปริมาณของสาร azadirachtin สูงถึง 100 ppm. แต่ถ้า คุณภาพของเมล็ดสะเดาไทยไม่ดี เช่นเก็บเมล็ดแห้งไว้นานเกิน 1 ปี พบว่าสามารถสกัดสาร azadirachtin ได้ 40-50 ppm. (ชัยวัฒน์, 2539)

ในการสกัดสาร azadirachtin จากเนื้อในเมล็ดสะเดานักวิทยาศาสตร์ได้ทดลอง สกัดด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ เช่น methanol, ethanol, butanol, methyl ethyl ketone , hexane และน้ำ พบว่าตัวทำละลายที่สามารถสกัดเอาสาร azadirachtin ออกมาได้มากที่สุดคือ methanol (Feurhake, 1983) เมล็ดสะเดาไทยเมื่อสกัดจะพบสาร azadirachtin, nimbin และ salannin ส่วนในเมล็ดสะเดา ช้างพบสาร 1- tigloyl-3-acetylazadirachtol และเมื่อทดสอบสารสกัดจากเมล็ดสะเดาไทยกับแมลง ในอันดับ Lepidoptera พบว่า azadirachtin A 0.3 ppm. สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอน กระฟู้ดก หนอนเจาะสมอฝ้าย และหนอนใยผัก เมื่อทำการทดสอบสารสกัดจากเมล็ดสะเดาไทยซึ่ง มีสาร azadirachtin 0.5 % เปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลง chlorpyrifos บนหนอนกระฟู้ดหอม บนต้น หน่อไม้ฝรั่ง พบว่าสามารถใช้ป้องกันกำจัดแมลงได้ดี ไม่แตกต่างกัน (ขวัญชัย, 2540)

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อเมล็ดสะเดาโดยใช้เมธานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ เป็นตัวทำละลายในการสกัด แล้วนำไปทดสอบกับ หนอนกระฟู้ดก ปรากฏ ว่าสารสกัดจากเมล็ดสะเดาไทยมีประสิทธิภาพในการควบคุม และเมื่อทำการทดลองสารสกัดจาก เมล็ดสะเดาอินเดียจะมีผลในการควบคุมแมลง เช่น หนอนกระฟู้ดก และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยจะมีพฤติกรรมในการกินลดลง อัตราการวางไข่ลดลง การเจริญเติบโตผิดปกติ รวมไปถึงการ ลอกคราบที่ผิดปกติด้วย (Sexena and Rembold, 1983)

การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สะเดาไทยชนิดน้ำ(ผลิตภัณฑ์ของสำนัก วิจัยและพัฒนาการผลิตสารจากธรรมชาติ) ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ใช้น้ำยาสะเดาสูตร เข้มข้น 0.6 % จำนวน 333 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร (ความเข้มข้น 100 ppm.) ฉีดพ่นบนแปลงถั่วเขียว สามารถป้องกันกำจัด หนอนกระฟู้ดก และหนอนกระฟู้ดหอม ซึ่งให้ประสิทธิภาพไม่แตกต่าง จากการใช้สาร chlofluazuron และทดสอบฉีดพ่นในแปลงเบญจมาศ พบว่าสามารถป้องกันกำจัด หนอนกระฟู้ดก และหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ (สำนักวิจัยและพัฒนาการผลิตสารธรรมชาติ, 2541)

การทดลองใช้สารสะเดาแห้งป่นเพื่อควบคุมประชากรของแมลงบั่ว (*Orseolia oryzae*) ในอัตรา 8 กิโลกรัม/ไร่ โดยหว่านลงในนาข้าว 2 ครั้ง เมื่อข้าวอายุได้ 7 และ 45 วัน และ

ตรวจนับแมลงบั่วเมื่อข้าวอายุได้ 30 วัน ตรวจนับทุก ๆ 15 วัน เป็นจำนวน 4 ครั้ง จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ปริมาณแมลงบั่วที่ใช้เมล็ดสะเดาแห้งป่น มีปริมาณลดลง (รัชกรณ และสมบุรณ์, 2536)

การทดสอบสารสกัดสะเดาในสูตรต่างๆในการควบคุมหนอนกระทู้หอมบนต้นหน่อไม้ฝรั่ง ที่ทำในแปลงทดลอง ปรากฏว่า สารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดามีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้หอมได้ดีกว่าสารเคมีสังเคราะห์ chlorpyrifos (Sombatsiri and Temboonkeat, 1983) การผลิตสูตรผสมของสารสกัดจากสะเดาเพื่อจำหน่ายในรูปการค้า มีการผลิตจำหน่ายหลายประเทศ เช่น อินเดีย สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย แคนาดา และไทย ซึ่งอินเดียเป็นประเทศแรกที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย และมีสูตรผสมต่าง ๆ วางจำหน่ายมากกว่า 5 ชนิด และในสหรัฐอเมริกามีการผลิตสารสกัดจากเมล็ดสะเดาจำหน่ายในชื่อการค้า Margosan-O[®] ซึ่งเป็นสารสกัดสำเร็จรูป มีปริมาณสาร azadirachtin 2,000-4,000 ppm. และมีค่า pH 3.5-6.0 ได้รับอนุญาตจากองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมโลก (Environmental Protection Agency ; EPA) ให้จดทะเบียนในปี พ.ศ. 2528 เพื่อให้ใช้กับพืชที่ไม่เป็นอาหารโดยตรง ส่วนในประเทศไทยมีสูตรผสมของบริษัทเอกชน ออกวางจำหน่ายในชื่อการค้าหลายตัวอย่าง เช่น Nuform[®], Adventage[®] และ Neemplus[®] เป็นต้น ส่วนใหญ่เป็นสูตรผสมที่ผสมสารสกัดจากพืชชนิดอื่นนอกจากสะเดาด้วย ที่นิยมใช้กันมากคือ ข่า และ ตะไคร้หอม ปัจจุบันกองวัตถุมีพิษ กรมวิชาการเกษตร สามารถผลิตสูตรผสมที่มีปริมาณสาร azadirachtin 0.8-1.0 เปอร์เซ็นต์ ได้สำเร็จ (สุภาณี, 2540)

การทดสอบสารสกัดจากสะเดาในการควบคุมหนอนกระทู้ฝัก ที่ทำลายยาสูบในประเทศอินเดีย โดยการประยุกต์ใช้สารต่อไปนี้เป็นสภาพแปลง ผลปรากฏว่า สารสกัดจากเนื้อในเมล็ด ให้ผลและประสิทธิภาพดีที่สุด สามารถป้องกันการกิน การวางไข่ และเป็นสารขับไล่แมลงในทุกช่วงของการเจริญเติบโต ส่วนกากเมล็ดสะเดามีประโยชน์ในการเป็นปุ๋ยต่อดินยาสูบ ส่วนเปลือกของต้นสะเดา กลับพบว่าสามารถป้องกันโรคของต้นยาสูบที่เกิดจาก mosaic virus ได้ (Joshi, 1987)

ขั้นตอนการผลิตสารสกัดจากสะเดาเพื่อการค้า มี 4 ลำดับขั้นตอน

1. กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ (raw material preparation) ซึ่งเมื่อเก็บผลสะเดาสุกมาแยกเนื้อออกจากเมล็ด แล้วนำเมล็ดไปตากแห้งหรืออบ จากนั้นนำไปกะเทาะเปลือกของเมล็ด ให้เหลือเฉพาะเนื้อในเมล็ด (seed kernel) แล้วนำไปบดหรือปั่นให้เป็นผงหยาบ

2. กระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์ (extraction) นำผงสะเดาที่ได้มาทำการอัดบีบน้ำมันออก แล้วนำกากที่ได้ไปสกัดด้วยแอลกอฮอล์

3. กระบวนการระเหย (evaporation) เพื่อลดปริมาณของตัวทำละลาย

4. กระบวนการบรรจุหีบห่อ (packing) (อัญชลี, 2539)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ผ่านกระบวนการสกัด โดยวิธีการแช่อยู่
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง ที่มีอัตราการตายของหนอนกระทู้ผักในห้องปฏิบัติการ
3. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง กับ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide[®]) และสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®]) ที่มีต่ออัตราการตายของหนอนกระทู้ผักในห้องปฏิบัติการ
4. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่มีต่อการลดจำนวนประชากรหนอนกระทู้ผักบนต้นพืชในสภาพโรงเรือน

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

2. วิธีการดำเนินการทดลอง

2.1 การเตรียมส่วนสกัด

ในการสกัดสารสกัดจากพืช เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์สารออกฤทธิ์ในปริมาณสูง วัตถุดิบที่นำมาสกัดจะต้องมีคุณภาพ เช่น มีอายุที่พอเหมาะ มีความสด และมีในปริมาณมากพอ ในการนำเข้าสู่ระบบการสกัด ตลอดจนควรจะเป็นพืชที่อยู่ในภูมิภาคเดียวกันหรือใกล้เคียง เพื่อให้ตัวอย่างพืชที่นำมาสกัดมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน การเตรียมวัตถุดิบในการสกัดมีขั้นตอนดังนี้

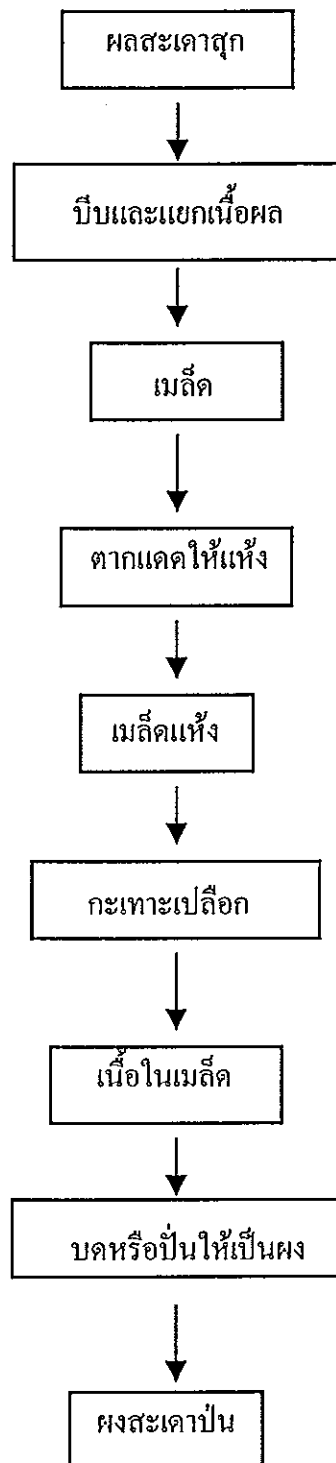
2.1.1 เก็บรวบรวมผลสุกหรือแก่จัดของผลสะเดาช้าง และผลของสะเดาไทย โดยสะเดาช้างเก็บรวบรวมในเขตพื้นที่ของ 4 จังหวัดภาคใต้ คือ จังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง ตรัง และสงขลา โดยได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์เพาะชำกล้าไม้สงขลา เขต 6 จังหวัดสงขลา ส่วนผลของสะเดาไทยเก็บรวบรวมในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักวิจัยและพัฒนาการผลิตสารธรรมชาติ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ภาพผนวกที่ 1 และ 2)

2.1.2 นำผลสะเดาสุกแต่ละชนิดไปล้างน้ำให้สะอาด และแยกเอาส่วนเปลือกและเนื้อของผลออกให้หมด ให้เหลือเฉพาะเมล็ดเท่านั้น ซึ่งเมล็ดจะมีลักษณะแข็ง มีสีครีมอ่อน และมีเนื้อในเมล็ดอยู่ภายใน ซึ่งขนาดของเมล็ดสะเดาช้างจะมีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดสะเดาไทย

2.1.3 นำเมล็ดสะเดาที่ได้ไปล้างน้ำให้สะอาด แล้วนำไปผึ่งแดด ประมาณ 3 วัน เพื่อลดความชื้น และทำให้เมล็ดแห้ง

2.1.4 เมื่อเมล็ดแห้งแล้วนำไปกะเทาะเปลือกหุ้มเมล็ดออก (seed coat) ให้เหลือเฉพาะเนื้อในเมล็ด (seed kernel)

2.1.5 นำเนื้อในเมล็ดที่ได้ไปผ่านการบดหรือป่น ด้วยเครื่องบดสมุนไพรของศูนย์เครื่องมือกลาง คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เพื่อให้ได้ผงสะเดาเข้าสู่กระบวนการสกัดต่อไป (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนการเตรียมส่วนสกัดของสะเดาช้าง และสะเดาไทย

2.2 การสกัดสารออกฤทธิ์

การสกัดสารออกฤทธิ์จากพืชทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับส่วนของพืชที่นำมาสกัด ชนิดของสารที่ต้องการสกัด คุณสมบัติของสารในการทนความร้อน และชนิดของตัวทำละลาย (solvent) ที่ใช้ สำหรับกระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดานิยมใช้การสกัดแบบแช่อยู่ (maceration) ซึ่งเป็นกระบวนการสกัดสารโดยวิธีการแช่ชิ้นส่วนพืชในภาชนะปิด และแช่ไว้ 3-7 วัน ควรจะเขย่าหรือคนบ่อย ๆ เพื่อให้สารละลายสัมผัสกับพื้นที่ผิวพืชอย่างทั่วถึง เมื่อครบกำหนด จึงค่อยๆ รินเอาสารละลายออก โดยพยายามบีบเอาสารละลายออกจากกาก (marc) ให้มากที่สุด รวบรวมสารสกัดที่ได้นำไปกรอง และควรจะสกัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้มีสารออกฤทธิ์ออกมาในปริมาณมากที่สุด ซึ่งในการสกัดเมล็ดแบ่งเป็น 2 กระบวนการ

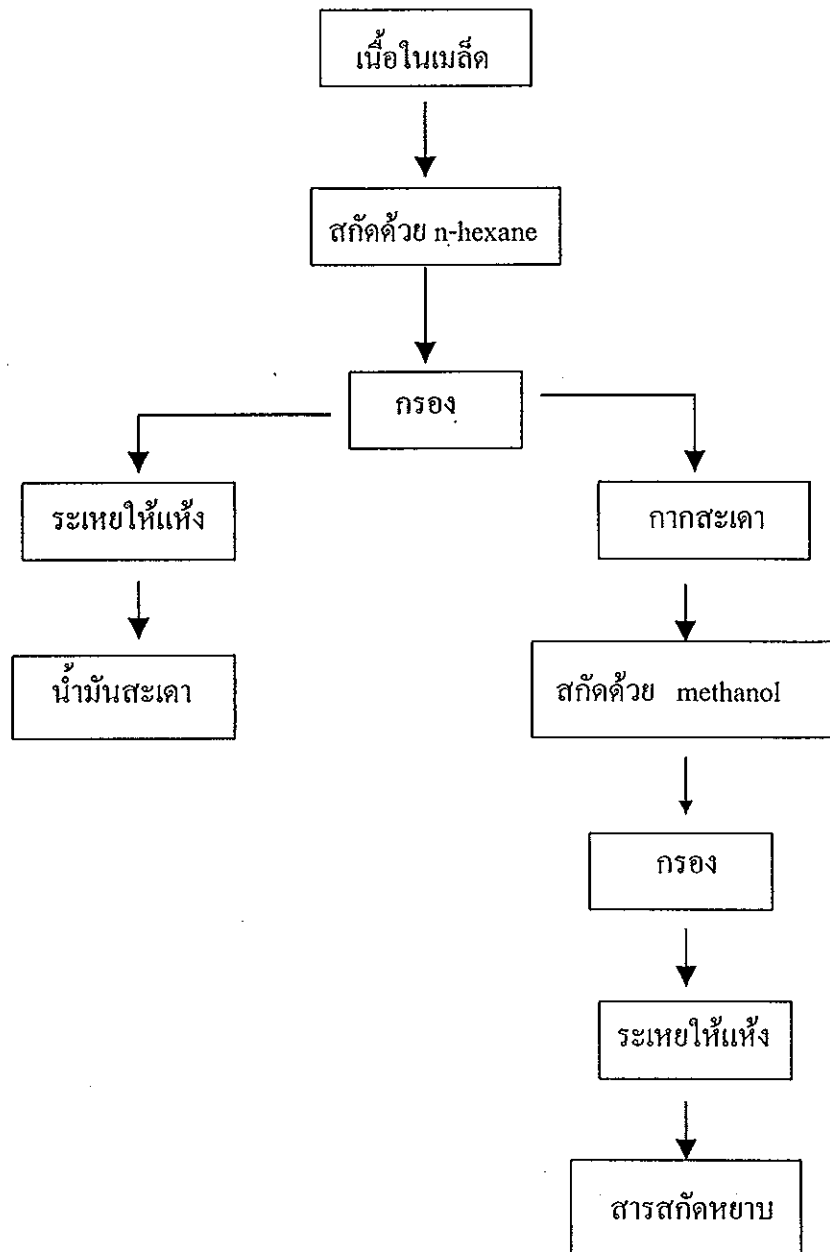
2.2.1 กระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดสะเดา

นำผงเมล็ดสะเดาข้างและสะเดาไทยมาชนิดละ 10 กิโลกรัม บรรจุลงไปในขวดแก้วใสปากกว้างขนาดบรรจุ 20 ลิตร เติมสารละลาย n-hexane ลงไปจนท่วม ปิดปากขวด ให้สนิทด้วยจุกยางที่หุ้มด้วย aluminium foil แช่ทิ้งไว้ 3 วัน เมื่อครบกำหนด รินเอาสารละลายออกจากขวดให้หมด และนำสารละลายมากรองด้วยกระดาษกรอง นำสารที่กรองได้ไประเหยโดยใช้เครื่องมือ rotary evaporator ที่ศูนย์เครื่องมือคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งอาศัยหลักการกลั่นสารละลายที่ระดับอุณหภูมิต่ำ และความดันต่ำเกือบเป็นที่ระดับสูญญากาศ โดยอาศัยการควบคุมความดันจาก vacuum pump ซึ่งเครื่อง rotary evaporator ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก คือ distillation flask ซึ่งจะบรรจุสารละลายที่ต้องการสกัด เมื่อทำงานจะหมุนตลอดเวลา และแช่ในหม้อไอน้ำทำให้เกิดการกระจายความร้อน และทำให้สารละลายที่บรรจุเดือด และระเหยเป็นไอ เพื่อไปสัมผัสกับ condenser ทำให้เกิดเป็นของเหลว และนำไปบรรจุยัง receiving flask จะได้น้ำมันสะเดา ซึ่งขั้นตอนการสกัดน้ำมันทำด้วยวิธีการดังกล่าวทั้งหมด 7 รอบ ใช้เวลา 21 วัน ต่อสะเดา 1 ชนิด ซึ่งจะได้น้ำมันสะเดาในที่สุด แล้วนำสารที่ได้ไปอุ่นใน water bath (อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส) เพื่อระเหยน้ำ และตัวทำละลายที่ใช้ในกระบวนการสกัดออก

2.2.2 การสกัดสารออกฤทธิ์ด้วยแอลกอฮอล์

เมื่อทำการสกัดน้ำมันสะเดาออกจากเมล็ดสะเดาแล้วจะได้กากสะเดา ซึ่งจะนำมาสกัดต่อเพื่อสกัดสารออกฤทธิ์ด้วยวิธีการ maceration เช่นเดียวกับการสกัดน้ำมัน ซึ่งในขั้นตอนนี้ใช้สารละลาย methanol ในการแช่สกัด เมื่อครบ 3 วัน รินสารละลาย แล้วนำไปกรอง เพื่อเข้าสู่การระเหยด้วยเครื่องมือ rotary evaporator (เหมือน 1.2.1) ซึ่งในการสกัดทำทั้งหมด 3 รอบ เพื่อให้ได้ปริมาณที่มากพอ รวมใช้เวลา 9 วัน ต่อสะเดา 1 ชนิด ในกระบวนการนี้จะได้สารสกัดหยาบ (crude methanol extract) จากเมล็ดสะเดาช้างและเมล็ดสะเดาไทย แล้วนำสารที่ได้ไปอุ่นใน water bath (อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส) เพื่อระเหยน้ำ และตัวทำละลายที่ใช้ในกระบวนการสกัดออกจากกระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดา (ภาพที่ 6) จะมีส่วนสกัดที่นำไปทดสอบทั้งหมด 4 ส่วน คือ

1. เมล็ดสะเดาช้าง
 - 1.1 น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง
 - 1.2 สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง
2. เมล็ดสะเดาไทย
 - 2.1 น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย
 - 2.2 สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย



ภาพที่ 6 กระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดาช้าง และเมล็ดสะเดาไทย

2.3 การตรวจสอบคุณสมบัติบางประการ ของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาช้างและเมล็ดสะเดาไทย

2.3.1 การหาค่า saponification value

saponification value หมายถึง จำนวนมิลลิกรัมของ KOH ที่ใช้ในการ neutralized สารพวก free acids และ saponify สารพวก ester ที่มีอยู่ในตัวอย่าง 1 กรัม อย่างสมบูรณ์ ซึ่งขั้นตอนในการทดลอง โดยใช้วิธีการของ British Pharmacopoeia (1998) ดังนี้

1. เตรียม fat solvent โดยใช้ KOH 40 กรัม ละลายในน้ำ 20 มิลลิลิตร ใส่ลงใน conical flask ขนาด 1 ลิตร จากนั้นเติม ethanol 96 เปอร์เซ็นต์ ลงไปจนครบ 1 ลิตร ปิดฝาให้สนิทแล้วตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
2. ชั่งน้ำมันสะเดาช้างและน้ำมันสะเดาไทย 2 กรัม โดยทำอย่างละ 2 ชุด ใส่ใน conical flask ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติม fat solvent ลงไป 25 มิลลิลิตร
3. เตรียม blank โดยใช้ alcoholic KOH (0.5 โมล/ลิตร) 25 มิลลิลิตร ใส่ลงใน conical flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
4. นำ flask ที่เตรียมไว้ไป reflux โดยใช้ reflux air condenser โดย reflux ให้เดือดนาน 1 ชั่วโมง และเขย่าบ่อยๆ เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์
5. เมื่อ reflux จนครบ 1 ชั่วโมงแล้ว เติม ethanol ลงไป 50 มิลลิลิตร เพื่อให้สามารถสังเกตสีได้ง่ายขึ้น นำไป titrate กับสารละลาย HCl 0.5 โมล/ลิตร ใช้ phenolphthalein จำนวน 2-3 หยด เป็น indicator เขย่าจนกว่าจะกลายเป็นสีเดิมหรือไม่มีสี และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 15 วินาที ถ้าสีเปลี่ยนก็ titrate จนกว่าสีจะคงที่ จดบันทึกปริมาณของสารละลาย HCl ที่ใช้ แล้วนำไปคำนวณหาค่า saponification value โดยที่

$$\text{saponification value} = V \times 56 \times 1,000 / \text{มิลลิโมลเฉลี่ยของไขมันตัวอย่าง}$$

$$\text{โดยที่ } V = \text{น้ำหนักรวมของไขมันตัวอย่าง}$$

2.3.2 การหาค่า acid value

acid value หมายถึง จำนวนมิลลิกรัมของ KOH ที่ทำให้เกิดการ neutralized สารพวก free acid 1 กรัม ที่มีอยู่ใน fix oil, fat, resin, balsam หรือสารอื่นๆ ที่มีองค์ประกอบคล้ายคลึงกันกับสารดังกล่าว โดยปกติแล้วเมื่อไขมันถูกเก็บไว้นาน ๆ จะมีกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งเกิดจากการแตกตัวของ peroxide โดย oxygen ในอากาศ ที่ทำให้เกิดการปลดปล่อย free acid ออกมา ซึ่ง free acid ที่เกิดขึ้นนั่นเอง เป็นเครื่องชี้วัดถึงสถานะและปริมาณของ free acid ของไขมันชนิดนั้น ซึ่งวิธีการทดลองตามวิธีการของ British Pharmacopoeia (1998) ดังนี้

1. เตรียม fat solvent โดยผสม ethanol 96% กับ diethylether ในอัตราส่วน 1:1
2. ชั่งน้ำมันสะเดาข้างและน้ำมันสะเดาไทยมาอย่างละ 10 กรัม ทำ 3 ชุด เติม fat solvent ลงไป 50 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย phenolphthalein จำนวน 2-3 หยด ลงไปเพื่อเป็น indicator
3. นำไป titrate กับ KOH 0.1 โมล/ลิตร เขย่าจนกระทั่งสารละลายกลายเป็นสีชมพู และตั้งทิ้งไว้ 15 วินาที เพื่อดูความคงที่ของสี จดบันทึกปริมาณของสารละลาย KOH ที่ใช้เพื่อนำไปคำนวณหาค่า acid value โดยที่

$$\text{acid value} = 5.610 \text{ (W/V)}$$

โดยที่ W = จำนวนสารละลาย KOH ที่ใช้ในการ titrate ไขมันตัวอย่าง

V = น้ำหนักของไขมันตัวอย่างที่ใช้

2.4 ขั้นตอนการเลี้ยงเพิ่มปริมาณหนอนกระพุ่มัก

1. ออกสำรวจและเก็บตัวอย่างของหนอนกระพุ่มัก จากแปลงเกษตรกรใน 2 พื้นที่คือ บ้านคลองวาด ตำบลท่าช้าง อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา และบ้านแพรงสุวรรณ ตำบลบางเหรียง กิ่งอำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา นำมาเลี้ยงด้วยอาหารเทียม (คัดแปลงจาก กรมวิชาการเกษตร, 2534) ในห้องปฏิบัติการเรือนแมลง ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยเลี้ยงในกล่องพลาสติกขนาด กว้าง x ยาว x สูง = 8 x 12 x 6 นิ้ว จำนวนหนอน 20 ตัว/1 กล่อง และใส่ชิ้นอาหารเทียม จำนวน 20 ชิ้น (ขนาดอาหารเทียม 1 x 1 x 1 เซนติเมตร) มาทำการเลี้ยงที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ และเปลี่ยนอาหารหนอนทุก 24 ชั่วโมง จนกระทั่งหนอนเข้าสู่วัยที่ 3 (ภาพผนวกที่ 4)

2. เมื่อหนอนเข้าสู่วัยที่ 3 แยกหนอนมาเลี้ยงเดี่ยวโดยนำมาเลี้ยงในกล่องพลาสติกกลมใส เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ขนาดบรรจุ 5 ออนซ์ พร้อมฝาปิดที่มีรูระบายอากาศ โดยหนอน 1ตัว/ 1 กล่อง เพื่อป้องกันพฤติกรรมกินกันเอง (cannibalism) และใส่ขนาดชิ้นอาหารเทียมขนาด 1.5 x 1.5 x 1.5 เซนติเมตร และเปลี่ยนอาหารทุก 24 ชั่วโมง จนกระทั่งหนอนเข้าคักแล้ว

3. นำคั๊กแค้ที่ได้มาใส่ในกรงเลี้ยงแมลงขนาด กว้าง x ยาว x สูง = 2 x 2 x 2.5 ฟุต โดยใช้คั๊กแค้ 30 ตัว/ กรงเพื่อรอการลอกคราบออกมาเป็นผีเสื้อตัวเต็มวัย

4. เมื่อคั๊กแค้ออกมาเป็นผีเสื้อตัวเต็มวัยแล้ว นำต้นหญ้าสดที่ตัดและปักใส่ลงใน flask ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุน้ำพอประมาณใส่เข้าไปในกรง เพื่อใช้เป็นที่วางไข่ของผีเสื้อ นำสำลีชุบน้ำคั้ง 10 เปอร์เซ็นต์ในน้ำ 1 ก้อน และชุบน้ำสะอาดอีก 1 ก้อนวางลงบน petri dish ใส่เข้าไปในกรงเพื่อเป็นอาหารและน้ำแก่ เมื่อผีเสื้อตัวเต็มวัยจับคู่ผสมพันธุ์กันแล้ว จะวางไข่บนใบหญ้าสดเป็นกลุ่ม ๆ สีเหลืองอ่อนสังเกตเห็นได้ เมื่อได้ไข่แล้วนำไปเพาะเลี้ยงต่อ จนกระทั่งได้ปริมาณของหนอนที่มากพอในการทดสอบ (ในการทดลองนี้ เลี้ยงแมลงไปจนถึงรุ่นที่ 3 เท่านั้น เพื่อป้องกันหนอนที่ใช้ทดสอบอ่อนแอกว่าปกติ)

2.5 การเตรียมสารละลายเพื่อการทดสอบ

ในการทดสอบต้องเตรียมให้สารละลายมีเนื้อเดียวกัน และต้องทดสอบในช่วงของความเข้มข้นที่หลากหลายระดับ เพื่อประสิทธิภาพในการใช้ในสภาพแปลงต่อไป ในการทดลองนี้ได้แบ่งระดับความเข้มข้นเป็น 15 ระดับ คือ 50, 100, 250, 500, 1,000, 2,000, 4,000, 6,000, 8,000, 10,000, 12,000, 15,000, 20,000, 25,000 และ 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร และทดสอบประสิทธิภาพกับสารฆ่าแมลงสังเคราะห์ permethrin (Ambush[®]) และเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) สำหรับสารละลายที่ใช้สำหรับละลายสารสกัดหยาบคือสารละลาย ethanol ส่วนน้ำมันใช้สารละลาย acetone ส่วน Ambush[®] และ Thuricide[®] ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย

2.6 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารทดสอบที่เตรียมไว้ ในข้อ 2.4 มาทดสอบกับหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2, 3 และ 4 ที่เตรียมไว้ในกล่องพลาสติกกลมใสพร้อมฝาปิด โดย 1 ตัว/1 กล่อง ซึ่งคัดหนอนที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันคือ วัย 2 = 0.02 ± 0.004 กรัม วัย 3 = 0.06 ± 0.004 กรัม และวัย 4 = 0.15 ± 0.004 กรัม ทำการทดลอง 5 ซ้ำๆ ละ 5 ตัว วางแผนการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) และตรวจสอบผลการทดสอบที่เวลา 72 ชั่วโมง

2.6.1 การทดสอบความเป็นพิษแบบสัมผัส (contact toxicity)

การทดสอบแบบพิษสัมผัสโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ด้วยเครื่องมือ topical microapplicator โดยนำสารที่ทดสอบในแต่ละความเข้มข้นมาทำการหยดลงบนบริเวณอกปล้องแรก (pronotum) ของหนอนวัยที่ 2, 3 และ 4 (ภาพผนวกที่ 5) วัลละ 400 ตัว โดยหยดสาร 1 หยด/หนอน 1 ตัว (1 หยด เท่ากับ 1 ไมโครลิตร) เมื่อครบ 72 ชั่วโมง นำค่าเปอร์เซ็นต์ การตายที่เวลา 72 ชั่วโมง ไปคำนวณหาค่า corrected mortality ค่า LC_{50} และ LC_{95} โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปของ Raymond (1985) ตามวิธีการ Probit analysis (Finney, 1971)

2.6.2 การทดสอบพิษโดยการกิน (feeding toxicity)

การทดลองแบบพิษทางการกิน จะใช้วิธีการผสมสารทดสอบลงในอาหารเทียม (feeding method) เริ่มจากการเตรียมตัวอย่างหนอนวัลละ 400 ตัว มาใส่กล่องที่เตรียมไว้ และผสมสารทดสอบในแต่ละความเข้มข้นลงในอาหารเทียม โดยชั่งน้ำหนักของสารทดสอบ 1 กรัม/อาหารเทียม 100 กรัม และชุดควบคุม (ไม่ผสมสารทดสอบ) แล้วทำการตัดแบ่งขึ้นอาหารเทียมตามขนาดกำหนด (วัย 2 = $1 \times 1 \times 1$ เซนติเมตร วัย 3 และ 4 เท่ากับ $1.5 \times 1.5 \times 1.5$ เซนติเมตร) เพื่อให้หนอนกิน โดยใส่ขึ้นอาหารเทียม 1 ชิ้น/หนอน 1 ตัว (ภาพผนวกที่ 6) เปลี่ยนอาหารทุก 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 72 ชั่วโมง นำค่าเปอร์เซ็นต์ การตายที่เวลา 72 ชั่วโมง ไปคำนวณหาค่า corrected mortality ค่า LC_{50} และ LC_{95} โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปของ Raymond (1985) ตามวิธีการ Probit analysis (Finney, 1971)

2.6.3 การทดสอบการลดปริมาณของประชากรของหนอนกระทู้ผักบนต้นพืช

ทำการทดสอบกับต้นพืช และฉีดพ่นสารทดสอบพร้อมกับปล่อยหนอนลงสู่ต้นพืช ในการทดลองนี้ใช้เฉพาะหนอนกระทู้ผักวัย 2 เท่านั้น เพราะเป็นวัยที่ถือว่าเป็นวัยที่ทำความเสียหายมาก และพบได้บ่อยที่สุดในสภาพแปลงของเกษตรกรทั่วไป และสารที่นำมาทดสอบคือ crude methanol extracts ของ *A. excelsa* และ *A. indica* var. *siamensis* ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับคือ 20,000, 25,000 และ 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ในการทดสอบจะนำ ต้นผักกวางตุ้งที่ไม่เคยฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูชนิดใด ๆ มาก่อน ที่มีอายุประมาณ 10 วัน เพาะใส่ถุงเพาะชำถุงละ 1 ต้น แล้วนำไปเพาะเลี้ยงต่อในโรงเรือนที่กางมุ้ง ขนาด กว้าง x ยาว x สูง = $4 \times 5 \times 4$ เมตร เป็นเวลา 10 วัน จนต้นผักกวางตุ้งมีอายุ 20 วัน จึงเริ่มทดสอบโดยเขี่ยหนอนวัย 2 ที่ปกติลงบนต้นผักกวางตุ้ง โดย 1 ต้น ปล่อยหนอนลงไป 5 ตัว แล้วปล่อยให้หนอนกินต้นผักกวางตุ้งตามปกติเป็นเวลา 3 วัน แล้วฉีดพ่นด้วยสารทดสอบด้วยเครื่องฉีดพ่นแบบสะพายหลัง (knapsack sprayer) โดย

ระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับต้นผักกวางตุ้งประมาณ 30 เซนติเมตร แรงดันภายในถังฉีดพ่น 6 บาร์ และใช้เวลาในการฉีดพ่น 5 วินาที เมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง ทำการตรวจนับตัวหนอนที่พบ/ผักกวางตุ้ง 1 ต้น นำผลที่ได้ไปตรวจสอบการยับยั้งการกิน ในการทดสอบใช้ Polyoxyethylene sorbitan monooleate (Tween 80) เป็นตัว emulsifier โดยใช้ 5% (v./v.) และใช้สาร Polyacyl alkoxyate (APSA 80) ของบริษัทแอมเวย์ แห่งประเทศไทย เป็นสารเพิ่มประสิทธิภาพ ในอัตราส่วน 3% (v./v.) additive เมื่อครบ 72 ชั่วโมง นำข้อมูลจำนวนหนอนที่พบหลังการฉีดพ่นของหนอนไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของหนอนที่ลดลง (ภาพผนวกที่ 6)

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1. การสกัดสารออกฤทธิ์

ในการสกัดสารออกฤทธิ์จากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง (*A. excelsa* Jack.) และเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย (*A. indica* var. *siamensis* Vale.) โดยวิธีการแช่ขุ่ย (maceration) ซึ่งใช้เมล็ดแห้งชนิดละ 10 กิโลกรัม โดยใช้ สารละลาย n- hexane และ สารละลาย methanol เป็นตัวทำละลาย ปรากฏว่า ส่วนที่ใช้สารละลาย n- hexane เป็นตัวทำละลายได้น้ำมันจากเมล็ดสะเดาช้างคิดเป็น 43.15 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทยคิดเป็น 32.57 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ใช้สารละลาย methanol เป็นตัวทำละลาย ปรากฏได้สารสกัดหยาบจากเนื้อเมล็ดสะเดาช้างคิดเป็น 14.52 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยคิดเป็น 11.32 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณและเปอร์เซ็นต์ของสารสกัดที่ได้จากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างและเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่สกัดด้วย n- hexane และ methanol โดยวิธีการแช่ขุ่ย

ชนิดของพืช	ส่วนสกัด	น้ำมัน		สารสกัดหยาบ	
		น้ำหนัก	น้ำหนัก	น้ำหนัก	น้ำหนัก
		(g)	(%)	(g)	(%)
สะเดาช้าง	เนื้อในเมล็ด	4,315.30	43.15	1,452.70	14.52
สะเดาไทย	เนื้อในเมล็ด	3,257.70	32.57	1,132.85	11.32

หมายเหตุ วัตถุดิบที่ใช้คือเนื้อในเมล็ดสะเดาแห้งทั้ง 2 ชนิด ๆ ละ 10 กิโลกรัม

ขั้นตอนการสกัดสารออกฤทธิ์จากเนื้อในเมล็ดสะเดานั้น กระบวนการเตรียมวัตถุดิบเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ซึ่งต้องใช้เมล็ดสะเดาที่มีคุณภาพกล่าวคือต้องมีความสด เมื่อเก็บรวบรวมผลสะเดาแล้ว ต้องรีบล้างทำความสะอาด และบีบส่วนของเนื้อผลออกให้หมดให้เหลือเฉพาะเมล็ด และต้องทำให้เมล็ดแห้งก่อนเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อราในเมล็ด โดยทั่วไปแล้วการสกัดสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดานิยมการแช่ขุ่ย (maceration) เป็นวิธีการสกัดโดยแช่ส่วนสกัดในตัวทำละลาย แล้วนำไปกรองและระเหยให้แห้ง เป็นวิธีที่ไม่ใช้ความร้อนในการสกัด จึงเป็นวิธีที่เหมาะสม เนื่องจากสาร azadirachtin เป็นสารที่สลายหรือแตกตัวได้เมื่อโดนความร้อน ซึ่งมีรายงาน ในกระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดานั้น การแช่ขุ่ยเป็นวิธีการที่นิยมมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแช่สกัดใน นอร์มอลเฮกเซน นำไปกรองและระเหยให้แห้งในรอบแรก เพื่อดึงน้ำมันออกมาจากเมล็ด และการแช่สกัดต่อด้วย เมธานอล นำไปกรองและระเหยให้แห้ง จะได้สารสกัดหยาบ และเมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์สารสกัดหยาบที่ได้ พบว่าสะเดาข้างมีปริมาณของสารสกัดหยาบคิดเป็น 15-17 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสะเดาไทย 10-12 เปอร์เซ็นต์ (Pitiyont *et al.*, 1996)

2. การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีบางประการของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดา

ในการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีบางประการของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย โดยหาค่า saponification value และ acid value ตามวิธีการของ British Pharmacopoeia (1998) จากการศึกษาพบว่าค่า saponification value ของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาข้าง มีค่าเฉลี่ย 163.07 ส่วนสะเดาไทยมีค่าเฉลี่ย 161.40 และค่า acid value ของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาข้าง มีค่าเฉลี่ย 9.01 ส่วนสะเดาไทยมีค่าเฉลี่ย 4.55 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่า saponification value และ acid value ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดา
ข้าง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่สกัดด้วย n-hexane

ชนิดของน้ำมัน	Saponification value	SD	Acid value	SD
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง	163.07	0.35	9.01	0.15
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	161.40	0.12	4.55	0.21

หมายเหตุ

ในแต่ละการทดลองทำ 3 ซ้ำ

SD หมายถึง ค่า standard deviation

ค่า saponification value และ acid value เป็นค่าที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นค่าพื้นฐานที่ใช้บ่งบอกสถานะของน้ำมัน ตลอดจนสถานภาพความเป็นน้ำมัน ว่ามีมากน้อยเพียงใด ตัวเลขที่ได้จากการคำนวณทั้ง 2 ค่านี้ ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นว่า ในน้ำมันชนิดนั้น ๆ จะมีปริมาณของ free acid ว่ามีมากน้อยเพียงใด เพราะหากมีค่ามาก ย่อมแสดงว่ามี free acid มากด้วย ย่อมมีผลต่อการเหม็นหืนของน้ำมัน และทำให้น้ำมันนั้นเสียได้เร็วกว่าน้ำมันที่มีค่า saponification value และ acid value น้อยกว่า หากเก็บไว้นาน ๆ ค่า saponification value หมายถึง จำนวนมิลลิกรัมของ KOH ที่ใช้ในการ neutralized สาร free acid และ saponify ที่มีอยู่ในไขมันตัวอย่าง 1 กรัม อย่างสมบูรณ์ โดยค่า saponification value จะมีค่าแปรผกผันกับน้ำหนักโมเลกุลของสารนั้น ๆ ค่า saponification value ถ้าทำการศึกษาต่อจะสามารถบอกอายุของน้ำมันได้

ค่า acid value หมายถึง จำนวนมิลลิกรัมของ KOH ที่ใช้ในการ neutralized สาร free acid fix oil, fat resin balsm และสารอื่น ๆ ที่มีองค์ประกอบคล้ายคลึงกับสารดังกล่าว เพราะโดยปกติหากเก็บน้ำมันไว้นาน ๆ จะมีกลิ่นเหม็นหืน เนื่องจากเกิดจากการแตกตัวของ peroxide โดยอาศัยออกซิเจนในอากาศ และ microorganism ของแบคทีเรีย ทำให้เกิดการปลดปล่อย free acid ออกมา ดังนั้น น้ำมันที่ได้จากการสกัดใหม่ ๆ ควรจะมีค่า acid value น้อยกว่าน้ำมันที่เก็บไว้นาน ซึ่งค่า acid value และ ค่า acid value จะถูกกำหนดคุณภาพ โดยหน่วยงาน U.S.P (United State Phamacopoeia) (Plumer, 1978) และได้มีการศึกษาถึงและเปรียบเทียบ ปริมาณของกรดไขมันที่

พบในน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยที่สกัดโดย n-hexane โดยวิธีการแช่ขุ่น โดย Schmaterer and Ermel (personal communication) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันจากเมล็ดสะเดาช้างและน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทย ที่สกัดด้วย n-hexane โดยใช้วิธีการแช่ขุ่น

ชนิดกรดไขมัน	น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง	น้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทย
C 16:0 (palmitic acid)	14.6	16.8
C 18:0 (stearic acid)	8.7	18.6
C 18:1 (oleic acid)	42.7	43.8
C 18:2 (linoleic acid)	31.4	18.5
C 18:3 (linolenic acid)	1.6	0.9
C 20:0 (arachidic acid)	1.0	1.4

3. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด

ในการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2, 3 และ 4 โดยทดสอบพินตามวิธีการต่าง ๆ ได้ผลดังนี้

3.1 การทดสอบพินทางการสัมผัส

จากการทดสอบประสิทธิภาพพินทางการสัมผัส ใช้วิธีการทดสอบแบบ topical application นอกจากสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างกับสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย แล้ว (ทั้ง crude extract และ oil) ยังทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) และสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®])

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่า LC_{50} และ LC_{95} ของสาร Ambush[®] มีค่าต่ำสุดให้ประสิทธิภาพดีที่สุด (positive control) คือมีค่า LC_{50} ของหนอนวัย 2 3 และ 4 เท่ากับ 116.6, 181.5 และ 1,435.7 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนค่า LC_{95} ต่อหนอนวัย 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 4,360.6, 7,964.1 และ 33,418.4 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพรองลงมาคือ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง คือมีค่า LC_{50} ต่อหนอนวัย 2 3 และ 4 เท่ากับ 5,255.2, 8,833.3 และ 19,686.9 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนค่า LC_{95} ต่อหนอนวัย 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 45,727.2, 78,233.4 และ 177,376.9

มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย คือมีค่า LC_{50} ต่อหนอนวัย 2, 3 และ 4 เท่ากับ 11,037.2, 16,405.3 และ 22,684.2 มิลลิกรัม/ลิตร และค่า LC_{95} ต่อหนอนวัย 2, 3 และ 4 เท่ากับ 74,482.3, 82,687.7 และ 149,626.1 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 4-6)

ส่วนเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1(Thuricide[®]) น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ให้ประสิทธิภาพในการควบคุมน้อยมาก และผลการทดลองยังพบว่า Fiducial limit ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย และเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1(Thuricide[®]) ไม่สามารถระบุค่าดังกล่าวได้ หรือ Impossible range (IR) เนื่องจากมีค่า $g > 1$ ในการหาค่า Fiducial limit หาได้จากสมการของ Finney (1971)

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง และสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1(Thuricide[®]) และ Ambush[®] ผลปรากฏว่าสาร Ambush[®] ซึ่งเป็นสาร positive control ให้ประสิทธิภาพสูงสุด มีค่า LC_{50} และ LC_{95} ต่ำกว่าทุกสารทดสอบ ส่วนสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างมีประสิทธิภาพรองลงมา อาจจะมีเนื่องจากในสารสกัดมีสารออกฤทธิ์ 1-trigloyl-3-acetylazadirachtol และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมีประสิทธิภาพรองลงมาเป็นอันดับสาม ส่วนน้ำมันของเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง เนื้อในเมล็ดสะเดาไทย และเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1(Thuricide[®]) ไม่มีผลในการควบคุม เนื่องจากไม่มีฤทธิ์ทางการสัมผัส ตลอดจนลักษณะน้ำมันที่ได้จะลื่นมาก เมื่อสัมผัสกับผิวของหนอนสักครู่ก็จะลื่นไหลออกไปหมด หนอนจึงสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ตามปกติ เนื่องจากน้ำมันที่ใช้ทดสอบไม่ได้ผสมสารเสริมประสิทธิภาพในการจับพื้นผิว ทำให้น้ำมันลื่นไหลออกจากตัวหนอนหมด ในการทดสอบแบบ topical application ในการทดสอบน้ำมันของสารสกัดจากสะเดาทั้ง 2 ชนิดนี้ จึงไม่ได้ผล ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง พบว่ามีประสิทธิภาพต่างกันมาก และสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol นั้น เคยมีการทดสอบประสิทธิภาพว่าสามารถควบคุม *Epilaca varivestis* และ *Schistocer gragaris* ได้ (Schmutterer and Doll, 1993)

3.2 การทดสอบพิษโดยการกิน

ในการทดสอบประสิทธิภาพพิษโดยการกิน ใช้วิธีการทดสอบแบบ feeding method ผลปรากฏว่า สาร Ambush[®] (positive control) มีประสิทธิภาพดีที่สุด เนื่องจากให้ค่า LC_{50} ต่อหนอนวัย 2, 3 และ 4 เท่ากับ 75.5, 107.3 และ 342.2 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนค่า LC_{95} ต่อหนอนวัย 2, 3 และ 4 เท่ากับ 3,594.6, 4,528.5 และ 12,138.7 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ด

สะเดาช้างมีประสิทธิภาพรองลงมาคือ ให้ค่า LC_{50} ต่อหนอนวัย 2, 3 และ 4 เท่ากับ 1,594.6, 3,671.1 และ 4,716.7 มิลลิกรัม/ลิตร ค่า LC_{95} ต่อหนอนวัย 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 28,581.9, 35,689.9 และ 132,386.7 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมีค่า LC_{50} ต่อหนอนวัย 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 1,616.0, 3,952.6 และ 9,912.5 มิลลิกรัม/ลิตร ค่า LC_{95} เท่ากับ 29,683.3, 63,610.1 และ 61,962.7 ตามลำดับ ส่วนเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide®) ให้ประสิทธิภาพในการควบคุมรองลงมาคือ ให้ค่า LC_{50} ต่อหนอนวัย 2, 3 และ 4 เท่ากับ 17497.0, 18,028.1 และ 48,448.6 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนค่า LC_{95} ต่อหนอนวัย 2, 3 และ 4 เท่ากับ 51,265.2, 53,488.2, และ 285,455.0 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างและน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยให้ประสิทธิภาพในการควบคุมน้อยมาก และให้ค่า Fiducial limit ที่ไม่สามารถคำนวณได้ หรือ IR นั้นเอง ซึ่งก็พบว่า มีค่า $g > 1$ (Finney, 1971) (ดังแสดงในตารางที่ 7-9) ซึ่งหมายความว่าความเข้มข้นของสารทดสอบยังไม่เพียงพอที่จะทำให้หนอนตายได้

ในการทดลองนี้พบว่า การทดสอบประสิทธิภาพพิษของสาร โดยวิธีการ feeding พบว่าสาร Ambush® ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ ให้ค่า LC_{50} และ LC_{95} ต่ำกว่าทุกสารทดสอบ และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยให้ผลและประสิทธิภาพดีรองลงมาตามลำดับ แต่หากวิธีการทดสอบแบบ feeding นี้ ผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย จะให้ค่า LC_{50} และ LC_{95} ต่ำกว่าการทดสอบแบบ topical application เป็นไปได้ว่าสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol และสาร azadirachtin น่าจะมีฤทธิ์ทางการกินมากกว่าทางการสัมผัส และในส่วนของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide®) กลับพบว่าในการทดสอบแบบ feeding นี้ก็ให้ประสิทธิภาพรองลงมาจากสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทย เนื่องจากเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide®) มีสาร delta-endotoxin ซึ่งมีสารพิษต่อระบบทางเดินอาหารของหนอน ดังนั้นจะเกิดสภาพพิษได้ต่อเมื่อได้รับการกินเข้าไป จึงยังผลให้เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide®) มีประสิทธิภาพในการควบคุมรองลงมาจากสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ในส่วนของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยก็ไม่ให้ผลในการควบคุมเช่นเดียวกับการทดสอบแบบ topical application ดังผลจากการทดสอบพิษทางการสัมผัสและพิษทางการกินการกิน เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าความเป็นพิษ LC_{50} พบว่าสารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกระตุ้มได้ดีที่สุดคือสาร permethrin (Ambush®) รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10

นอกจากนั้นจากการทดสอบประสิทธิภาพของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผัก โดยวิธีการ ทดสอบพิษทางการสัมผัส พบว่าหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 และ 3 ที่ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ที่ระดับความเข้มข้น 25,000 และ 30,000 มิลลิกรัม / ลิตร ลักษณะการตายที่พบคือ ลำตัวเหี่ยว ผอม และมีสีคล้ำ ส่วนที่ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ระดับความเข้มข้น 25,000 และ 30,000 มิลลิกรัม / ลิตร ลักษณะการตายที่พบคือ ลำตัวเหี่ยว ผอม และมีสีคล้ำ แต่เมื่อเปรียบเทียบลักษณะหนอนที่ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง พบว่าสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างจะมีสีที่คล้ำมากกว่า (ภาพที่ 7 และ 8)

ในการทดสอบด้วยวิธีการ ทดสอบพิษทางการกิน ต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 ที่ระดับชั้น 30,000 มิลลิกรัม / ลิตร ด้วยสารทดสอบต่าง ๆ คือ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย พบว่านอกจากหนอนจะมีลำตัวสีคล้ำแล้ว ยังมีคราบติดอยู่บนตัวหนอน เนื่องจากหนอนไม่สามารถลอกคราบได้ตามปกติ ในชุดที่ทดสอบด้วยสาร permethrin พบว่าตัวหนอนมีสีคล้ำจัด ลำตัวบวมพอง (ภาพที่ 9) ส่วนหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 ที่ทดสอบด้วยสารทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 25,000 และ 30,000 มิลลิกรัม / ลิตร พบว่าสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย พบว่าหนอนจะมีลำตัวเหี่ยว สีคล้ำ และไม่สามารถลอกคราบได้ตามปกติ ในชุดที่ทดสอบด้วยสาร permethrin พบว่าหนอนมีลำตัวสีคล้ำจัด บวมพอง และชุดที่ทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide®) พบว่าหนอนมีลำตัวบวมพอง เน่าและ ลำตัวขุ่นขาว และมีน้ำสีขาวข้นกลืนเหม็นไหลออกมานอกลำตัว (ภาพที่ 11)

ในการทดลองนี้เมื่อตรวจนับจำนวนการตายของหนอนกระทู้ผักแล้ว พบว่ามีหนอนบางส่วนที่ยังไม่ตาย และเมื่อนำมาทำการศึกษาต่อ โดยเลี้ยงในสภาพปกติ เพื่อสังเกตลักษณะการเจริญเติบโต ผลปรากฏว่า หนอนสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ แต่จะมีลักษณะที่ผิดปกติไป เช่น หนอนที่ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย พบพบว่าหนอนจะมีรูปร่างที่เล็กกว่าปกติ ลำตัวอ่อน ไม่สามารถเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะดักแด้ได้ (ภาพที่ 11 และ 12) หรือหากมีการเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะดักแด้ได้ ก็จะมีลักษณะบางประการที่ผิดปกติไป เช่น มีขนาดเล็ก ดักแด้มีลักษณะบวมพอง และส่วนมากไม่สามารถเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยได้ (ภาพที่ 13) มีดักแด้บางตัวที่สามารถเจริญไปเป็นผีเสื้อตัวเต็มวัยได้ แต่มีลักษณะที่ผิดปกติ เช่น ตัวเล็ก มีลักษณะปีกที่ผิดปกติ คือ ปีกงอพับไม่สามารถบินได้ ตลอดจนเมื่อนำไปผสมพันธุ์กับผีเสื้อปกติ พบว่ามีผีเสื้อดังกล่าวไม่สามารถที่จะผสมพันธุ์ได้ (ภาพที่ 14)

ในส่วนของสารสกัดในกลุ่มของสะเดา จะเป็นสารพวก azadirachtin, triterpenoids และ malantriol ซึ่งสาร azadirachtin มีฤทธิ์ในการฆ่าแมลง เพราะเมื่อแมลงได้รับสารเข้าสู่ร่างกาย สาร azadirachtin จะมีผลไปยับยั้ง การทำงานของ monooxygenase enzyme ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่แมลงสังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ในกระบวนการ xenobiotics หรือการทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายแมลง หรือลดสภาพพิษของสารนั้นแล้วขับถ่ายออกนอกร่างกาย โดยทำให้สารแปลกปลอมนั้นอยู่ในรูป hydrophilic หรือการละลายน้ำออกมานั่นเอง ดังนั้นหากเอนไซม์ monooxygenase ถูกควบคุมจะทำให้สิ่งแปลกปลอมเพิ่มปริมาณสูง และเข้าสู่ระบบย่อยอาหารของแมลงได้ ตลอดจนทำให้เกิดสภาพความเป็นพิษในระบบย่อยอาหาร แต่การทดลองไม่มีความแน่นอนว่า หนอนทดสอบทุกตัวจะได้รับปริมาณสารทดสอบเท่ากันหรือไม่ เนื่องจากเปลี่ยนอาหารให้หนอนทุกวัน และมีอาหารบางชนิดที่หนอนในวัยที่ 2 กินไม่หมด

สาร azadirachtin มีผลยับยั้งการเจริญเติบโต จากการทดลองหนอนที่ทดสอบตัวใดที่ไม่ตายจะนำมาเลี้ยงและศึกษาต่อจะเห็นว่าหนอนกระทู้ผักจะมีลักษณะของดักแด้ที่ผิดปกติ และดักแด้นั้นจะตายไปในที่สุด หรือหากแม้เจริญต่อไปได้ ก็จะกลายเป็นผีเสื้อตัวเต็มวัยที่ผิดปกติ เช่น ตัวเล็กมาก มีปีกที่ไม่สมบูรณ์ไม่สามารถบินได้ ตลอดจนไม่สามารถสืบพันธุ์ได้ เนื่องจากสาร azadirachtin มีผลในการยับยั้งการสังเคราะห์ hormone เกี่ยวกับ กระบวนการ metamorphosis ของแมลง (สุภาณี, 2540) ตลอดจนสารสกัดจากสะเดานั้นแมลงจะสามารถสร้างความต้านทานได้น้อยมาก เนื่องจาก gene ที่ควบคุมการสร้างความต้านทานในหลาย ๆ ลักษณะ ดังกล่าว จะอยู่บน Loci คนละตำแหน่งของ gene หากสามารถสร้างความต้านทานได้ มีการคำนวณไว้ว่าใช้เวลาประมาณ 1,000 ปี จึงสามารถสร้างความต้านทานได้ (Metcalf, 1989)

และได้มีการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากสะเดา พบว่าหากใช้สาร azadirachtin ที่ระดับความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 0.3 เปอร์เซ็นต์ จากการประยุกต์ใช้ในสภาพแปลง พบว่าสามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูได้หลายชนิด โดยมีประสิทธิภาพดีในการป้องกันกำจัด หนอนกระทู้ผัก หนอนหลอดหอม หนอนใยผัก หนอนแก้วส้ม เพลี้ยอ่อน และเพลี้ยไก่แจ้ มีประสิทธิภาพปานกลางในการควบคุม หนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนเจาะกล้าถั่ว แมลงวันทอง เพลี้ยไฟ และแมลงหวี่ขาว ส่วนยแมลงศัตรูที่ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมคือ ดั่งงปีกแข็งกัดกินใบ และหนอนม้วนใบ (ขวัญชัย, 2540)

ตารางที่ 4 ค่า LC₅₀ และ LC₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหอนกรະผู้ด้กัวที่ 2 ที่ทดสอบโดยวิธีการ ทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

สารทดสอบ	LC ₅₀				LC ₉₅			
	mg./l.	Fiducial limit		mg./l.	Fiducial limit		Lower	Upper
		Lower	Upper		Lower	Upper		
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	11,037.2	8,893.4	13,656.0	74,482.3	46,852.7	168,001.9		
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	5,255.2	3,983.9	6,617.0	45,727.2	30,726.7	83,993.0		
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	48,334.2	IR	IR	115,854.4	IR	IR		
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	35,445.7	26,608.6	81,072.8	152,571.7	74,353.5	1,996,423.0		
เชื้อแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> (Thuricide) [®]	68,755.3	IR	IR	290,026.0	IR	IR		
สารฆ่าแมลง permethrin (Ambush) [®]	116.6	55.6	191.9	4,360.6	2,142.1	14,982.2		

หมายเหตุ

ที่มา : ตารางผนวกที่ 1 ถึง 12

IR = Impossible range (g > 1)

ตารางที่ 5 ค่า LC₅₀ และ LC₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 ที่ทดสอบโดยวิธีการ ทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

สารทดสอบ	LC ₅₀			LC ₉₅		
	mg./l.	Fiducial limit		mg./l.	Fiducial limit	
		Lower	Upper		Lower	Upper
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	16,405.3	13,623.6	19,237.0	82,687.7	51,749.1	200,873.6
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง	8,833.3	6,508.8	12,132.2	87,233.4	90,034.0	661,239.0
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	52,056.4	IR	IR	102,057.0	IR	IR
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง	42,847.3	30,866.4	286,771.8	140,571.9	63,131.6	63,131.6
เชื้อแบคทีเรีย <i>Bacillus thuringiensis</i> (Thuricide [®])	77,088.8	IR	IR	200,710.6	IR	IR
สารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®])	181.5	96.1	290.2	7,964.1	4,116.2	4,116.2

หมายเหตุ

ที่มา : ตารางผนวกที่ 13 ถึง 24

IR = Impossible range ($g > 1$)

ตารางที่ 6 ค่า LC₅₀ และ LC₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 ที่ทดสอบโดยวิธีการ ทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

สารทดสอบ	LC ₅₀			LC ₉₅		
	mg./l.	Fiducial limit		mg./l.	Fiducial limit	
		Lower	Upper		Lower	Upper
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	22,684.2	17,873.7	33,801.6	149,626.1	75,848.3	667,150.4
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	19,686.9	15,292.0	18,969.9	177,376.9	85,032.2	834,700.0
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	NE	NE	NE	NE	NE	NE
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	NE	NE	NE	NE	NE	NE
เชื้อแบคทีเรีย <i>Bacillus thuringiensis</i> (Thuricide [®])	NE	NE	NE	NE	NE	NE
สารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®])	1,435.7	1,018.2	1,959.9	33,418.4	19,975.2	68,101.3

หมายเหตุ

ที่มา : ตารางผนวกที่ 25 ถึง 30

NE= Non Effective

ตารางที่ 7 ค่า LC₅₀ และ LC₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 จากการทดสอบโดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

สารทดสอบ	LC ₅₀			LC ₉₅		
	mg./l.	Fiducial limit		mg./l.	Fiducial limit	
		Lower	Upper		Lower	Upper
สารสกัดขยายจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	1,616.0	1,116.0	2,207.4	29,683.3	18,601.1	57,288.5
สารสกัดขยายจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	1,594.6	1,102.1	21,94.3	28,581.9	16,877.0	62,347.4
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	49,517.2	32,503.6	1,837,233.0	200,120.3	72,525.0	29,752,500.0
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	29,210.4	21,355.8	58,526.9	250,448.5	99,093.8	3,059,088.0
เชื้อแบคทีเรีย <i>Bacillus thuringiensis</i> (Thuricide [®])	17,497.0	15,732.4	21,101.3	15,265.2	38,262.0	86,444.6
สารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®])	75.5	27.0	138.4	3,594.6	1,691.8	14,575.9

หมายเหตุ

ที่มา : ตารางผนวกที่ 31 ถึง 42

ตารางที่ 8 ค่า LC₅₀ และ LC₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 จากการทดสอบโดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

สารทดสอบ	LC ₅₀			LC ₉₅		
	mg./l.	Fiducial limit		mg./l.	Fiducial limit	
		Lower	Upper		Lower	Upper
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	3,952.6	2,613.8	4,855.7	63,610.1	38,319.6	135,946.3
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	3,671.1	2,960.6	5,053.4	35,689.9	24,568.1	61,735.0
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	59,494.0	IR	IR	164,459.1	IR	IR
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	43,525.9	29,443.1	163,711.4	253,069.7	93,015.7	11,313,230.0
เชื้อแบคทีเรีย <i>Bacillus thuringiensis</i> (Thuricide®)	18,028.1	5,732.4	21,161.3	53,488.2	38,266.6	86,444.6
สารฆ่าแมลง permethrin (Ambush®)	107.3	46.7	180.8	4,528.5	2,007.4	21,902.4

หมายเหตุ

ที่มา : ตารางผนวกที่ 43 ถึง 54

IR = Impossible range (g >1)

ตารางที่ 9 ค่า LC₅₀ และ LC₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 จากการทดสอบโดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

สารทดสอบ	LC ₅₀			LC ₉₅		
	mg./l.	Fiducial limit		mg./l.	Fiducial limit	
		Lower	Upper		Lower	Upper
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	9,912.5	7,988.0	12,106.3	61,962.7	40,788.1	126,352.9
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	4,716.7	3,326.2	6,417.2	132,386.7	67,989.6	380,063.0
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	NE	NE	NE	NE	NE	NE
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	NE	NE	NE	NE	NE	NE
เชื้อแบคทีเรีย <i>Bacillus thuringiensis</i> (Thuricide [®])	48,448.6	30,806.0	162,771.5	285,455.0	85,982.0	89,516,190.0
สารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®])	342.2	200.1	523.4	12,138.7	6,279.1	33,649.1

หมายเหตุ

ที่มา : ตารางผนวกที่ 55 ถึง 62

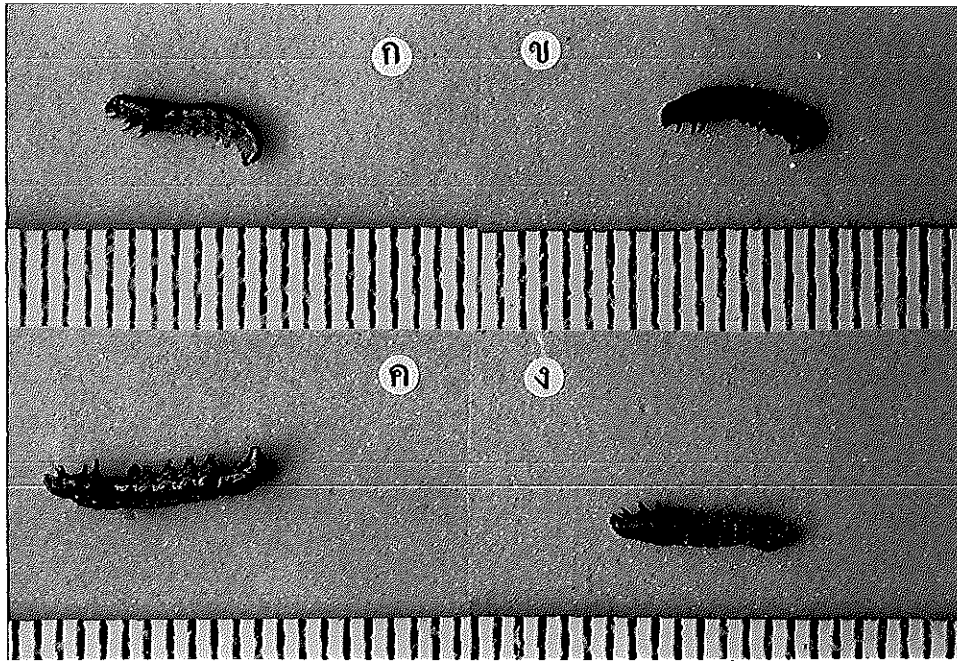
NE = Non Effective

ตารางที่ 10 ค่า LC₅₀ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2, 3 และ 4 ที่ทดสอบด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity) และการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

สารทดสอบ	LC ₅₀ (mg./l.)					
	Topical application method			Feeding method		
	2 nd instar	3 rd instar	4 th instar	2 nd instar	3 rd instar	4 th instar
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	11,037.2	16,405.3	22,684.2	1,616.0	3,952.6	9,912.5
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	5,255.2	8,833.3	19,686.9	1,594.6	3,671.1	4,716.7
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	48,334.2	52,056.4	NE	49,517.2	59,494.0	NE
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	35,445.7	42,847.3	NE	29,210.4	43,525.9	NE
เชื้อแบคทีเรีย <i>Bacillus thuringiensis</i> (Thuricide [®])	68,755.3	77,088.8	NE	17,497.0	18,028.1	48,448.6
สารฆ่าแมลง permethrin (Ambush [®])	116.6	181.5	1,435.7	75.5	107.3	342.2

หมายเหตุ

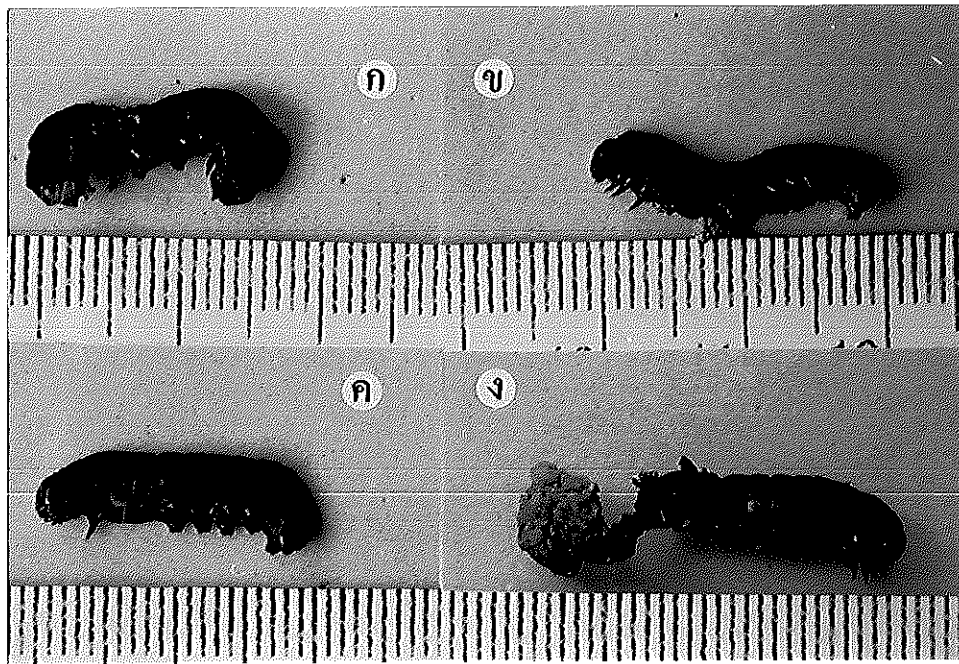
NE หมายถึง Non effective



ภาพที่ 7

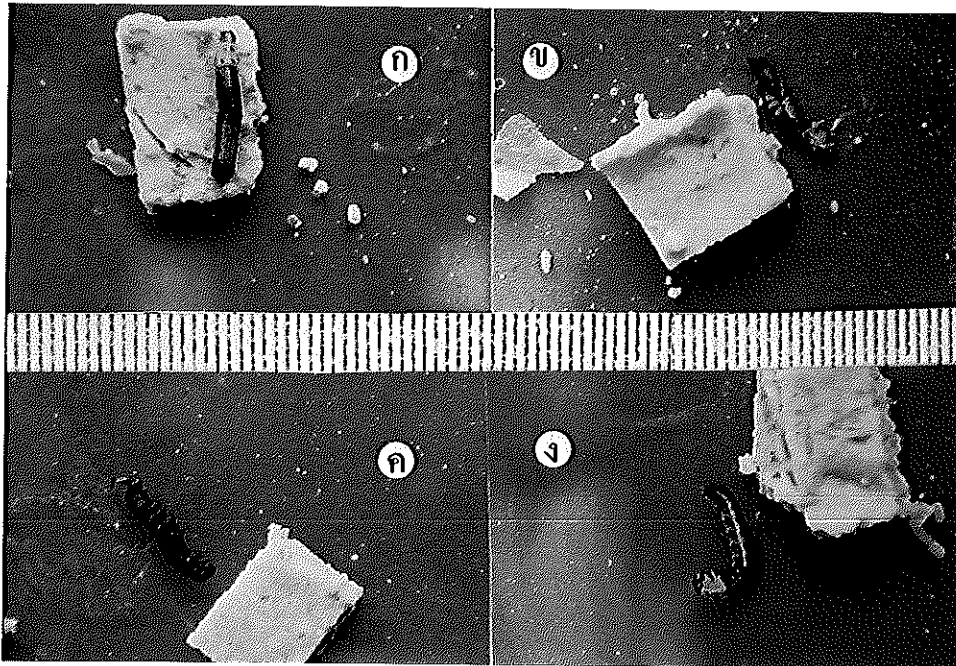
แสดงลักษณะของหนอนระยะที่ 2 หลังการทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ทดสอบพิษทางการสัมผัส

- ก. ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างที่ระดับความเข้มข้น 25,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ข. ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ค. ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยที่ระดับความเข้มข้น 25,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ง. ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร



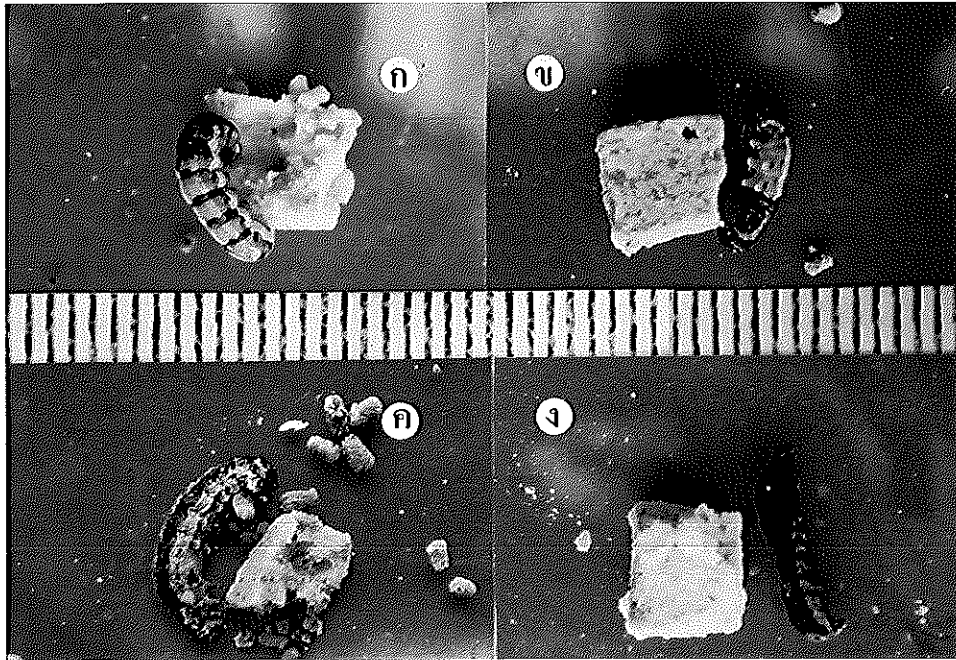
ภาพที่ 8 แสดงลักษณะของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 หลังการทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ทดสอบพิษทางการสัมผัส

- ก. ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ที่ระดับความเข้มข้น 25,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ข. ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ค. ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ระดับความเข้มข้น 25,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ง. ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร



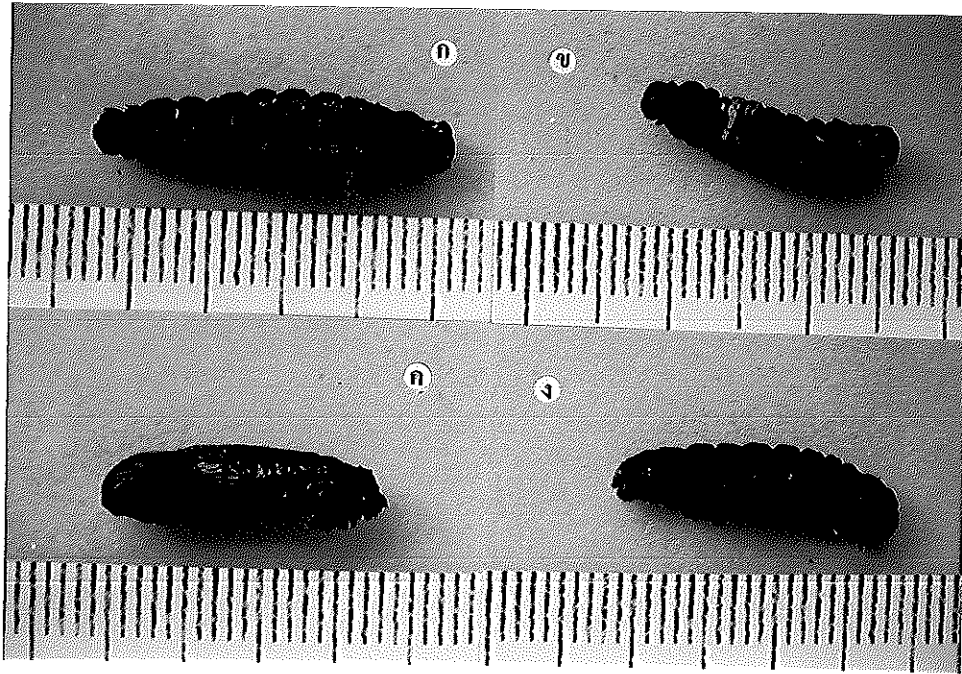
ภาพที่ 9 แสดงลักษณะของหนอนกระพี้หัววัยที่ 2 หลังการทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย และสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®]) ที่ทดสอบพืชมทางกรากิน

- ก. หนอนที่เจริญเติบโตและลอกคราบตามปกติ
- ข. ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ค. ทดสอบด้วยสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®]) ที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ง. ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร



ภาพที่ 10 แสดงลักษณะของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 หลังการทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide[®]) และ สารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®]) ที่ทดสอบพิษทางการกิน

- ก. ทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide[®]) ที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ข. ทดสอบด้วยสาร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ค. ทดสอบด้วยสาร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ง. ทดสอบด้วย สารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®]) ที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร



- ภาพที่ 11 แสดงลักษณะของหนอนกระพือแก้ววัยที่ 6 และดักแด้ที่ผิดปกติหลังการทดสอบด้วย สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่ง ที่ทำการศึกษาต่อ
- ก. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 25,000 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ทดสอบพิษทางการสัมผัส
 - ข. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ทดสอบพิษทางการสัมผัส
 - ค. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 25,000 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ทดสอบพิษทางการกิน
 - ง. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ทดสอบพิษทางการกิน



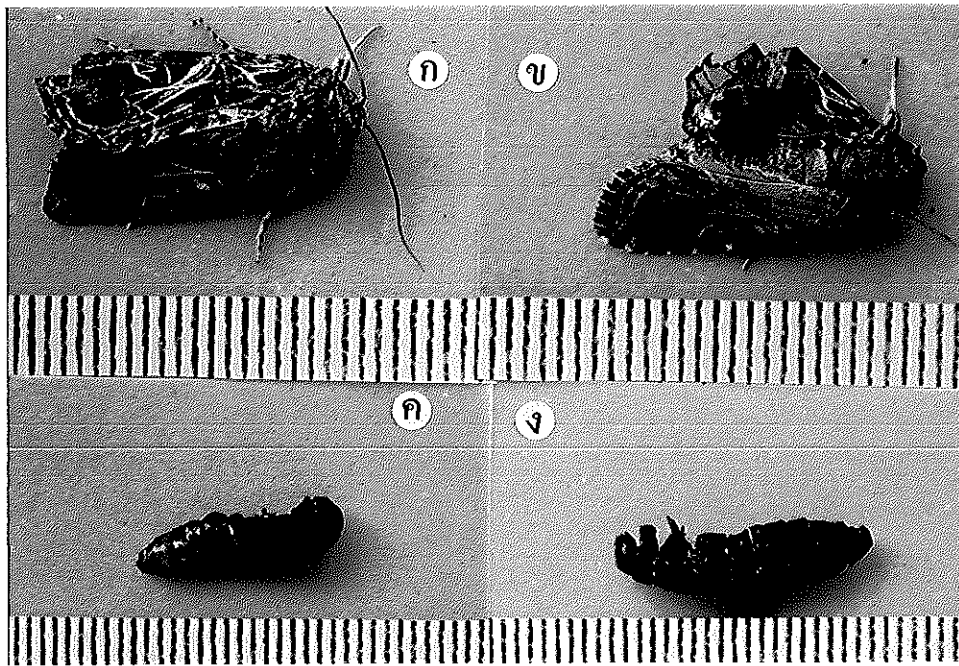
ภาพที่ 12 ลักษณะของหนอนกระทู้ฝักที่ฝักปกติก่อนเข้าสู่ระยะดักแด้ หลังการทดสอบด้วย สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ทดสอบพิษทางการกิน

- ก. หนอนกระทู้ฝักก่อนเข้าสู่ระยะดักแด้ (ปกติ) และ ชุดที่ทดสอบและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ระดับความเข้มข้น 20,000, 25,000 และ 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร (เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา)
- ข. หนอนกระทู้ฝักที่ทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ที่ระดับความเข้มข้น 12,000, 15,000, 20,000, 25,000 และ 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร (เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา)



ภาพที่ 13 ลักษณะของดักแด้หนอนกระทุ้ฝึกที่ผิดปกติหลังการทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ทดสอบพิษทางการกิน

- ก. ดักแด้ (ปกติ) และ ชูดที่ทดสอบและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ระดับความเข้มข้น 15,000, 20,000, 20,000, 25,000 และ 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร (เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา)
- ข. ดักแด้ (ปกติ) และ ชูดที่ทดสอบและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ที่ระดับความเข้มข้น 15,000, 20,000, 20,000, 25,000 และ 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร (เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา)



ภาพที่ 14 ดักแด้และผีเสื้อหนอนกระทู้ผักที่ผิดปกติ หลังการทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่ง ที่ทดสอบพิษทางการกิน ที่ทำการศึกษาคือ

ก. ลักษณะผีเสื้อปกติ

ข. ลักษณะผีเสื้อที่ผิดปกติหลังการทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร

ค. ลักษณะดักแด้ที่ผิดปกติหลังการทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 25,000 มิลลิกรัม/ลิตร

ง. ลักษณะดักแด้ที่ผิดปกติหลังการทดสอบด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร

3.3 การทดสอบการลดปริมาณของประชากรของหนอนกระทู้ผักบนต้นพืช

ทดสอบเฉพาะหนอนวัยที่ 2 เนื่องจากเป็นวัยที่พบมากในแปลงของเกษตรกร โดยทดสอบกับ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย โดยฉีดพ่นสาร เมื่อนับ จำนวนหนอนก่อนการฉีดพ่น และหลังการฉีดพ่น 3 วัน พบว่าสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดา ช้าง ให้ประสิทธิภาพดีกว่าสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เมื่อนำจำนวนหนอนที่พบบน ต้นผักกวางตุ้ง ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของหนอนที่พบ และเปอร์เซ็นต์ของหนอนที่ลดลง ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงจำนวนเฉลี่ยที่พบและจำนวนเฉลี่ยที่ลดลงของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 ที่พบ บนต้นพืชหลังการฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างและสารสกัด จากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่เวลา 72 ชั่วโมง

สารทดสอบ	ความเข้มข้นของ	จำนวนเฉลี่ย	จำนวนเฉลี่ย	SD
	สารทดสอบ	หนอนที่พบ	หนอนที่ลดลง	
	(มก./ลิตร)	(%)	(%)	
สารสกัดหยาบจากเนื้อใน				
เมล็ดสะเดาไทย	20,000	68	32	10.95
	25,000	56	44	10.84
	30,000	40	60	8.94
สารสกัดหยาบจากเนื้อใน				
เมล็ดสะเดาช้าง	20,000	60	40	8.94
	25,000	36	64	16.75
	30,000	24	76	10.96
ชุดควบคุม	-	100	0	0

หมายเหตุ 1 ชั่วโมง/กวางตุ้ง 5 ต้น 1ต้น ใส่หนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 จำนวน 5 ตัว

เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเข้าทำลายของแมลง ของสารระหว่าง สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาฝรั่ง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ต่อ หนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 พบว่า สารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาฝรั่ง ให้ผลการใช้ควบคุมดีกว่าสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เนื่องจากหลังการฉีดพ่นพบว่ามียุงเห็บมีจำนวนมากกว่า สะเดาไทย จากการทดสอบ พบว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาทั้ง 2 ชนิด สามารถที่จะควบคุมปริมาณของหนอนกระทู้ผัก โดยอาจจะเป็นเพราะว่ากลิ่นของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาทั้ง 2 ชนิด ซึ่งมีกลิ่นที่ค่อนข้างฉุน แต่โดยธรรมชาติแล้ว สารสกัดจากธรรมชาติ จะสลายตัวอย่างรวดเร็ว ดังนั้น การที่จะนำสารสกัดนี้ไปใช้ เกษตรกรควรที่จะมีการฉีดพ่นบ่อยครั้ง (ชอุ่ม, 2536)

ตลอดจนในการที่จะประยุกต์ใช้ ควรมีการเพิ่มประสิทธิภาพของสารสกัด โดยการใส่ สารจับใบ และ สาร emulsifier เพื่อใช้ในการผสมกับน้ำ จะทำให้สารนั้นจับติดต้นพืชได้นานขึ้น และมีการใส่สารเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น PBO (piperonyl butoxide) ซึ่งเป็นสารเสริมฤทธิ์ จะทำให้สารออกฤทธิ์ผสมกับตัวทำลายได้มากขึ้น ซึ่งส่งผลให้สารสกัดที่ใช้มีประสิทธิภาพ ดีมากขึ้นด้วย นอกจากนี้ wetting agent ก็เป็นสารที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเมื่อเกษตรกรฉีดพ่น ซึ่งสารกลุ่มนี้จะทำให้สารที่ใช้มีพื้นที่ในการสัมผัสกับใบพืชมากขึ้น ทำให้เป็นการเพิ่มโอกาสที่จะทำให้แมลงกินสารสกัดเพิ่มมากขึ้นด้วย (Sombatsiri and Temboonkeat, 1983) นอกจากนี้ควรเลือกใช้เครื่องฉีดพ่นที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่ทำการฉีดพ่น เพื่อยังผลให้เกิดประสิทธิภาพในการควบคุมมากยิ่งขึ้น

บทที่ 4

สรุปผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง (*A. excelsa* Jack.) ที่มีต่อการตายของหนอนกระทู้ผัก (*S.a litura*) วัยที่ 2, 3 และ 4 โดยเปรียบเทียบกับ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย (*A. indica* var. *siamensis* Vale.) เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide®) และสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush®)

การสกัดสารออกฤทธิ์จากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ใช้วิธีการแช่ขุ่ย (maceration) โดยใช้สารละลาย n-hexane ในการแช่สกัดครั้งแรก ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย (oil) จากนั้นทำการแช่สกัดต่อด้วยสารละลาย methanol ซึ่งสารที่ได้คือสารสกัดหยาบ (crude extracts) แล้วนำสารทดสอบที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพ 3 วิธี คือ ทดสอบพิษทางการสัมผัส ทดสอบพิษโดยการกิน และทดสอบในการยับยั้งการลดจำนวนของประชากรหนอนกระทู้ผักบนต้นพืช

การทดสอบพิษสัมผัส สาร permethrin (Ambush®) ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างมีประสิทธิภาพ และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมีประสิทธิภาพรองลงมาตามลำดับ ในส่วนของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย รวมทั้งเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide®) ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุม น้ำมันของทั้งสะเดาช้างและสะเดาไทยจะมีความลื่นมาก เมื่อสัมผัสกับตัวหนอนสักครู่จะลื่นไหลออกจากตัวหนอน ทำให้หนอนสามารถดำรงชีวิตตามปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย พบว่ามีประสิทธิภาพแตกต่างกันมาก

ส่วนการทดสอบพิษโดยการกิน พบว่าสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®]) มีประสิทธิภาพสูงสุด สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งมีประสิทธิภาพ สารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย และเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) มีประสิทธิภาพรองลงมาตามลำดับ ในส่วนของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่ง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุม ในการทดสอบพิษโดยการกินนี้ พบว่าค่า LC_{50} และค่า LC_{95} จะมีค่าต่ำกว่าการทดสอบพิษโดยการสัมผัส ดังนั้นสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol และสาร azadirachtin น่าจะมีพิษทางการกินมากกว่าพิษทางการสัมผัส และเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) พบว่า การทดสอบพิษทางการกินมีประสิทธิภาพในการควบคุม หนอนกระทู้ผักมากกว่าพิษทางการสัมผัส เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ O -endotoxin ซึ่งสารนี้จะมีพิษต่อระบบทางเดินอาหาร

ส่วนในการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ต่อการลดจำนวนประชากรของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 บนต้นพืช พบว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดจำนวนประชากรของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 บนต้นพืช ได้ดีกว่าสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย หากมีการพัฒนาระบบการสกัด เพื่อให้ได้สารออกฤทธิ์ในปริมาณสูง จะทำให้เกิดประสิทธิภาพของการนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช เนื่องจากสารสกัดจากเมล็ดสะเดาเป็นสารที่ปลอดภัยต่อเกษตรกร ผู้บริโภค ตลอดจนสิ่งแวดล้อม (FAO, 1994) นอกจากนั้นควรจะมีการศึกษาวิจัยการใช้สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกร และการศึกษาพัฒนาการปรุงแต่งสูตรสำเร็จ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะบอกได้ว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่ง มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักและแมลงศัตรูพืชชนิดอื่นได้จริง ส่งผลให้เกิดการยอมรับของเกษตรกรและสามารถทำให้ผู้ประกอบการที่สนใจนำไปสู่กระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2537. หลักและวิธีการผลิตผักอนามัย. กรุงเทพฯ : โครงการนำร่องการผลิตผักผลไม้สดอนามัย กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมส่งเสริมวิชาการเกษตร. 2539. สถิติการปลูกพืชผักทั่วประเทศ ปีการเพาะปลูก 2535/36-2537/38. กรุงเทพฯ : ฝ่ายวิเคราะห์ข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กองวัดภูมิพิษการเกษตร. 2539. สะเดาสารธรรมชาติทางการเกษตร. กรุงเทพฯ : กองวัดภูมิพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ขวัญชัย สมบัติศิริ. 2540. สะเดามีติใหม่ของการป้องกันกำจัดแมลง. กรุงเทพฯ : ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

งานวิจัยพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ. 2532. พืชสมุนไพร : พืชหอม. กรุงเทพฯ : กองพฤกษศาสตร์และวิจัยพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จรัส พรคุณธรรม. 2542. ความก้าวหน้าของ สดอ. กับระบบประกันคุณภาพ. ใน รายงานการสัมมนาการตรวจสอบคุณภาพสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก (สดอ.). กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร ณ โรงแรมเดอะรอยัลพาราไดซ์ จังหวัดภูเก็ต 5-6 สิงหาคม 2542 หน้า 12-16.

จุฑามาส ศตสุข. 2526. การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยการใช้จุลินทรีย์ในทางชีววิธี. ว. สงขลา นครินทร์ (วิทย.) 5 : 381-384.

ชัยวัฒน์ จิระธรรมจारी. 2539. ทำอย่างไรจึงจะใช้สารสกัดจากสะเดาให้ได้ผล. ว. กัญและสัตววิทยา 18 : 55-60.

- ชอุ่ม เปรมัยเจียร. 2536. การใช้สารสกัดจากพืชควบคุมศัตรูพืช. นสพ. กสิกร 66(6): 595-599.
- โชคชัย พรหมแพทย์. 2537. ไม้สะเดาและการใช้สารสกัดสะเดาป้องกันกำจัดแมลง.
กรุงเทพฯ : อโกรคอมมิวนิก้า.
- ณรงค์ โฉมเฉลา. 2536. การใช้พืชสมุนไพรและพืชหอม. ใน รายงานการสัมมนา การใช้สารสกัดจากพืชเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูทางการเกษตร. ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 6-8 พฤษภาคม 2536. หน้า 12-15.
- ทิพย์วดี อรรถธรรม. 2535. โรควิทยาของแมลง กรุงเทพฯ : ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บงกชรัตน์ สมิตานนท์, ชัยพัฒน์ จิระธรรมจารี และอารมภ์ แสงวนิชย์. 2534. การศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์จากส่วนต่าง ๆ ของสะเดาต่างสายพันธุ์ในพื้นที่ปลูกต่างกัน.
กรุงเทพฯ : กองวัดภูมิพิศ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ปวีณา ศุภสวัสดิ์กุล. 2541. การประเมินผลโครงการนำร่องการผลิตพืชผักและผลไม้อนามัย : กรณีศึกษา อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.
- พิมลพร นันทะ, จุฬารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์, สถิตย์ ปฐมรัตน์, รัตนา ชนะพงษ์ และรุจ มรกต. 2534. รายชื่อแมลงศัตรูธรรมชาติของพืชเศรษฐกิจบางชนิดในประเทศไทย. ใน เอกสารวิชาการการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี. หน้า 88-117. กรุงเทพฯ : กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- รัชกรณ์ อุแสง และ สมบูรณ์ ณ. เชียงใหม่. 2536. การศึกษาประสิทธิภาพของเมล็ดสะเดาแห้งป่นเพื่อควบคุมแมลงบั่วในนาข้าว ใน รายงานการสัมมนาการใช้สารสกัดจากพืชเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูทางการเกษตร ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 6-8 พฤษภาคม 2536 หน้า 76-81.

- วิจิตร ถนอมถิ่น. 2536. ปัญหาการใช้สารเคมีกับสภาพแวดล้อม. ใน รายงานการสัมมนาการใช้สารสกัดจากพืชเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูทางการเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 6-8 พฤษภาคม 2536 หน้า 4-11.
- สนั่น สุภธีรสกุล. 2540. เอกสารประกอบการเรียนการสอน รายวิชา 570-569 ภาคเรียนที่ 2/2540. สงขลา : ภาควิชาเกษตรศาสตร์และเกษตรศึกษาศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สมปอง ทองดีแท้. 2536. การใช้เมล็ดสะเดาป้องกันกำจัดแมลงแบบง่ายและปลอดภัย. เอกสารประกอบการบรรยาย ณ ศูนย์ฝึกอบรมวนศาสตร์ชุมชน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 15-17 เมษายน 2536. หน้า 13-25.
- สมภพ จูฑะวสันต์. 2542. หลักการผลิตผัก. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช และเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุทัศน์ จุงพจน์ และไววิทย์ บุรณธรรม. 2534. เทียม (สะเดาช้าง : *Azadirachta excelsa* (Jack.) Jacobson). สงขลา : ศูนย์เพาะชำกล้าไม้สงขลา เขตที่ 14.
- สุภาณี พิมพ์สมาน. 2540. สารฆ่าแมลง. ขอนแก่น : ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุภาณี พิมพ์สมาน, นุชรีย์ ศิริ, ทัศนีย์ แจ่มจรรยา และยนต์ สุคะภักดี. 2532. แนวทางการใช้สารสกัดจากสะเดาเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ขอนแก่น : ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุรพล วิเศษสรรงค์. 2536. ผลการใช้สารสกัดจากสะเดาต่อการเปลี่ยนแปลงระดับเอนไซม์ของแมลง. ใน รายงานการสัมมนา การใช้สารสกัดจากพืชเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูทางการเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 6-8 พฤษภาคม 2536 หน้า 45-60.

- ✓ สุรไกร เพิ่มคำ. 2540. เอกสารคำสอนรายวิชาแมลงศัตรูสำคัญทางเศรษฐกิจ. สงขลา :
ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุรไกร เพิ่มคำ และอรุณ งามห้องใส. 2537. การศึกษาการใช้สารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัด
หนอนใยผักในบางจังหวัดของภาคใต้. สงขลา : ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะ
ทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ✓ สุรไกร เพิ่มคำ, อนุชิต ชินาจริยวงศ์ และจิตผกา ธนปัญญาธิวงศ์. 2531. การศึกษาขั้นพื้นฐาน
ของการนำเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดมาใช้ในการควบคุมหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*
Fabr.) ในเขตเพาะปลูกจังหวัดสงขลา. สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการผลิตสารธรรมชาติ. 2541. เอกสารประกอบมหกรรมวิชาการเกษตร' 41
และการประชุมวิชาการประจำปี 2541. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยและพัฒนาการผลิตสาร
ธรรมชาติ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อัญชลี สงวนวงศ์. 2539. การผลิตสารสกัดสะเดาเพื่อการค้า. ว. กัญและสัตววิทยา 18 :
192-198.
- อดุลย์ สุวรรณเนตร. 2542. การตรวจสอบคุณภาพการผลิตสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก. ใน รายงาน
การสัมมนาการตรวจสอบคุณภาพสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก (ศตอ.). กองเกษตรเคมี
กรมวิชาการเกษตร ณ โรงแรมเคอระรอยัลพาราไดซ์ จังหวัดภูเก็ต. 5-6 สิงหาคม 2542
หน้า 2-3.
- ✓ อินทวัฒน์ นูรีคำ. 2537. บทปฏิบัติการกีฏวิทยาทางการเกษตร. กรุงเทพฯ : ภาควิชา
กีฏวิทยาคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อารมณั์ แสงวนิชย์. 2536. การใช้สารธรรมชาติในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช. ใน รายงานการสัมมนา
การใช้สารสกัดจากพืชเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูทางการเกษตร ณ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 6-8 พฤษภาคม 2536 หน้า 118-122.

- อุดมพร แน่นนคร. 2528. ประสิทธิภาพของสารสกัดจากสะเดาที่มีต่อหนอนกระทู้หอม ,
Spodoptea exigua H. และหนอนกระทู้ผัก, *S. lituta* F. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหา
บัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อุทัย เกตุนุติ. 2534. การเลี้ยงแมลงด้วยอาหารเทียม. ใน การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี หน้า
118-147 กรุงเทพฯ : กลุ่มวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กองกัญและสัตววิทยา
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อำนาจ อิศรางกูร ณ อยุธยา. 2534. การใช้สารจากพืชควบคุมแมลงศัตรูพืช. ใน การควบคุม
แมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี หน้า 198-205 กรุงเทพฯ : กลุ่มวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ
กองกัญและสัตววิทยา กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Bidmon, H.J., Kavser, G., Mobus, P. and Koolman J. 1987. Effect of azadirachtin on
blowfly larvae and pupae. Proc. 3 rd Int. Neem conf : Nairobi 1987 pp. 253-271.
- British Pharmacopoeia Commission. 1998. The British Pharmacopoeia 1998 Vol. I & II.
London : The Stationary Office.
- Burgess, P .F. 1996. Timber of Sabah. Sabah Fores Record No. 6
- Chaiyapat, C., Eermel, K. and Sangvanich, A. 1997. Azadirachtin Content of Neem Seed Kernel
from Selected Locations in Thailand. Bangkok : Argicultural Toxic Substance Division,
Department of Agriculture.
- Choongpong, S. and Buranatham, W. 1991. Thiem ; *Azadirachta excelsa* (Jack) Jacobs. Royal
Forest Ministry of Agriculture & Cooperatives.
- Djerassi, C. 1994. Dictionary of Natural Products. Vol. 1. London: Chaeman and Holl.

- Ermel, K., Chaiyapat, C. and Sangvanich, A. 1996. Azadirachtin content and bioefficiency of neem product. The Second Conference of Agricultural Toxic Substances Division, Phitsanulok, Thailand, 27-31 October 1996, pp. 110-114.
- FAO, 1994. Report of The FAO expert Consultation on Regional Perspectives for use of Botanical Pesticives in Asia and The Pacific. Bangkok : FAO RAPA.
- Feurhake, K. J. 1983. Effectiveness and selectivity of technical solvent for the extraction of neem seed components with insecticide activity. Proc. 2 nd Inter. Neem Conf., Rauscholzhusen, Germany, 25-28 May 1983, pp. 103-104.
- Finney, D.J. 1971. Probit Analysis. 3 rd edition. London : Cambridge University Press .
- Haasler, C. 1983. Effect of neem seed extract on the post-embryonic development of the tobacco hornworm, *Manduca sexta*. Proc. 2 nd Inter. Neem Conf. , Rauscholzhusen, Germany, 25 -28 May 1983. pp. 321-330.
- Isman, B. 1993. Growth inhibitory and antifeedant effects of azadirachtin on six noctuids of regional economic importance. J. Pestic. Sci. 38 : 58-63.
- Joshi, B.G. 1987. Use of neem products in tobacco in India. Proc. 3 rd Int. Neem Conf. , Nairobi 1987, pp. 479-494.
- Kijkar, S. and Boontawee, B. 1995. *Azadirachta excelsa* (Jack) : A Lesser Known Species. Saraburi : ASEAN Forest tree seed centre.
- Metcalf, R.L. 1989. Insect Resistace to Insecticide. J. Pestic. Sci. 26: 334-358.
- Nishitsusuji, J. and Endo, Y. 1980. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* delta - endotoxin : General characteristics of intoxicate bombyx larvae. J. Enver. Pathol. 35 : 219-228.

Plummer, D. T. 1978. An Introduction of Practical Biochemistry. London : McGraw-Hill .

Prasertphon, S. 1996. Historical blackground on use of *Bacillus thurigiensis* in Thailand.

Proc. 2 nd conf., Ching Mai, Thailand 1996. pp. 1-15.

Piphitsangchan, S. 1993. Insecticidal and Activity of Selected Thai Plants on Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera : Yponomeutidae). Ph.D. Dissertation. University of Philippines.

Pitiyont, V., Chommeung, T., Pitiyont, B. and Seangwanich, A. 1996. Sadoa taim (azadirachta excelsa Jack.). In The abstract of The 2nd Int. Symp. on Toxicity, Safety and Proper Use of Biopesticides, Phitsanulok, Thailand, 27-31 October 1996. pp. 35.

Ratna, T. and Siriwat, W. 1997. Toxicity of Azadirachtin Derivatives and Synthetic Pyrethroids on oilseed Rape to *Apid cerana* (Hymenoptera : Apidae). Bangkok : Bee Biology Reserch Unit, Department of Biology, Chulalongkorn University.

Raymond, M. 1985. Pre'sentation d' un programme d' analyse log-probit pour micro-ordinateur. J. Parasitol. 22(2): 117-121.

Rembold, H. 1989. Azadirachta, Their structure and mode of action : ACS. Symposium Series, Washington, pp. 150-165.

Sexena, K. N. and Rembold, H. 1983. Orientation and ovipositinal responds of *Heliothis armigera* H. certian neem constituents. Proc. 2nd Inter. Neem Conf., Rauscholzhusen, Germany, 25-28 May 1983, pp. 199-221.

Shamar, H.C., Levschner, K., Sankaram, A. V. B., Marthandamurthin, M. and Bhaskriah, K.

1983. Insect Antifeedants and growth inhibitions from *Azadirachta indica*, Nairobi :
Proc. 2 nd Inter. Neem Conf., Rauischolzhusen, Germany, 25-28 May 1983, pp. 326-
365.

Schmutterer, H. and Doll, M. 1993. The Marrango of philipine neem tree, *Azadirachta excelsa*
(*A. integrifoliola*) : a new source of insecticides with growth regulating properties.
Phytoparasitica 21(1) : 79-86.

Schmutterer, H. and Ermel, K. n.d. The Sentang or Marrango tree : *Azadirachta excelsa* Jack.
(unplubished)

Shorney H., and Mckelvey, J. 1977. Chemical control of insect behavior theory and application.
New York : John Wiley & sons.

Singh, P. 1976. Artificial for Insects Mites and Spiders. Auckland : Entomology Division
Department of Scientific and Industrial Reserch.

Sombatsiri, K. and Temboonkeat, K. 1983. Efficacy of and improved neem kernel
extract in the control of *Spodoptera litura* and *Plutella xylostella* under laboratory
conditions and field trial. Proc. 2 nd Inter. Neem Conf., Rauischolzhusen, Germany,
25-28 May 1983, pp. 195-204.

Steinhaus, E. A. 1975. Disease in Minor Chord the Ohio, State University Press,
Columbus Ohio.

Van Rie, J., McCavhger, W., Johnson, D. E., Barnetta, B. D. and Van, M. H. 1990.

Mechanism of insect resistance of the microbial insecticidal, *Bacillus thuringiensis*. J.
Science 247 : 72-74.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	50.0	40.0	4.747	25	10	8.75	0.272
2	100.0	48.0	4.949	25	12	11.80	0.006
3	249.9	60.0	5.252	25	15	15.89	0.135
4	499.9	72.0	5.582	25	18	18.64	0.087
5	1,000.0	80.0	5.841	25	20	20.8	0.229
6	2,000.0	88.0	6.175	25	22	22.54	0.132
7	4,000.0	96.0	6.751	25	24	23.65	0.097
8	5,999.9	100.0	.*	25	25	24.08	0.953

.* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

$$\chi^2 = 1.914$$

$$df = 6$$

$$\text{Prob.} = 7.257\text{E-}02$$

ตารางผนวกที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®])
ต่อกรตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส
(contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 116.6	.95	55.6 < LC < 191.9
95 = 4,360.6	.95	2,142.1 < LC < 14,982.2

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

A = 5.52 +/- 0.105

5.415 < A < 5.626

Slope = 1.046 +/- 0.164

0.881 < B < 1.210

M = 12.564

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อ *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	15,000.0	4.0	3.248	25	1	0.53	0.435
2	19,999.9	4.0	3.248	25	1	1.17	0.026
3	25,000.0	8.0	3.594	25	2	2.03	0.000
4	30,000.0	12.0	3.824	25	3	3.02	0.000

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iterations : 4

$\chi^2 = 0.726$ $df = 3$

Prob. = 0.133

ตารางผนวกที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	100.0	4.0	-*	25	1	2.91	112.392
2	249.9	12.0	3.610	25	3	3.11	0.046
3	499.9	20.0	4.029	25	5	3.70	1.916
4	1,000.0	24.0	4.185	25	6	5.17	0.295
5	2,000.0	32.0	4.449	25	8	8.00	0.000
6	4,000.0	44.0	4.788	25	11	12.12	0.207
7	5,999.9	52.0	4.998	25	13	14.83	0.538
8	7,999.9	64.0	5.317	25	16	16.71	0.086
9	10,000.0	72.0	5.547	25	18	18.09	0.001
10	12,000.0	76.0	5.673	25	19	19.14	0.003
11	15,000.0	80.0	5.811	25	20	20.30	0.021
12	19,999.9	88.0	6.1498	25	22	21.58	0.054
13	25,000.0	92.0	6.382	25	23	22.39	0.141
14	30,000.0	96.0	6.731	25	24	22.95	0.523

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 29

$\chi^2 = 116.230$ $df = 12$

Prob. = 0.999

ตารางผนวกที่ 6 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาช้าง
ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส
(contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 5,255.2	.95	3,983.9 < LC < 6,617.0
95 = 45,727.2	.95	30,736.7 < LC < 83,993.0

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$A = 5.297 \pm 8.805E-02$ $5.209 < A < 5.385$

$\text{Slope} = 1.751 \pm 0.211$ $1.539 < B < 1.962$

$M = 13.890$ $\text{Variance of the } LC_{50} = 2.949-03$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	499.9	4.0	-*	25	1	1.38	1.535
2	1,000.0	8.0	3.256	25	2	1.75	0.132
3	2,000.0	16.0	3.845	25	4	2.96	0.654
4	4,000.0	20.0	4.02	25	5	5.82	0.173
5	5,999.9	28.0	4.323	25	7	8.40	0.372
6	7,999.9	40.0	4.680	25	10	10.56	0.052
7	10,000.0	48.0	4.894	25	12	12.34	0.018
8	12,000.0	60.0	5.208	25	15	13.83	0.220
9	15,000.0	68.0	5.429	25	17	15.62	0.319
10	19,999.9	72.0	5.547	25	18	17.79	0.008
11	25,000.0	76.0	5.673	25	19	19.30	0.019
12	30,000.0	80.0	5.811	25	20	20.39	0.038

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 10

$\chi^2 = 3.547$ df = 10

Prob. = 3.452E-02

ตารางผนวกที่ 8 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาดจากเมล็ดสะเดาไทย
ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส
(contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 11,037.2	.95	8,893.4 < LC < 13,656.0
95 = 74,482.3	.95	46,852.7 < LC < 168,001.9

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$A = 5.014 \pm 9.004E-02$

$4.924 < A < 5.104$

$\text{Slope} = 1.984 \pm 0.294$

$1.690 < B < 2.278$

$M = 14.050$

Variance of the $LC_{50} = 2.060E-03$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 9 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของ
น้ำมันจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธี
การทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	7,999.9	4.0	-*	25	1	1.92	0.759
2	10,000.0	8.0	3.256	25	2	2.65	0.238
3	12,000.0	16.0	3.845	25	4	3.48	0.110
4	15,000.0	24.0	4.185	25	6	4.81	0.407
5	19,999.9	32.0	4.449	25	8	7.07	0.179
6	25,000.0	36.0	4.567	25	9	9.19	0.006
7	30,000.0	40.0	4.680	25	10	11.09	0.194

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 9

$\chi^2 = 1.895$

df = 5

Prob. = .1366

ตารางผนวกที่ 10 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาข้าง ต่อการ
ตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact
toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 35,445.7	.95	26,608.6 < LC < 81,072.8
95 = 152,571.7	.95	71,363.5 < LC < 1,996,423.0

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$A = 4.3002 \pm 0.126$ $4.173 < A < 4.426$

$\text{Slope} = 2.595 \pm 0.728$ $1.867 < B < 3.323$

$M = 14.27$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 11 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของ
น้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธี
การทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	15,000.0	4.0	-*	25	1	1.23	0.152
2	19,999.9	8.0	3.256	25	2	2.06	0.003
3	25,000.0	16.0	3.845	25	4	3.48	0.112
4	30,000.0	20.0	4.029	25	5	5.35	0.031

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 7

$\chi^2 = 0.299$ $df = 2$

Prob. = 0.139

ตารางผนวกที่ 12 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 48,334.2	.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.
95 = 115,854.4	.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$$A = 3.837 \pm 0.226$$

$$3.610 < A < 4.063$$

$$\text{Slope} = 4.333 \pm 3.018$$

$$1.314 < B < 7.351$$

$$M = 14.415$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 13 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารมาแมลง Ambush[®] ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Concentrate (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1.	50.0	32.0	4.532	25	8	7.18	0.129
2.	100.0	40.0	4.747	25	10	9.94	0.000
3.	249.9	56.0	5.150	25	14	13.88	0.002
4.	499.9	68.0	5.467	25	17	16.76	0.010
5.	1,000.0	72.0	5.582	25	18	19.28	0.369
6.	2,000.0	80.0	5.841	25	20	21.29	0.530
7.	4,000.0	88.0	6.175	25	22	22.77	0.291
8.	5,999.9	96.0	6.751	25	24	23.40	0.240
9.	7,999.9	96.0	6.751	25	24	23.76	0.050
10.	10,000.0	100.0	-*	25	25	23.99	1.056

*- เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iterations : 3

$\chi^2 = 2.682$

df = 8

Prob. = 4.731E-02

ตารางผนวกที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง Ambush[®] ต่อการตายของ
หนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 181.5	.95	96.1 < LC < 290.2
95 = 7,964.1	.95	4,116.2 < LC < 22,255.6

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$$A = 5.513 \pm 0.095$$

$$5.417 < A < 5.608$$

$$\text{Slope} = 1.001 \pm 0.131$$

$$0.870 < B < 1.132$$

$$M = 12.771$$

$$\text{Variance of the LC}_{50} = 1.363\text{E-}02$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 15 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อ
B. thuringiensis var. *kurstaki* (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนกระทู้
 ผักว้าย 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Concentrate (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	15,000.0	0.0	-*	25	0	0.24	0.245
2	19,999.9	4.0	3.248	25	1	0.72	0.108
3	25,000.0	8.0	3.594	25	2	1.50	0.174
4	30,000.0	8.0	3.594	25	2	2.54	0.125

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

$$\chi^2 = 0.653 \quad df = 2$$

Prob. = 0.278

ตารางผนวกที่ 16 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อ *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide[®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 =77,088.8	.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.
95 =200,710.6	.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$$A = 3.432 \pm 0.220$$

$$3.211 < A < 3.65$$

$$\text{Slope} = 3.535 \pm 2.381$$

$$1.154 < B < 5.917$$

$$M = 14.393$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 17 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสาร
สกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธี
การทดสอบพิษทางการสัมผัส(contact toxicity)

n	Concentrate (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	100.0	0.0	-*	25	0	1.37	0.516
2	249.9	8.0	3.256	25	2	1.83	0.043
3	499.9	12.0	3.610	25	3	2.63	0.096
4	1,000.0	20.0	4.029	25	5	4.04	0.346
5	2,000.0	24.0	4.185	25	6	6.22	0.012
6	4,000.0	36.0	4.567	25	9	9.15	0.004
7	5,999.9	40.0	4.680	25	10	11.12	0.207
8	7,999.9	48.0	4.894	25	12	12.58	0.054
9	10,000.0	52.0	4.998	25	13	13.72	0.084
10	12,000.0	56.0	5.103	25	14	14.65	0.069
11	15,000.0	64.0	5.317	25	16	15.76	0.009
12	19,999.9	68.0	5.429	25	17	17.14	0.003
13	25,000.0	76.0	5.673	25	19	18.15	0.141
14	30,000.0	80.0	5.8112	25	20	18.92	0.243

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 8

$\chi^2 = 10.831$ df = 12

Prob. = 0.456

ตารางผนวกที่ 18 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสาร สกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาข้าง
ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส
(contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 8,833.3	.95	6,508.8 < LC < 12,132.2
95 = 87,233.4	.95	90,034.0 < LC < 661,239.0

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$A = 4.961 \pm 8.185E-02$

$4.880 < A < 5.043$

$\text{Slope} = 1.240 \pm 0.176$

$1.063 < B < 1.41$

$M = 13.915$

Variance of the $LC_{50} = 4.373E-03$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 19 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Concentrate (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	1,000.0	0.0	-*	25	0	1.27	29.194
2	2,000.0	8.0	3.256	25	2	1.60	0.393
3	4,000.0	12.0	3.610	25	3	3.02	0.000
4	5,999.9	20.0	4.029	25	5	4.86	0.005
5	7,999.9	20.0	4.185	25	6	6.75	0.126
6	10,000.0	32.0	4.449	25	8	8.53	0.052
7	12,000.0	44.0	4.788	25	11	10.14	0.125
8	15,000.0	48.0	4.998	25	13	12.25	0.091
9	19,999.9	52.0	5.103	25	14	15.01	0.167
10	25,000.0	68.0	5.429	25	17	17.05	0.000
11	30,000.0	76.0	5.673	25	19	18.59	0.034

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 9

$\chi^2 = 30.191$ df = 9

Prob. = 0.999

ตารางผนวกที่ 20 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสาร สกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทย
ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทาง การสัมผัส
(contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 16,405.3	.95	13,623.6 < LC < 20,620.5
95 = 82,687.7	.95	51,749.1 < LC < 200,873.6

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

A = 4.812 +/- 9.628E-02 4.716 < A < 4.908

Slope = 2.342 +/- 0.385 1.957 < B < 2.727

M = 14.134

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 21 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมัน
จากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบ
พิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Concentrate (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	10,000.0	4.0	-*	25	1	1.43	0.339
2	12,000.0	8.0	3.256	25	2	1.84	0.028
3	15,000.0	12.0	3.610	25	3	2.66	0.069
4	19,999.9	20.0	3.845	25	4	4.41	0.053
5	25,000.0	28.0	4.323	25	7	6.39	0.085
6	30,000.0	32.0	4.449	25	8	8.39	0.028

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 3

$\chi^2 = 0.603$ $df = 4$

Prob. = 3.736E-02

ตารางผนวกที่ 22 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาข้าง ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 42,847.3	.95	30,866.4 < LC < 286,771.8
95 = 140,571.9	.95	63,131.6 < LC < 26,597,890.0

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

A = 4.098 +/- 0.158

3.939 < A < 4.256

Slope = 3.188 +/- 1.201

1.987 < B < 4.390

M = 14.349

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 23 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมัน
จากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบ
พิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Concentrate (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	19,999.9	0.3	-*	25	1	1.17	0.122
2	25,000.0	4.4	3.256	25	2	1.82	0.038
3	30,000.0	8.6	3.610	25	3	3.08	0.003

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration :13

$\chi^2 = 0.163$ df =1

Prob. =0.313

ตารางผนวกที่ 24 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตาย
ของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact
toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 52,056.4	.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.
95 = 102,057.0	.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$$A = 3.491 \pm 0.355$$

$$3.136 < A < 3.847$$

$$\text{Slope} = 5.627 \pm 7.647$$

$$2.020 < B < 13.274$$

$$M = 14.448$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 25 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	50.0	8.0	3.594	25	2	0.99	1.069
2	100.0	16.0	4.005	25	4	2.05	2.030
3	249.9	20.0	4.158	25	5	4.51	0.064
4	499.9	24.0	4.293	25	6	7.27	0.311
5	1,000.0	32.0	4.532	25	8	10.63	1.128
6	2,000.0	48.0	4.949	25	12	14.22	0.803
7	4,000.0	60.0	5.252	25	15	17.60	1.294
8	5,999.9	68.0	5.467	25	17	19.32	1.221
9	7,999.9	76.0	5.706	25	19	20.38	0.509
10	10,000.0	88.0	6.175	25	22	21.12	0.235
11	12,000.0	96.0	6.751	25	24	21.66	1.890
12	15,000.0	96.0	6.751	25	24	22.25	1.251
13	19,999.9	100.0	-*	25	25	22.89	2.300

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 3

$$\chi^2 = 14.110$$

$$df = 11$$

$$\text{Prob.} = 0.773$$

ตารางผนวกที่ 26 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®])
ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบทางการสัมผัส
(contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 1,435.7	.95	1,018.2 < LC < 1,959.9
95 = 33,418.4	.95	19,975.2 < LC < 68,101.3

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$$A = 5.232 \pm 8.261E-02$$

$$5.149 < A < 5.314$$

$$\text{Slope} = 1.203 \pm 0.115$$

$$10.995 < B < 1.318$$

$$M = 13.350$$

$$\text{Variance of the } LC_{50} = 5.051E-03$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 27 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	499.9	4.0	-*	25	1	2.28	21.856
2	1,000.0	12.0	3.610	25	3	2.50	0.775
3	2,000.0	16.0	3.845	25	4	3.20	0.612
4	4,000.0	20.0	4.029	25	5	4.87	0.007
5	5,999.9	24.0	4.185	25	6	6.47	0.058
6	7,999.9	28.0	4.323	25	7	7.91	0.177
7	10,000.0	36.0	4.567	25	9	9.19	0.006
8	12,000.0	40.0	4.680	25	10	10.31	0.07
9	15,000.0	48.0	4.894	25	12	11.77	0.008
10	19,999.9	52.0	4.998	25	13	13.71	0.081
11	25,000.0	60.0	5.208	25	15	15.22	0.008
12	30,000.0	72.0	5.547	25	18	16.42	0.423

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 39

$\chi^2 = 24.032$ df = 10

Prob. = 0.992

ตารางผนวกที่ 28 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่ง
 ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน
 (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 19,686.9	.95	15,292.0 < LC < 28,969.9
95 = 177,376.9	.95	85,032.2 < LC < 834,700.1

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$A = 4.676 \pm 9.300E-02$ $4.583 < A < 4.769$

$\text{Slope} = 1.723 \pm 0.321$ $1.401 < B < 2.044$

$M = 14.106$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 29 แสดงการวิเคราะห์หาค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสาร
สกัดขยายจากเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดย
วิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	2,000.0	0.0	-*	25	0	1.19	3.352
2	4,000.0	8.0	3.256	25	2	2.35	0.079
3	5,999.9	16.0	3.845	25	4	3.75	0.022
4	7,999.9	20.0	4.029	25	5	5.17	0.008
5	10,000.0	28.0	4.323	25	7	6.53	0.049
6	12,000.0	32.0	4.449	25	8	7.78	0.009
7	15,000.0	40.0	4.680	25	10	9.47	0.048
8	19,999.9	48.0	4.894	25	12	11.83	0.004
9	25,000.0	52.0	4.998	25	13	13.70	0.079
10	30,000.0	60.0	5.208	25	15	15.00	0.008

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 5

$\chi^2 = 3.662$

df = 8

Prob. = 0.113

ตารางผนวกที่ 30 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทย
ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส
(contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 22,684.2	.95	17,873.7 < LC < 33,801.6
95 = 149,626.1	.95	75,848.3 < LC < 667,150.4

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$A = 4.596 \pm 9.874E-02$ $4.498 < A < 4.69$

$\text{Slope} = 2.00 \pm 0.393$ $1.614 < B < 2.401$

$M = 14.154$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 31 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	50.0	44.0	4.8493	25	11	9.21	0.548
2	100.0	52.0	5.050	25	13	12.19	0.104
3	249.9	56.0	5.156	25	14	16.12	0.788
4	499.9	68.0	5.467	25	17	18.77	0.666
5	1,000.0	80.0	5.841	25	20	20.92	0.247
6	2,000.0	92.0	6.405	25	23	22.55	0.103
7	4,000.0	100.0	-*	25	25	23.64	1.478

* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration :4

$\chi^2 = 3.937$ $df = 5$

Prob. = 0.441

ตารางผนวกที่ 32 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®])
ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน
(feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 75.5	.95	46.7 < LC < 180.8
95 = 3,594.6	.95	2,007.4 < LC < 21,902.4

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$$A = 5.474 \pm 0.108$$

$$5.366 < A < 5.582$$

$$\text{Slope} = 1.012 \pm 0.182$$

$$0.8295 < B < 1.194$$

$$M = 12.499$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 33 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อ *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนกระทู้ ผักว้าย 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	1,000.0	4.0	3.256	25	1	3.35	80612.16
2	2,000.0	8.0	3.610	25	2	3.36	272.408
3	4,000.0	16.0	3.845	25	4	3.54	272.408
4	5,999.9	20.0	4.029	25	5	4.25	0.946
5	7,999.9	24.0	4.185	25	6	5.52	0.560
6	10,000.0	24.0	4.185	25	6	7.18	0.100
7	12,000.0	36.0	4.567	25	9	9.00	0.381
8	15,000.0	48.0	4.894	25	12	11.71	0.000
9	19,999.9	56.0	5.103	25	14	15.58	0.014
10	20,000.0	72.0	5.547	25	18	18.43	0.406
11	30,000.0	88.0	6.149	25	22	20.42	0.595

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration :57

$\chi^2 = 808.61$

df = 9

Prob. = 1

ตารางผนวกที่ 34 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อ *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide[®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 17,497.0	.95	15,732.4 < LC < 21,101.3
95 = 51,262.2	.95	38,266.6 < LC < 86,444.6

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

A = 4.833 +/- 0.109

4.724 < A < 4.9421

Slope = 3.625 +/- 0.556

3.068 < B < 4.181

M = 14.209

Variance of the $LC_{50} = 9.542E-04$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 35. แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสาร
สกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธี
การทดสอบพิษทางกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	50.0	4.0	3.256	25	1	1.58	0.570
2	100.0	12.0	3.610	25	3	2.37	0.291
3	249.9	20.0	4.029	25	5	4.49	0.083
4	499.9	32.0	4.449	25	8	7.10	0.170
5	1,000.0	40.0	4.680	25	10	10.48	0.038
6	2,000.0	56.0	5.103	25	14	14.23	0.008
7	4,000.0	68.0	5.429	25	17	17.80	0.121
8	5,999.9	72.0	5.547	25	18	19.60	0.586
9	7,999.9	76.0	5.673	25	19	20.70	0.791
10	10,000.0	84.0	5.966	25	21	21.46	0.066
11	12,000.0	92.0	6.382	25	23	22.00	0.365
12	15,000.0	100.0	-*	25	25	22.58	2.579

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 4

$\chi^2 = 5.673$

df = 10

Prob. = 0.158

ตารางผนวกที่ 36 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่ง
ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน
(feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 1,594.6	.95	1,102.1 < LC < 2,194.3
95 = 28,581.9	.95	16,877.0 < LC < 62,347.4

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$A = 5.271 \pm 9.215E-02$

$5.179 < A < 5.363$

$\text{Slope} = 1.312 \pm 0.1494$

$1.163 < B < 1.464$

$M = 13.409$

Variance of the $LC_{50} = 5.484E-03$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 37 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	50.0	4.0	/	25	1	1.40	0.269
2	100.0	8.0	3.256	25	2	2.20	0.030
3	249.9	16.0	3.845	25	4	4.33	0.034
4	499.9	32.0	4.323	25	7	6.94	0.000
5	1,000.0	52.0	4.998	25	13	10.31	1.209
6	2,000.0	60.0	5.208	25	15	14.06	0.142
7	4,000.0	68.0	5.429	25	17	17.64	0.077
8	5,999.9	72.0	5.547	25	18	19.45	0.478
9	7,999.9	76.0	5.673	25	19	20.57	0.661
10	10,000.0	80.0	5.811	25	20	21.34	0.555
11	12,000.0	84.0	5.966	25	21	21.89	0.282
12	15,000.0	92.0	6.382	25	23	22.49	0.113
13	19,999.9	96.0	6.731	25	24	23.12	0.428
14	25,000.0	100.0	-*	25	25	23.53	1.515

* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 5

$\chi^2 = 5.800$

df = 12

Prob. = 7.419E-02

ตารางผนวกที่ 38 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 1,616.0	.95	1,116.0 < LC < 2,207.4
95 = 29,683.3	.95	186,01.1 < LC < 57,288.5

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

A = 5.386 +/- 8.716E-02

5.299 < A < 5.473

Slope = 1.301 +/- 0.1341

1.167 < B < 1.435

M = 13.505

Variance of the $LC_{50} = 5.421E-03$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 39 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมัน
จากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบ
พิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	4,000.0	4.0	3.259	25	1	2.33	1.175
2	5,999.9	12.0	3.610	25	3	3.51	0.103
3	7,999.9	20.0	4.029	25	5	4.67	0.032
4	10,000.0	24.0	4.185	25	6	5.76	0.013
5	12,000.9	36.0	4.567	25	9	6.78	0.055
6	15,000.0	36.0	4.567	25	9	8.16	0.132
7	19,999.9	40.0	4.680	25	10	10.12	0.002
8	25,000.0	44.0	4.788	25	11	11.74	0.088
9	30,000.0	48.0	4.894	25	12	13.09	0.188

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration :7

$$\chi^2 = 2.792 \quad df = 7$$

Prob. = 9.651E-02

ตารางผนวกที่ 40. แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตาย
ของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการ (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 29,210.4	.95	21,355.8 < LC < 58,526.9
95 = 250,448.5	.95	99,093.8 < LC < 3,059,088.0

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$A = 4.473 \pm 0.101$ $4.372 < A < 4.575$

$\text{Slope} = 1.763 \pm 0.418$ $1.344 < B < 2.181$

$M = 14.167$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 41 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของ น้ำมัน จากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธี การทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	10,000.0	4.0	3.256	25	1	1.58	0.458
2	12,000.9	8.0		25	2	2.00	0.000
3	15,000.0	12.0	3.610	25	3	2.78	0.025
4	19,999.9	20.0	4.029	25	5	4.30	0.158
5	25,000.0	24.0	4.185	25	6	5.94	0.001
6	30,000.0	28.0	4.323	25	7	7.56	0.061

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration :8

$\chi^2 = 0.706$ df = 4

Prob. = 4.941E-02

ตารางผนวกที่ 42. แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการ
ตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding
toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 49,517.2	.95	32,503.6 < LC < 1,837,233.0
95 = 200,120.3	.95	72,528.0 < LC < 2,975,250,000.0

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$$A = 4.027 \pm 0.157$$

$$3.869 < A < 4.184$$

$$\text{Slope} = 2.712 \pm 1.121$$

$$1.590 < B < 3.834$$

$$M = 14.336$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 43 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	50.0	48.0	4.894	25	12	11.34	0.070
2	100.0	60.0	5.208	25	15	14.16	0.115
3	249.9	68.0	5.429	25	17	17.69	0.088
4	499.9	76.0	5.673	25	19	19.96	0.220
5	1,000.0	84.0	5.966	25	21	21.75	0.191
6	2,000.0	92.0	6.382	25	23	23.05	0.001
7	4,000.0	96.0	6.731	25	24	23.91	0.007
8	5,999.9	100.0	-*	25	25	24.25	0.740

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration :3

$\chi^2 = 1.435$

df = 6

Prob. = 3.632E-02

ตารางผนวกที่ 44 . แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®])
 ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางกรกิน
 (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 =107.3	.95	27.0 < LC < 138.4
95 = 4,528.5	.95	1,691.8 < LC < 14,575.9

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$A = 5.650 \pm 0.111$ $5.538 < A < 5.761$

$\text{Slope} = 0.980 \pm 0.174$ $0.806 < B < 1.154$

$M = 12.541$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 45 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อ
B. thuringiensis var. *kurstaki* (Thuricide[®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้
 ผักว้าย 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	4,000.0	8.0	/	25	0	1.20	3.912
2	5,999.9	20.0	3.256	25	2	2.23	0.038
3	7,999.9	20.0	4.029	25	5	3.85	0.486
4	10,000.0	32.0	4.029	25	5	5.79	0.154
5	12,000.0	44.0	4.449	25	8	7.83	0.005
6	15,000.0	48.0	4.788	25	11	10.75	0.010
7	19,999.9	72.0	5.103	25	14	14.80	0.106
8	25,000.0	80.0	5.547	25	18	17.76	0.011
9	30,000.0	100.0	5.811	25	20	19.84	0.006

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 5

$\chi^2 = 4.730$

df = 7

Prob. = 0.307

ตารางผนวกที่ 46 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide[®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 18,028.1	.95	15,180.7 < LC < 20,615.8
95 = 53,488.2	.95	39,213.9 < LC < 93,191.5

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

A = 4.837 +/- 0.106

4.731 < A < 4.943

Slope = 3.390 +/- 0.519

2.870 < B < 3.912

M = 14.194

Variance of the $LC_{50} = 1.037E-03$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 47 แสดงการวิเคราะห์หาค่า corrected mortality และค่า probit analysis ความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผัก วัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	50.0	4.0	/	25	1	3.11	339.406
2	100.0	8.0	3.256	25	2	3.16	18.683
3	249.9	16.0	3.845	25	4	3.52	0.489
4	499.9	20.0	4.029	25	5	4.42	0.236
5	1,000.0	32.0	4.449	25	8	6.40	0.797
6	2,000.0	40.0	4.680	25	10	9.75	0.011
7	4,000.0	52.0	4.998	25	13	14.10	0.193
8	5,999.9	60.0	5.208	25	15	16.71	0.197
9	7,999.9	64.0	5.317	25	16	18.43	1.128
10	10,000.0	72.0	5.547	25	18	19.65	0.586
11	12,000.0	84.0	5.966	25	21	20.54	0.052
12	15,000.0	88.0	6.149	25	22	21.50	0.073
13	19,999.9	92.0	6.382	25	23	22.53	0.089
14	25,000.0	96.0	6.731	25	24	23.16	0.366
15	30,000.0	100.0	-*	25	25	23.58	1.330

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 80

$\chi^2 = 363.941$ df = 13

Prob. = 1

ตารางผนวกที่ 48 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่ง
 ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน
 (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 3,671.1	.95	2,960.6 < LC < 5,053.4
95 = 35,689.9	.95	24,568.1 < LC < 61,735.0

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$A = 5.381 \pm 8.916E-02$

$5.292 < A < 5.470$

$\text{Slope} = 1.725 \pm 0.194$

$1.530 < B < 1.920$

$M = 13.819$

Variance of the $LC_{50} = 3.294E-03$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 49 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	100.0	4.0	/	25	1	1.54	0.626
2	249.9	12.0	3.610	25	3	2.55	0.140
3	499.9	20.0	4.029	25	5	4.10	0.293
4	1,000.0	32.0	4.449	25	8	6.53	0.488
5	2,000.0	40.0	4.680	25	10	9.80	0.007
6	4,000.0	48.0	4.894	25	12	13.54	0.381
7	5,999.9	52.0	4.998	25	13	15.73	1.258
8	7,999.9	60.0	5.208	25	15	17.21	0.887
9	10,000.0	68.0	5.429	25	17	18.28	0.324
10	12,000.0	72.0	5.547	25	18	19.10	0.260
11	15,000.0	80.0	5.966	25	25	20.03	60.008
12	19,999.9	84.0	6.149	25	21	21.08	0.002
13	25,000.0	88.0	6.382	25	22	21.79	0.014
14	30,000.0	92.0	-*	25	23	22.31	0.192

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 5

$\chi^2 = 10.885$ df = 12

Prob. = 0.461

ตารางผนวกที่ 50 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทย
ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน
(feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 3,952.6	.95	2,613.8 < LC < 4,855.7
95 = 63,610.1	.95	38,319.6 < LC < 135,946.3

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

A = 5.271 +/- 8.261E-02

5.188 < A < 5.354

Slope = 1.325 +/- 0.151

1.174 < B < 1.477

M = 13.767

Variance of the $LC_{50} = 4.429E-03$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 51 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมัน
จากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบ
พิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	5,999.9	4.0	/	25	1	1.60	0.467
2	7,999.9	8.0	3.256	25	2	2.20	0.029
3	10,000.0	12.0	3.610	25	3	2.87	0.008
4	12,000.9	16.0	3.845	25	4	3.59	0.066
5	15,000.0	20.0	4.029	25	5	4.69	0.029
6	19,999.9	28.0	4.323	25	7	6.48	0.061
7	25,000.0	32.0	4.449	25	8	8.13	0.003
8	30,000.0	36.0	4.567	25	9	9.63	0.067

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration :7

$\chi^2 = 0.733$ df = 6

Prob. = 6.257E-03

ตารางผนวกที่ 52 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาซึ่ง ต่อการ
ตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding
toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 43,525.9	.95	29,443.1 < LC < 163,711.4
95 = 253,069.7	.95	93,015.7 < LC < 11,313,230.0

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$$A = 4.176 \pm 0.125$$

$$4.050 < A < 4.301$$

$$\text{Slope} = 2.152 \pm 0.645$$

$$1.506 < B < 2.797$$

$$M = 14.256$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 53 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมัน
จากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบ
พิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	15,000.0	4.0	/	25	1	1.23	0.167
2	19,999.9	8.0	3.256	25	2	1.86	0.022
3	25,000.0	12.0	3.6105	25	3	2.85	0.011
4	30,000.0	16.0	3.845	25	4	4.15	0.007

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 7

$\chi^2=0.208$ df = 2

Prob. = 9.899E-02

ตารางผนวกที่ 54 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 3 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 59,494.0	.95	Impossible reange: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.
95 = 164,459.1	.95	Impossible reange: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$$A = 3.662 \pm 0.254$$

$$3.408 < A < 3.917$$

$$\text{Slope} = 3.725 \pm 3.332$$

$$0.392 < B < 7.058$$

$$M = 14.415$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 55 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสาร
 นำแมลง permethrin (Ambush[®]) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4
 โดยวิธีการ ทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 Contribution
1	50.0	28.0	4.323	25	7	5.67	0.464
2	100.0	36.0	4.567	25	9	7.99	0.198
3	249.9	44.0	4.788	25	11	11.73	0.087
4	499.9	56.0	5.103	25	14	14.75	0.092
5	1,000.0	64.0	5.317	25	16	17.61	0.484
6	2,000.0	76.0	5.673	25	19	20.05	0.270
7	4,000.0	84.0	5.966	25	21	21.94	0.317
8	5,999.9	92.0	6.382	25	23	22.78	0.023
9	7,999.9	96.0	6.731	25	24	23.26	0.323
10	10,000.0	100.0	-*	25	25	23.58	1.442

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration :4

$\chi^2=3.702$ df = 8

Prob. = 0.117

ตารางผนวกที่ 56 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง permethrin (Ambush[®])
ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางกรกิน
(feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 342.2	.95	200.1 < LC < 523.4
95 = 12,138.7	.95	6,279.1 < LC < 33,649.1

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$A = 5.388 \pm 9.676E-02$

$5.292 < A < 5.485$

Slope = 1.061 ± 0.134

$0.926 < B < 1.196$

$M = 12.900$

Variance of the $LC_{50} = 1.046E-02$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 57 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อ
B. thuringiensis var. *kurstaki* (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนกระทู้
 ผักกวยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	10,000.0	4.0	/	25	1	2.61	1.56
2	12,000.0	16.0	3.845	25	4	3.24	0.262
3	15,000.0	20.0	4.029	25	5	4.22	0.203
4	19,999.9	28.0	4.323	25	7	5.85	0.324
5	25,000.0	28.0	4.323	25	7	7.39	0.030
6	30,000.0	30.0	4.449	25	8	8.80	0.116

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 5

$\chi^2 = 2.497$ df = 4

Prob. = 0.354

ตารางผนวกที่ 58 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อ *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 48,448.6	.95	30,806.9 < LC < 1,627,715.0
95 = 285,455.0	.95	85,982.0 < LC < 8,951,619,000.0

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$$A = 4.173 \pm 0.136$$

$$4.036 < A < 4.309$$

$$\text{Slope} = 2.135 \pm 0.865$$

$$1.270 < B < 3.000$$

$$M = 14.298$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 59 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสาร
สกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตาย ของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธี
การ โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	100.0	4.0	/	25	1	1.47	0.312
2	249.9	8.0	3.256	25	2	2.56	0.181
3	499.9	12.0	3.845	25	4	4.02	0.000
4	1,000.0	16.0	4.323	25	7	6.15	0.166
5	2,000.0	24.0	4.680	25	10	8.91	0.211
6	4,000.0	28.0	4.894	25	12	12.10	0.001
7	5,999.9	36.0	5.103	25	14	14.03	0.000
8	7,999.9	48.0	5.208	25	15	15.38	0.023
9	10,000.0	52.0	5.317	25	16	16.39	0.026
10	12,000.0	60.0	5.429	25	17	17.19	0.006
11	15,000.0	68.0	5.547	25	18	18.12	0.002
12	19,999.9	80.0	5.673	25	19	19.23	0.012
13	25,000.0	84.0	5.811	25	20	20.03	0.000
14	30,000.0	88.0	5.966	25	21	20.62	0.038

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 7

$\chi^2 = 0.983$

df = 12

Prob. = 1.290E-05

ตารางผนวกที่ 60 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษ ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่ง
ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน
(feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 4,716.7	.95	3,326.2 < LC < 6,471.2
95 = 132,386.7	.95	67,989.6 < LC < 380,063.0

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$$A = 5.128 \pm 7.942E-02$$

$$5.049 < A < 5.208$$

$$\text{Slope} = 1.136 \pm 0.14107$$

$$0.994 < B < 1.277$$

$$M = 13.787$$

$$\text{Variance of the } LC_{50} = 5.086E-03$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวก 61 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสาร
สกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการ
ทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	100.0	4.0	/	25	1	2.95	8092.047
2	249.9	8.0	3.256	25	2	2.96	76.167
3	499.9	16.0	3.610	25	3	3.03	0.007
4	1,000.0	28.0	3.847	25	4	3.38	0.791
5	2,000.0	40.0	4.188	25	6	4.61	1.112
6	4,000.0	48.0	4.323	25	7	7.53	0.067
7	5,999.9	56.0	4.567	25	9	10.14	0.235
8	7,999.9	60.0	4.891	25	12	12.29	0.013
9	10,000.0	64.0	4.998	25	13	14.04	0.173
10	12,000.0	68.0	5.208	25	15	15.48	0.036
11	15,000.0	76.0	5.429	25	17	17.17	0.005
12	19,999.9	76.0	5.8112	25	20	19.17	0.141
13	25,000.0	84.0	5.966	25	21	20.52	0.057
14	30,000.0	84.0	6.149	25	22	21.47	0.083

Mortality in the control : 0 %

Number of iteration : 28

$\chi^2 = 8170.941$

df = 12

Prob. = 1

ตารางผนวกที่ 62 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทย
ต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 4 โดยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน
(feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 9,912.5	.95	7,988.0 < LC < 12,106.3
95 = 61,962.7	.95	40,788.1 < LC < 126,352.9

Regression line : $Y = A + \text{Slope} * (X - M)$

$A = 5.084 \pm 9.043E-02$

$4.994 < A < 5.174$

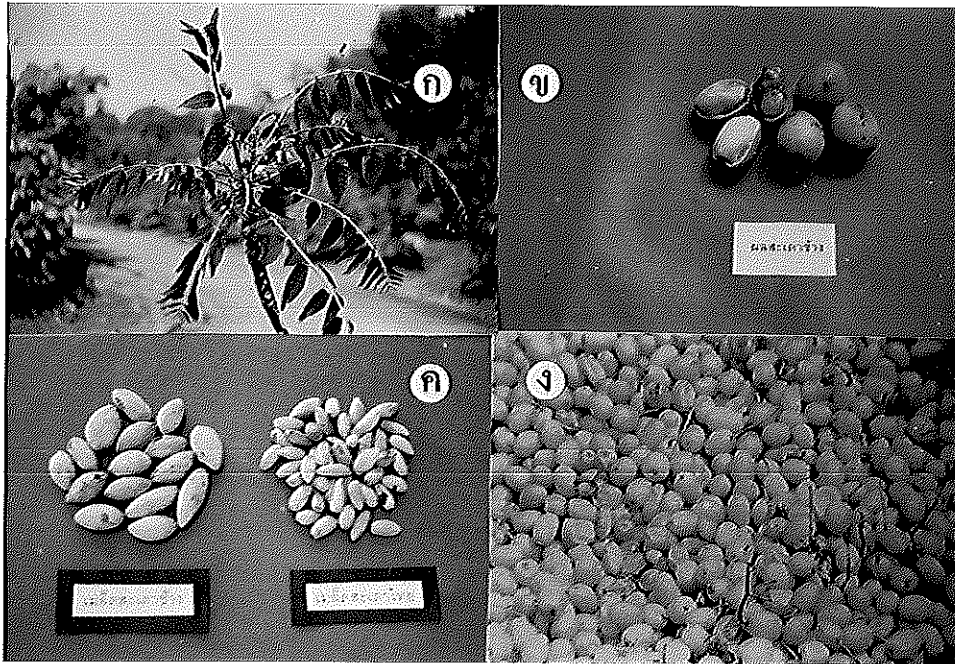
$\text{Slope} = 2.06 \pm 0.294$

$1.772 < B < 2.361$

$M = 14.037$

Variance of the $LC_{50} = 1.948E-03$

heterogeneity = 1



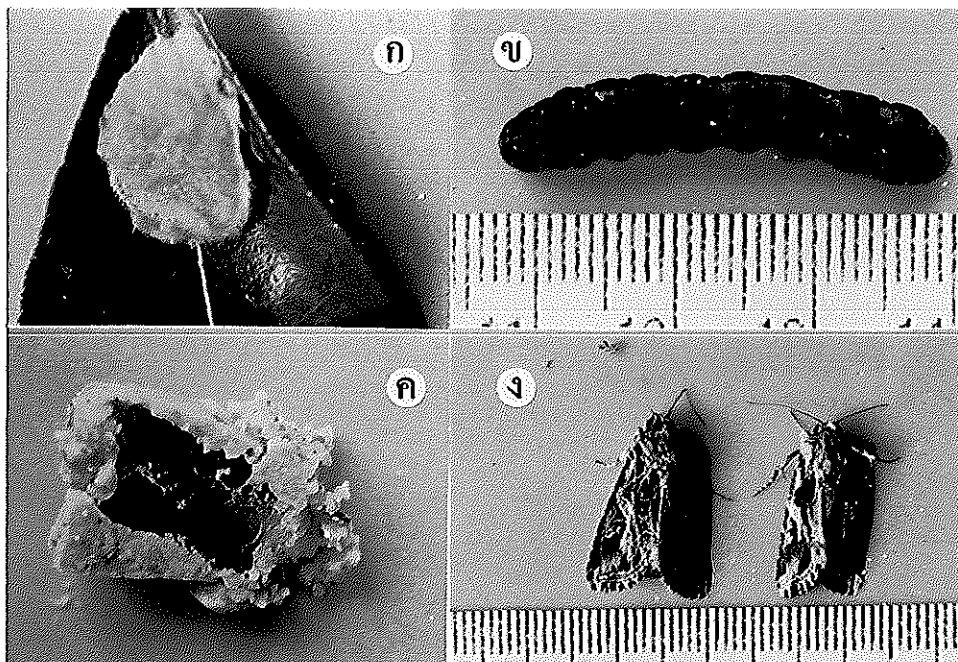
ภาพหมวดที่ 1 ลักษณะของสะเดาช้างและสะเดาไทย

- ก. ลักษณะยอดและดอกสะเดาช้าง
- ข. ลักษณะผลสะเดาช้าง
- ค. ลักษณะเมล็ดสะเดาช้าง (ซ้าย) และเมล็ดสะเดาไทย (ขวา)
- ง. ลักษณะผลสะเดาไทย



ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะของเมล็ดสะเดาข้างและเมล็ดสะเดาไทย

- ก. ลักษณะเมล็ดสะเดาข้าง (ซ้าย) ลักษณะเมล็ดสะเดาไทย (ขวา)
- ข. ลักษณะเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง
- ค. ลักษณะเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย



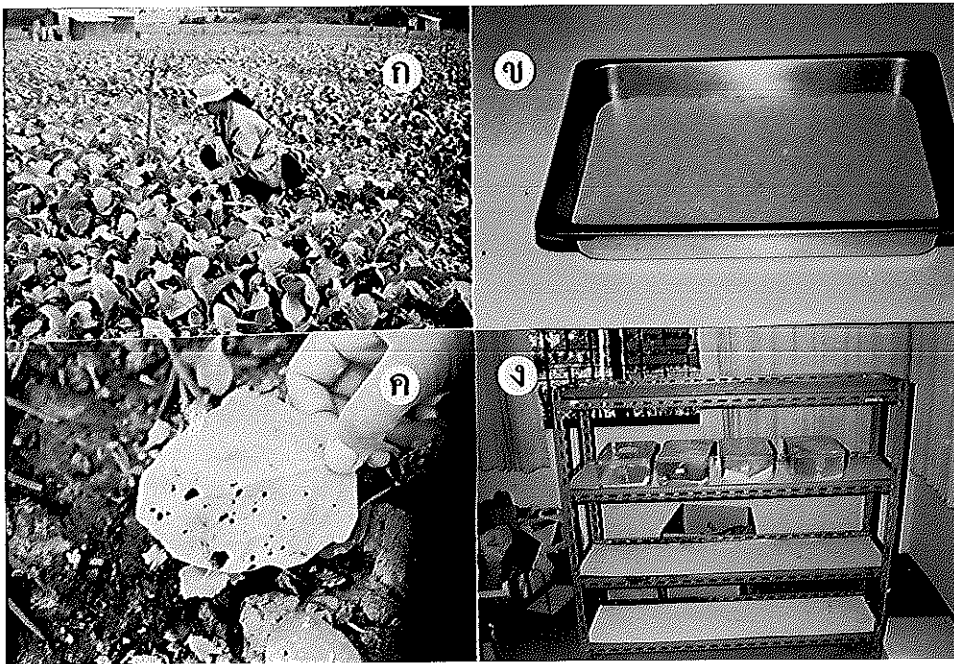
ภาพผนวกที่ 3 วัฏจักรชีวิตของหนอนกระทู้ผัก

ก. ระยะไข่

ข. ระยะตัวหนอน

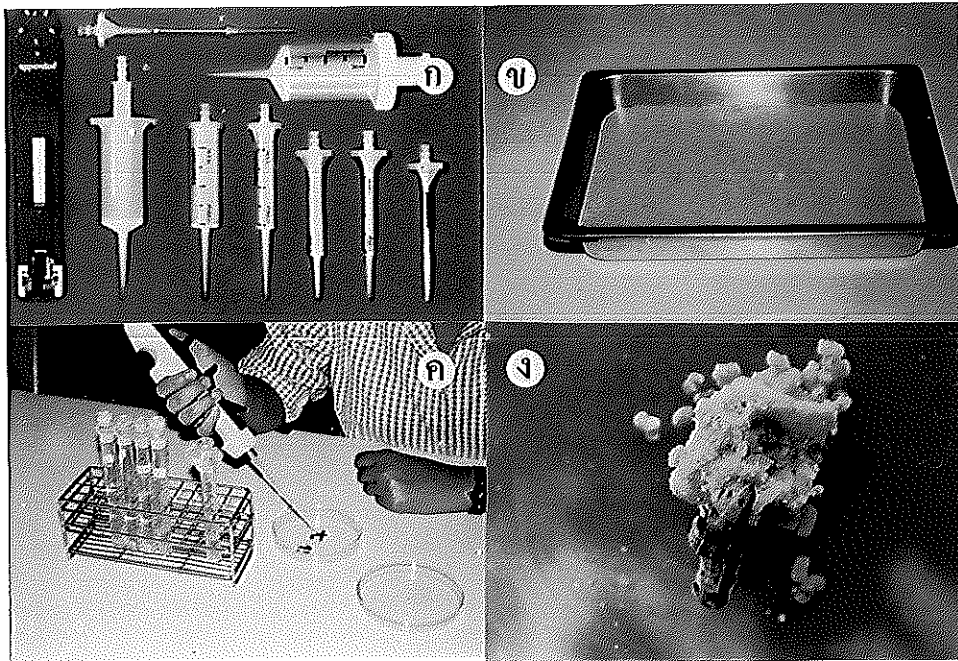
ค. ระยะดักแด้

ง. ระยะตัวเต็มวัยเพศผู้ (ซ้าย) เพศเมีย (ขวา)



ภาพผนวกที่ 4 การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณหนอนกระทุ้ง

- ก. สภาพแปลงปลูกคะน้ำของเกษตรกร
- ข. ลักษณะอาหารเทียมที่ใช้เลี้ยงหนอนกระทุ้ง
- ค. ลักษณะการทำลายของหนอนกระทุ้ง
- ง. สภาพห้องปฏิบัติการเลี้ยงหนอนกระทุ้ง



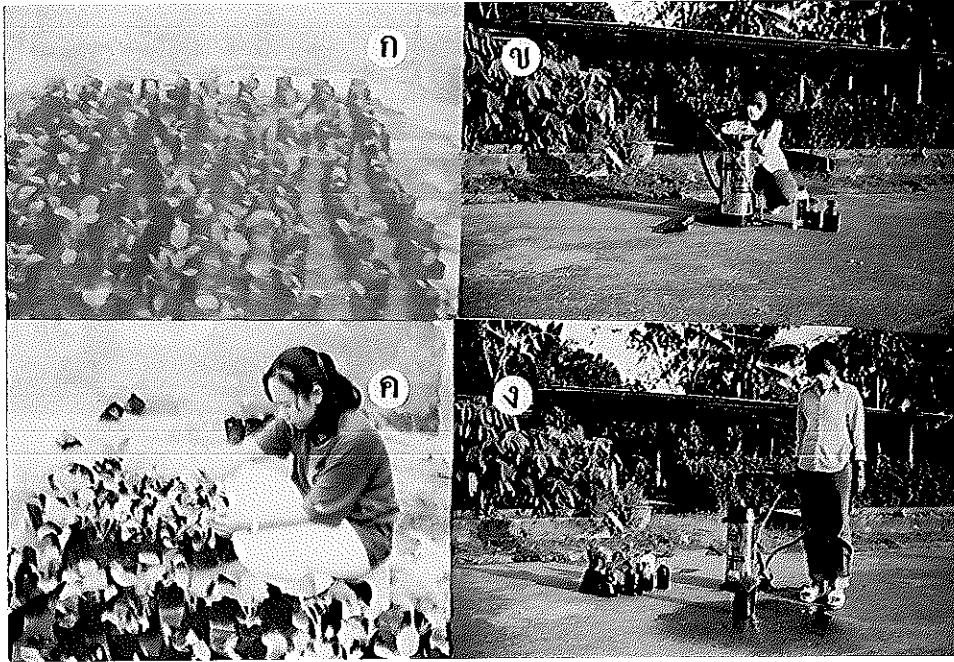
ภาพผนวกที่ 5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด

ก. เครื่อง microapplicator

ข. ลักษณะอาหารเทียม

ค. การทดสอบพิษทางการสัมผัสด้วยวิธีการ topical application method

ง. การนำอาหารที่ผสมสารทดสอบให้หนอนกระทู้ผักกิน



ภาพผนวกที่ 6 การทดสอบการลดจำนวนหนอนกระตุ้ค้กบนต้นพืช

- ก. สภาพโรงเรือนที่ใช้ทำการทดสอบ
- ข. การเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในการทดสอบ
- ค. การตรวจนับจำนวนหนอนกระตุ้ค้กวัยที่ 2 ก่อนการฉีดพ่น
- ง. การฉีดพ่นสารทดสอบ

สูตรอาหารเทียม

1. ถั่วเขียวบด	130.0	กรัม
2. wheat germ	43.3	กรัม
3. dry yeast	10.0	กรัม
4. methyl parayhydroxy benzoate	2.5	กรัม
5. sorbic acid	1.5	กรัม
6. ascorbic acid	3.0	กรัม
7. casein	3.0	กรัม
8. sucrose	1.0	กรัม
9. agar	13.0	กรัม
10. choline chloride	0.5	กรัม
11. น้ำกลั่น	750	มิลลิลิตร
12. formalin 40%	2.0	มิลลิลิตร
13. vitamin*	10.0	มิลลิลิตร
13.1 niacin	600	มิลลิกรัม
13.2 inositol	500	มิลลิกรัม
13.3 calcium panthothenate	600	มิลลิกรัม
13.4 thiamine	150	มิลลิกรัม
13.5 riboflavin	150	มิลลิกรัม
13.6 pyridoxin	150	มิลลิกรัม
13.7 folic acid	15	มิลลิกรัม
13.8 biotin	12	มิลลิกรัม
13.9 vitamin B ₁₂	2	มิลลิกรัม

หมายเหตุ vitamin stock* อัตราส่วนต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

ที่มา : ดัดแปลงจากสูตรของกรมวิชาการเกษตร (2534)

วิธีการเตรียมอาหารเทียม

1. ชั่งส่วนประกอบอาหารเทียมตามสูตร
2. แบ่งน้ำออกเป็น 2 ส่วน
 - 2.1 สำหรับเคี้ยววุ้น 400 มิลลิลิตร
 - 2.2 สำหรับปั่นอาหาร 350 มิลลิลิตร
3. ใส่ถั่วเขียวบด ซีสต์ wheat germ และ casein พร้อมน้ำลงในเครื่องปั่นอาหาร พร้อมกับใส่ formalin เป็นลำดับต่อมา แล้วเดินเครื่องปั่นอาหารประมาณ 2 นาที
4. นำ methyl parahydroxy benzoate และ sobic acid ไปละลายใน ethyl alcohol ในอัตรา 30 % w./v. แล้วนำมาเทลงในเครื่องปั่นอาหาร พร้อมเดินเครื่องปั่น 1 นาที
5. ใส่ sucrose และ choline chloride ลงไป เดินเครื่องปั่น 3 นาที
6. นำวุ้นไปเคี้ยวน้ำจนเคี้ยวแล้วปล่อยให้แห้งไว้ให้เหลืออุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
7. นำวุ้นที่ได้มาเทลงในเครื่องปั่นอาหาร (ควรเพิ่มระดับความแรงในการปั่น) ในขณะที่ปั่น เติม ascorbic acid และ vitamin stock ลงไปที่ละน้อยจนหมด
8. เมื่ออาหารเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว รีบเทใส่ภาชนะบรรจุอาหาร เมื่ออาหารเทียมแข็งตัว ทำการตัดชิ้นอาหารเทียมขนาดตามต้องการ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวปาริชาติ ปาลินทร์	
วัน เดือน ปีเกิด	5 มิถุนายน 2518	
วุฒิการศึกษา		
วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ครุศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา)	สถาบันราชภัฏมหาสารคาม	2540