



การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.)

เพื่อควบคุมหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.)

Study on the Efficacy of Seed Extracts from Tiam (*Azadirachta excelsa* Jack.)
for Diamondback Moth; *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera : Plutellidae) Control

ทิวา บุตรผา

Tiwa Butpha

Order Key	28304
BIB Key	176086

๖

เลขหมู่	SB๖๖๗.๖43 ๖๖๕ ๖๖๗ ๖๖๘
เลขทะเบียน	2,0 พ.ศ. 2543

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Entomology

Prince of Songkla University

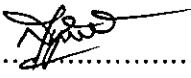
2543


(1)

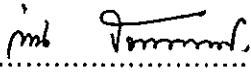
ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.) เพื่อควบคุมหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.)
ผู้เขียน นายทิวา บุตรผา
สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์

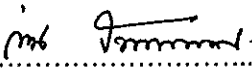
คณะกรรมการที่ปรึกษา

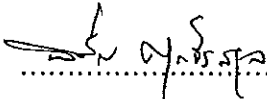
คณะกรรมการสอบ

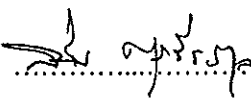

.....ประธานกรรมการ
(ดร.สุนทร พิพิชแสงจันทร์)

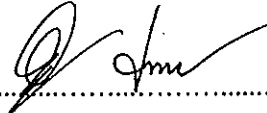

.....ประธานกรรมการ
(ดร.สุนทร พิพิชแสงจันทร์)

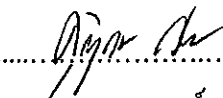

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ก้าน จันทร์พรหมมา)


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

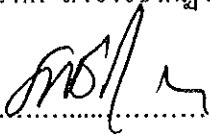

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สนั่น สุภธีรสกุล)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สนั่น สุภธีรสกุล)

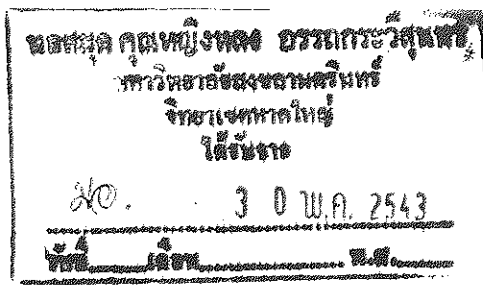

.....กรรมการ
(ดร.อรัญ งามส่องใส)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุภฤกษ์ วัฒนสิทธิ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาศึกษาศาสตร์


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

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.) เพื่อควบคุมหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.)

ผู้เขียน นายทิวา บุตรผา

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้จากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.) และสะเดาไทย (*A. indica* var. *siamensis* Vale.) ที่แห้งจำนวน 10 กิโลกรัม ที่สกัดด้วยวิธีการแช่ขุ่ย เมื่อสกัดด้วย n-hexane พบว่า ปริมาณน้ำมันที่ได้คือ 43.15 เปอร์เซ็นต์ และ 32.57 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสกัดด้วย methanol พบว่า ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้คือ 14.52 เปอร์เซ็นต์ และ 11.32 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์ค่า saponification value และ acid value ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างมีค่าเท่ากับ 163.07 และ 9.01 ส่วนน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมีค่าเท่ากับ 161.40 และ 4.55

ผลการทดสอบพิษทางการสัมผัสด้วยวิธีการ topical application บนหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) วัยที่ 2 พบว่า น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างมีค่า LC_{50} เท่ากับ 66,739.1 มิลลิกรัม/ลิตร และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างมีค่าเท่ากับ 16,298.4 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนสารเปรียบเทียบ พบว่า น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมีค่าเท่ากับ 53,738.4 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมีค่าเท่ากับ 17,243.8 มิลลิกรัม/ลิตร เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (ซูริไซค์® 16,000 IU/mg.) มีค่าเท่ากับ 52,056.4 มิลลิกรัม/ลิตร และสารฆ่าแมลงอะบาเมคติน (มาสเมค® สารออกฤทธิ์ 1.8 %) มีค่าเท่ากับ 81.3 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนการทดสอบบนหนอนใยผักวัยที่ 3 พบว่า น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างมีค่า LC_{50} เท่ากับ 46,366.7 มิลลิกรัม/ลิตร และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างมีค่าเท่ากับ 28,225.4 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนสารเปรียบเทียบ พบว่า น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมีค่าเท่ากับ 46,366.7 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมีค่าเท่ากับ 34,435.5 มิลลิกรัม/ลิตร สารซูริไซค์® มีค่าเท่ากับ 53,378.9 มิลลิกรัม/ลิตร และสารมาสเมค® มีค่าเท่ากับ 227.9 มิลลิกรัม/ลิตร

ผลการทดสอบพิษทางการกินด้วยวิธีการ leaf dipping พบว่า น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดา ช้างมีค่า LC_{50} เท่ากับ 45,289.5 มิลลิกรัม/ลิตร และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างมีค่า เท่ากับ 3,921.1 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่สารเปรียบเทียบ พบว่า น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมี ค่าเท่ากับ 65,053.0 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมีค่าเท่ากับ 12,008.7 มิลลิกรัม/ลิตร สารซูริไซค์[®] มีค่าเท่ากับ 32,145.9 มิลลิกรัม/ลิตร และสารมาสมัค[®] มีค่าเท่ากับ 44.2 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนการทดสอบบนหนอนใยผักกาดที่ 3 พบว่า น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดา ช้างมีค่า LC_{50} เท่ากับ 47,785.7 มิลลิกรัม/ลิตร และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างมีค่า เท่ากับ 5,136.2 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนสารเปรียบเทียบ พบว่า น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมีค่า เท่ากับ 71,167.5 มิลลิกรัม/ลิตร สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมีค่าเท่ากับ 19,188.5 มิลลิกรัม/ลิตร สารซูริไซค์[®] มีค่าเท่ากับ 38,607.9 มิลลิกรัม/ลิตร และสารมาสมัค[®] มีค่าเท่ากับ 112.8 มิลลิกรัม/ลิตร

ผลทดสอบการลดจำนวนประชากรหนอนใยผักกาดที่ 2 บนต้นผักกวางตุ้ง ด้วยการฉีดพ่น สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ระดับ ความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า สามารถลดจำนวนหนอนใยผักได้ 64 เปอร์เซ็นต์ และ 52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ส่วนผลการทดสอบการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก ด้วยการฉีดพ่นน้ำมันจากเนื้อ ในเมล็ดสะเดาช้างและน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย พบว่า สามารถยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อ ได้ 49.17 เปอร์เซ็นต์ และ 37.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Thesis Title Study on the Efficacy of Seed Extracts from Tiam (*Azadirachta excelsa* Jack.) for Diamondback Moth; *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera : Plutellidae) Control

Author Mr. Tiwa Butpha

Major Program Entomology

Academic Year 2000

Abstract

A study on the quantitative characteristics of crude extracts from Tiam (*Azadirachta excelsa* Jack.) compared with Thai neem (*A. indica* var. *siamensis* Vale.), using 10 kilograms of dry seed kernels. Yields from maceration method in n-hexane extracts were 43.15 % and 32.57 % and methanolic 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 from Thai neem were 161.40 and 4.55.

The result of contact toxicity was evaluated by topical application method on 2nd instar larvae of diamondback moth (*Plutella xylostella* L.). The oil from Tiam showed of the LC₅₀ was 66,739.1 mg./l. and crude extract from Tiam was 16,298.4 mg./l., compared with the oil from Thai neem was 53,738.4 mg./l., crude extract from Thai neem was 17,243.8 mg./l., *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®] 16,000 IU/mg.) was 52,056.4 mg./l. and abamectin (Masmec[®] 1.8 % ai.) was 81.3 mg./l. Result of tests on 3rd instar larvae, with oil from Tiam the LC₅₀ was 46,366.7 mg./l. and crude extract from Tiam was 28,225.4 mg./l., compared with oil from Thai neem with the LC₅₀ was 46,366.7 mg./l., crude extract from Thai neem was 34,435.5 mg./l., Thuricide[®] was 53,378.9 mg./l. and Masmec[®] was 227.9 mg./l.

Feeding toxicity was evaluate by the leaf dipping method trials on the 2nd instar larvae of diamondback moth . The oil from Tiam gave in the LC₅₀ of 45,289.5 mg./l. and the crude extract from Tiam was 3,921.1 mg./l., compared with oil from Thai neem at 65,053.0 mg./l., crude extract from Thai neem at 12,008.7 mg./l., Thuricide[®] at 32,145.9 mg./l. and Masmec[®] at 44.2 mg./l. With the tests on the 3rd instar larvae, oil from Tiam gave in the LC₅₀ of 47,785.7 mg./l. and crude extract from Tiam at 5,136.2 mg./l., compared with oil from Thai neem at 71,167.5 mg./l., crude extract from Thai neem at 19,188.5 mg./l., Thuricide[®] at 38,607.9 mg./l. and Masmec[®] at 112.8 mg./l.

The tests of reducing population was evaluated with 2nd instar larvae of diamondback moth on chinese kale by spraying application. Crude extracts from Tiam and Thai neem at 30,000 mg./l. show reduced the population 64 % and 52 %, respectively.

Antioviposition effect was evaluated with diamondback moth eggs on chinese kale by spraying application. The oil from Tiam and Thai neem can deterrent the female moth layed eggs about 49.17 % and 37.68 %, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความกรุณาจากบุคลากร และหน่วยงาน ฝายต่างๆ ดังนี้

ดร.สุนทร พิพิธแสงจันทร์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้คำปรึกษาในเรื่องการเรียน จนกระทั่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

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

ผศ.ดร.สนั่น สุภธีรสกุล กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำปรึกษา แนะนำเกี่ยวกับการ สกัดสาร และอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ใน กระบวนการสกัด

รศ.ศุภฤกษ์ วัฒนสิทธิ์ และ ดร.อรัญงาม ผ่องใส กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้แนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องเพิ่มเติมในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

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

คุณปาริชาติ ปาตินทร และคุณทิพาวรรณ ทองเจือ ผู้ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลืออย่าง ดียิ่ง จนทำให้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

คุณสุระพงศ์ สายบุญ ผู้ให้คำปรึกษา ให้ความร่วมมือ และความช่วยเหลือด้วยดีมาโดย ตลอด

คุณปัทมาพร อินสุวรรณโร และคุณสิริพร สุขตุก ผู้ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือเกี่ยวกับ งานเอกสาร งานสารบรรณ และแบบฟอร์มต่างๆ

คุณสุภาพ จันทร์ตัน และคุณจำลอง ชูกำเนิด ผู้ให้คำแนะนำ และสนับสนุนเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ในการทำวิจัย

คุณนิวรรณ แทนมณี เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือกลางคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ผู้ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือเกี่ยวกับเครื่องมือ และอุปกรณ์ในกระบวนการสกัดสาร และคุณมณฑา ซาดีทา ผู้ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการจัดพิมพ์ข้อมูลต่างๆ

คุณดวงจันทร์ เกรียงสุวรรณ ผู้ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการนำเสนอสัมมนา ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ และภาควิชาเภสัชเวทและเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการใช้สถานที่และห้องปฏิบัติการตลอดโครงการวิจัย

สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สถาบันที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย จากสำนักงานประมาณปี 2540-2541 จึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

กราบขอบพระคุณ คุณยายทองม้วน ศรีสวัสดิ์ คุณบุญเส็ง บุตรผา คุณทองหล่อ บุตรผา และคุณลดาพรรณ บุตรผา ผู้ให้การอบรม สั่งสอน ให้การสนับสนุนในการศึกษา และให้กำลังใจ ด้วยดีเสมอมา ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ในการช่วยเหลือและสนับสนุนจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ทิวา บุตรผา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(3)
Abstract.....	(5)
กิตติกรรมประกาศ.....	(7)
สารบัญ.....	(9)
รายการตาราง.....	(10)
รายการตารางภาคผนวก.....	(12)
รายการภาพประกอบ.....	(19)
รายการภาพผนวก.....	(20)
บทที่	
1 บทนำ.....	1
บทนำต้นเรื่อง.....	1
การตรวจเอกสาร.....	4
วัตถุประสงค์.....	33
2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ.....	34
3 ผลและวิจารณ์.....	46
4 สรุป.....	78
5 เอกสารอ้างอิง.....	81
6 ภาคผนวก.....	90
7 ประวัติผู้เขียน.....	145

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1	รายชื่อพืชที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันและกำจัดหนอนใยผัก.....13
2	แสดงปริมาณของสารสกัดที่ได้จากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและเนื้อใน เมล็ดสะเดาไทยที่สกัดด้วย n-hexane และ methanol โดยใช้วิธีการแช่เย็น.....46
3	แสดงค่า saponification value และ acid value ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ด สะเดาข้างและน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยที่สกัดด้วย n-hexane49
4	ค่า saponification value และ acid value ของไขมันชนิดต่างๆ ที่กำหนด ด้วย U.S.P.51
5	ปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันจากเมล็ดสะเดาข้างและน้ำมันจากเมล็ด สะเดาไทยที่สกัดด้วย n-hexane โดยใช้วิธีการแช่เย็น.....52
6	ค่า LC_{50} และ LC_{95} ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 ที่ทดสอบ ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ.....57
7	ค่า LC_{50} และ LC_{95} ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 3 ที่ทดสอบ ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ.....58
8	ค่า LC_{50} และ LC_{95} ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 ที่ทดสอบ ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ.....59
9	ค่า LC_{50} และ LC_{95} ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 3 ที่ทดสอบ ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ.....60
10	ค่า LC_{50} ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 และ 3 ที่ทดสอบ ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity) และพิษทาง การกิน (feeding toxicity) ที่เวลา 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ.....67

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
11 แสดงจำนวนเฉลี่ยที่พบและจำนวนเฉลี่ยที่ลดลงของหนอนใยฝักวัยที่ 2 หลังการฉีดพ่นสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่เวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง.....	71
12 แสดงจำนวนเฉลี่ยไข่ที่วางและจำนวนเฉลี่ยไข่ที่ลดลงของผีเสื้อหนอนใย ผักที่วางบนต้นผักกวางตุ้งหลังจากการฉีดพ่นน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่เวลา 24 ชั่วโมง.....	75

รายการตารางผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า
1 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของ หนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	90
2 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อใน เมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการ ทดสอบพิษ ทางการสัมผัส (contact toxicity).....	91
3 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผัก วัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	92
4 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อใน เมล็ดสะเดาไทยของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของ หนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	93
5 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของ หนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	94
6 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อใน เมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการ ทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	95
7 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของหนอนใยผัก วัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	96

รายการตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
8 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	97
9 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	98
10 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	99
11 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง abamectin (Masmecc®) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	100
12 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง abamectin (Masmecc®) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	101
13 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)	102
14 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	103

รายการตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
15 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	104
16 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	105
17 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	106
18 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	107
19 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	108
20 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	109
21 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	110

รายการตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
22 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide [®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	111
23 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec [®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	112
24. แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec [®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity).....	113
25 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	114
26 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	115
27 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	116
28 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	117

รายการตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
29 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของ หนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	118
30 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อใน เมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการ ทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	119
31 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของหนอนใยผัก วัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	120
32 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ด สะเดาช้างต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบ พิษทางการกิน (feeding toxicity).....	121
33 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide [®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการ กิน (feeding toxicity)	122
34 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide [®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	123

รายการตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
35 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec [®]) ต่อการตายของ หนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธี การทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	124
36 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec [®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	125
37 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของ หนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	126
38 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อใน เมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการ ทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	127
39 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนใยผัก วัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	128
40 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทย ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการ กิน (feeding toxicity).....	129
41 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของ หนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	130

รายการตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
42 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อใน เมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	131
43 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของหนอนใยผัก วัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	132
44 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดา ช้าง ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทาง การกิน (feeding toxicity).....	133
45 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide [®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการ กิน (feeding toxicity).....	134
46 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (Thuricide [®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	135
47 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec [®]) ต่อการตายของหนอน ใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity).....	136
48 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec [®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบ พิษทางการกิน (feeding toxicity).....	137

รายการภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
1 สูตรโครงสร้างของสารนำแมลง abamectin.....	9
2 แสดงลักษณะผล ใบ และดอกของสะเดาช้าง (<i>A. excelsa</i> Jack.).....	30
3 สูตรโครงสร้างของสาร azadirachtin.....	32
4 สูตรโครงสร้างของสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol.....	32
5 ขั้นตอนการเตรียมส่วนสกัดของสะเดาช้างและสะเดาไทย.....	35
6 ขั้นตอนการสกัดสารออกฤทธิ์จากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างและเนื้อ ในเมล็ดสะเดาไทย.....	38
7 ลักษณะการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ที่ทดสอบพิษทางการกิน ด้วยสารทดสอบต่างๆ ที่เวลา 72 ชั่วโมง หลังการทดสอบ.....	61
8 แสดงปฏิกิริยา hydrolysis ของสาร glucosinolate ในพืชตระกูลกะหล่ำ.....	62
9 แสดงดักแด้ที่ผิดปกติเนื่องจากการทดสอบพิษทางการกินด้วยสาร สกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ในหนอนใยผักวัยที่ 2 ที่ทำ การศึกษาต่อ.....	68
10 แสดงดักแด้ที่ผิดปกติเนื่องจากการทดสอบพิษทางการกินด้วยสาร สกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ในหนอนใยผักวัยที่ 3 ที่ทำ การศึกษาต่อ.....	69
11 แสดงตัวเต็มวัยที่ผิดปกติเนื่องจากการทดสอบพิษทางการกินด้วยสาร สกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ในหนอนใยผักวัยที่ 3 ที่ทำ การศึกษาต่อ.....	70

รายการภาพผนวก

ภาพผนวกที่	หน้า
1 ลักษณะของสะเคาข้างและสะเคาไทย.....	138
2 ลักษณะของเมล็ดสะเคาข้างและเมล็ดสะเคาไทย.....	139
3 วัฏจักรชีวิตของหนอนใยผัก.....	140
4 การเลี้ยงเพิ่มปริมาณหนอนใยผัก.....	141
5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด.....	142
6 การทดสอบการลดจำนวนประชากรหนอนใยผักบนต้นพืช.....	143
7 การทดสอบการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก.....	144

บทที่ 1

บทนำ

บทนำด้านเรื่อง

แมลงเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่สำคัญมากในการทำให้ผลผลิตทางการเกษตรของมนุษย์ลดลง เนื่องจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช มนุษย์ได้พยายามศึกษาเกี่ยวกับแมลงและวิธีการในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชมาเป็นเวลานาน ในอดีตมนุษย์มีแนวคิดที่จะทำลายแมลงศัตรูพืชให้หมดไปจากโลกนี้ แต่จากความพยายามทั้งหมดของนักวิทยาศาสตร์ และนักกีฏวิทยา ไม่สามารถที่จะทำให้แมลงสูญพันธุ์ไปจากโลกได้ ในปัจจุบันมนุษย์จึงหันมาใช้วิธีการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายในระดับเศรษฐกิจแก่ผลผลิตทางการเกษตร

พืชตระกูลกะหล่ำ (crusifers) เป็นพืชอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นพืชที่นิยมปลูกมากในประเทศไทย ซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิด เช่น กะหล่ำปลี คะน้า ผักกาดขาวปลี ผักกาดเขียวปลี ผักกวางตุ้ง และกะหล่ำดอก โดยมีการปลูกเป็น 2 แบบคือ แบบที่ 1 การปลูกแบบสวนครัว ซึ่งเป็นการปลูกเพื่อการบริโภคภายในครอบครัว และแบบที่ 2 การปลูกแบบการค้า เป็นสวนผักที่ปลูกเพื่อตลาดการบริโภคสดหรือส่งโรงงานแปรรูป โดยการปลูกเพื่อการค้าจะมีการปลูกอย่างต่อเนื่องตลอดปี ซึ่งส่งผลให้แมลงศัตรูพืชเกิดการระบาดอยู่เสมอ ในปี พ.ศ. 2533/34 กรมส่งเสริมการเกษตรรายงานว่า มีพื้นที่การเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรจากพืชตระกูลกะหล่ำดังกล่าวในประเทศไทยทั้งหมด 258,937 ไร่ โดยแบ่งเป็นภาคเหนือ 92,867 ไร่ ภาคตะวันออก 9,027 ไร่ ภาคตะวันตก 27,229 ไร่ ภาคกลาง 43,995 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 64,203 ไร่ และภาคใต้ 21,616 ไร่ ในภาคใต้ผักคะน้าเป็นพืชที่นิยมปลูกมากที่สุด โดยมีพื้นที่ปลูก 8,991 ไร่ และจังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นจังหวัดที่มีการปลูกมากที่สุดคือ 2,905 ไร่ รองลงมาคือจังหวัดชุมพร 1,643 ไร่ ส่วนผักกวางตุ้งมีพื้นที่ปลูก 5,335 ไร่ โดยจังหวัดสงขลาปลูกมากที่สุดจำนวน 808 ไร่ รองลงมาคือจังหวัดนครศรีธรรมราช 570 ไร่ นอกจากนี้ในภาคใต้ยังมีพื้นที่ปลูกผักกาดเขียวปลี 3,461 ไร่ ผักกาดขาวปลี 2,114 ไร่ กะหล่ำดอก 1,206 ไร่ และกะหล่ำปลี 391 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2534)

ปัญหาหลักของเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชตระกูลกะหล่ำคือ แมลงศัตรูพืช ซึ่งมีหลายชนิด แต่แมลงศัตรูพืชที่สำคัญได้แก่ หนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) หนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*) หนอนกระทู้หอม (*S. exigua*) หนอนคืบกะหล่ำ (*Phytometra ni*) และหนอนเจาะยอดกะหล่ำ (*Hellula undalis*) เป็นต้น (สุรไกร, 2540) ในปัจจุบันแมลงศัตรูพืชที่สร้างความเสียหายให้แก่ผลผลิตมากที่สุด คือ หนอนใยผัก

ดังนั้นจึงมีการใช้สารฆ่าแมลงควบคุมหนอนใยผักอย่างกว้างขวาง เช่น ในระหว่างปี พ.ศ. 2508-2511 ได้มีการทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลง malathion, mevinphos, endrin, naled, azinphos-ethyl และ cabaryl ในเขตภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งพบว่านอกจากสารฆ่าแมลง cabaryl แล้ว สารดังกล่าวมาสามารถใช้ควบคุมหนอนใยผักได้ดี ในปี พ.ศ. 2512 ได้มีการนำสารฆ่าแมลง quinalphos เข้ามาใช้ในประเทศไทย โดยนำเข้ามาใช้ในภาคกลาง ในปี พ.ศ. 2514 มีการนำสารฆ่าแมลง parathion เข้ามาใช้ ในปี พ.ศ. 2515 ได้มีการนำสารฆ่าแมลง methamidophos, methomyl และ acephate มาทดสอบใช้ในการควบคุมหนอนใยผักโดยผลปรากฏว่าสารฆ่าแมลง methomyl มีประสิทธิภาพในการควบคุมเป็นที่น่าพอใจ และในปี พ.ศ. 2516 มีการนำเอาเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ที่ผลิตเป็นการค้าในชื่อว่า Dipel[®] เข้ามาควบคุมหนอนใยผักในประเทศไทยอย่างได้ผลเช่นกัน (Rushtapakornchai and Vattanatangum, 1986)

สารฆ่าแมลงกลุ่มสารไพรีทรอยด์สังเคราะห์นำเข้ามาใช้ครั้งแรกในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2519 คือสารฆ่าแมลง fenvalerate และ permethrin พบว่าสามารถควบคุมหนอนใยผักได้ดี ต่อมามีการนำสารฆ่าแมลง cypermethrin และ deltamethrin เข้ามาใช้ควบคุมอย่างได้ผลเช่นกัน แต่ในช่วง ปี พ.ศ. 2525-2527 ก็พบว่าสารฆ่าแมลง ทั้ง 4 ชนิดไม่สามารถควบคุมหนอนใยผักได้ จึงมีการนำเอาสารฆ่าแมลง profenophos ซึ่งเป็นสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกลับเข้ามาใช้อีกและพบว่า สามารถควบคุมหนอนใยผักได้ดี แต่หลังจากนั้น 6 ปีต่อมาก็พบว่าหนอนใยผักสามารถสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง ดังกล่าว (สุรไกร และอริญ, 2537)

ปัจจุบันการผลิตผักในประเทศไทยมิได้ผลิตเพียงเพื่อการบริโภคภายในครอบครัวหรือภายในประเทศเท่านั้น ผักหลายชนิดเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ และความต้องการของผู้บริโภคคือ จะต้องสมบูรณ์ทั้งคุณภาพและสุขอนามัย ซึ่งเรียกผักดังกล่าวว่าเป็น “ ผักอนามัย ” ดังนั้นการผลิตผักในปัจจุบันจึงได้มีการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้าร่วมในกระบวนการผลิต เพื่อลดการใช้แรงงาน ประหยัดเวลา ตลอดจนเป็นการเพิ่มคุณภาพของผลผลิต โดยมีการเกษตรกรรมที่ดี มีการเพาะปลูกและการดูแลรักษาที่ถูกต้อง ตลอดจนมีการจัดการที่ดีหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งหลักการดังกล่าวเรียกว่า good agricultural practice (GAP) จากหลักการนี้ สารฆ่าแมลงเป็นปัจจัยหนึ่ง

มีผลในการกำหนดปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ถ้าผักที่ปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากเท่าใด ย่อมก่อให้เกิดความสนใจของผู้บริโภค และผู้ประกอบการธุรกิจต่อเนื่องมากขึ้นเท่านั้น (ปวีณา, 2541)

จากสภาพปัญหาต่างๆ และความต้องการของผู้บริโภคจึงได้มีการศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชเพื่อควบคุมหนอนใยผัก เช่น สารสกัดจากใบและเมล็ดน้อยหน่า ลำต้นได้ค้นพบว่า น้ำ ใบ และลำต้นฟ้าทะลายโจร เมล็ดคำแสด ใบขี้เหล็กอเมริกัน ใบเทียนหยด ใบผลากรองป่า ใบและลำต้นไมยราบไร้หนาม เมล็ดมะกั้วาหนุ ใบประยงค์ ลำต้นตระไคร้ เหง้าชิง เหง้าข่า รากโล่ตีน ใบสาบเสือ และใบและเมล็ดสะเดา (นิรนาม, 2541; Roongsook, 1992)

ปัจจุบันสะเดาเป็นพืชที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะเมล็ดสะเดา สะเดาอยู่ในวงศ์ (family) Meliaceae วงศ์ย่อย (subfamily) Meliodeae และอยู่ในเผ่า (tribe) Melieae จากการรายงานของ ขวัญชัย (2540) พบว่าสะเดาในประเทศไทยมีอยู่ 3 ชนิด คือ สะเดาอินเดีย (*Azadirachta indica* A. Juss.) สะเดาไทย (*A. indica* var. *siamensis* Vale.) ซึ่งพบมากในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยสารออกฤทธิ์และสารประกอบหลักของสะเดาอินเดียและสะเดาไทย คือ azadirachtin จะไปมีผลในการยับยั้งการกินและการลอกคราบของแมลงศัตรูพืช ส่วนอีกชนิดหนึ่งคือ สะเดาช้างหรือไม้เทียม (*A. excelsa* Jack.) ซึ่งพบมากในภาคใต้ของประเทศไทยเท่านั้น

เนื่องจากประเทศไทยยังขาดการศึกษาถึงคุณสมบัติและการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากสะเดาช้าง ซึ่งพบมากในภาคใต้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงแนวทางในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรพืชท้องถิ่นภาคใต้ เพื่อใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชคือ หนอนใยผักอย่างปลอดภัยต่อเกษตรกรและสิ่งแวดล้อม

บทตรวจเอกสาร

ตลอดระยะเวลา 50 ปีที่ผ่านมา มนุษย์เริ่มรู้จักการนำสารเคมีมาใช้ในการฆ่าแมลงศัตรูพืช และการใช้สารฆ่าแมลง ดังกล่าวได้เพิ่มมากขึ้น ตลอด 2-3 ทศวรรษที่ผ่านมา ซึ่งในปัจจุบันทั่วโลกกำลังประสบปัญหาเนื่องจากการใช้สารฆ่าแมลง ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ก่อให้เกิดปัญหามากมายตามมา เช่น ปัญหาแมลงสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง ปัญหาพิษตกค้างของสารฆ่าแมลง ในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ห่วงโซ่อาหารและสิ่งแวดล้อม ซึ่งในอดีตมนุษย์เคยได้รับประโยชน์มากมายจากการใช้สารฆ่าแมลงอย่างมีประสิทธิภาพต่อผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรจนทำให้มีความต้องการใช้สารฆ่าแมลงเพิ่มมากขึ้น แต่ในปัจจุบันกลับพบว่า สารฆ่าแมลงเหล่านั้นกลับมีประโยชน์น้อยลง และมีความจำเป็นที่จะต้องคิดค้นหาสารฆ่าแมลงชนิดใหม่เพิ่มขึ้น กล่าวคือ แมลงศัตรูพืชต่างๆ มีความสามารถที่จะสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงในอดีตเหล่านั้นได้ จนกระทั่งในปัจจุบันพบว่า มีแมลงมากกว่า 250 ชนิด ที่มีความสามารถในการสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง (ขวัญชัย, 2540; สุภาณี, 2540)

1. ชีววิทยาของหนอนใยผัก

หนอนใยผัก (diamondback moth) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Plutella xylostella* L. จัดอยู่ในวงศ์ Plutellidae อันดับ Lepidoptera เป็นแมลงศัตรูพืชที่สามารถสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง ได้อย่างรวดเร็ว หนอนใยผักจะสร้างความเสียหายให้แก่พืชผักตระกูลกะหล่ำพบว่าหนอนใยผักจะระบาดมากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หนอนใยผักมีวัฏจักรชีวิตที่สั้นและมีการระบาดอย่างรวดเร็ว ตัวหนอนจะกัดกินใบผักให้เป็นรูหรือกัดกินผิวใบทางด้านล่างเหลือแต่เยื่อบางๆ ทางด้านบนของใบ ผักคะน้าและผักกะหล่ำปลีเป็นพืชที่ถูกหนอนใยผักเข้าทำลายมากที่สุด โดยตัวหนอนจะกัดกินใบคะน้าหรือใบที่หุ้มหัวกะหล่ำปลี การระบาดของหนอนใยผักพบรุนแรงมากในช่วงฤดูหนาวต่อฤดูแล้ง โดยในระยะนี้ความชื้นในอากาศน้อย แม้ในฤดูฝนจะมีการระบาดบ้างแต่ไม่รุนแรงมากนัก (สุรไกร และอรุณ, 2537)

ผีเสื้อหนอนใยผักเพศเมียจะวางไข่เป็นฟองเดี่ยวๆ หรือเป็นกลุ่มเล็กๆ โดยจะวางที่ใต้ใบพืช ไข่จะมีขนาดเล็ก ยาวประมาณ 0.5 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.25 มิลลิเมตร ลักษณะแบน สีเหลืองอ่อนเป็นมัน ระยะไข่จะมีอายุประมาณ 2-3 วัน (สุภาณี และคณะ, 2532)

ไข่จะฟักออกเป็นตัวหนอนมีขนาดยาวประมาณ 1.2 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง ลำตัว 0.8 มิลลิเมตร ตัวหนอนมีสีเขียว ลำตัวแถบและยาว เคลื่อนที่ได้รวดเร็ว ความยาวของตัวหนอนที่โตเต็มที่ประมาณ 8.0-11.0 มิลลิเมตร หัวและท้ายลำตัวแหลม ส่วนท้ายมีปุ่มยื่นออกเป็นสองแฉก เมื่อตัวหนอนถูกรบกวนจะสร้างใยใช้ชักพาลำตัวขึ้นและลงจากพื้นดินกับใบพืชได้ โดยตัวหนอนมี 4 วัย อายุประมาณ 7-14 วัน โดยหนอนวัยที่ 1 มีอายุ 1-3 วัน วัยที่ 2 มีอายุ 2-4 วัน วัยที่ 3 มีอายุ 2-3 วัน และวัยที่ 4 มีอายุ 2-3 วัน จึงจะเข้าดักแด้ ดักแด้มีความยาวประมาณ 5-6 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 12.0-15.0 มิลลิเมตร มีเส้นใยสีขาวห่อหุ้ม ดักแด้จะอยู่บริเวณเส้นใบและเส้นกลางใบของใบพืช เมื่อดักแด้มีอายุประมาณ 3-5 วันก็จะเจริญเป็นตัวเต็มวัย (Pipithsangchan, 1993)

ตัวเต็มวัยของหนอนใยผักเป็นผีเสื้อกลางคืน ขนาดเล็ก ลำตัวแถบมีหนดแบบเส้นด้าย (filiform) ยืนชี้ตรงไปข้างหน้า แต่ละปล้องมีสีดำสลับขาว ปีกยาว 5.0-9.0 มิลลิเมตร กว้าง 1.0-1.5 มิลลิเมตร ปีกคู่หลังรูปร่างคล้ายใบหอก สีดำและมีขนรอบขอบปีก ตัวผู้มีปีกคู่หน้าสีเทาและมีรอยสีเทาทางด้านบนของปีกคู่หน้า ปลายปีกมีจุดสีดำเล็กๆ และมีแถบสีเหลืองที่ขอบปีกด้านใน ส่วนตัวเมียจะไม่มีแถบสีเหลืองที่ขอบปีกด้านในของปีกคู่หน้า ส่วนปีกคู่หลังมีสีดำทั้งสองเพศ อายุของตัวเต็มวัยของหนอนใยผักเพศผู้ประมาณ 5.7 วัน ส่วนเพศเมียอายุประมาณ 5.1 วัน (สุภาณี และคณะ, 2532)

2. การใช้สารฆ่าแมลงและสารฆ่าแมลง abamectin ในการควบคุมหนอนใยฝัก

ประเทศไทยตั้งอยู่ในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น หนอนใยฝักเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญในแปลงปลูกฝัก โดยเฉพาะฝักตระกูลกะหล่ำ ทำให้เกษตรกรต้องใช้สารฆ่าแมลงอย่างต่อเนื่องในการป้องกันกำจัด Vattanatangum (1978) ทำการสำรวจ พบว่ามากกว่า 31 เปอร์เซ็นต์ของพืชฝักตระกูลกะหล่ำถูกทำลายโดยหนอนใยฝัก เนื่องจากมีการระบาดของหนอนใยฝัก จึงส่งผลให้เกษตรกรใช้สารฆ่าแมลงกันอย่างกว้างขวาง ในระหว่างปี พ.ศ. 2507-2527 มีการนำสารฆ่าแมลงทุกกลุ่มมากกว่า 29 ชนิดมาใช้กับหนอนใยฝักในประเทศไทย ได้แก่ กลุ่ม organochlorines, organophosphates, carbamates, synthetic pyrethroids และ insect growth regulator จากการใช้สารฆ่าแมลงเพียงวิธีเดียวติดต่อกันเป็นเวลานาน เป็นสาเหตุทำให้หนอนใยฝักสามารถสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงและเกิดการระบาดอย่างรุนแรงในทุกพื้นที่ที่มีการปลูกฝักตระกูลกะหล่ำ (Rushtapakornchai and Vattanatangum, 1986) จนกระทั่งเกษตรกรเริ่มมีปัญหาเกี่ยวกับการสร้างความต้านทานของหนอนใยฝักต่อสารฆ่าแมลงที่ใช้ ทำให้มีการศึกษาถึงการสร้างความต้านทานของหนอนใยฝักในสายพันธุ์ต่างๆ ที่พบในประเทศไทยต่อสารฆ่าแมลง (Sinchaisri, 1990) โดยทำการคัดเลือกหนอนใยฝัก 9 สายพันธุ์ที่พบในประเทศไทยคือ สายพันธุ์เชียงใหม่ (CMS) สายพันธุ์ลำพูน (LPS) สายพันธุ์ขอนแก่น (KHS) สายพันธุ์โคราช (KCS) สายพันธุ์บางบัวทอง (BBS) สายพันธุ์บางแค (BKS) สายพันธุ์ทับหลวง (TLS) สายพันธุ์กาญจนบุรี (KRS) และสายพันธุ์เพชรบุรี (PCS) จากการศึกษาพบว่า สายพันธุ์บางแค แสดงความสามารถต้านทานต่อสารฆ่าแมลง เช่น phenthoate, cypermethrin, teflubenzuron นอกจากนั้นยังพบว่าหนอนใยฝักยังสามารถสร้างความต้านทานข้าม (cross resistance) ต่อสารฆ่าแมลงกลุ่ม acylurea เช่น chlorfluazuron, flufenoxuron, hexaflumuron และ diflubenzuron (Ismail and Wright, 1991; Furlong and Wright, 1994)

ในการป้องกันและกำจัดหนอนใยฝักนั้น ปัจจุบัน abamectin เป็นสารฆ่าแมลงอีกชนิดหนึ่งที่เกษตรกรนิยมใช้ป้องกันและกำจัดหนอนใยฝัก โดยมีสารออกฤทธิ์คือ avermectin B_{1a} 80% และ avermectin B_{1b} 20% ซึ่งเป็นสารที่ได้จากกระบวนการหมักของเชื้อรา *Streptomyces avermitilis* โดยสารทั้ง 2 ชนิด เป็นสารกลุ่ม macrocyclic lactone (ภาพที่ 1) สารฆ่าแมลง abamectin ยังเป็นสารที่สามารถควบคุมศัตรูพืชได้หลายชนิด (broad spectrum) โดยเฉพาะสามารถควบคุมหนอนใยฝักได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2537; สมาคมไทย-ผู้ประกอบการธุรกิจเคมีเกษตร, 2537; Brooks and Uden, 1995)

ปัจจุบันได้มีการผลิตสารลอกเลียนแบบสาร avermectin B มีชื่อว่า MK-243 หรือ emamectin hydrochloride (4-epi-methylamino-4-deoxyavermectin hydrochloride) และ MK-244 หรือ emamectin benzoate (4-epi-methylamino-4-deoxyavermectin benzoate) จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารลอกเลียนแบบทั้ง 2 ชนิด ผลปรากฏว่า MK-243 และ MK-244 มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนผีเสื้อ southern armyworm (*Spodoptera eridania*) ดีกว่า methomyl, thiodicarb และ fenvalerate (Dybas *et al.*, 1989)

abamectin เป็นสารฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันกำจัดแมลงและไรศัตรูพืช (Lasota and Dybas, 1991) และยังพบว่าสารฆ่าแมลง abamectin ยังมีพิษต่อหนอนใยผัก (Abro *et al.*, 1988) และถูกผลิตขึ้นในรูปการค้าเพื่อใช้ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Leibee *et al.*, 1995) นอกจากสารฆ่าแมลง abamectin แล้ว สารฆ่าแมลง emamectin benzoate ก็เป็นสารฆ่าแมลงอีกชนิดหนึ่งที่สามารถควบคุมหนอนใยผักได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสารชนิดนี้ถูกผลิตขึ้นในรูปของการค้าและใช้อย่างกว้างในประเทศสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น เพื่อใช้ควบคุมหนอนใยผัก (Leibee *et al.*, 1995)

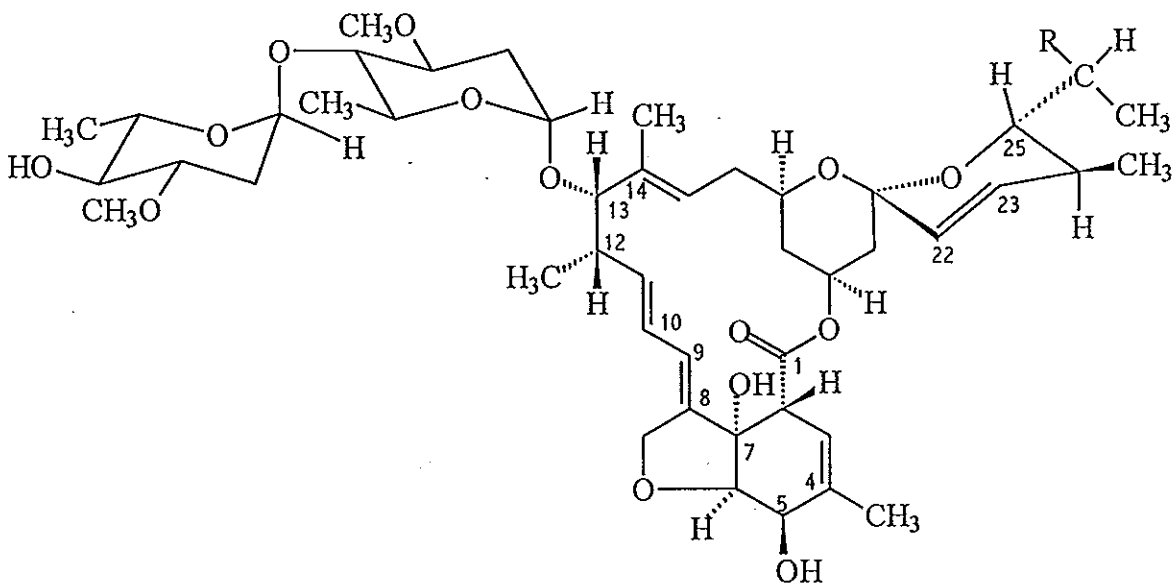
Lasota และ คณะ (1996) ทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลง abamectin และสารลอกเลียนแบบ MK-243 ในสภาพแปลงปลูกในพื้นที่ต่างกัน 17 แห่ง พบว่า สารทั้ง 2 ชนิดมีผลทำให้อัตราการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 มีเพิ่มมากขึ้น โดยสารฆ่าแมลง abamectin และสารลอกเลียนแบบ MK-243 มีค่า LC_{50} ของสารออกฤทธิ์ (active ingredient, ai) เท่ากับ 0.4-44.0 มิลลิกรัม(ai)/มิลลิลิตร และ 0.2-8.0 มิลลิกรัม(ai)/มิลลิลิตร ขณะที่สารฆ่าแมลง methomyl และ permethrin กลับพบว่า จำนวนประชากรหนอนใยผักส่วนใหญ่สามารถสร้างความต้านทานต่อสารทั้ง 2 ชนิดได้ ในทางตรงกันข้ามกับสารฆ่าแมลง abamectin และสารลอกเลียนแบบ MK-243 ซึ่งหนอนใยผักไม่สามารถแสดงความต้านทานต่อสารทั้ง 2 ชนิดได้

แต่ในปัจจุบันนี้มีแมลงหลายชนิดที่สามารถสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง abamectin เช่น แมลงวันบ้าน (*Musca domestica*) (Geden *et al.*, 1990) คีว่ง colorado potato beetle (*Leptinotarsa cemlineata*) (Scott, 1989) ไรแดงสองจุด twospotted spider mite (*Tetranychus urticae*) และ หนอนใยผัก (Campos *et al.*, 1996)

Yu and Nguyen (1996) ได้ทำการศึกษาถึงการสร้างความต้านทานของหนอนใยผัก ที่มีต่อสารฆ่าแมลงกลุ่ม organophosphorus, carbamate, cyclodiene, chloronicotiny, avermectin (abamectin) และ microbial insecticide (*B. thuringiensis*) พบว่าหนอนใยผักมีเอนไซม์ที่ช่วยในกระบวนการ detoxification เช่น microsomal oxidases (epoxidases, hydroxylases, sulfoxidases, N-demethylases และ O-dealkylases), glutathione-S-transferases (DCNB, CPNB และ PNPA conjugation), hydrolases (general esterases, carboxylesterase, β -glucosidase, acetylcholinesterase และ carboxylamidase), reductases (juglone reductase และ cytochrome C reductase), cytochrome P450 และ cytochrome b5 นอกจากนี้สารต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว หนอนใยผักยังสามารถสร้างความต้านทานต่อสาร piperonyl butoxide ซึ่งเป็นสารยับยั้งการสร้างเอนไซม์ microsomal oxidases (microsomal oxidases inhibitor) และสาร S,S,S-tributyl phosphotriothioate ซึ่งเป็นสารยับยั้งการสร้างเอนไซม์ esterases (esterases inhibitor)

นอกจากหนอนใยผักจะใช้เอนไซม์ช่วยในการสร้างความต้านทานและลดพิษของสารฆ่าแมลงแล้ว หนอนใยผักยังต้องอาศัยปัจจัยทางสรีรวิทยา ปัจจัยทางพันธุกรรม และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น ความสามารถในการลดพิษของสารฆ่าแมลงโดยอาศัยกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) การลดกลไกหรือบทบาทของอวัยวะเป้าหมาย (target organ) ที่สารฆ่าแมลงออกฤทธิ์ การลดอัตราการดูดซึมของสารฆ่าแมลงเข้าสู่ร่างกาย หรือเมื่อได้รับสารฆ่าแมลงเข้าสู่ร่างกายแล้วก็ทำให้สารฆ่าแมลงนั้นเกิดการแตกตัวเพื่อลดความเป็นพิษแล้วขับออกนอกร่างกาย (Yu and Nguyen, 1996)

ผลจากการใช้สารฆ่าแมลงกับหนอนใยผักมานานกว่า 20 ปีนั้นก่อให้เกิดปัญหามากมาย เช่น หนอนใยผักมีการระบาดรุนแรงและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น สมดุลธรรมชาติถูกทำลายเกษตรกรได้รับสารฆ่าแมลงจนกระทั่งเกิดการเจ็บป่วยและเสียชีวิต เกิดพิษตกค้างในพืชผักซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และเกษตรกรเองต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงขึ้น ในการป้องกันและกำจัดหนอนใยผักเนื่องจากสารฆ่าแมลงมีราคาแพงเพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้ประสบกับสถานะการขาดทุนหรือได้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของสาร abamectin (avermectin B_{1a}; R = C₂H₅, ≥ 80% และ B_{1b}; R = CH₃, ≤ 20%)

3. การใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ในการควบคุมหนอนใยผัก

ในปี ค.ศ. 1915 เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ถูกค้นพบโดย Edward B., Steinhaus ซึ่งพบในซากของผีเสื้อแป้ง (flour moth) *Anagasta kuehniella* ที่ตายแล้ว จากนั้น Steinhaus ได้ตั้งชื่อเชื้อแบคทีเรียที่พบว่า *B. thuringiensis* แต่ในความเป็นจริงแล้วไม่ได้มีเพียง Steinhaus เท่านั้นที่พบเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้ ยังมีนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นชื่อ Sotto Ishiwata ซึ่งพบเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวในหนอนไหม (silk moth) *Bombyx mori* และเขาให้ชื่อว่า "sotto bacillus" (Prasertphon, 1996)

จากการค้นพบเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ทำให้นักวิทยาศาสตร์หันมาสนใจที่จะนำเชื้อแบคทีเรียไปควบคุมแมลงศัตรูพืช จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1951 Steinhaus ได้ทำการศึกษาก่อนการนำเอา *B. thuringiensis* ไปใช้ในสภาพแปลงในมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียซึ่งจากการทดลองเขาอธิบายได้ว่า เป็นเชื้อแบคทีเรียที่ปลอดภัยไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ต่างๆ จากนั้น *B. thuringiensis* จึงถูกนำมาใช้และผลิตในเชิงพาณิชย์โดยมีวัตถุประสงค์ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช (Steinhaus, 1975)

เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* มีประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงศัตรูพืชได้เนื่องจากมีสารพิษที่สร้างโดยสปอร์ประกอบอยู่ในผลึกโปรตีนมีชื่อว่าสาร δ -endotoxin (delta-endotoxin) ซึ่งคุณสมบัติและประสิทธิภาพความเป็นพิษของผลึกสารโปรตีนนั้นจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อแบคทีเรีย จากการศึกษพบว่าสาร δ -endotoxin ที่ถูกผลิตขึ้นจากสปอร์ของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* มีผลต่ออัตราการตายของหนอนใยผัก (Miyano *et al.*, 1994) โดยสาร δ -endotoxin จะไปขัดขวางกระบวนการแลกเปลี่ยน K^+ ที่บริเวณทางเดินอาหารตอนกลาง (mid gut) (Van Rie *et al.*, 1990) และพบว่าสาร δ -endotoxin ไปขัดขวางการดูดซึมและการแลกเปลี่ยน K^+ ส่งผลให้ K^+ ขาดความสมดุลจึงทำให้ค่า pH ของเลือดสูงขึ้น แมลงเป็นอัมพาตและตายในที่สุด (Nishitsusuji and Endo, 1980; Saito, 1996)

ในปี พ.ศ. 2516 มีการนำเอาเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ที่ผลิตในรูปการค้า มีชื่อว่า Dipel[®] เข้ามาใช้ในการควบคุมหนอนใยผักในประเทศไทย Dipel[®] เป็นเชื้อ *B. thuringiensis* var. *kurstaki* strain HD-1 serotype 3a, 3b ซึ่งสามารถควบคุมการระบาดของหนอนใยผัก และในปีต่อๆ มาได้มีการนำเอาเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* เข้ามาอีกหลายชนิด จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2534 มีการนำเอาเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *aizawai* เข้ามาในประเทศไทย และได้มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ที่มีอยู่ในรูปการค้า ต่างๆ พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันและกำจัดหนอนใยผักได้แก่

Bactospein HP[®], Centari WG[®], Delfin WG[®], Punch WP[®] และ BMP-123 WP[®] (สุรไกร และอรัญ, 2537; กองควบคุมพืชและวัสดุมีพิษการเกษตร, 2537)

แต่มักมีนักวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยบางคนกล่าวว่าเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* จะก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุตสาหกรรมการผลิตไหมซึ่งเป็นสินค้าส่งออกที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทยมากมาย จึงได้มีการศึกษาและตรวจสอบเกี่ยวกับเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* โดยทำการศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นแหล่งผลิตไหมที่สำคัญ ทำการสำรวจตัวอย่างจากดินและหนอนไหมที่ตาย ผลปรากฏว่าเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ไม่มีผลต่อการทำลายหนอนไหมในระดับอุตสาหกรรม (Prasertphon, 1996)

Ishiguro and Yamamoto (1982) รายงานว่า สูตรผสมของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *aizawai* กับ var. *kurstaki* โดยมีชื่อการค้าว่า Bacilex[®] เมื่อนำไปใช้ในแปลงปลูกกะหล่ำเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช พบว่า การฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรียในวันที่มีอุณหภูมิสูงและแดดจัดจะทำให้เชื้อแบคทีเรียถูกทำลาย เนื่องจากแสงอาทิตย์และอุณหภูมิที่สูง ในขณะที่เดียวกันถ้ามีการฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรียหลังฝนตกหรือหลังการรดน้ำใหม่ๆ จากการสำรวจพบว่าเชื้อแบคทีเรียสามารถมีชีวิตและขยายพันธุ์ต่อไปได้ นอกจากนั้นการฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรียตอนเช้าตรู่และตอนเย็น จะมีผลทำให้เชื้อแบคทีเรียสามารถมีชีวิตอยู่ได้ดีกว่าการฉีดพ่นในเวลากลางวัน

Iqbal และ คณะ (1996) ทำการศึกษาถึงการสร้างความต้านทานของหนอนใยผักที่มีต่อเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *aizawai* สารฆ่าแมลง abamectin และสารฆ่าแมลง teflubenzuron โดยทำการรวบรวมเก็บตัวอย่างในเดือนเมษายน ปี ค.ศ. 1994 จาก Cameron Highlands ประเทศ Malaysia พบว่า หนอนใยผักสามารถสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง teflubenzuron และหนอนใยผักยังสามารถสร้างความต้านทานข้าม (cross resistance) ระหว่างสาร abamectin กับ เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* ได้ด้วย

จากหลักฐานต่างๆที่กล่าวมา ปัจจุบันพบว่าหนอนใยผักสามารถสร้างความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ได้ นอกจากเหตุผลที่หนอนใยผักสามารถสร้างความต้านทานต่อสารดังกล่าวได้แล้ว ยังพบว่ากรณีที่เกษตรกรไม่นิยมใช้ เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ในการควบคุมหนอนใยผักเพราะว่า การใช้ค่อนข้างยุ่งยาก ผลในการควบคุมไม่แน่นอน ต้องฉีดพ่นบ่อยๆ และติดต่อกันเป็นเวลานาน ที่สำคัญก็คือ การใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ในแปลงปลูกผักไม่สามารถที่จะฆ่าหนอนใยผักได้ (Lai and Tabashnik, 1998)

4. การใช้สารสกัดจากพืชควบคุมหนอนไยฝัก

จากปัญหาการสร้างความต้านทานของหนอนไยฝัก ตลอดจนปัญหาการเกิดพืชตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ทำให้นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะหาสารฆ่าแมลงชนิดใหม่ที่ไม่ใช่ผลเสียต่อมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อม สิ่งสำคัญคือ การพยายามที่จะลดปริมาณการใช้สารฆ่าแมลงให้น้อยลง โดยเฉพาะในภาคการเกษตรเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการเสียดุลของสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นการใช้สารฆ่าแมลง ยาปราบวัชพืช และปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้มากเกินไปจนความจำเป็น และไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ดังนั้นการค้นคว้าหาวิธีให้แก่สิ่งแวดล้อมในภาคการเกษตรก็คือ การลดปริมาณการใช้สารฆ่าแมลงเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร การใช้สารสกัดจากพืชจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้สารฆ่าแมลงให้น้อยลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหนอนไยฝัก ซึ่งเป็นแมลงศัตรูฝัก ที่มีความสามารถในการสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงหลายชนิดจึงเป็นสิ่งสำคัญ มีรายงานถึงการศึกษา ทดสอบและรวบรวมข้อมูลของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของพืชหลายชนิดที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนไยฝักได้ ดังแสดงในตารางที่ 1 (Pipithsangchan, 1993)

ตารางที่ 1 รายชื่อพืชที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนไผ่ (Pipithsangchan, 1993)

Family / Science Name	Common name	Plant part	Activity	Reference
Annonaceae				
<i>Annona reticulata</i>	Custard apple	Bark, seed	AF, R	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Jacobson, 1975
<i>Annona squamosa</i>	Sugar apple	Roots, seed	CP, SP, AF, OC	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Jacobson, 1985; Ohsawa <i>et al.</i> , 1990
Acanthaceae				
<i>Fittonia argyroneura</i>	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984;
<i>Fittonia vereshaffeltii</i>				Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Apocynaceae				
<i>Nerium oleander</i>	Common oleander	roots, bark stem, leaves flowers	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Araliaceae				
<i>Hedera helix</i>	English ivy	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
<i>Schefflera venulosa</i>	-	stem, leaves	R	Sinchaisri <i>et al.</i> , 1988
Aristolochiaceae				
<i>Aristolochia elegans</i>	Calico flower	leaves	AF	Caasi, 1983
<i>Aristolochia tagala</i>	-	leaves	AF	Caasi, 1983

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Family / Science Name	Common name	Plant part	Activity	Reference
Asteraceae				
<i>Ageratum conyzoides</i>	-	leaves	CP	Morallo-Rejesus, 1986
<i>Dahlia</i> sp.	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984;
<i>Gynura</i> sp.	-			Jacobson, 1985; Ohsawa <i>et al.</i> , 1990
<i>Blumea balsamifera</i>	-	leaves	CP	Morallo-Rejesus, 1986
<i>Tithonia diversifolia</i>	Wild sunflower	leaves	CP	Carino <i>et al.</i> , 1982; Grainge <i>et al.</i> , 1984; Morallo-Rejesus, 1986
<i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	Pyrethrum	whole plants, flowers	I, AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984
<i>Matricaria matricariodes</i>	Rayles chamo	flowers	I	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Jacobson, 1971
<i>Senecio cineraria</i>	Dusty miller	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
<i>Tagetes erecta</i>	African marigold	roots	CP	Grainge <i>et al.</i> , 1984;
<i>Tagetes patula</i>	French marigold	roots	CP	Morallo-Rejesus, 1986

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Family / Science Name	Common name	Plant part	Activity	Reference
Balsaminaceae				
<i>Impatiens sultani</i>	Zanzibar balsam	leaves	I, AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Begoniaceae				
<i>Begonia pearcei</i>	-	leaves	I	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Jacobson, 1975
Buxaceae				
<i>Buxus sempervirens</i>	Common buxus	leaves	AF, R	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Caesalpinaceae				
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Peacock flower	flowers	CP	Morallo-Rejesus, 1986
Caryophyllaceae				
<i>Dianthus sp.</i>	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Jacobson, 1975
Celastraceae				
<i>Euonymus japonicus</i>	Spindle tree	leaves	R	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
<i>Tripterygium wilfordii</i>	Thunder-god vine	roots, tuber, bark	I,SP,AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Family / Science Name	Common name	Plant part	Activity	Reference
Clusiaceae				
<i>Mammea americana</i>	Mamey	roots, tuber, bark	I,CP,SP	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Commelinaceae				
<i>Tradescantia sp.</i>	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Convolvulaceae				
<i>Ipomoea batatas</i>	Sweet potato	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984;
<i>Cucumis sativus</i>	Common cucumber	-	-	Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
<i>Citrullus colocynthis</i>	Bitter gourd	roots, tubers leaves, seeds	I	Grainge <i>et al.</i> , 1984
Ericaceae				
<i>Azalea sp.</i>	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Euphorbiaceae				
<i>Acalypha indica</i>	Indian nettle	leaves, bark	I	Grainge <i>et al.</i> , 1984
<i>Euphorbia lathyris</i>	-	leaves	I	Grainge <i>et al.</i> , 1984;
<i>Euphorbia splendens</i>	-	leaves	AF	Gupta <i>et al.</i> , 1960;
<i>Duphorbia poinsettiana</i>	-	leaves	AF	Jacobson, 1975

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Family / Science Name	Common name	Plant part	Activity	Reference
<i>Phyllanthus acuminatus</i>	Berryleaf flower	roots, tubers	CP, SP	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Jacobson, 1971
Fabaceae				
<i>Derris malaccensis</i>	-	roots, tubers	I, SP, CP, R, AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984
<i>Derris philippinensis</i>	-	roots	CP	Maghanoy <i>et al.</i> , 1975
<i>Pachyrrhizus erosus</i>	Chinese yam	whole plant, fruit, sap, seeds	-	-
<i>Piscidia acuminata</i>	-	roots, tubers leaves	I	Grainge <i>et al.</i> , 1984
<i>Piscidia piseipula</i>	Jamaica dog wood	roots, tubers bark, leaves	I, CP, SP, AF	Jacobson, 1958
<i>Tephrosia vogelii</i>	Vogel's tephrosia	leaves, seeds	I, AF, R, CP	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Reyes, 1982
<i>Trifolium repens</i>	White clover	whole plants	-	Dover, 1985
<i>Melilotus officinalis</i>	Sweet clover	leaves	R AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Family / Science Name	Common name	Plant part	Activity	Reference
Geraniaceae				
<i>Geranium</i> sp.	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984;
<i>Pelargonium</i> sp.	Geranium	leaves, stem	AF, SP, R	Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Gesneriaceae				
<i>Negelia hyacinthi</i>	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1971
Labiatae				
<i>Ajuga remota</i>	-	hole plant	AF	Griffiths <i>et al.</i> , 1988; Picket <i>et al.</i> , 1987
<i>Coleus amboinicus</i>	Indian Borage	leaves	CP	Morallo-Rejesus, 1986
<i>Hyssopus officinalis</i>	Hyssop	leaves	R	Dover, 1985
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Rosemary	leaves	R	Dover, 1985
<i>Salvia officinalis</i>	Sage	leaves	R	Dover, 1985
<i>Thymus vulgaris</i>	Thyme	leaves	R	Dover, 1985
Leguminosae				
<i>Calopogonium</i>				
<i>Coeruleum</i>	Jicanna	seeds, pods	I	Grainge <i>et al.</i> , 1986; Jacobson, 1975

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Family / Science Name	Common name	Plant part	Activity	Reference
Liliaceae				
<i>Lilium longiflorum</i>	White trumpet	leaves	I, AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
<i>Hemerocallis dumortieri</i>	-	leaves	I,AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1971
<i>Tulipa</i> sp.	Tulip	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Malvaceae				
<i>Abutilon pictum</i>	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
<i>Hibiscus syriacus</i>	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Marantaceae				
<i>Maranta bicolor</i>	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Family / Science name	Common name	Plant part	Activity	Reference
Meliaceae				
<i>Azadirachta indica</i>	Neem tree	whole plant, bark, stem, leaves, fruits, seeds	I, CP, SP, GI, AF, R	Dryer, 1986; Fagonee, 1986; Grainge <i>et al.</i> , 1984; Kirsch, 1986; Morallo-Rejesus, 1986; Sombatsiri and Temboonkiat, 1986
Menispermaceae				
<i>Tinospora rumphii</i>	-	stem	CP	Del Fierro <i>et al.</i> , 1976
Moraceae				
<i>Ficus carica</i>	Fig tree	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Onagraceae				
<i>Fuchsia sp.</i>	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Oxalidaceae				
<i>Oxalis deppei</i>	Lucky clover	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Family / Science name	Common name	Plant part	Activity	Reference
Passifloraceae				
<i>Passiflora alata</i>	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Pinaceae				
<i>Abies balsamea</i>	Balsam fir	leaves	GI	Mahajan <i>et al.</i> , 1987
Piperaceae				
<i>Peperomia</i> sp.	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
<i>Piper nigrum</i>	Black pepper	seeds	CP	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Javier <i>et al.</i> , 1981; Morillo-Rejesus, 1987
Poaceae				
<i>Cymbopogon nardus</i>	Lemon grass	whole plant	R	Sinchaisri <i>et al.</i> , 1988
Polygonaceae				
<i>Polygonum hydropiper</i>	-	leaves	AF	Picket <i>et al.</i> , 1987

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Family / Science name	Common name	Plant part	Activity	Reference
Punicaceae				
<i>Punica granatum</i>	Pomegranate	leaves	I, AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Ranunculaceae				
<i>Clematitidis</i> sp.	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
<i>Delphinium chinensis</i>	-	leaves	I, AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
<i>Eranthis hyemalis</i>	Winter aconite	bulbs	I	Grainge <i>et al.</i> , 1986 Jacobson, 1971
Rhamnaceae				
<i>Rhamnus crenata</i>	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Rosaceae				
<i>Rosa</i> sp.	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Family / Science name	Common name	Plant part	Activity	Reference
Rubiaceae				
<i>Chinchona calisaya</i>	Peruvian bark	roots, tubers bark, wood	I	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Jacobson, 1958
<i>Randia nilotica</i>	-	roots, tubers	I	Grainge <i>et al.</i> , 1984
<i>Xeremphis spinosa</i>	-	roots, tubers fruits	I, AF, R	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Jacobson, 1958
Rutaceae				
<i>Citrus aurantium</i>	Sour orange	leaves	I, AF, R	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Jacobson, 1975
Sapotaceae				
<i>Medhuca latifolia</i>	Mahuva	bark, stem leaves	I	Graing <i>et al.</i> , 1984
<i>Medhuca longifolia</i>	Mowra	seeds	I	Graing <i>et al.</i> , 1984
Saxifragaceae				
<i>Heuchera sanguinea</i>	Coral bells	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
<i>Hydrangea</i> sp.	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Family / Science name	Common name	Plant part	Activity	Reference
Simaroubaceae				
<i>Balanites aegyptica</i>	Desert date	roots, fruits seeds	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Jacobson, 1971
Solanaceae				
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Wild tomato	whole plant stem, leaves fruits	I, AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
<i>Petunia</i> sp.	-	flowers, leaves	I	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
<i>Solanum tuberosum</i>	Potato	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975
Theophrastaceae				
<i>Jacquinia aristata</i>	-	roots, fruits leaves	I	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Jacobson, 1975
Urticaceae				
<i>Pellionia pulchra</i>	-	leaves	AF	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Family / Science name	Common name	Plant part	Activity	Reference
Verbenaceae				
<i>Lantana camara</i>	Common lantana	flowers, leaves	AF, CP	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975; Morillo-Rejesus, 1986
<i>Vitex negunda</i>	Indian privet	leaves, stem, seeds, oil	I, GI R, CP	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Morillo-Rejesus, 1986
Vitaceae				
<i>Cissus rhombifolia</i>	Venezuela treebine	stems, leaves	AF, SP	Grainge <i>et al.</i> , 1984; Gupta <i>et al.</i> , 1960; Jacobson, 1975

ที่มา : Pipithsangchan, 1993 คัดแปลงเพิ่มเติมจาก Morillo - Rejesus, 1986

หมายเหตุ	AF	=	Antifeedant
	CP	=	Contact poison
	GI	=	Growth inhibitor
	I	=	Insecticidal
	OC	=	Ovicidal
	R	=	Repellent
	SP	=	Stomach poison

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าสะเดาอินเดีย (*Azadirachta indica*) อยู่ในวงศ์ Meliaceae เป็นพืชที่มีรายงานว่า ส่วนต่างๆ ของลำต้นมีฤทธิ์ในการควบคุมหนอนใยผักได้ทั้งหมด เช่น ใบ เมล็ด ลำต้น เปลือก และต้นพืชทั้งต้น กองวัตถุมีพิษการเกษตร (2539) และ ขวัญชัย (2540) รายงานว่าในสารสกัดจากเมล็ดสะเดาอินเดียมีสารออกฤทธิ์ คือ azadirachtin , nimbin และ salannin โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาร azadirachtin มีฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชหลายชนิด นอกจากสะเดาอินเดียแล้วในประเทศไทยยังมีสะเดาไทย (Thai neem; *A. indica* var. *siamensis* Vale.) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับสะเดาอินเดีย พบบริเวณภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยในสารสกัดจากเมล็ดสะเดาไทยมีสารออกฤทธิ์ คือ azadirachtin และ 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol

ปัจจุบันมีการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากสะเดาเพื่อใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืช เช่น ได้มีการทดลองเกี่ยวกับการนำเอาสาร azadirachtin ที่สกัดได้จากเมล็ดสะเดาไทย เพื่อใช้ควบคุม *Spodoptera exigua* ในแปลงปลูกหน่อไม้ฝรั่ง โดยทำการทดสอบทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพแปลงปลูก ผลปรากฏว่า สารสกัดจากผลสะเดามีปริมาณสาร azadirachtin 0.09 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ในอัตรา 150 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพควบคุมได้ดีที่สุดในสภาพแปลงปลูก เมื่อนี๊ดพ่นทุก 5 วัน ติดต่อกัน 5 ครั้ง (Sombatsiri and Choeikamhaeng, 1996)

นอกจากนี้สาร azadirachtin ยังมีผลในการควบคุม tobacco hornworm (*Manduca sexta*) ในระยะ post-embryo ยับยั้งการกินอาหาร (antifeeding) ในตัวหนอนวัยที่ 1 ส่วนในตัวหนอนวัยที่ 5 จากการทดสอบด้วยสาร azadirachtin ที่ความเข้มข้น 500 ppm. พบว่าทำให้หนอนไม่กินอาหารและตายภายใน 7 วันหลังการทดสอบ นอกจากนี้ ยังพบว่าปริมาณของฮอร์โมน ecdysone ภายในตัวหนอนก็ลดลงด้วย (Haasler, 1983)

ในการที่จะสกัดสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดานั้นนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับตัวทำละลายต่างๆ ที่สามารถสกัดสารออกฤทธิ์ได้ดี โดยเฉพาะสาร azadirachtin ซึ่งได้มีการทดสอบตัวทำละลายต่างๆมากมาย เช่น น้ำ, methanol, ethanol, butanol และ methyl ethyl ketone ซึ่งผลปรากฏว่าสารตัวทำละลายที่สามารถจะสกัดเอาปริมาณของสาร azadirachtin ออกมาได้มากที่สุดคือ methanol (Feurhake, 1983) นอกจากนั้นยังมีการรายงานว่า สาร piperonyl butoxide ซึ่งเป็นสารเสริมประสิทธิภาพ (synergist) ชนิดหนึ่ง สามารถที่จะใช้ผสมกับสารสกัดจากเมล็ดสะเดาที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัด ในอัตราส่วน 1:2 ทำให้อัตราการตายของหนอนใยผัก เพิ่มขึ้นประมาณ 50-90 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณการตายของหนอนอาจเพิ่มเป็น 97 เปอร์เซ็นต์ ได้โดยใช้ azcotropic mixture เป็นตัวทำละลายแทนน้ำ ซึ่งทำให้หนอนใยผัก ในระยะที่ 3 ตาย 97 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดลองยังพบอีกว่า เมื่อทำการฉีดสาร azadirachtin เข้าไป

ในลำตัวของด้วงเต่า *Epilachna varivestis* พบว่า ปริมาณ juvenile hormone ของด้วงเต่าลดลง และมีผลสามารถยับยั้งการวางไข่ได้ เมื่อทำการฉีดเข้าไปในตัวอ่อนของด้วงเต่า ปรากฏว่า กระบวนการลอกคราบของด้วงเต่าถูกขัดขวาง และปริมาณของสาร ecdysteroides จะลดลง (Lange, 1983) ในปัจจุบันการใช้สารสกัดจากเมล็ดสะเดาเป็นที่นิยมกันมากในการเกษตร ไม่ว่าจะ เป็นสารสกัดจากสะเดาอินเดียหรือสะเดาไทย เพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช ซึ่งเป็นวิธีการที่ปลอดภัยต่อเกษตรกร ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม (Rembold et al., 1983; Pengprecha, 1993)

ในภาคใต้ของประเทศไทย มีพืชที่ใกล้ชิดกับสะเดาอินเดียและสะเดาไทยคือ สะเดาช้างหรือไม้เทียม *A. excelsa* Jack. ในอดีต *A. excelsa* เป็นที่รู้จักกันเพราะว่า Jacob เป็นคนแรกที่ตั้งชื่อดังกล่าวในปี ค.ศ. 1961 ซึ่ง *A. excelsa* มีลักษณะคล้ายกับ *Milia excelsa* และ *A. integrifolia* โดยพืชทั้ง 3 ชนิดนี้มีชื่อสามัญว่า Tiam หรือสะเดาเทียม ซึ่งเป็นชื่อที่เรียกในประเทศไทย ส่วนในคาบสมุทรมมาเลเซียเรียกกันว่า Sentang ในซาราวักเรียกว่า Ranggu และ Sentang ในซามบาสจะเรียกคล้ายกันกับซาราวัก และในฟิลิปปินส์เรียกว่า Marrango (Kijkar and Boontawee, 1995; Chungponse and Buranathum, 1991; Mungkodin, 1993)

Burgess (1996) รายงานว่า *A. excelsa* เป็นพืชพื้นเมืองของหมู่เกาะบอร์เนียว และฟิลิปปินส์ โดยพบที่เกาะปาลาวัน และเกาะลูซอน จนกระทั่งพบ *A. excelsa* ที่บริเวณภาคใต้ของไทยและคาบสมุทรมมาเลเซีย ในปี ค.ศ. 1985 *A. excelsa* ถูกนำจากหมู่เกาะบอร์เนียวเข้ามาสู่คาบสมุทรมมาเลเซีย และพบว่า *A. excelsa* มีลักษณะคล้ายกับสะเดาที่มีอยู่ในประเทศไทย ซึ่งมีถิ่นกำเนิดแถบแอฟริกา นอกจากนั้นเมล็ดของ *A. excelsa* ถูกส่งไปยังหมู่เกาะฮาวาย แต่ก็มีรายงานว่ามีการเจริญเติบโตที่ไม่ดีนัก ในปัจจุบัน *A. excelsa* ได้แพร่กระจายอย่างกว้างขวางในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น มาเลเซีย พม่า ภาคใต้ของไทย เกาะสุมาตรา เกาะบอร์เนียว เกาะปาลาวันของฟิลิปปินส์ เกาะอูรูและด้านตะวันตกของนิวกีนิ

A. excelsa เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ และมีใบเป็นใบประกอบแบบขนนก (pinnately compound leaf) ออกสลับกัน (alternate) เป็นไม้ยืนต้นที่ผลัดใบ ก้านใบยาวประมาณ 20-60 เซนติเมตร แต่ละด้านของใบประกอบมีใบย่อยข้างละประมาณ 7-11 ใบ โดยที่แต่ละใบย่อยมีขนาดกว้างประมาณ 2.3 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3.3 เซนติเมตร ลักษณะของใบย่อยมีรูปร่างคล้ายปลายหอกแก้มใบมน ปลายใบค่อนข้างแหลมเป็นติ่งยาว ฐานใบเบี้ยวไม่เท่ากัน ใบประกอบจะประกอบไปด้วยเส้นใบประมาณ 6-11 คู่ ขอบใบมีลักษณะคล้ายฟันเลื่อย โคนก้านใบมีร่องเล็กๆ ด้านละ 1 ร่อง (ภาพที่ 2) เมื่อเมล็ดงอกใบอ่อนที่ออกมาจะมี 2 ใบ จากนั้นเมื่อต้นอ่อนค่อยๆ เจริญเติบโตใบก็จะบิดเป็นเกลียว และแตกออกเป็น 2 ข้างๆ ละประมาณ 3-5 ใบ ซึ่งเมื่อเจริญเต็ม

ที่ก็จะมิใบประกอบข้างละประมาณ 7-11 ใบ (สุทัศน์ และไววิทย์, 2534; Schmutterer and Doll, 1993)

A. excelsa เริ่มออกดอก เมื่ออายุประมาณ 6-7 ปี ในประเทศไทย *A. excelsa* เริ่มออกดอกประมาณเดือนมีนาคมของทุกปี ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างไปจาก *A. indica* ซึ่งออกดอกในเดือนเมษายน และ *A. indica* var. *siamensis* ออกดอกในเดือนธันวาคม-มกราคม ดอกของ *A. excelsa* จะมีก้านดอกยาวประมาณ 20-45 เซนติเมตร ดอกมีสีขาวอมเขียวอ่อน มีกลิ่นหอม แต่ละดอกประกอบด้วยกลีบดอก 5 กลีบ กลีบเลี้ยง 5 กลีบ โดยที่แต่ละดอกยาวประมาณ 5-6.5 มิลลิเมตร และกว้างประมาณ 1.5-2.5 มิลลิเมตร เกสรตัวผู้เชื่อมต่อกันยาวประมาณ 4 มิลลิเมตร มีประมาณ 10 อัน ด้านในของดอกมีขนอ่อนๆ ปกคลุม รังไข่แบ่งออกเป็น 3 ห้อง แต่ละห้องแบ่งออกเป็น 2 หน่วย และมีเกสรตัวเมีย 1 อัน ก้านเกสรตัวเมียมีสีเหลืองอ่อน ซึ่งถือว่าดอกของ *A. excelsa* เป็นดอกสมบูรณ์เพศคือ มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียในดอกเดียวกัน (ภาพที่ 2) (Kijkar and Boontawee, 1995; Rasakeo, 1991; Schmutterer and Doll, 1993)

ผลของ *A. excelsa* ยาวประมาณ 2.5-3.5 เซนติเมตร ลักษณะค่อนข้างกลม (ภาพที่ 2) ผลอ่อนมีสีเขียวและเมื่อผลสุกมีสีเหลือง ผลและเมล็ดค่อนข้างใหญ่เมื่อเทียบกับ *A. indica* และ *A. indica* var. *siamensis* เปลือกของผลค่อนข้างหนาและเหนียว เมื่อนักขาดมีกลิ่นคล้ายกระเทียม เนื้อผลเป็นอาหารที่ค้างคาวชอบมาก ผลของ *A. excelsa* มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 8.23 กรัม และเมล็ดหนักประมาณ 2.01 กรัม ซึ่งถ้าน้ำหนัก 1 กิโลกรัมก็จะมีประมาณ 500 เมล็ด ปกติแล้วในประเทศไทย ผลของ *A. excelsa* จะสุกประมาณเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน ของทุกปี แต่ที่สำคัญเมล็ดของ *A. excelsa* สามารถที่จะงอกได้ภายในระยะเวลา 6-23 วันเมื่อตกลงสู่พื้นดิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของความชื้น อุณหภูมิและแสงแดด (Kijkar and Boontawee, 1995)

เปลือกลำต้นของ *A. excelsa* ที่มีอายุน้อยจะมีสีชมพูและค่อนข้างเรียบ จากนั้นเมื่อมีอายุมากขึ้นสีของเปลือกก็จะเริ่มเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเทาปนน้ำตาล และผิวของเปลือกจะขรุขระ และเมื่อโตเต็มที่แล้ว เปลือกก็มีรอยแยกและแตกออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือมีลักษณะเป็นกาบผิวขรุขระ ด้านในของเปลือกลำต้นมีสีส้มแดงและขณะต้นมีอายุน้อย แต่เมื่ออายุมากหรือโตเต็มที่แล้วเปลือกด้านในจะเปลี่ยนเป็นสีเทาและขรุขระ แต่จะขรุขระน้อยกว่าเปลือกด้านนอก (Kijkar and Boontawee, 1995)

จากการรายงานพบว่า *A. excelsa* มีแมลงศัตรูค่อนข้างน้อย เคยมีรายงานในประเทศมาเลเซีย พบว่าผลของ *A. excelsa* ถูกทำลายโดยแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* ซึ่งจะทำลายผลสุกและนอกจากนั้นยังพบอีกว่า ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของด้กแตน light yellow leafhopper กัดทำลายบริเวณผิวของใบอ่อน พบเพลี้ยอ่อน *Pinnaspis strachani* ทำลายใบอ่อนด้วย และพบตัวอ่อนของผีเสื้อหนอนม้วนใบ tortricid moth จะกัดกินใบ นอกจากนี้ เชื้อราแป้งขาว (powdery mildew) ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำลายใบอ่อนของ *A. excelsa* ทำให้สูญเสียการสังเคราะห์แสงและร่วงหล่นไป (Kijkar and Boontawe, 1995)

เมื่อนำเอาสารสกัดจากเมล็ดสะเดาซึ่งไปตรวจสอบด้วยวิธี high performance liquid chromatography (HPLC) พบว่ามีสารประกอบหลักที่แตกต่างไปจากสะเดาอินเดียและสะเดาไทยนั่นคือสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol (Ermel *et al.*, 1996; Kalinowski, personal communication)

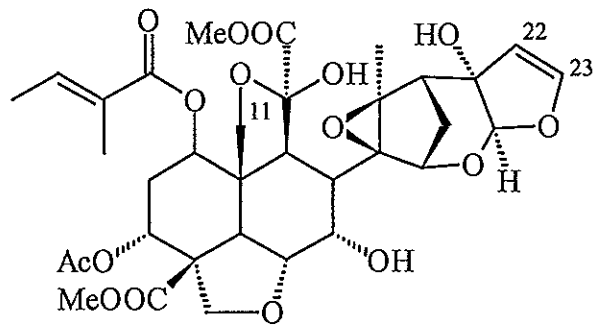


ภาพที่ 2 แสดงลักษณะผล ใบ และดอกของสะเดาช้าง (*A. excelsa* Jack.)

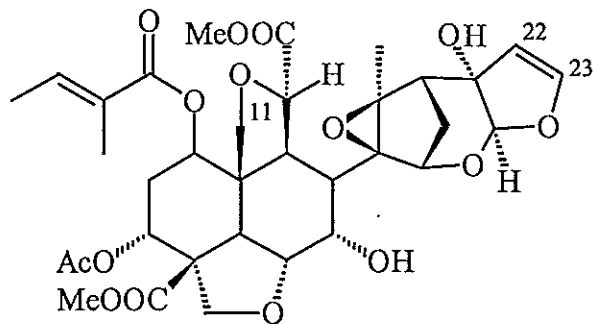
- ก. ลักษณะผลของสะเดาช้าง
- ข. ลักษณะใบและดอกของสะเดาช้าง
- ค. ลักษณะภาพตัดตามยาวของดอกสะเดาช้าง

จากการศึกษาของ Schumutterer and Ennel (personal communication) พบว่า สารสกัดจากใบ เปลือกลำต้น และเมล็ดของ *A. excelsa* มีสารเคมีประกอบอยู่มากกว่า 60 ชนิด โดยส่วนใหญ่เป็นสารประกอบพวก terpenoides โดยเฉพาะสารกลุ่ม limonoides และสารกลุ่ม tetraterpenoides ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นสารป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชได้ นอกจากนี้ ยังมีสารอื่นๆ อีกหลายชนิดเช่น azadirachtin A (aza. A), 3-azadirachtol (aza. B), marrangin (aza. L), 11-demethoxycarbonylazadirachtol (aza. H), nimbolide, salannin 28-deoxynimbolide, 3-deacetylsalannin, nimbin, 6-deacetylnimbin และพบว่าสารประกอบที่สำคัญในสารสกัดจาก *A. excelsa* คือ 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol ซึ่งในปัจจุบันนี้พบว่าสารดังกล่าวมีฤทธิ์ค่อนข้างสูงที่จะใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชพวกหนอนผีเสื้อ และยังสามารถยับยั้งการวางไข่ของแมลงวันผลไม้ oriental fruit fly ได้อีกด้วย (Chen *et al.*, 1996)

azadirachtin เป็นสารกลุ่ม tetranortriterpenoid (limonoids หรือ malicins) สารกลุ่มนี้เป็นอนุพันธ์ของสาร triterpenoids โดยมีคาร์บอนอะตอมที่ตำแหน่ง C₂₄-C₂₇ หายไป และคาร์บอนอะตอมที่เหลือจับตัวเป็น furan ring จึงมีชื่อเรียกว่า tetranortriterpenoid (Djerassi, 1994) เมื่อดูโครงสร้างของสาร azadirachtin พบว่ามีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol ซึ่งเป็นสารประกอบหลักที่มีอยู่ในสารสกัดจากเมล็ดสะเดาข้าง แต่จะแตกต่างกันที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 11 โดยสาร azadirachtin มี OH มาเกาะ ส่วนสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol มีเฉพาะ H มาเกาะเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4 (Kalinowski, personal communication) โดยยังไม่มียุทธศาสตร์คนใดที่สามารถจะสกัดเอาสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol บริสุทธิ์จาก *A. excelsa* ได้สำเร็จเนื่องจากการฉีดสารสกัดเพื่อตรวจสอบสารประกอบต่างๆ ในสารสกัดด้วยเครื่อง HPLC (high performance liquid chromatography) พบว่า 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol กับ azadirachtin A อยู่ชิดกันมากทำให้ยากแก่การที่จะแยกสารดังกล่าวให้บริสุทธิ์ได้ *A. excelsa* มีสาร azadirachtin ประมาณ 3.3-3.5 มิลลิกรัม ต่อเมล็ด 100 กรัม สารสกัดจาก *A. excelsa* ยังพบสารออกฤทธิ์อีก 2 ชนิด คือ marrangin (aza. L) และสารกลุ่ม limonoides นอกจากนั้นเปลือกลำต้น (bark) ของ *A. excelsa* ยังสามารถนำไปใช้รักษาอาการโรคบิดและท้องร่วงได้ ส่วนเนื้อไม้สามารถนำไปใช้ทำเครื่องตกแต่งบ้านได้อีกด้วย (Kijkar and Boontawe, 1995)



ภาพที่ 3 สูตรโครงสร้างของสาร azadirachtin



ภาพที่ 4 สูตรโครงสร้างของสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณของสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างกับสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ผ่านกระบวนการสกัดแบบแช่ขุ่น
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบค่า saponification value และค่า acid value ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างกับน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่ผ่านกระบวนการสกัดแบบแช่ขุ่น โดยใช้ n-hexane เป็นตัวทำละลาย
3. เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ที่มีต่ออัตราการตายของหนอนใยผัก ในห้องปฏิบัติการ
4. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง กับสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®], 16,000 IU/mg.) และสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®], 1.8% ai) ที่มีต่ออัตราการตายของหนอนใยผัก ในห้องปฏิบัติการ
5. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง กับสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่มีผลต่อการลดปริมาณประชากรหนอนใยผักบนต้นพืช ในสภาพโรงเรือน
6. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างกับน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่มีผลต่อการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก ในห้องปฏิบัติการ

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และ วิธีการ

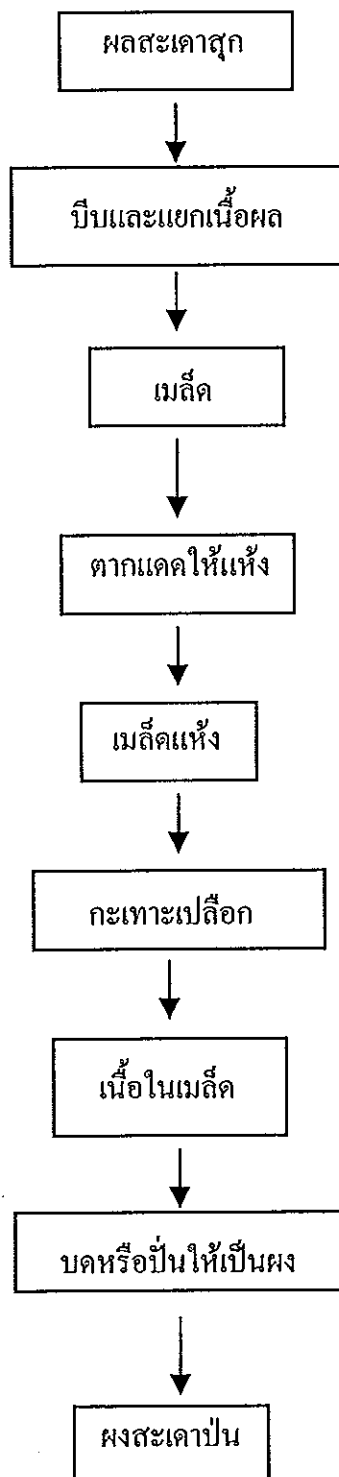
1. การเตรียมส่วนสกัด

ในกระบวนการผลิตสารสกัดจากพืช การเตรียมส่วนสกัดหรือวัตถุดิบเป็นสิ่งที่สำคัญ ส่วนสกัดจะต้องมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ และจะต้องมีคุณภาพที่ดีก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์ สะเดาช้างจะออกดอกเมื่อมีอายุประมาณ 6-7 ปี ในประเทศไทยจะออกดอกประมาณเดือนมีนาคม และผลสุกประมาณเดือนพฤษภาคม ส่วนสะเดาไทยจะออกดอกประมาณเดือนมกราคม และผลสุกประมาณเดือนมีนาคมของทุกปี

ทำการเก็บรวบรวมผลสะเดาช้างสุก (สีของผลเป็นสีเหลืองเข้ม) จากพื้นที่จังหวัดตรัง พัทลุง นครศรีธรรมราช และสงขลา ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์เพาะชำกล้าไม้สงขลาเขต 6 จังหวัดสงขลา สำหรับผลสะเดาไทยนั้น เก็บรวบรวมจากพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานวิจัยและพัฒนาการผลิตสารธรรมชาติ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ภาพผนวกที่ 1) เมื่อได้ผลสุกของสะเดาทั้ง 2 ชนิดแล้ว นำมาบีบและแยกเอาเนื้อผลออกให้หมด ให้เหลือแต่เมล็ด จากนั้นนำเมล็ดที่ได้ไปล้างน้ำให้สะอาด แล้วนำไปตากแดดไว้ประมาณ 2-3 วัน เพื่อให้เมล็ดสะเดาแห้ง

เมล็ดแห้งจะมีลักษณะเปลือกเป็นสีครีม สะอาด และสามารถบีบเปลือกให้แตกได้ง่าย นำเมล็ดไปกะเทาะเปลือกออก เพราะส่วนที่ต้องการนำไปสกัดคือเนื้อในเมล็ด (seed kernel) นำเนื้อในเมล็ดสะเดาทั้ง 2 ชนิดไปบดให้เป็นผงหยาบ (ภาพผนวกที่ 2) ด้วยเครื่องบดสมุนไพร ของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เพราะขนาดของอนุภาคของเมล็ดจะมีผลต่อความสามารถและประสิทธิภาพในการสกัดสารออกฤทธิ์ ดังแสดงในภาพที่ 5

หมายเหตุ เมื่อบดให้มีอนุภาคเล็กแล้ว ไม่ควรเก็บไว้นานเพราะอาจจะทำให้สารออกฤทธิ์เกิดการสลายตัวและทำให้เมล็ดขึ้นราได้ ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในกระบวนการสกัดและการทดสอบ



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการเตรียมส่วนสำคัญของสะเดาช้างและสะเดาไทย

2. การสกัดสารออกฤทธิ์

การสกัดสารออกฤทธิ์จากพืช สามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารในการทนความร้อน และชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ โดยทั่วไปในกระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์จากเมล็ด สะเดานิยมใช้วิธีการแช่ขุ่ย (maceration) ซึ่งเป็นวิธีการทั่วไปที่นิยมใช้ในการสกัดสารจากธรรมชาติ

การแช่ขุ่ยเป็นวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์จากพืชโดยการหมักตัวอย่างพืชกับตัวทำละลายในภาชนะ เช่น ขวดปากกว้าง ขวดรูปชมพู่ หรือ โถ เป็นต้น ทิ้งไว้ประมาณ 3-7 วัน ในขณะเดียวกัน ควรเขย่าบ่อย ๆ เพื่อให้ตัวทำละลายสัมผัสกับตัวอย่างพืชได้อย่างทั่วถึง จากนั้นเมื่อครบกำหนดแล้ว ค่อย ๆ รินเอาสารสกัดออก นำสารสกัดที่ได้ไปกรอง ควรทำการสกัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้สามารถสกัดเอาสารออกฤทธิ์ออกมาให้ได้มากที่สุด สำหรับการสกัดสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดานิยมแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ

2.1 กระบวนการสกัดน้ำมันสะเดา

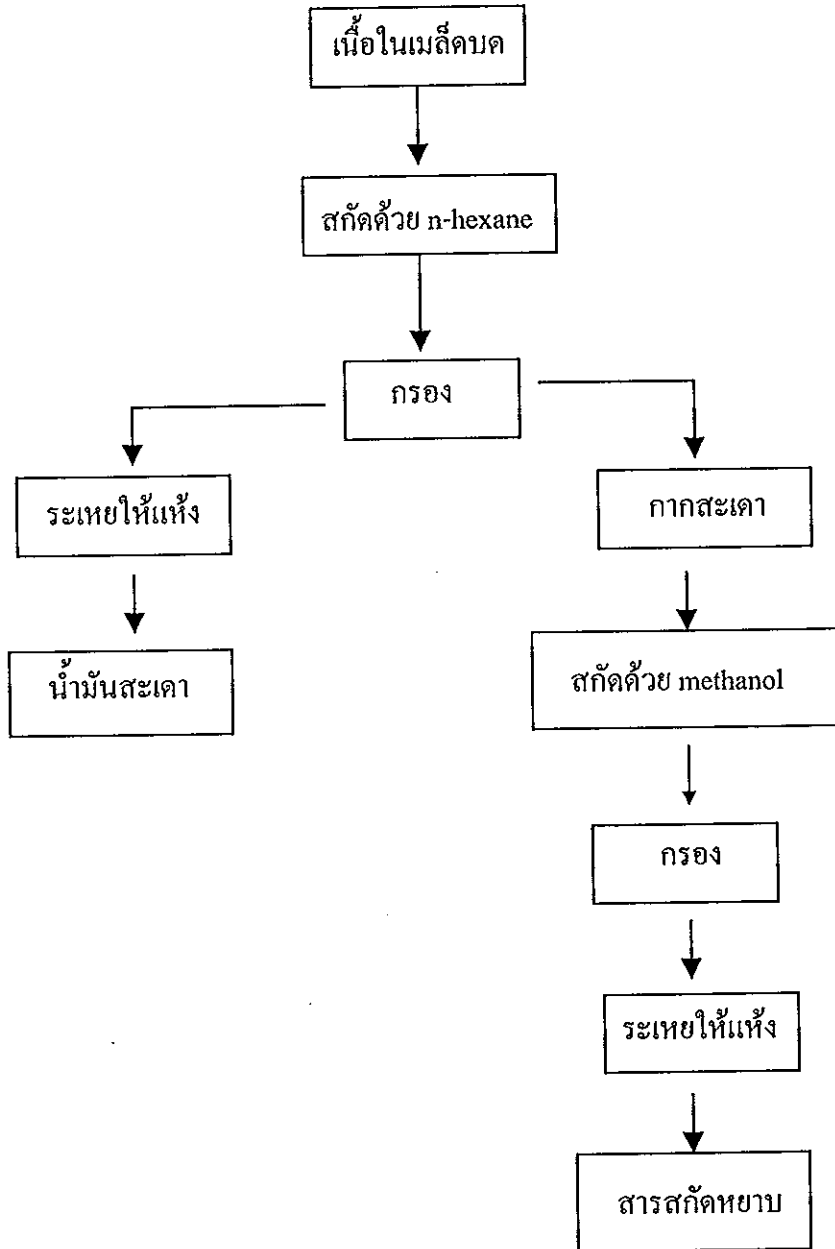
นำผงเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและผงเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมาอย่างละ 10 กิโลกรัม จากนั้นนำไปใส่ในขวดปากกว้างขนาด 20 ลิตร เติมน้ำละลาย n-hexane ลงไปจนท่วม ปิดขวดให้สนิทด้วยจุกยางที่หุ้มด้วย aluminium foil (เพื่อป้องกันไม่ให้สาร n-hexane ทำปฏิกิริยากับจุกยาง) ทิ้งไว้ 3 วัน ในระหว่างการแช่ควรเขย่าบ่อย ๆ เพื่อให้สารละลายสัมผัสกับส่วนสกัดมากที่สุด

เมื่อครบ 3 วัน รินเอาสารละลายออกให้หมด นำสารละลายที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรองแบบหยาบ จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไประเหยให้แห้ง (evaporation) โดยการกลั่นตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิต่ำ (45 องศาเซลเซียส) และลดความดันลงให้เกือบเป็นสุญญากาศ โดยใช้ vacuum pump ด้วยเครื่อง rotary evaporator ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากหน่วยเครื่องมือกลางคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เครื่อง rotary evaporator ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ distillation flask, condenser และ receiving flask โดย distillation flask จะหมุนและทำงานตลอดเวลา ซึ่งอยู่ในหม้ออังไอน้ำ เพื่อให้เกิดการกระจายความร้อนได้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ เมื่อสารละลายระเหยเป็นไอขึ้นไปกระทบความเย็นจาก condenser เกิดเป็นหยดของเหลวไปเก็บที่ receiving flask ของเหลวที่เหลือใน distillation flask หลังจากที่เราเหือดตัวทำละลายออกไปหมดแล้วจะได้ น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างหรือน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ทำการสกัดน้ำมันสะเดาด้วยวิธีการข้างต้นซ้ำทั้งหมด 7 ครั้ง จากนั้นนำไปชั่งเปรียบเทียบน้ำหนักและคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาทั้ง 2 ชนิด

2.2 การสกัดสารออกฤทธิ์ด้วยแอลกอฮอล์

นำกากสะเดา (marc) ที่ผ่านกระบวนการสกัดเอาน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาออกด้วย n-hexane แล้วนำมาสกัดสารออกฤทธิ์ต่อด้วย methanol ด้วยวิธีการแช่ขุ่ย เหมือนกับการสกัดในข้อ 2.1 เมื่อครบ 3 วันก็นำมารินเอสารละลายออก นำไปกรองด้วยกระดาษกรองแบบหยาบ จากนั้นนำสารละลายที่ผ่านการกรองแล้วไประเหยให้แห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator (50 องศาเซลเซียส) นำสารละลายที่ได้ไปอุ่นใน water bath (อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส) เพื่อระเหยน้ำและตัวทำละลายที่ใช้ในกระบวนการสกัดออก ทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อให้ได้สารสกัดหยาบ (crude methanol extract) ที่มีประสิทธิภาพและเพียงพอสำหรับการทดสอบ จากนั้นนำไปชั่งเปรียบเทียบน้ำหนักและคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบเนื้อในเมล็ดสะเดาทั้ง 2 ชนิด

จากกระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์ทั้งหมด ซึ่งจะได้สารสกัดที่จะนำไปทดสอบ คือ ส่วนของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยและส่วนของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการสกัดสารออกฤทธิ์จากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย

3. การตรวจสอบคุณสมบัติบางประการของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาข้างและสะเดาไทย

3.1 การหาค่า saponification value

การหาค่า saponification value ใช้วิธีการของ British Pharmacopoeia (1998)

มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

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. ชั่งน้ำมันสะเดาข้างและน้ำมันสะเดาไทย 2 กรัม โดยทำอย่างละ 2 ชุด ใส่ใน conical flask ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติม fat solvent ลงไป 25 มิลลิลิตร

3. เตรียม blank โดยใช้สารละลาย alcoholic KOH (0.5 โมล/ลิตร) 25 มิลลิลิตร ใส่ลงใน conical flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

4. นำ flask ที่เตรียมไว้ไป reflux บน hot plate โดยใช้ air condenser 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 จากสูตร

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

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

3.2 การหาค่า acid value

การหาค่า acid value ใช้วิธีการของ British Pharmacopoeia (1998)

มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เตรียม fat solvent โดยผสม ethanol 96 เปอร์เซ็นต์ 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 กับสารละลาย KOH 0.1 โมล/ลิตร เขย่าจนกระทั่งสารละลายกลายเป็นสีชมพู และตั้งทิ้งไว้ 15 วินาที เพื่อดูความคงที่ของสี จดบันทึกปริมาณของสารละลาย KOH ที่ใช้เพื่อนำไปคำนวณหาค่า acid value จากสูตร

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

โดยที่

W	=	จำนวนของ KOH ที่ใช้ในการ titrate ไขมันตัวอย่าง
V	=	น้ำหนักของไขมันตัวอย่างที่ใช้

4. การเลี้ยงเพิ่มปริมาณหนอนใยผัก

ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างหนอนใยผักแปลงเกษตรกร บ้านคลองวาด ตำบลท่าช้าง อำเภอบางกล่ำ และบ้านแพรงสุวรรณ ตำบลบางเหรียงกิ่งอำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา มาเลี้ยงเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการเรือนแมลง ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

นำตัวอย่างที่เก็บได้มาเลี้ยงในกล่องพลาสติกขนาด 8x12x6 นิ้ว ใช้กระดาษปลอดสารพิษเป็นอาหาร (ผักปลอดสารพิษที่มีตราประทับของกรมวิชาการเกษตร) ทำการเลี้ยงเพิ่มปริมาณที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อหนอนใยผักเข้าสู่ระยะดักแด้แล้ว นำดักแด้ที่ได้มาใส่ไว้ในกรงเลี้ยงแมลงขนาด 10x15x8.5 นิ้ว เมื่อดักแด้ฟักออกเป็นผีเสื้อตัวเต็มวัย นำต้นกล้าคะน้าที่เพาะเมล็ดไว้ใน petri dish ที่มีอายุประมาณ 7 วัน ใส่เข้าไปในกรงเพื่อให้ผีเสื้อวางไข่ นอกจากนั้นเอาตำลึงชุบน้ำและน้ำผึ้ง 10 เปอร์เซ็นต์ เข้าไปด้วย เพื่อเป็นอาหารของผีเสื้อ

เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง แมลงจะเริ่มวางไข่ ตัดเอาต้นกล้าคะน้าที่ผีเสื้อวางไข่แล้ว มาเลี้ยงต่อด้วยใบคะน้าปลอดสารพิษในกล่องพลาสติกดังที่กล่าวมาข้างต้น นำกล้าคะน้าที่เพาะไว้อายุ 7 วัน ใส่เข้าไปเช่นเดิม ทำเช่นนี้ประมาณ 5 วัน จนผีเสื้อหนอนใยผักไม่วางไข่และตายไป จากนั้นประมาณ 3-4 วัน (ภาพผนวกที่ 4) ไข่ก็จะฟักออกเป็นตัวหนอน ใช้ใบคะน้าปลอดสารพิษที่เตรียมไว้เป็นอาหาร ที่สำคัญควรเปลี่ยนอาหารทุกๆ 1-2 วัน ขึ้นอยู่กับความสดของใบคะน้าและปริมาณของใบคะน้าที่เหลือว่าเพียงพอกับการกินของหนอนหรือไม่ ทำการเลี้ยงไปเรื่อย ๆ จนได้ปริมาณที่เพียงพอสำหรับการทดสอบ ในการทดลองนี้ จะเลี้ยงแมลงไปจนถึงรุ่นที่ 3 เท่านั้น และควรหมั่นเก็บตัวอย่างจากสภาพธรรมชาติเข้ามาผสมพันธุ์กับผีเสื้อที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ เพื่อป้องกันไม่ให้หนอนที่เลี้ยงเกิดความอ่อนแอกว่าปกติ จนกระทั่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลการทดสอบ

5. การเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชนั้น การเตรียมสารละลายที่จะใช้ทดสอบเป็นสิ่งสำคัญ การเตรียมสารละลายนั้น ต้องให้มีความเข้มข้นที่ถูกต้องตามต้องการ และสารละลายที่เตรียมจะต้องละลายเป็นเนื้อเดียวกันเพราะถ้าไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันหรือยังมีตะกอนอยู่ จะทำให้ผลการทดสอบเกิดความคลาดเคลื่อนได้

การทดสอบพิษทางการสัมผัส และพิษทางการกินของสารมี 6 ชนิด คือ น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide®) และสารฆ่าแมลง abamectin (Masmecc®) นำสารทั้ง 6 ชนิด เจือจางตามลำดับของความเข้มข้น 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

สำหรับตัวทำละลายที่ใช้ละลายสารทดสอบ มีดังนี้ คือ น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ใช้ acetone เป็นตัวทำละลาย (มีพิษต่อแมลงค่อนข้างน้อย) สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยใช้ ethanol เป็นตัวทำละลาย และสำหรับเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide®) และสารฆ่าแมลง abamectin (Masmecc®) นั้น ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ซึ่งตัวทำละลายต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นก็คือสารที่จะใช้ทดสอบเพื่อเป็นชุดควบคุมนั่นเอง

6. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด

ทำการศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างกับหนอนใยผัก (*P. xylostella* L.) วัยที่ 2 (น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 2.36 มิลลิกรัม) และวัยที่ 3 (น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 3.78 มิลลิกรัม) ซึ่งเป็นวัยที่พบว่ามีการทำลายมากในแปลงปลูกผักของเกษตรกร และยังเป็นวัยที่อ่อนแอสามารถใช้สารสกัดจากธรรมชาติควบคุมอย่างได้ผล เมื่อเปรียบเทียบกับวัยที่ 4 หรือระยะดักแด้ โดยทดสอบในห้องปฏิบัติการพิษวิทยา ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ทำการทดสอบที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design, CRD)

นำสารละลายทั้ง 6 ชนิด คือ น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) และสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®]) มาแบ่งออกเป็นชุดการทดลอง 15 ชุด ตามลำดับความเข้มข้น 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, 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร และชุดควบคุม ซึ่งในแต่ละชุดการทดลองแบ่งออกเป็น 5 ซ้ำ ๆ 5 ตัว ของหนอนใยผักวัยที่ 2 และวัยที่ 3 ในการทดสอบประสิทธิภาพนั้นแบ่งออกเป็น 4 วิธีการดังนี้

6.1 การทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

เตรียมหนอนใยผักวัยที่ 2 และ 3 จำนวนวัยละ 400 ตัว ตามชุดการทดลอง 15 ชุด และชุดควบคุม จากนั้นนำสารละลายที่เตรียมไว้ตามความเข้มข้นต่าง ๆ มาทำการทดสอบ โดยในการทดสอบพิษทางการสัมผัสนี้ใช้วิธีการทดสอบที่เรียกว่า topical application method ซึ่งวิธีการนี้เป็นการหยดสารละลายลงบนบริเวณอกปล้องแรก (pronotum) ของหนอนใยผักด้วยเครื่อง electronic microapplicator (Burkard microapplicator 900x) ในการทดสอบวิธีนี้จะใช้สารละลาย 1 หยด ๆ ละ 0.1 ไมโครลิตร ต่อหนอน 1 ตัว จากนั้นนำหนอนใยผักที่ทดสอบแล้วใส่ลงใน petri dish และให้ค่น้ำปลอดสารพิษขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร เป็นอาหาร ในอัตราหนอน 1 ตัว ต่อ 1 ซีน ทำการเปลี่ยนอาหารทุกวัน (ภาพผนวกที่ 5)

เมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง ตรวจสอบจำนวนและเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนใยผักทั้ง 2 วัย เพื่อหาค่า corrected mortality โดยใช้ Abbot's formula (Abbot, 1925) นำข้อมูล corrected mortality ทั้งหมดไปวิเคราะห์หาค่าความเป็นพิษ LC_{50} และ LC_{95} โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Probit analysis ของ Raymond (1985) ตามวิธีการของ Finney (1971)

6.2 การทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

เตรียมหนอนและสารละลายต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบตามวิธีการในข้อ 6.1 ในการทดสอบพิษทางการกินนี้ ใช้วิธีการที่เรียกว่า leaf dipping method เป็นวิธีการที่ใช้ใบคะน้ำปลอดสารพิษนำมาตัดทำให้เป็นวงกลม (disc) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร จุ่มลงในสารละลายที่ต้องการทดสอบเป็นเวลา 10 วินาที ผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำไปให้หนอนวัยที่ 2 และวัยที่ 3 ที่เตรียมไว้กินเป็นอาหาร (ภาพผนวกที่ 5) เมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง ตรวจสอบจำนวนและเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนวัยผักทั้ง 2 วัย เพื่อหาค่า corrected mortality แล้วนำไปหาค่าความเป็นพิษ LC_{50} และ LC_{95} ตามวิธีการในข้อ 6.1

6.3 การทดสอบการลดปริมาณประชากรหนอนใยผักบนต้นพืช

การทดสอบการลดปริมาณประชากรหนอนใยผักบนต้นพืชนี้ ใช้หนอนใยผักวัยที่ 2 จำนวน 175 ตัว สารทดสอบที่ใช้มี 2 ชนิด คือ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย จากการทดลองนี้เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาทั้ง 2 ชนิดต่อการลดปริมาณประชากรหนอนใยผักบนต้นพืชในสภาพโรงเรือน โดยคัดเลือก 3 ความเข้มข้นที่มีผลต่ออัตราการตายของหนอนใยผักมากที่สุด ที่ผ่านการทดสอบในห้องปฏิบัติการ คือ 20,000, 25,000, 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร และชุดควบคุม โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

การทดสอบจะใช้ผักกวางตุ้งที่ไม่เคยใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดใดๆ มาก่อน อายุประมาณ 10 วัน แยกลงในถุงเพาะ ถุงละ 1 ต้น จากนั้นนำไปเพาะเลี้ยงต่อในโรงเรือนที่คลุมด้วยตาข่ายพลาสติก เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชและเชื้อสาเหตุโรคพืช เมื่อผักกวางตุ้งมีอายุประมาณ 20 วัน ก็สามารถนำมาทดสอบได้ แบ่งชุดการทดลองตามระดับความเข้มข้นๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 5 ต้น แต่ละต้นใช้หนอนใยผัก 5 ตัว ทำการปล่อยหนอนใยผักวัยที่ 2 ที่เตรียมไว้ลงบนต้นผักกวางตุ้ง ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วัน เพื่อให้หนอนสามารถปรับสภาพและตั้งตัวได้ในสภาพโรงเรือน

ในการเตรียมสารทดสอบนั้น จะผสมทดสอบ คือ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยกับสาร polyoxyethylene sorbitan monooleate (Tween 80) ซึ่งสาร emulsifier ในอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร (Parma and Srivastava, 1986; Attword and Florence, 1993; Bucher, 1985; Rembold, 1989) และ สาร polyacyl alkoxylate (APSA 80) ผลิตโดยบริษัทแอมเวย์ประเทศไทย ซึ่งเป็นสารเพิ่มประสิทธิภาพ ในอัตราส่วน 3 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร เมื่อครบ 3 วันแล้วตรวจสอบจำนวนหนอนใยผักที่พบบนต้นผักกวางตุ้งก่อนการฉีดพ่น จากนั้นนำสารละลายที่เตรียมไว้ไปฉีดพ่นลงบนต้นผักกวางตุ้งที่มีหนอนใยผักอยู่ ด้วย

เครื่องฉีดพ่นแบบสะพายหลัง (knapsack sprayer) ระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับต้นผักกวางตุ้งเท่ากับ 30 เซนติเมตร ความดันภายในถังฉีดเท่ากับ 6 บาร์ และฉีดพ่นนาน 10 วินาทีต่อ 1 ต้น เมื่อฉีดพ่นแล้วนำต้นผักกวางตุ้งเข้าไปไว้ในโรงเรือน ปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมงแล้ว (ภาพผนวกที่ 6) ตรวจสอบและเปรียบเทียบจำนวนหนอนใยผักที่พบบนต้นพืชเพื่อที่จะนำไปคำนวณหาจำนวนและเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของหนอนใยผักหลังการฉีดพ่น (เทียบกับจำนวนหนอนใยในชุดควบคุมคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์)

6.4 การทดสอบการยับยั้งการวางไข่ (antioviposition)

การทดสอบการยับยั้งการวางไข่ของหนอนใยผักใช้แผนการทดสอบแบบคู่ผสมสุ่ม ใช้ น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยเป็นสารทดสอบ จากการทดลองนี้เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำมันเนื้อในเมล็ดสะเดาทั้ง 2 ชนิดต่อการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผักในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ 3 ความเข้มข้นคือ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำ และชุดควบคุมใช้ polyoxyethylene sorbitan monooleate (Tween 80) เป็นสาร emulsifier ในอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (Attword and Florence, 1993; Bucher, 1985) และใช้สาร polyacyl alkoxylate (APSA 80) ผลิตโดยบริษัทแอมเวย์ประเทศไทยในอัตราส่วน 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เป็นสารเพิ่มประสิทธิภาพ การทดสอบจะใช้ผักกวางตุ้งที่ไม่เคยใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดใดๆ มาก่อน อายุประมาณ 10 วัน แยกลงในถุงเพาะ ถุงละ 1 ต้น จากนั้นนำไปเพาะเลี้ยงต่อในโรงเรือนที่คลุมด้วยตาข่ายพลาสติก เมื่อผักกวางตุ้งมีอายุประมาณ 20 วัน ก็สามารถนำมาทดสอบได้ จากนั้นนำสารละลายที่เตรียมไว้ไปฉีดพ่นใส่ต้นผักกวางตุ้งโดยเครื่องฉีดพ่นแบบสะพายหลัง ซึ่งระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับต้นผักกวางตุ้งเท่ากับ 30 เซนติเมตร ความดันภายในถังฉีดเท่ากับ 6 บาร์ และฉีดพ่นนาน 10 วินาทีต่อ 1 ต้น นำผักกวางตุ้งที่ฉีดพ่นแล้วเข้าไปไว้ในกรงเลี้ยงแมลงขนาด 10x15x8.5 นิ้ว ปล่อยให้ผีเสื้อหนอนใยผักเพศผู้และเพศเมียที่มีอายุ 1 วัน โดยสังเกตจากขนาด คือ เพศเมียจะมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ และเพศเมียจะไม่มีแถบสีเหลืองที่ขอบปีกด้านในของปีกคู่หน้า ส่วนเพศผู้จะมีลักษณะดังกล่าว ใส่ผีเสื้อเข้าไปในกรง ๆ ละ 5 คู่ ใช้สำลีชุบน้ำและน้ำคั้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารของผีเสื้อ (ภาพผนวกที่ 7) เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ตรวจสอบและเปรียบเทียบจำนวนไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก เพื่อที่จะนำไปคำนวณหาจำนวนและเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของไข่ผีเสื้อหนอนใยผักหลังการฉีดพ่น (เทียบกับไข่ในชุดควบคุมคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์)

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1. การสกัดสารออกฤทธิ์

จากการทดลองสกัดสารออกฤทธิ์จากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง (*A. excelsa* Jack.) และเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย (*A. indica* var. *siamensis* Vale.) โดยใช้ชนิดละ 10 กิโลกรัมทำการสกัดด้วยวิธีการแช่ขุ่นโดยใช้ n-hexane และ methanol เป็นตัวทำละลาย ผลปรากฏว่า ได้น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย คิดเป็น 43.15 เปอร์เซ็นต์ 32.57 เปอร์เซ็นต์ 14.52 เปอร์เซ็นต์ และ 11.32 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณของสารสกัดที่ได้จากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่สกัดด้วย n-hexane และ methanol โดยใช้วิธีการแช่ขุ่น

ชนิดของพืช	ส่วนสกัด	น้ำมัน		สารสกัดหยาบ	
		น้ำหนัก (g.)	น้ำหนัก (%)	น้ำหนัก (g.)	น้ำหนัก (%)
สะเดาข้าง	เนื้อในเมล็ด	4315.30	43.15	1452.70	14.52
สะเดาไทย	เนื้อในเมล็ด	3257.70	32.57	1132.85	11.32

หมายเหตุ ทำการแช่สกัดเนื้อในเมล็ดสะเดาแห้งทั้ง 2 ชนิด ๆ ละ 10 กิโลกรัม

การสกัดสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดานั้น กระบวนการเตรียมวัตถุดิบเป็นสิ่งที่สำคัญมาก โดยทั่วไปแล้วการทำให้เมล็ดแห้งก่อนนั้นเป็นการป้องกันการเกิดเชื้อราในเมล็ด และยังสามารถลดปริมาณของตัวทำละลายที่ใช้ในกระบวนการสกัดได้ด้วย วิธีการที่ใช้ในการสกัดสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดานั้นมี 2 วิธีคือ soxhlet extraction และ maceration วิธีแรกคือ soxhlet extraction เป็นการสกัดโดยใช้ความร้อนเข้าร่วมในกระบวนการ โดยการแช่ส่วนสกัดลงในตัวทำละลาย จากนั้นใช้ความร้อนต้มตัวทำละลายให้เดือด จนกลายเป็นไอ เมื่อไอน้ำกระทบตัวทำความเย็นก็จะกลั่นลงมา แช่สกัดได้อีก ซึ่งเป็นวิธีการที่ประหยัดตัวทำละลาย แต่ที่สำคัญวิธีนี้เป็นวิธีการที่ทำให้สารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดา โดยเฉพาะสาร azadirachtin ซึ่งเป็นสารที่ละลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน ดังนั้นปัจจุบันจึงเป็นวิธีการสกัดที่ไม่นิยมใช้ วิธีที่สองคือ maceration เป็นวิธีการสกัดโดยอาศัยการแช่ส่วนสกัดในตัวทำละลาย เป็นวิธีที่ไม่ใช้ความร้อนในกระบวนการสกัด จึงเป็นผลดีทำให้สาร azadirachtin เกิดการสลายตัวหรือแตกตัวได้น้อย ส่งผลทำให้สามารถสกัดสารดังกล่าวได้มากเมื่อทำการสกัดซ้ำหลายๆ ครั้ง

ในประเทศไทยมีการศึกษาถึงการสกัดสารออกฤทธิ์ azadirachtin จากสะเดาทั้ง 3 ชนิดคือ สะเดาอินเดีย สะเดาไทย และสะเดาช้าง โดยพบว่าสาร azadirachtin ในสารสกัดจากสะเดาอินเดียมีมากที่สุดคือ 4.7-7.8 มิลลิกรัม/กรัมของเนื้อในเมล็ด ส่วนสะเดาไทย และสะเดาช้าง พบว่ามีสาร azadirachtin เท่ากับ 0.5-4.6 มิลลิกรัม/กรัมของเนื้อในเมล็ด และ 0.3-3.57 มิลลิกรัม/กรัมของเนื้อในเมล็ด ตามลำดับ ส่วนน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาพบว่า สะเดาอินเดีย และสะเดาไทย มีน้ำมันคิดเป็น 40.6 เปอร์เซ็นต์ และ 34.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (นิรนาม, 2541) สำหรับสะเดาช้างพบว่ามีปริมาณของน้ำมันมากที่สุดคิดเป็น 40.0-45.0 เปอร์เซ็นต์ (Schmutterer and Ermel, personal communication)

Pitiyont และ คณะ (1996) รายงานว่า ในการสกัดสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดานั้น วิธีที่นิยมและมีประสิทธิภาพมากที่สุดคือการแช่ขุ่ย (maceration) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแช่สกัดใน n-hexane นำไปกรอง และระเหยให้แห้ง ซึ่งสารสกัดที่ได้ก็คือ น้ำมันสะเดา แล้วนำกากที่เหลือไปสกัดต่อด้วย methanol นำสารละลายที่ได้ไปกรองและระเหยให้แห้ง ซึ่งจะได้สารสกัดหยาบ และเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณสารสกัดหยาบ พบว่า สารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาช้างคิดเป็น 15-17 เปอร์เซ็นต์ และ 10-12 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทย

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีการและปริมาณของน้ำมันและสารสกัดหยาบที่ได้จากกระบวนการสกัดของการวิจัยในครั้งนี้นี้กับงานวิจัยอื่นๆ ที่นำเสนอมาก็พบว่า ปริมาณของทั้งน้ำมันและสารสกัดหยาบที่ได้ มีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่ในกระบวนการสกัดของการวิจัยในครั้งนี้นี้ทำการสกัดน้ำมันทั้งหมด 7 รอบ และในกระบวนการสกัดสารสกัดหยาบทำทั้งหมด 3 รอบ ซึ่งถ้าเพิ่มจำนวนรอบให้มากขึ้นกว่านี้ก็อาจจะได้สารสกัดในปริมาณที่มากขึ้น แต่ถ้าจะมีการนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์ กระบวนการแช่สกัดอย่างเดียวยังคงไม่พอ ซึ่งกระบวนการที่ควรที่จะเพิ่มในกระบวนการสกัดสารก็คือ ควรติดตั้งเครื่องปั่นกวนเข้าไปด้วย กล่าวคือในการสกัดสารออกฤทธิ์นั้น ยังสามารถทำให้ส่วนสกัดสัมผัสกับตัวทำละลายมากเท่าใด ก็ยิ่งทำให้สามารถสกัดเอาสารออกฤทธิ์ได้มากขึ้นเท่านั้น และยังเป็นการเร่งกระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์ให้เร็วขึ้นด้วย และนั่นก็หมายถึงคุณภาพของสูตรสำเร็จที่ทำการผลิตด้วย

2. การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีบางประการของน้ำมันจากเมล็ดสะเดา

จากผลการทดลองการศึกษาและตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีบางประการของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาฝรั่ง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย โดยศึกษาและหาค่า saponification value และ acid value ตามวิธีการของ British Pharmacopoeia (1998) พบว่า ค่า saponification value และค่า acid value ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาฝรั่ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 163.07 และ 9.01 ตามลำดับ และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 161.40 และ 4.55 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่า saponification value และ acid value ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ด สะเดาฝรั่ง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่สกัดด้วย n-haxane

ชนิดของน้ำมัน	Saponification value	SD	Acid value	SD
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาฝรั่ง	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

ในการศึกษาและวิจัยครั้งนี้จำเป็นต้องหาค่า acid value และ saponification value เนื่องจากค่าทั้ง 2 จะเป็นค่าพื้นฐานที่บ่งบอกถึงสถานะของน้ำมัน และสถานภาพความเป็นน้ำมันว่ามีมากน้อยเพียงใด จากการสังเกตพบว่า น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งมีกลิ่นฉุนมากกว่าน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย โดยที่กลิ่นนั้นน่าจะเป็นกลิ่นเฉพาะของน้ำมันเอง เพราะว่ามีน้ำมันที่นำมาหา acid value และ saponification value นั้น เป็นน้ำมันที่ได้มาจากการสกัดใหม่ๆ ไม่ได้มีการเก็บไว้นานจนกระทั่งเกิดการเหม็นหืน จนกระทั่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการหาค่าดังกล่าว ซึ่งถ้ากลิ่นดังกล่าวเป็นกลิ่นของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งจริง ก็จะส่งผลดีในแง่ของการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช โดยเฉพาะหนอนโยศัก

acid value หมายถึง จำนวนมิลลิกรัมของ KOH ที่ทำให้เกิดการ neutralized สารจนพวก free acids 1 กรัมที่มีอยู่ใน fix oil, fat, resin, balsm หรือสารอื่นๆ ที่มีองค์ประกอบคล้ายคลึงกันกับสารดังกล่าว โดยปกติแล้วเมื่อไขมันถูกเก็บไว้นาน ๆ จะเกิดการปลดปล่อย free acids ออกมา ซึ่ง free acid ที่เกิดขึ้นนั่นเอง เป็นเครื่องชี้วัดถึงสถานะและปริมาณของ free acid ของไขมันชนิดนั้น

โดยทั่วไปแล้วน้ำมันที่สกัดออกมาใหม่ๆ จะมีการปลดปล่อย free acid ออกมาน้อยมาก หรือไม่มีเลย นั่นคือ อายุของน้ำมันจะเป็นตัวกำหนดค่า acid value คือ ถ้าหึ่งน้ำมันไว้นานๆ ค่า acid value ก็จะมีค่าสูง แต่ถ้าน้ำมันยังสดหรือสกัดได้ใหม่ๆ ค่า acid value ก็จะมีค่าน้อย น้ำมันที่จะใช้ในการบริโภคสำหรับมนุษย์นั้น จะถูกกำหนดด้วย U.S.P. (United State Pharmacopoeia) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่จะกำหนดค่า acid value ที่มีได้มากที่สุดในการผลิตภัณฑ์นั้นๆ หรือเป็นหน่วยงานที่กำหนดความบริสุทธิ์ของน้ำมัน โดยทั่วไปแล้ว U.S.P. จะพยายามกำหนดค่านี้นี้ให้มีค่าน้อยที่สุด

saponification value หมายถึง จำนวนมิลลิกรัมของ KOH ที่ใช้ในการ neutralized สารพวก free acids และ saponify สารพวก ester ที่มีอยู่ในไขมันตัวอย่าง 1 กรัม อย่างสมบูรณ์ โดยค่า saponification value นี้จะบ่งบอกถึงสถานะของ glycerides ของ free acid ที่มีคาร์บอน C_{16} - C_{18} ตัว หรือสามารถที่จะบอกถึงอายุของน้ำมันได้เช่น mineral oil เป็นต้น ค่า saponification value จะแปรผกผันกับน้ำหนักโมเลกุลของสารนั้นๆ เช่น tristearin และ tributyrin โดย tristearin มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 891 tributyrin มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 302 แต่พบว่า tristearin มีค่า saponification value เท่ากับ 189 และ tributyrin มีค่า saponification value เท่ากับ 537 โดยค่า saponification value จะถูกกำหนดโดย U.S.P. เช่นเดียวกันกับค่า acid value ดังแสดงในตารางที่ 4 และ Schmutterer and Ernel (personal communication) ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณของกรดไขมันที่พบในน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งและน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่สกัดด้วย n-hexane โดยใช้วิธีการแช่ขุ่น ดังแสดงในตาราง 5

ตารางที่ 4 ค่า saponification number และค่า acid value ของไขมันชนิดต่างๆ ที่กำหนด ด้วย U.S.P. (Plummer, 1978)

ชนิดของไขมัน	Acid value	Saponification value
Butter	0.5-3.0	210-230
Castor oil	0.2-4.0	175-187
Coconut oil	2.5-6.0	254-262
Cod liver oil	0.5-5.0	180-190
Corn oil	1.0-2.0	187-195
Cow's milk	0	216-235
Glyceryl tributyrate	0	557
Glyceryl trioleate	0	190
Glyceryl tristearate	0	189
Halibut liver oil	1.0	170-180
Linseed oil	1.0-4.0	188-195
Olive oil	0.2-3	190-195

ตารางที่ 5 ปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันจากเมล็ดสะเดาข้างและน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทย
ที่สกัดด้วย n-hexane โดยใช้วิธีการแช่เย็น (Schmutterer and Ermel, personal
communication)

ชนิดกรดไขมัน	น้ำมันเมล็ดสะเดาข้าง	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

เมื่อศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่ง ที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 และ 3 ด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้

3.1 การทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

จากผลการทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพพิษทางการสัมผัสของสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่ง กับสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่ง น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) และ สารฆ่าแมลง abamectin (Masmecc[®]) ที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 และ 3 ผลปรากฏดังตารางที่ 6 และ 7

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าสารฆ่าแมลง abamectin (Masmecc[®]) ซึ่งใช้เป็นสาร positive control ในการทดลองนี้มีค่า LC_{50} และ LC_{95} ที่ทดสอบกับหนอนใยผักวัยที่ 2 น้อยที่สุดคือ 81.3 มิลลิกรัม/ลิตร และ 1,694.3 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ รองลงมาคือ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่ง เท่ากับ 16,298.4 มิลลิกรัม/ลิตร และ 734,816.3 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย มีค่า LC_{50} และ LC_{95} มีค่าเป็น 17,243.8 มิลลิกรัม/ลิตร และ 482,497.4 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่ง พบว่า มีค่า LC_{50} และ LC_{95} มีค่าเป็น 66,739.1 มิลลิกรัม/ลิตร และ 297,748.1 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) ค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 52,056.4 มิลลิกรัม/ลิตร และ 102,078.3 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำมันจากเนื้อในสะเดาไทย มีค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 53,378.4 มิลลิกรัม/ลิตร และ 125,078.3 มิลลิกรัม/ลิตร ถึงแม้ว่าสารทั้ง 2 จะมีค่าความเป็นพิษต่ำกว่าน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งก็ตาม แต่ค่า Fiducial limit ของสารทั้งสองนั้นไม่สามารถที่จะคำนวณได้ หรือ impossible range (IR) เนื่องจากว่า ค่า g ที่ใช้ในการคำนวณหาค่า Fiducial limit มีค่ามากกว่า 1 ส่งผลให้ไม่สามารถคำนวณหาค่าดังกล่าวได้ตามวิธีการและสมการของ Finney (1971) นั่นก็หมายความว่าทั้งค่า LC_{50} และ LC_{95} ของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) และ น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ยังใช้ไม่ได้ นอกจากนั้นยังเป็นค่าที่บ่งบอกให้เห็นถึงความเข้มข้นของสารที่ใช้ไม่เพียงพอ หรือที่ระดับความเข้มข้นที่ทำการทดสอบนั้นไม่มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผัก

การทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพพิษทางการสัมผัสของสารทดสอบ กับหนอนใยผักวัยที่ 3 นั้น พบว่าสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®]) มีค่า LC₅₀ และ LC₉₅ น้อยที่สุดคือ 227.9 มิลลิกรัม/ลิตร และ 9,204.7 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ รองลงมาคือ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างเท่ากับ 28,225.4 มิลลิกรัม/ลิตร และ 871,820.5 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย มีค่า LC₅₀ และ LC₉₅ เท่ากับ 34,435.3 มิลลิกรัม/ลิตร และ 445,527.2 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สำหรับน้ำมันจากเนื้อในสะเดาช้าง น้ำมันจากเนื้อในสะเดาไทย มีค่า LC₅₀ และ LC₉₅ เท่ากันคือ 46,366.7 มิลลิกรัม/ลิตร 78,755.2 มิลลิกรัม/ลิตร และเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) นั้น พบว่ามีค่า LC₅₀ และ LC₉₅ น้อยที่สุดคือคือ 53,378.9 มิลลิกรัม/ลิตร และ 125,079.6 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ค่า Fiducial limit ของน้ำมันจากเนื้อในสะเดาช้าง น้ำมันจากเนื้อในสะเดาไทย และเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) ก็ไม่สามารถคำนวณได้เนื่องจากค่า g มีค่ามากกว่า ตามวิธีการและสมการของ Finney (1971) แสดงว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารดังกล่าวนั้น ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนใยผักวัยที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 7

การทดสอบด้วยวิธีการ topical application method นั้นพบว่าสารฆ่าแมลง abamectin มีผลทำให้หนอนใยผักตายมากที่สุด เพราะว่า สารออกฤทธิ์ในสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®]) คือ avermectin B นั้นมีความเป็นพิษทางการสัมผัสซึ่งออกฤทธิ์โดยตรงต่อระบบประสาท กล่าวคือ เมื่อเราหยดสารละลายลงไปบริเวณอกปล้องแรกของหนอนใยผัก ซึ่งบริเวณนั้นเป็นที่อยู่ของ thoracic glanglia ของแมลง ดังนั้นเมื่อสารละลายซึมผ่านเข้าไปในผิวหนัง แล้วเข้าสู่ระบบประสาทดังกล่าว ก็จะส่งผลทำให้แมลงเป็นอัมพาตและตายในที่สุด ส่วนสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย และเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) นั้นมีสารออกฤทธิ์ที่ก่อให้เกิดพิษทางการกิน ส่งผลให้หนอนใยผักที่ทดสอบนั้นไม่ตาย จึงทำให้ค่าความเป็นพิษนั้นค่อนข้างสูง แต่จากการทดลองพบว่า มีหนอนใยผักบางตัวที่ตายอาจเป็นไปได้ว่า หนอนใยผักจะกินอาหารที่มีสารทดสอบที่หยดลงไปบนปล้องอกของหนอนติดอยู่ก็ได้ จึงทำให้หนอนใยผักบางตัวตาย หรืออาจจะเป็นเพราะความอ่อนแอของหนอนใยผักเองก็ได้

Verkerk and Wright (1993) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสาร azadirachtin ต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 พบว่า การทดสอบพิษทางการสัมผัส ด้วยวิธีการ topical application method โดยหยดสาร azadirachtin ที่มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ลงบนบริเวณปล้องอก พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 6 วัน ค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 11.9 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Fiducial limit เท่ากับ 5.6-215.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) และ 147 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Fiducial limit เท่ากับ 65.9-769.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองของ Verkerk and Wright เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับผลการทดลองในครั้งนี้ก็พบว่า การที่ค่าความเป็นพิษของสาร นั้นมีค่าค่อนข้างน้อย เนื่องจากสารที่ใช้ในการทดลองนั้นแตกต่างกัน กล่าวคือ การทดลองของ Verkerk and Wright ใช้สารที่บริสุทธิ์คือ สาร azadirachtin ซึ่งมีความเป็นพิษอยู่แล้ว แต่ในการทดลองนี้ใช้สารที่เป็นสารสกัดหยาบ ซึ่งมีสารที่เป็นองค์ประกอบต่างๆ มากมาย นั้นก็น่าจะทำให้ค่าความเป็นพิษที่ออกมาแตกต่างกันไปด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นพิษ LC_{50} และ LC_{95} ของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง ก็แสดงให้เห็นว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างน่าจะสามารถควบคุมหนอนใยผักได้ดีกว่าสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ซึ่งเป็นสารที่ทางราชการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชในปัจจุบัน

3.2 การทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

ผลจากการทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพพิษทางการกินของสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง กับสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) และสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®]) ที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 และ 3 ผลปรากฏดังตารางที่ 8 และ 9

ในการทดสอบประสิทธิภาพพิษทางการกินของสารทั้ง 6 ชนิด ที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 พบว่าสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®]) มีค่า LC_{50} และ LC_{95} น้อยที่สุดคือ 44.2 มิลลิกรัม/ลิตร 1,119.7 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ รองลงมาคือ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างมีค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 3,921.1 มิลลิกรัม/ลิตร และ 241,120.8 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย มีค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 12,008.7 มิลลิกรัม/ลิตร และ 344,528.1 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) มีค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 32,145.9 มิลลิกรัม/ลิตร และ 167,483.2 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างมีค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 45,289.5 มิลลิกรัม/ลิตร และ 229,853.7

มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และน้ำจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยมีค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 65,053.0 มิลลิกรัม/ลิตร และ 229,853.7 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 8

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพพิษทางการกินของสารทั้ง 6 ชนิด ที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 3 พบว่าสารฆ่าแมลง abamectin (Masmecc[®]) เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผักวัยที่ 3 ดีที่สุด คือมีค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 112.8 มิลลิกรัม/ลิตร และ 4,708.9 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ รองลงมาคือ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งมีค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 5,136.2 มิลลิกรัม/ลิตร และ 243,926.3 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย มีค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 19,188.5 มิลลิกรัม/ลิตร และ 570,852.6 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) มีค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 38,607.9 มิลลิกรัม/ลิตร และ 167,916.6 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่ง มีค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 47,785.7 มิลลิกรัม/ลิตร และ 168,469.9 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนสารที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผักน้อยที่สุดคือน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย มีค่า LC_{50} และ LC_{95} เท่ากับ 71,167.5 มิลลิกรัม/ลิตร และ 277,926.7 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า Fiducial limit ของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทยไม่สามารถที่จะคำนวณได้ เนื่องจากมีค่า g มากกว่า 1 ตามสมการของ Finney (1971) นั่นก็หมายความว่าน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยที่ระดับความเข้มข้นที่ทำการทดสอบนั้นยังไม่เพียงพอที่จะสามารถทำให้หนอนใยผักตาย หรือไม่มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผักวัยที่ 3 ดังที่แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 6 ค่า LC₅₀ และ LC₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (topical application method) ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

ชุดการทดลอง	LC ₅₀			LC ₉₅		
	mg./l.	Fiducial limit		mg./l.	Fiducial limit	
		Lower	Upper		Lower	Upper
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	17,243.8	12,201.9	28,571.7	482,897.4	169,552.3	3,963,435.0
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	16,298.4	11,292.8	26,529.9	734,816.3	270,808.0	3,817,773.0
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	53,378.4	IR	IR	125,078.3	IR	IR
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	66,739.1	38,436.7	4,147,483.0	297,748.1	91,184.0	3,389,327.0
เชื้อแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> (Thuricide [®])	52,056.4	IR	IR	102,057.0	IR	IR
สารฆ่าแมลง abamectin (Masmec [®])	81.3	35.1	132.7	1,694.3	849.4	6,940.1

ที่มา : ตารางผนวกที่ 1 ถึง 12

*IR = Impossible range ($g > 1$)

ตารางที่ 7 ค่า LC₅₀ และ LC₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (topical application method) ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

ชุดการทดลอง	LC ₅₀			LC ₉₅		
	mg./l.	Fiducial limit		mg./l.	Fiducial limit	
		Lower	Upper		Lower	Upper
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	34,435.3	23,241.4	85,357.7	445,527.2	142,946.0	9,572,207.0
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง	28,225.4	18,844.5	54,183.1	871,920.5	218,879.5	7,331,522.0
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	46,366.7	IR	IR	78,755.2	IR	IR
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง	46,366.7	IR	IR	78,755.2	IR	IR
เชื้อแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> (Thuricide [®])	53,378.9	IR	IR	125,079.6	IR	IR
สารฆ่าแมลง abamectin (Masmec [®])	227.9	121.5	363.9	9,204.7	4,152.4	37,345.0

ที่มา : ตารางผนวกที่ 13 ถึง 24

*IR = Impossible range ($g > 1$)

ตารางที่ 8 ค่า LC₅₀ และ LC₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding method) ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

ชุดการทดลอง	LC ₅₀			LC ₉₅		
	mg./l.	Fiducial limit		mg./l.	Fiducial limit	
		Lower	Upper		Lower	Upper
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	12,008.7	8,652.1	17,891.8	344,528.1	138,263.9	1,841,311.0
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	3,921.1	2,728.8	5,609.9	241,120.8	111,089.0	760,304.0
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	65,053.0	37,115.6	1,203,514.0	287,781.3	82,415.2	7.263E+17
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	45,289.5	31,451.3	116,568.9	229,853.7	97,207.4	2,601,123.0
เชื้อแบคทีเรีย <i>Bacillus thuringiensis</i> (Thuricide®)	32,145.9	24,302.1	60,144.7	167,483.2	85,418.6	3,479,844.0
สารฆ่าแมลง abamectin (Masmec®)	44.2	12.4	81.5	1,119.7	566.3	4,955.8

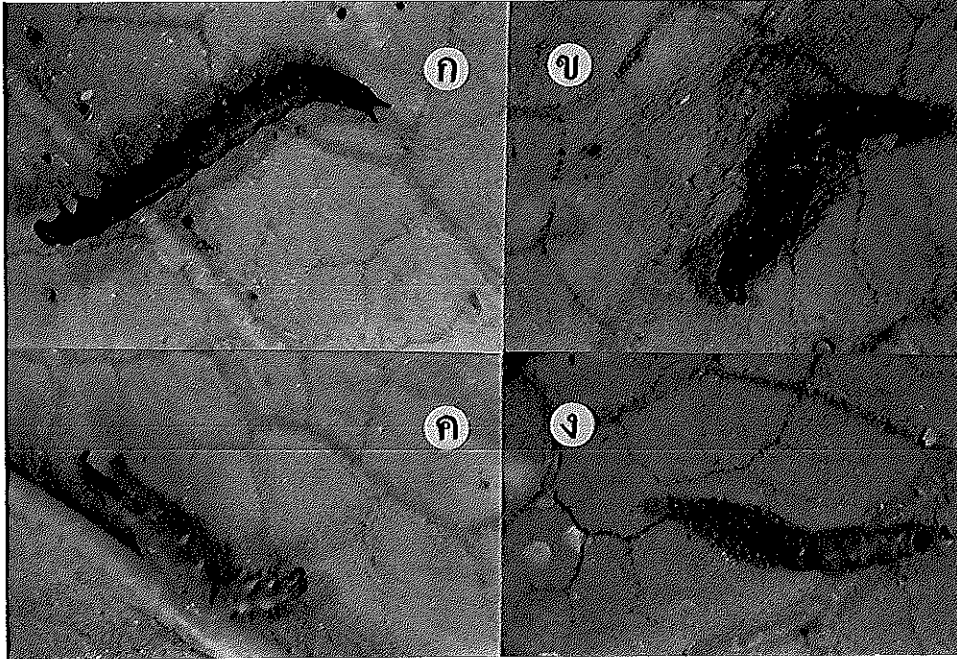
ที่มา : ตารางผนวกที่ 25 ถึง 36

ตารางที่ 9 ค่า LC₅₀ และ LC₉₅ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding method) ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

ชุดการทดลอง	LC ₅₀			LC ₉₅		
	mg./l.	Fiducial limit		mg./l.	Fiducial limit	
		Lower	Upper		Lower	Upper
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	19,188.5	13,357.7	33,600.3	570,852.6	188,083.7	5,659,261.0
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	5,136.2	3,661.7	7,262.6	243,966.3	115,205.4	743,912.9
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	71,167.5	IR	IR	277,926.7	IR	IR
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	47,785.7	33,374.1	187,120.1	168,469.9	74,734.6	4,784,895.0
เชื้อแบคทีเรีย <i>Bacillus thuringiensis</i> (Thuricide®)	38,607.9	28,141.0	108,653.9	167,916.6	74,125.1	3,632,819.0
สารฆ่าแมลง abamectin (Masmec®)	112.8	56.5	205.4	4,708.9	2,260.6	17,288.8

ที่มา : ตารางผนวกที่ 37 ถึง 48

*IR = Impossible range (g > 1)

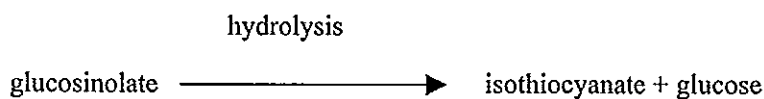


ภาพที่ 7 ลักษณะการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ที่ทดสอบพิษทางการกินด้วยสารทดสอบ
ต่างๆ ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

- ก. ลักษณะหนอนใยผักที่ตายเนื่องจากสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดา
ช้าง ที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ข. ลักษณะหนอนใยผักที่ตายเนื่องจากสารฆ่าแมลง abamectin (Masme[®])
ที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ค. ลักษณะของหนอนใยผักที่ตายเนื่องจากเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis*
var. kurstaki HD-1 (Thuricide[®]) ที่ระดับความเข้มข้น 30,000
มิลลิกรัม/ลิตร
- ง. ลักษณะของหนอนใยผักที่ตายเนื่องจากสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ด
สะเดาไทยที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารทดสอบพิษทางการกินด้วยวิธีการ feeding method นั้น หลังจากที่หนอนใยผักตายแล้วสังเกตลักษณะการตาย พบว่า ลักษณะหนอนใยผักที่ตายเนื่องจากสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง ที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีลักษณะลำตัวพอม ไม่บวม ไม่พอง และสีลำตัวดำคล้ำ หนอนใยผักที่ทดสอบด้วยสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®]) ที่ระดับ ความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีลักษณะลำตัวบวม พอง มีสีลำตัวดำคล้ำ ลักษณะของหนอนใยผักที่ตายเนื่องจากเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) ที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า ลำตัวมีสีน้ำตาลแดง บวม พอง เปราะบางและเมื่อแทงลำตัวดู พบว่า มีของเหลวข้น กลิ่นเหม็นไหลออกมา ลักษณะของหนอนใยผักที่ตายเนื่องจากสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร ลำตัวมีสีน้ำตาลคล้ำ มีลักษณะลำตัวพอม ไม่บวม ไม่พอง และไม่มีของเหลวกลิ่นเหม็นไหลออกมา ดังแสดงในภาพที่ 7

ในพืชตระกูลกะหล่ำมีสารหลายชนิดที่มีฤทธิ์ในการดึงดูดแมลงศัตรู โดยเฉพาะหนอนใยผัก เช่น allyl nitril, allyl isothiocyanate, indole glucosinolate, allyl glucosinolate และ sinigrin แต่ก็มีสารในกลุ่ม mustard oil glycoside ที่ทำหน้าที่เป็นสาร antifeedant ของพืชตระกูลกะหล่ำ สารสำคัญที่ดึงดูดหนอนใยผักก็คือ glucosinolate เมื่อ glucosinolate ถูกไฮโดรไลซ์แล้วจะได้สาร isothiocyanate ซึ่งทำให้เกิดการดึงดูดหนอนใยผักให้เข้ามากินใบพืช ดังแสดงในภาพที่ 8 (Panda and Khush, 1995)



ภาพที่ 8 แสดงปฏิกิริยา hydrolysis ของสาร glucosinolate ในพืชตระกูลกะหล่ำ

สารสกัดออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดาเป็นสารพวก azadirachtin, triterpenoids และ malantriol (ขวัญชัย, 2540) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง azadirachtin มีคุณสมบัติในการฆ่าแมลงรวมไปถึงหนอนใยผักด้วย กล่าวคือ เมื่อ azadirachtin ผ่านเข้าไปในร่างกายแมลงโดยการกิน จะเข้าไปยับยั้งการทำงานของ monooxygenase enzyme ซึ่งแมลงจะสร้าง enzyme ดังกล่าวนี้เพื่อป้องกันและทำลายสารแปลกปลอม (xenobiotic) ที่เข้าสู่ร่างกายแมลง โดยทำให้สารแปลกปลอมนั้นละลายน้ำ (hydrophilic) แล้วพยายามขับออก (excretion) นอกร่างกาย ฉะนั้น เมื่อ monooxygenase enzyme ถูกยับยั้งแมลงก็จะอ่อนแอลง การทำงานของระบบย่อยอาหารบกพร่อง ผลดังกล่าวของสาร azadirachtin จะไปเสริมกับสาร triterpenoid และ malantriol ซึ่งเป็นสารยับยั้งการกินของแมลง ซึ่งจะทำให้แมลงตายเร็วขึ้น (Rembold *et al.*, 1983; Jilani and Saxena, 1990)

Verkerk and Wright (1993) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสาร azadirachtin 3 ประเภท คือ AZT (azadirachtin 30 mg/l.) NEEMAZAL (formulation of azadirachtin 3 mg/l.) และ AZ (synthetic azadirachtin) ต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 โดยทำการแบ่งสารทั้ง 3 ชนิดออกเป็น 3 ความเข้มข้น คือ 0.1, 1.0 และ 10.0 ไมโครกรัม/ลิตร ซึ่งจะอาศัยความเข้มข้นของสาร azadirachtin ในสารทั้ง 3 ชนิดเป็นเกณฑ์ในการแบ่งความเข้มข้น พบว่า การทดสอบพิษทางการกิน ด้วยวิธีการ dipping โดยใช้ใบผักกวางตุ้ง พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน ที่ระดับความเข้มข้นของสาร azadirachtin 10.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ของสาร NEEMAZAL, AZT และ AZ มีเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 คิดเป็น 75 %, 62 % และ 23 % ตามลำดับ และมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.14 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (0.07-0.20 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) 0.18 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร มิลลิลิตร (0.04-0.21 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) และ 0.54 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร มิลลิลิตร (0.30-0.89 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าการพัฒนาของหนอนใยผักวัยที่ 2 ที่ได้รับสาร azadirachtin ทั้ง 3 ชนิด ไปเป็นหนอนวัยที่ 3 นั้นเกิดความผิดปกติ และส่งผลให้เกิดการพัฒนาไปเป็นหนอนวัยที่ 4 นั้นมีน้อยมาก และยังพบว่าหนอนใยผักวัยที่ 2 ที่ได้รับสาร azadirachtin ทั้ง 3 ชนิด มีน้ำหนักตัวลดลง เนื่องจากหนอนเกิดการอดอาหาร และมีบางตัวตายในที่สุด จากการทดลองสามารถบอกได้ว่าสาร azadirachtin ที่ถูกนำไปปรุงแต่งเป็นสูตรสำเร็จนั้นมีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผักดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสาร azadirachtin ที่ไม่ได้ปรุงแต่งเป็นสูตรสำเร็จและสาร azadirachtin สังกะระหะ

Sombatsiri and Temboonkeat (1986) ได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเนื้อใบเมลิคตะเคาไทย เพื่อควบคุมหนอนใยผักวีย์ที่ 2 และวีย์ที่ 4 ทดสอบด้วยวิธีการ spraying method ซึ่งจากการทดลองพบว่า ค่าความเป็นพิษ LC_{50} ของสารสกัดหยาบจากเนื้อใบเมลิคตะเคาไทยที่มีต่อหนอนใยผักวีย์ที่ 2 และวีย์ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.84 เปอร์เซ็นต์ (8,400 มิลลิกรัม/ลิตร) และ 8.6 เปอร์เซ็นต์ (86,000 มิลลิกรัม/ลิตร) เมื่อเปรียบเทียบการทดลองของ Sombatsiri and Temboonkeat กับการวิจัยในครั้งนี้พบว่า ค่าความเป็นพิษที่ได้จากการทดสอบกับหนอนใยผักวีย์ที่ 2 นั้นมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะเกิดจากหนอนใยผักสายพันธุ์ในปัจจุบันนี้สามารถสร้างความต้านทานได้สูงกว่าหนอนใยผักสายพันธุ์ในอดีต การใช้หนอนที่ใช้ทดสอบนั้นอายุอาจจะไม่เท่ากัน หรืออาจเกิดจากความอ่อนแอของตัวหนอนเองก็ได้ ซึ่งก็ย่อมที่จะส่งผลให้ค่าความเป็นพิษที่ออกมาต่างกัน

หนอนใยผักที่ทดสอบด้วยวิธีการ leaf dipping โดยให้ได้รับสาร chlorfluazurum มีค่า LC_{50} และ RR (resistance ratio) สูงมากขึ้นเมื่อเทียบกับ SSS (susceptible strain) และค่า LC_{50} และ RR จะลดลงก็ต่อเมื่อถูกเลี้ยงโดยไม่ได้รับสารพิษ ส่วนหนอนใยผักที่ทดสอบด้วยผลิตภัณฑ์จากสะเคา พบว่าค่า LC_{50} และ RR นั้น มีค่าไม่แตกต่างกันกับ SSS และไม่แตกต่างกับหนอนใยผักที่เพาะเลี้ยงโดยไม่รับสารพิษใดๆ เลย (Cheramakara, 1996)

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบและน้ำมันจากใบและเปลือกของสะเคาซึ่งเทียบกับสะเคาอินเดีย พบว่า ทั้งสารสกัดหยาบและน้ำมันสะเคาซึ่งให้ผลในการควบคุมและยับยั้งการกินตัวของ *Epilachna varivestis* วีย์ที่ 4 ได้ดีกว่าสารสกัดหยาบและน้ำมันจากสะเคาอินเดีย นอกจากนี้ยังพบว่า marragin จากสะเคาซึ่งมีประสิทธิภาพในการควบคุมดีกว่า azadirachtin A จากสะเคาอินเดีย และน้ำมันจากสะเคาซึ่งยังมีผลในการควบคุมไร *Tetranychus urticae* ในขณะที่เดียวกันมีการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันสะเคาซึ่ง กับตัวกแตน *Schistocerca gregaria* ปรากฏว่า น้ำมันสะเคาซึ่งมีผลทำให้การลอกคราบของแมลงชนิดปกติ อัตราการเจริญเติบโตต่ำ รวมไปถึงมีผลทำให้ metamorphosis ของแมลงชนิดปกติ แมลงแยกไปอยู่เดี่ยวๆ แทนที่จะอยู่กันเป็นกลุ่มส่งผลให้อัตราการตายของแมลงมีสูงขึ้นด้วย (Schmutterer and Doll, 1993)

จากการทดลองของ Schmutterer and Doll (1993) ถึงแม้ว่าสารสกัดจากเมล็ด สะเดาอินเดียนั้นจะมี azadirachtin เป็นองค์ประกอบ แต่ในสะเดาข้าง *Kalinowski et al.* (personal communication) พบว่าสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol เป็นสารประกอบที่มี มากที่สุดในสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง จากการพิสูจน์สูตรโครงสร้างของ สาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol พบว่า สารดังกล่าวนี้มีลักษณะและโครงสร้าง คล้ายคลึงกับสาร azadirachtin อาจจะเป็นไปได้ว่าสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol อาจ จะมีฤทธิ์ในการฆ่าแมลงศัตรูพืชดีกว่าสาร azadirachtin ก็ได้ ซึ่งควรจะมีการทดลองและ การพิสูจน์อื่นๆ อีกต่อไป เพื่อใช้เป็นข้อมูลเพิ่มเติม

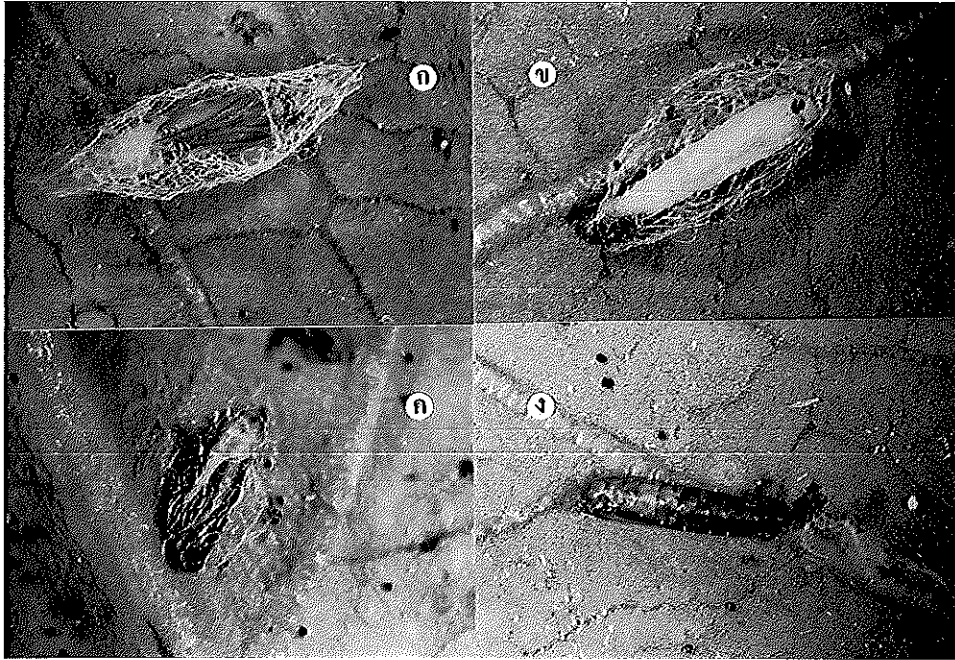
จากผลการทดลองนี้พบว่าสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างน่าจะมีผลในการฆ่า หนอนไยฝักได้ดีกว่าสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย นั้นอาจจะมีสาเหตุมาจาก สาร azadirachtin หรือ 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol ก็ได้ เนื่องจากทั้ง สาร azadirachtin และ 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol เป็นสารที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกันและยังเป็นสารออกฤทธิ์ ที่มีอยู่ในสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง ซึ่งอาจจะไปรบกวนการทำงานของ ระบบย่อยอาหารของแมลง เหมือนกับสาร azadirachtin โดยสาร azadirachtin จะทำให้ monooxygenase enzyme ไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งจะทำให้แมลงหยุดกินอาหาร หรือเมื่อ monooxygenase enzyme หยุดทำงาน ก็จะทำให้แมลงไม่สามารถที่จะสร้างสารจำพวก chitin ได้ ซึ่งสารดังกล่าวเป็นสารที่จำเป็นในการลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโตของแมลง (สุภาณี และคณะ, 2532; สุรพล, 2534) หรืออีกในกรณีหนึ่งคือ สารทั้ง 2 ชนิดเป็นสารที่ สามารถยับยั้งการกินของหนอนไยฝักได้ โดยเมื่อแมลงกินสารทั้ง 2 เข้าไป ไม่ว่าจะเป็ นกลิ่นของสารเคมีเอง หรือรสชาติที่แมลงไม่ชอบกิน ก็จะทำให้แมลงไม่เข้ามากินอาหารอีก จนกว่าสารออกฤทธิ์ทั้ง 2 จะหมดไป หรืออีกประการหนึ่งที่มีความเป็นไปได้คือ สารทั้ง 2 อาจจะไปมีผลในการยับยั้งการกินของหนอนไยฝัก เนื่องจากมีรายงานว่ ทั้งกลิ่นและรส ชาติของสาร azadirachtin จะไปมีผลในการขัดขวางการรับรู้รสของหนอนไยฝักที่มี ต่อสาร glucosinolate และ isothiocyanate ที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเข้ามากินอาหารของ หนอนไยฝัก เมื่อกลิ่นนี้ไปกลบจึงทำให้หนอนไยฝักไม่เข้ามากินใบพืช แต่ผลของน้ำมัน จากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างนั้น ไม่สามารถทำให้ตัวหนอนตายในทันทีได้ เนื่องจากไม่มี ลักษณะความเป็นพิษทางการกิน ดังนั้นค่า LC_{50} และ LC_{95} ที่ได้จึงมีค่าสูงและรวมไปถึงค่า Fiducial limit ที่ได้นั้นไม่สามารถที่จะคำนวณได้ ซึ่งจากผลการทดสอบ เมื่อพิจารณาค่า ความเป็นพิษ LC_{50} แล้ว พบว่า สารที่มีพิษทางการสัมผัส และพิษทางการกินมาที่สุดคือ

สารฆ่าแมลง abamectin (Masme[®]) รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดา
ข้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10

นอกจากนั้นจากผลการทดสอบยังพบว่า หนอนใยผักวัยที่ 2 และ 3 นั้น ถ้าได้รับ
สารสกัดจากเนื้อเมล็ดสะเดาข้างที่มีความเข้มข้นสูงๆ แล้ว จะทำให้หนอนใยผักบางตัวตาย
ภายใน 72 ชั่วโมง ในกรณีที่หนอนใยผักไม่ตาย แต่ก็ได้รับสารเข้าไปในร่างกาย จะทำให้
ตัวหนอนมีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่ผิดปกติ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาเป็นตัว
หนอนที่ผิดปกติ โดยสาร azadirachtin พบว่า มีหนอนใยผักบางตัวที่ไม่ตายทันทีแต่เกิด
ความผิดปกติในระยะดักแด้ ลักษณะที่ผิดปกติคือ หนอนใยผักไม่สามารถเข้าสู่ระยะดักแด้
ได้ เนื่องจากเส้นใยที่ห่อหุ้มตัวดักแด้ขาด ไม่สมบูรณ์ ถ้าตัวดักแด้มีสีคล้ำ มีการขับสารบาง
ชนิดออกมานอกร่างกาย และเมื่อสังเกตต่อไป พบว่า ดักแด้ดังกล่าวไม่สามารถเจริญไป
เป็นตัวเต็มวัยได้ และตายในที่สุด (ภาพที่ 9) ส่วนในหนอนใยผักวัยที่ 3 ที่ทำการศึกษาต่อ
พบว่า หนอนใยผักไม่สามารถสร้างเส้นใยห่อหุ้มดักแด้ได้ ถ้าตัวมีสีเหลืองซีด บางตัวก็มีสี
น้ำตาลแดง ซึ่งลักษณะเหล่านี้ทำให้บางตัวไม่สามารถเจริญไปเป็นตัวเต็มวัยได้ (ภาพที่ 10)
แต่มีหนอนใยผักวัยที่ 3 บางตัวที่สามารถเจริญไปเป็นตัวเต็มวัยได้ แต่พบว่าเกิดความผิด
ปกติขึ้นในตัวเต็มวัยดังกล่าวคือ ปีกไม่สามารถที่จะกางได้ และมีบางตัวที่ปีกไม่สามารถที่จะ
จะหลุดออกมาจากปลอกดักแด้ได้ ซึ่งส่งผลให้เกิดอุปสรรคในกระบวนการผสมพันธุ์ได้
(ภาพที่ 11)

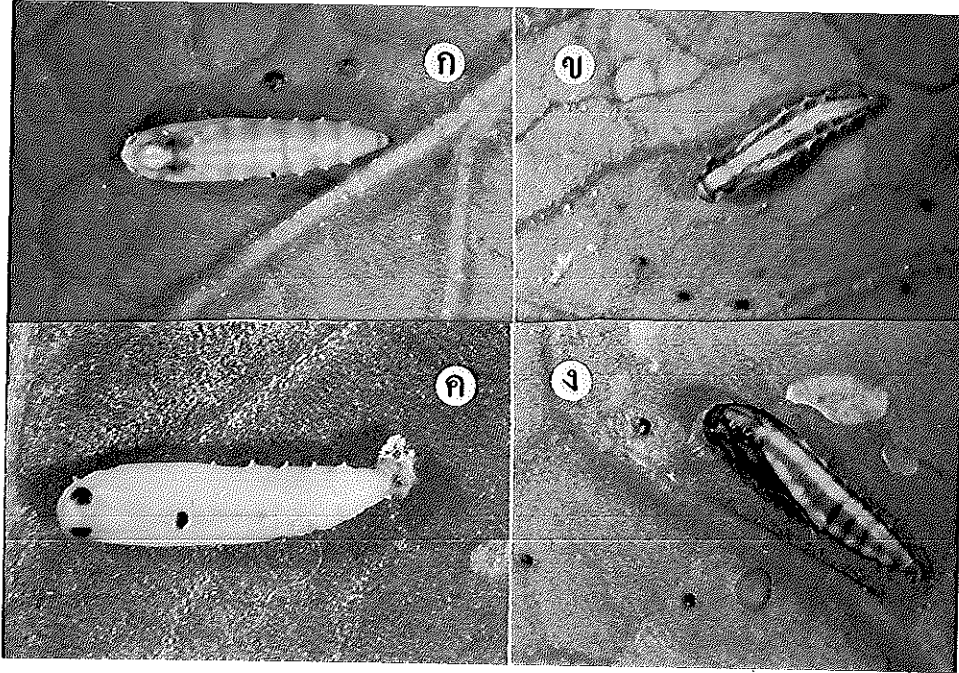
ตารางที่ 10 ค่า LC₅₀ ของสารทดสอบที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 และ 3 ที่ทดสอบด้วยวิธีการพินทางการสัมผัส (topical application method) และพินทางการกิน (feeding method) ที่เวลา 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ

สารทดสอบ	LC ₅₀ (mg./l.)			
	Topical application method		Feeding method	
	2 nd instar	3 rd instar	2 nd instar	3 rd instar
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	17,243.8	34,435.3	12,008.7	19,188.5
สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	16,298.4	28,225.4	3,921.1	5,136.2
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย	53,378.4	46,366.7	65,053.0	71,167.5
น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง	66,739.1	46,366.7	45,289.5	47,785.7
เชื้อแบคทีเรีย <i>B. huringiensis</i> (Thuricide [®])	52,056.4	53,378.9	32,145.9	38,607.9
สารฆ่าแมลง abamectin (Masmec [®])	81.3	227.9	44.2	112.8



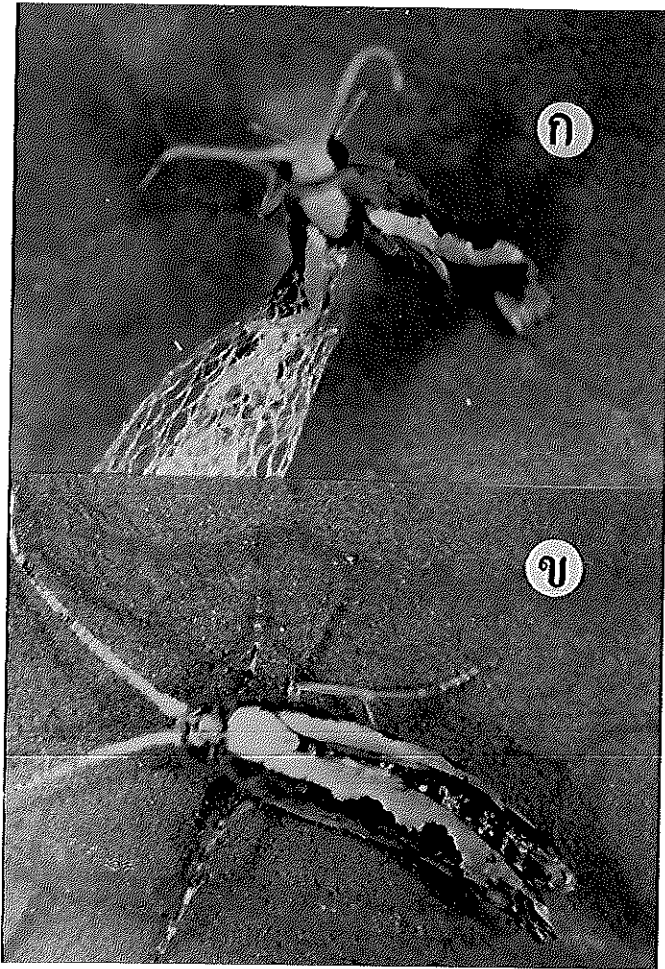
ภาพที่ 9 ลักษณะค้ำแค้ที่ผิดปกติเนื่องจากการทดสอบพิษทางการกินด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อ
 ในเมล็ดสะเดาข้าง ในหนอนโยผักว้ยที่ 2 ที่ทำการศึกษาต่อ

- ก. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 15,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ข. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 20,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ค. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 25,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ง. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร



ภาพที่ 10 ลักษณะดักแด้ที่ผิดปกติเนื่องจากการทดสอบพิษทางการกินด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อ
ใบเมล็ดสะเดาข้าง ในหนอนโยศักวัยที่ 3 ที่ทำการศึกษาต่อ

- ก. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 15,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ข. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 20,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ค. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 25,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- ง. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร



ภาพที่ 11 ลักษณะผีเสื้อตัวเต็มวัยที่ผิดปกติเนื่องจากการทดสอบพิษทางการกินด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ในหนอนใยผักวัยที่ 3 ที่ทำการศึกษาต่อ

ก. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 15,000 มิลลิกรัม/ลิตร

ข. ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 20,000 มิลลิกรัม/ลิตร

3.3 การทดสอบการลดจำนวนประชากรหนอนใยผักบนต้นพืช

ผลจากการทดสอบการลดจำนวนประชากรหนอนใยผักวัยที่ 2 บนต้นพืช ด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งเปรียบเทียบกับสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย โดยใช้วิธีการฉีดพ่นสารละลายที่แบ่งตามความเข้มข้นลงบนต้นผักกวางตุ้งที่มีหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยเครื่องฉีดพ่นแบบสเปรย์หลัง ผลปรากฏว่า จำนวนของหนอนใยผักวัยที่ 2 ที่พบบนต้นผักกวางตุ้งที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาซึ่งมีน้อยกว่าบนต้นผักกวางตุ้งที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทยดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงจำนวนเฉลี่ยที่พบและจำนวนเฉลี่ยที่ลดลงของหนอนใยผักวัยที่ 2 หลังจากฉีดสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งและสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง

สารทดสอบ	ความเข้มข้นของ	จำนวนเฉลี่ย	จำนวนเฉลี่ย	SD
	สารทดสอบ (มก./ลิตร)	หนอนที่พบ (%)	หนอนที่ลดลง (%)	
สารสกัดหยาบจากเนื้อใน				
เมล็ดสะเดาซึ่ง	20,000	68	32	10.95
	25,000	52	48	10.95
	30,000	36	64	16.75
สารสกัดหยาบจากเนื้อใน				
เมล็ดสะเดาไทย	20,000	72	28	10.99
	25,000	60	40	8.94
	30,000	48	52	16.73
ชุดควบคุม	-	100	0	0

หมายเหตุ ในแต่ละชุดการทดลองทำการทดลองชุดละ 5 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ผักกวางตุ้ง 5 ต้น โดยปล่อยหนอนใยผักวัยที่ 2 ลงบนต้นผักกวางตุ้งต้นละ 5 ตัว

โดยทั่วไปหนอนผีเสื้อพวก oligophagous species จะมีความอ่อนแอต่อสาร azadirachtin มากกว่าพวก polyphagous species โดยกลไกของ azadirachtin ในการยับยั้งการกินนั้น ในปัจจุบันนี้ ยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามการแสดงผลของการยับยั้งการกินอาหารที่เกิดขึ้นโดยทั่วไป ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในกรณีที่แมลงได้รับสารออกฤทธิ์ชนิดนั้นจะมีผลต่ออวัยวะรับความรู้สึกที่ปาก นั้นหมายความว่า เมื่อแมลงกินอาหารเข้าไปแล้ว ถ้ารับเอาสารเคมีที่ไม่ใช่อาหาร ก็จะส่งผลทำให้แมลงไม่กินอาหาร (Panda and Khush, 1995)

สารมากกว่า 100 ชนิดของ monoterpene, diterpene และ sesquiterpene ที่หลั่งออกมาจาก glandular trichome สามารถป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชและเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ โดยสารดังกล่าวจะถูกส่งออกมาในรูปแบบ volatile compound ในขณะที่สาร glucosinolate เป็นสารที่ทำหน้าที่ดึงดูดแมลงศัตรูพืช (Panda and Khush, 1995) แต่ในขณะเดียวกันกลับถูกยับยั้งด้วยสารในกลุ่ม diterpene เมื่อแมลงศัตรูได้รับกลิ่นและสารเคมีกลุ่มนี้ทำให้แมลงศัตรูไม่เข้ามากินใบพืช นั่นก็คือสารดังกล่าวจะทำหน้าที่ขับไล่ ยับยั้งการกิน หรือลดจำนวนประชากรของแมลงศัตรู ซึ่งถ้าใช้สารกลุ่มนี้ในอัตราความเข้มข้นสูงขึ้น จะทำให้แมลงสัมผัสกลิ่นและสารเคมีได้ในระยะไกล ส่งผลให้แมลงไม่เข้ามาทำลายพืชในแปลงปลูก

ถ้าหากจะพิจารณาถึงกลไกในการออกฤทธิ์ในการลดจำนวนประชากรหนอนใยผักของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง พบว่า กลิ่นของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างนั้นมีกลิ่นรุนแรงกว่าสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย อาจจะเป็นสาเหตุให้จำนวนหนอนใยผักที่พบบนต้นผักกวางตุ้งที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างพบหนอนใยผักน้อยกว่าต้นผักกวางตุ้งที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย แต่ในขณะเดียวกัน ทั้งสาร azadirachtin, triterpenoids, malantriol และสาร 1-togloyl-3-acetylazadirachtol ที่พบในสะเดาข้างนั้น น่าจะมีผลทำให้หนอนใยผักตายได้ด้วย หมายความว่าถ้าหากหนอนใยผักกินสารดังกล่าวเข้าไปในปริมาณที่มาก อาจส่งผลทำให้หนอนใยผักวัยที่ 2 ตายก็ได้ ดังนั้นจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การฉีดพ่นสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง น่าจะทำให้จำนวนประชากรหนอนใยผักบนต้นผักกวางตุ้งลดลงได้

ในสภาพธรรมชาตินั้นกลิ่นของสารเคมีโดยเฉพาะสารสกัดจากพืชนั้นกลิ่นหรือฤทธิ์ของสารเคมีจะสลายตัวเร็วมาก รวมไปถึงสารในกลุ่มเดียวกันกับ azadirachtin โดยมีการสันนิษฐานว่า azadirachtin เป็นสารที่มีโครงสร้างใหญ่มาก เมื่อเกิดการสลายตัว น่าจะเหลือโครงสร้างส่วนที่เป็นสารออกฤทธิ์อยู่บ้าง จึงทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชยังพอมีอยู่ แต่ในสภาพแปลงปลูกนั้น ไม่สามารถที่จะพบสาร azadirachtin ทั้งโครงสร้างได้เลย ดังนั้นการตรวจและวิเคราะห์จึงไม่พบสาร azadirachtin ในสภาพแปลงปลูก (ชอุ่ม, 2536)

จากหลักการเบื้องต้น ในทางปฏิบัติเกษตรกรควรต้องมีการฉีดพ่นบ่อยๆ เพื่อให้กลิ่นสารเคมีนั้นคงอยู่ นอกจากนั้นสารพวก emulsifier ก็มีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในกรณีที่สารออกฤทธิ์ไม่ละลายในน้ำ wetting agent เป็นสารที่ช่วยเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสกับใบพืช หรือทำให้สารออกฤทธิ์นั้นจับติดได้บนใบพืชได้ดีและนาน นอกจากนั้นการผสมสารเสริมประสิทธิภาพ เช่น PBO (piperonyl butoxide) ก็จำเป็นเช่นกัน โดยสารเสริมประสิทธิภาพจะทำให้สารออกฤทธิ์สามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชได้มากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นสาร PBO ยังมีผลเสียต่อระบบทางเดินอาหารและระบบประสาทของแมลงอีกด้วย มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 และวัยที่ 4 โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาที่ไม่ได้ทำการผสมสาร PBO กับ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาที่ทำการผสมสาร PBO พบว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาทำการผสมสาร PBO มีค่าเปอร์เซ็นต์การตาย เท่ากับ 93.3 เปอร์เซ็นต์ และ 74.4 เปอร์เซ็นต์ ในหนอนใยผักวัยที่ 2 และวัยที่ 4 ตามลำดับ ส่วนสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาที่ไม่ได้ทำการผสมสาร PBO มีค่าเปอร์เซ็นต์การตาย เท่ากับ 51.1 และ 23.3 ในหนอนใยผักวัยที่ 2 และวัยที่ 4 ตามลำดับ (Sombatsiri and Temboonkeat, 1986)

จะเห็นได้ว่าการผสมสารเสริมประสิทธิภาพ หรือสาร emulsifier สามารถทำให้การป้องกันและกำจัดหนอนใยผักมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของการผลิตเชิงพาณิชย์ สารเสริมประสิทธิภาพนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง นอกจากจะทำให้ประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์นั้นมีมากขึ้นแล้ว ยังเป็นการประหยัดสารออกฤทธิ์อีกด้วย แทนที่จะใช้สารออกฤทธิ์ที่มีปริมาณมากๆ แต่เมื่อผสมสารเสริมประสิทธิภาพเข้าไปจะทำให้สามารถลดปริมาณของสารออกฤทธิ์ลงได้ นอกจากนี้อุปกรณ์ในการฉีดพ่นก็เป็นส่วนที่สำคัญ เพราะจะเป็นสิ่งที่บ่งชี้ว่าสารที่ฉีดพ่นลงไปแปลงปลูกนั้นมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด เช่น ULV (ultra low volume) เป็นเครื่องฉีดพ่นขนาดเล็กที่มีประสิทธิภาพที่สามารถทำให้สารละลายเกิดเป็นละอองเล็ก ๆ ได้ ซึ่งทั้งหมดก็จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่เกษตรกร

3.4 การทดสอบการยับยั้งการวางไข่

ผลของการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก ที่ฉีดพ่นด้วยน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย พบว่า จำนวนไข่ของผีเสื้อหนอนใยผักที่วางบนใบผักกวางตุ้งที่ฉีดพ่นด้วยน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง มีน้อยกว่าไข่ของผีเสื้อหนอนใยผักที่วางบนใบผักกวางตุ้งที่ฉีดพ่นด้วยน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย กล่าวคือ ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 15 เปอร์เซ็นต์ พบไข่ผีเสื้อหนอนใยผักที่วางบนใบกวางตุ้งที่ฉีดพ่นด้วยน้ำมันจากเนื้อเมล็ดสะเดาช้าง เฉลี่ยแล้วเท่ากับ 138.8 ฟอง 122.2 ฟอง และ 98.8 ฟอง ส่วนจำนวนเฉลี่ยของไข่ผีเสื้อหนอนใยผักที่วางบนใบผักกวางตุ้งที่ฉีดพ่นด้วยน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนเท่ากับ 156.2 ฟอง 132.8 ฟอง และ 118.8 ฟอง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงจำนวนเฉลี่ยของไข่และจำนวนเฉลี่ยของไข่ที่ลดลง ของผีเสื้อหนอนใยผักที่วางบนต้นผักกวางตุ้งหลังจากการฉีดพ่นน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างและน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

สารทดสอบ	ความเข้มข้น ของสารทดสอบ (%)	จำนวนเฉลี่ย ของไข่ที่วาง (ฟอง)	จำนวนเฉลี่ย ของไข่ที่ลดลง (%)	SD
น้ำมันจากเนื้อใน เมล็ดสะเดาข้าง	5	138.8	28.60	2.38
	10	122.2	37.13	6.97
	15	98.8	49.17	9.36
น้ำมันจากเนื้อใน เมล็ดสะเดาไทย	5	156.2	19.59	5.77
	10	132.8	30.15	4.14
	15	118.8	37.68	3.96
ชุดควบคุม	-	194.4	0	7.43

หมายเหตุ ในแต่ละชุดการทดลองทำการทดลองชุดละ 5 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ผักกวางตุ้ง 5 ต้น ในผักกวางตุ้งแต่ละต้นจะปล่อยผีเสื้อหนอนใยผักให้เข้าไปวางไข่ต้นละ 5 คู่

ในขณะที่พืชตระกูลกะหล่ำมีสารคิงคูแมลงศัตรูให้เข้ามาวางไข่มากมายหลายชนิด แต่ก็มีสารบางชนิดที่พืชหล่งออกมาเพื่อยับยั้งหรือป้องกันการวางไข่ของแมลงศัตรู โดยเฉพาะสาร coumarin และ rutin โดยที่สารทั้ง 2 ชนิดในพืชตระกูลกะหล่ำจะทำหน้าที่ในการป้องกันไม่ให้แมลงมาวางไข่บนใบพืชได้ (Panda and Khush, 1995) จากการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ของสาร azadirachtin พบว่า สามารถยับยั้งการวางไข่ของแมลงวันผลไม้ western cheery fruit fly ได้ (Van Randen and Roitberg, 1998)

ทั้งน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยและน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างนั้น มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่เหมือนกัน แต่เนื่องจากน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง มีกลิ่นเหม็นมากกว่า จึงอาจจะทำให้ผีเสื้อหนอนใยผักมาวางไข่บนต้นผักกวางตุ้งน้อยกว่าต้นผักกวางตุ้งที่ฉีดพ่นด้วยน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย นอกจากนั้น ลักษณะเฉพาะของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างนั้นมีลักษณะค่อนข้างเหลว ไม่เหนียวเหมือนกับน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย จึงทำให้ง่ายต่อการฉีดพ่น ถ้าหันมาพิจารณาในสภาพแปลงปลูกแล้ว การฉีดพ่นน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดา ผู้ฉีดพ่นจะต้องทราบว่าแมลงศัตรูในแปลงปลูกนั้นอยู่ในระยะใด และเมื่อใดแมลงจะเจริญเป็นผีเสื้อตัวเต็มวัย ซึ่งนั้นก็หมายถึงช่วงเวลาที่ จะทำการฉีดพ่นนั่นเอง แต่ถ้าหากเกษตรกรไม่ได้คำนึงถึงจุดนี้แล้ว จะทำให้การฉีดพ่นเพื่อรบกวนหรือยับยั้งการวางไข่นั้นไม่ได้ผล เนื่องจากระยะเวลา และระยะของแมลง ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์หรือการออกฤทธิ์ของสารยับยั้งการวางไข่ ส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองเวลา ค่าใช้จ่าย และจะทำให้เกิดการทำลายของแมลงศัตรูในแปลงปลูกพืชต่อไป

แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง ไม่ว่าจะเป็นสารสกัดหยาบหรือน้ำมันก็ตาม ที่สามารถป้องกันกำจัดหนอนใยผักในห้องปฏิบัติการได้ แต่อย่าลืมว่าการใช้สารสกัดจากพืชนั้นก็ยังมีข้อจำกัดและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมมาเป็นตัวกำหนด เช่น ต้องมีการฉีดพ่นบ่อยครั้ง มีการสลายตัวของสารออกฤทธิ์เนื่องจากแสงแดด มีการสลายตัวของสารออกฤทธิ์เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ สารออกฤทธิ์จะถูกดูดซับโดยอนุภาคดิน ต้องใช้สารในปริมาณที่มาก และสารสกัดจากพืชจะเหมาะสำหรับการใช้ในพื้นที่ที่มีการระบาดของแมลงศัตรูพืชไม่มากจนเกินไป เป็นต้น ถึงแม้ว่าการใช้สารสกัดจากพืชจะไม่สามารถควบคุมแมลงศัตรูได้อย่างเต็มที่ แต่ในบางกรณีก็สามารถนำสารฆ่าแมลงมาใช้ร่วมด้วยก็ได้

จากการทดลองนี้ทำให้ได้ทราบถึงประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาช้าง ซึ่งเป็นสารที่มีกลิ่นฉุน และการผสมสาร emulsifier, wetting agent และสารเสริมประสิทธิภาพ เข้าไปแล้วจะทำให้สารนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นในสภาพแปลงปลูกอาจจะใช้สารที่มีความเข้มข้นมากกว่านี้ก็ได้ ซึ่งจะทำให้เกิดผลดีต่อพืชปลูกในแปลงเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาต่อไปถึงการที่จะแนะนำสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งเข้าสู่กระบวนการผลิตในเชิงพาณิชย์หรือเกษตรกรนั้น ผู้ประกอบการหรือเกษตรกรอาจจะมีคำถามว่าควรจะใช้สารสกัดหยาบหรือน้ำมัน ควรจะใช้เมื่อใด และควรผลิตสูตรสำเร็จหรือไม่อย่างไร ประการแรกคือระหว่างจะใช้สารสกัดหยาบกับน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งเพื่อใช้ในการควบคุมหนอนใยผักหรือแมลงศัตรูชนิดอื่นๆ จากการทดลองนี้พบว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งมีผลในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักไม่ว่าทั้งวัยที่ 2 หรือ 3 ได้ดีกว่าน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งนั้น อาจจะเป็นเพราะว่า ในสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งมีปริมาณของสารออกฤทธิ์มากกว่า น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่ง ซึ่งอาจจะเป็น azadirachtin หรือ 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol ก็ได้ เพราะในกรณีของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยก็เช่นกัน พบว่า ในสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยจะมีปริมาณสารออกฤทธิ์ azadirachtin มากกว่าในน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ดังนั้นถ้าจะมีการแนะนำให้ผู้ประกอบการที่สนใจหรือเกษตรกรที่จะนำไปใช้ ควรจะใช้ในส่วนของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งจะให้ผลในการควบคุมแมลงศัตรูได้ดีกว่า ประการที่สอง การจะนำไปใช้ในสภาพแปลงปลูก เกษตรกรควรจะต้องคำนึงด้วยว่า ในสภาพแปลงปลูก สารสกัดจากธรรมชาติมีการสลายตัวอย่างรวดเร็วและรวมไปถึง azadirachtin ด้วย ดังนั้นการฉีดพ่นเกษตรกรควรทำการฉีดพ่นบ่อยๆ ประมาณ 5-7 วันต่อ 1 ครั้ง (นิรนาม, 2541) นอกจากนี้เกษตรกรควรจะต้องทราบด้วยว่าแมลงศัตรูในแปลงปลูกนั้นเป็นแมลงชนิดใด และอยู่ในระยะใด ซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถใช้สารสกัดได้ถูกต้องกับชนิดและระยะของแมลงศัตรูพืช ถ้าหากเกษตรกรไม่ทราบจะทำให้เกิดการสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ นอกจากนี้จะไม่สามารถควบคุมแมลงศัตรูได้แล้วยังอาจจะทำให้แมลงศัตรูเพิ่มมากขึ้นก็ได้ ประการสุดท้าย การปรุงแต่งสูตรสำเร็จนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของสารสกัดให้มีมากขึ้นแล้ว โดยใช้สารเสริมประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันทางราชการได้เปิดโอกาสให้ภาคเอกชนสามารถเข้ามาดำเนินการ ดังนั้นการผลิตสารฆ่าแมลงจากพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งสะเดา ภาคเอกชนได้ให้ความสนใจเป็นอย่างมาก เพราะเป็นโครงการที่ใหม่และมีศักยภาพ ซึ่งจะเกิดผลดีต่อสัตว์ มนุษย์ และสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปแล้วสารสกัดจากเมล็ดสะเดาสามารถผลิตได้ทั้งรูปเม็ด (granule) รูปแบบผงละลายน้ำ (wettable powder) และรูปแบบสารแขวนลอยละลายในน้ำ (emulsifier concentrate) (สุรพล, 2534) อีกอย่างหนึ่งที่สำคัญก็คือ การปรุงแต่งสูตรสำเร็จนั้นควรทำให้ขั้นตอนในการนำไปใช้นั้นไม่ยุ่งยากมากนัก เกษตรกรสามารถเข้าใจและนำไปผสมกับน้ำตามความเข้มข้นตามต้องการแล้วนำไปฉีดพ่นได้เลย ซึ่งนอกจากจะส่งผลให้เกิดการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภคแล้ว ยังก่อให้เกิดความยั่งยืนในระบบการเกษตร

บทที่ 4

สรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง (*A. excelsa* Jack.) ที่มีผลต่อการตายของหนอนใยผัก (*P. xylostella* L.) วัยที่ 2 และวัยที่ 3 เทียบกับสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย (*A. indica* var. *siamensis* Vale.) เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®], 16,000 IU/mg.) และสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®], 1.8 % ai) โดยใน ส่วนของการสกัดสารออกฤทธิ์จากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างและเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยนั้น ใช้ กระบวนการสกัดแบบแช่อยู่ย (maceration) ทำการแช่สกัดใน n-hexane และนำไปแช่สกัดต่อใน methanol เมื่อได้สารสกัดแล้วนำไปทดสอบพิษทางการสัมผัส ทดสอบพิษทางการกิน ทดสอบ การลดจำนวนประชากรหนอนใยผักบนต้นพืช และทดสอบในการยับยั้งการวางไข่

ผลจากการศึกษาพบว่าสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®]) ที่ใช้เป็นสาร positive control นั้นมีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์พิษทางการสัมผัส และพิษทางการกิน ที่มีต่อหนอนใย ผักวัยที่ 2 ดีที่สุด รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง สารสกัดหยาบจากเนื้อใน เมล็ดสะเดาไทย น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ตามลำดับ ส่วนการทดสอบกับ หนอนใยผักวัยที่ 3 พบว่าสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®]) เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการ ควบคุมดีที่สุด รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง สารสกัดหยาบจากเนื้อใน เมล็ดสะเดาไทย น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย และเชื้อ แบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®])

สำหรับการทดสอบพิษทางการกิน พบว่า ทั้งหนอนใยผักวัยที่ 2 และวัยที่ 3 ต่างก็พบว่าสาร ฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®]) เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมดีที่สุด รองลงมาคือสาร สกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Thuricide[®]) น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง และน้ำมันจาก เนื้อในเมล็ดสะเดาไทย

ส่วนในการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการทำลายของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง และสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ที่มีต่อหนอนใยผักวัยที่ 2 พบว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำลายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ได้ดีกว่าสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย และเมื่อทำการศึกษาดังประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ก็พบว่า น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างมีฤทธิ์ในการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก ได้ดีกว่าน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง น่าจะเป็นทางเลือกที่ดี ที่จะนำมาใช้ในการควบคุมและป้องกันความเสียหายของพืชผักที่เกิดจากหนอนใยผักได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง แสดงให้เห็นว่าสามารถทำให้เกิดการตายในหนอนใยผักที่กินอาหารที่ผสมสารสกัดเข้าไป และจากการทดสอบการยับยั้งการวางไข่ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง ที่มีต่อผีเสื้อหนอนใยผักนั้น สามารถใช้ได้อย่างได้ผล แต่อย่างไรก็ตาม การทดสอบในการวิจัยในครั้งนี้ไม่ได้มีการทดสอบในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกรและการปรุงแต่งสูตรสำเร็จ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อเกษตรกรเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะทำให้เราทราบว่าเมื่อใช้สารสกัดในสภาพแปลงปลูกแล้ว สารสกัดยังใช้ได้ผลดีหรือไม่และควรปรับปรุงอย่างไร เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นของเกษตรกรที่จะนำสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างไปใช้ในการควบคุมหนอนใยผักและแมลงศัตรูอื่นๆ ต่อไป

จะเห็นได้ว่าสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้างสามารถป้องกันและกำจัดหนอนใยผักได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีสารสำคัญที่แตกต่างไปจากสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือและการยอมรับของข้อมูล เช่น การศึกษาความเป็นพิษกลไกการออกฤทธิ์ และการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol รวมไปถึงการศึกษาและทดสอบกับแมลงศัตรูชนิดอื่นๆ ด้วย ประการที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ควรมีการขยายผลและประสิทธิภาพของสารให้ไปถึงเกษตรกรหรือในสภาพแปลงปลูกพืชที่แท้จริง เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่เกษตรกร ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม หรือทดแทนการใช้สารเคมีฆ่าแมลง การศึกษาถึงอัตราการใช้ ไม่ว่าจะป็นอัตราการใช้กับแมลงศัตรูหรือพืชปลูกก็ตาม ควรมีการศึกษาถึงการปรุงแต่งสูตรผสม เพื่อที่จะให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้ในสภาพแปลงได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม นอกจากนี้ในปัจจุบันนี้ FAO (food and agricultural organization) ได้ให้การรับรองแล้วว่า สารสกัดจากเมล็ดสะเดาเป็นสารที่ปลอดภัยต่อเกษตรกร ผู้บริโภค รวมไปถึงความปลอดภัยที่มีต่อสิ่งแวดล้อมด้วย (FAO, 1994)

อีกประการหนึ่งที่สำคัญคือ เมื่อมีการผลิตสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดสะเคาในเชิงพาณิชย์ แล้ว หน้าที่ต่อไปของทางราชการคือ ควรมีการการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ควรมีมาตรฐาน วิธีการ และปริมาณของสารออกฤทธิ์ ที่จะใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์นั้นถูกต้องตามที่กำหนดไว้หรือไม่ เช่น มีปริมาณของสาร azadirachtin, 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol หรือ อาจจะเป็นการกำหนดปริมาณสารกลุ่ม limonoids เป็นต้น เพื่อใช้เป็นบรรทัดฐานในการผลิตและใช้เป็นมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกษตรกรและผู้บริโภคได้รับประโยชน์สูงสุด ท้ายที่สุดจะส่งผลให้เกิดการพัฒนากระบวนการเกษตรที่ยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2534. สถิติการเพาะปลูกพืชผักทั่วประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2530/2531-2533/2534. กรุงเทพฯ : ฝ่ายวิเคราะห์ข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2537. การขึ้นทะเบียนวัตถุดิบพืชทางการเกษตรในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กองควบคุมพืช และวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองวัตถุดิบพืชการเกษตร. 2539. สะเดาสารธรรมชาติทางการเกษตร. กรุงเทพฯ : กองวัตถุดิบพืชการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ขวัญชัย สมบัติศิริ. 2540. สะเดามีติใหม่ของสารกำจัดแมลง. กรุงเทพฯ : ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชอุ่ม เปรมชัยชู. 2536. การใช้สารสกัดจากพืชควบคุมศัตรูพืช. นสพ. กลีกร 66(6): 595-599.
- นिरนาม. 2541. เอกสารประกอบบทกรรมวิชาการเกษตร '41 และการประชุมวิชาการประจำปี 2541. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยและพัฒนาการผลิตสารธรรมชาติ.
- ปราณี ศุภสวัสดิ์. 2541. การประเมินโครงการนำร่องการผลิตพืชผักและผลไม้อนามัย : กรณีศึกษาอำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สมาคมไทย-ผู้ประกอบการธุรกิจสารเคมีเกษตร. 2537. การขึ้นทะเบียนวัตถุดิบพืชทางการเกษตรในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร.
- สุทัศน์ จุงหงส์ และไววิทย์ บุรณธรรม. 2534. เทียม (สะเดาช้าง); *Azadirachta excelsa* Jack. (Jacop). สงขลา : ศูนย์เพาะชำกล้าไม้เขตที่ 6.

สุภาณี พิมพ์สมาน. 2540. สารฆ่าแมลง. ขอนแก่น : ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สุภาณี พิมพ์สมาน, นุชรีย์ สิริ, ทศนีย์ แจ่มจรรยา และยนต์ สุตะภักดี. 2532. แนวทางการใช้สาร
จากสะเดาเพื่อการป้องกันแมลงศัตรูพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ขอนแก่น : ภาควิชา
กีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุรไกร เพิ่มคำ. 2540. เอกสารประกอบการเรียนการสอนรายวิชาแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจ.
สงขลา : ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์.

สุรไกร เพิ่มคำ และอรุณ งามพองใส. 2537. การศึกษาการใช้สารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัด
หนอนใยผักในบางจังหวัดของภาคใต้. สงขลา : ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะ
ทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรพล วิเศษสรรค์. 2534. การใช้สารสกัดจากสะเดาให้ได้ผลในการควบคุมแมลง. ว. ศึกษาศาสตร์
สัตววิทยา 13(4): 210-215.

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

Abro, G. H., Dybas, R. A., Green, St. J. and Wright, D. J. 1988. Toxicity of avarmectin B₁
against a susceptible laboratory strain and insecticide resistant strain of *Plutella*
xylostella (Lepidoptera : Plutellidae). J. Econ. Entomol. 82 : 385-388.

Attword, E. J. and Florence, A. T. 1993. Surfactant System : Their Chemistry, Pharmacy and
Biology. London : Chapman and Hall.

British Pharmacopoeia Commission. 1998. The British Pharmacopoeia 1998 Vol. I & II.
London : The Stationary Office.

- Brooks, M. W. and Uden, P. C. 1995. The determination of abamectin from soil and animal tissue by supercritical fluid extraction and fluorescence detection. *J. Pestic. Sci.* 43 : 141-146.
- Bucher, D. Z. 1985. Application in Agriculture. *In Encyclopedia of Emulsion Technology* Vol. 2, (ed. Bucher, P.). pp. 2539-320. New York : Marcer Dekker.
- Burgess, P .F. 1996. Timber of Sabah. Sabah Fores Record No. 6
- Campos, F., Krapa, D. V. and Dybas, R. A. 1996. Susceptibility of population of twospotted spider mites (Acari : Tetranychidae) from Florida, Holland and the Canary Island to abamectin and characterization of abamectin resistance. *J. Econ. Entomol.* 89(3) : 594-601.
- Chen, C. C., Dong, Y. J., Cheng, L. L. and Hou, R. F. 1996. Deterrence effect of neem seed kernel extract on oviposition of the oriental fruit fly (Diptera :Tephridae) in Guava. *J. Econ. Entomol.* 89(2) : 462-166.
- Cheramakara, D. 1996. Study on the resistance of diamondback moth to neem product. The 2nd Int. Symp. on Toxicity, Safety and Proper Use of Biopesticides, Phitsanulok, Thailand, 27-31 October 1996. pp. 115-122.
- Chungponse, S. and Buranatham, W. 1991. *Azadirachta excelsa* Jack. (Jacob). Songkhla : Songkhla Nursury Centre .
- Djerassi, C. 1994. Dictionary of Natural Products Vol. I. London : Chapman and Hall.

- Dybas, R. A., Hiltol, N. J., Babu, J. R., Priser, F. A. and Dolce, G. J. 1989. Novel second-generation avermectin insecticides and miticides for crop protection. *In* Novel Microbial Products for Medicine and Agriculture (ed. Demin, A. L., Somkuti, G. A., Hunter-Cevera, S. C. and Rossmoore, H. W.). pp. 201-212. New York : Elsevier.
- Ermel, K., Chairathamjaree, C. and Sangwanich, A. 1996. Azadirachtin content and bioefficiency of neem product. The 2nd Int. Symp. on Toxicity, Safety and Proper Use of Biopesticides, Phitsanulok, Thailand, 27-31 October 1996. pp. 110-114.
- FAO. 1994. Report of the FAO Expert Consultation on Regional Perspectives for Use of Botanical Pesticides 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. 2nd Inter. Neem Conf., Rauscholzhusen, Germany, 25-28 May 1983, pp. 103-104.
- Finney, D. J. 1971. Probit Analysis. London : Cambridge University Press.
- Furlong, M. J. and Wright, D. J. 1994. Examination of stability of resistance and cross-resistance patterns to acylurea insect growth regulator in field population of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. from Malaysia. J. Pestic. Sci. 42 :315-326.
- Geden, C. J., Steinkraus, D. C., Long, S. J., Rutz, D. A. and Shoop, W. L. 1990. Susceptibility of insecticide susceptible and wild house flies (Diptera : Muscidae) to abamectin on white washed and unpainted wood. J. Econ. Entomol. 83 : 1935-1939.
- Haasler, C. 1983. Effect of neem seed extract on the post-embryonic development of the tobacco hornworm, *Manduca sexta*. Proc. 2nd Inter. Neem Conf. , Rauscholzhusen, Germany, 25 -28 May 1983. pp. 321-330.

- Iqbal, M., Verkeerck, R. H. J., Forlong, M. J., Ong, P. C., Rahman, S. A. and Wright, D. J. 1996. Evidence for resistance to *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* HD-1, *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* and abamectin in field population of *Plutella xylostella* from Malaysia. *J. Pestic. Sci.* 48 : 89-97.
- Ishiguro, T. and Yamamoto, M. 1982. Fate of viable *Bacillus thuringiensis* spore on leaves. *J. Pestic. Sci.* 7 : 111-116.
- Ismail, F. and Wright, D. J. 1991. Cross-resistance between acylurea insect growth regulator in strain of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera : Plutellidae) from Malaysia. *J. Pestic. Sci.* 33 : 359-370.
- Jilani, G. and Sexena, R. C. 1990. Repellent and feeding deterrent Effects of turmeric oil, sweetflag oil and a neem insecticide against lesser grain borer (Coleoptera : Bostrychidae). *J. Econ. Entomol.* 83 : 629-634.
- Kalinowski, H. O., Weber, C., Ermel, K. and Chirathajaree, C. n.d. Isolation and characterization of 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol from the seed kernel of the Thai neem, *Azadirachta indica* var. *siamensis* Valetton. (unpublished).
- Kijkar, S. and Boontawee, B. 1995. *Azadirachta excelsa* (Jack) : A lesser known species. Review paper of Songkla Plant Nursery No. 3. pp. 1-15.
- Lai, Y. B. and Tabashnik, B. E. 1998. Elimination of a recessive allele conferring resistance to *Bacillus thuringiensis* from a heterogeneous strain of diamondback moth. (Lepidoptera : Plutellidae). *J. Econ. Entomol.* 91(15) : 1032-1037.
- Lange, W. 1983. Pipronyl butoxide : Synergistic effect on difference neem seed extracts by ultraviolet light. Proc. 2nd Inter. Neem Conf., Rauischolahausen, Germany, 25-28 May 1983, pp. 129-140.

- Lasota, J. A. and Dybas, R. A. 1991. Avermectin, a novel class of compounds : implications for use in arthropod pest control. *Annu. Rev. Entomol.* 36 : 91-117.
- Lasota, J. A., Shelton, A. M., Bolognese, J. A. and Dybas, R. A. 1996. Toxicity of avermectins to diamondback moth (Lepidoptera : Plutellidae) population : implication for susceptibility monitoring. *J. Econ. Entomol.* 89(1) : 33-38.
- Leibee, G. L., Jansson, R. K., Nuessly, G. and Taylor, J. L. 1995. Efficacy of emamectin benzoate and *Bacillus thuringiensis* at controlling diamondback moth (Lepidoptera : Plutellidae) population on cabbage in Florida. *Fla. Entomol.* 78 : 82-96.
- Miyano, M., Yamamoto, M., Inagashi, S., Ohba, K., Ishiguro, T., Hayashi, Y. and Takeda, T. 1994. Effects of several microorganism on the insecticidal activity of the endotoxin of *Bacillus thuringiensis* serova *kurstaki*. HD-1. *J. Appl. Entomol. Zool.* 38 :101-108.
- Mungskodin, S. 1993. Spotlight on species : *Azadirachta excelsa*. *Farm Forest New.* Vol. 6 No. 1.
- Nishitsusuji-Uwo, J. and Endo, Y. 1980. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxin : General characteristics of intoxicate bombyx larvae. *J. Inver. Photo.* 35 :219-228.
- Panda, N. and Khush, G. S. 1995, Host Plant Resistance to Insect. Guildford : Biddles Ltd.
- Parma, M. S. and Srivastava, K. P. 1986. Development of some neem formulations and their evaluation for the control of *Spilosoma obliqua* in the laboratory and *Euchrysops cnejus* in the field. Proc. of the 3rd Int. Neem Conf., Nairobi, Kenya, 10-15 July 1986, pp. 205-215.
- Pengprecha, N. 1993. Azadirachta species, the herbal plants for control. *The Vanasarn.* Vol. 49. No. 2.

- Pipithsangchan, S. 1993. Insecticidal Activity of Selected Thai Plant 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.
- Plummer, D. T. 1978. An Introduction of Practical Biochemistry. London : McGraw-Hill .
- Prasertphon, S. 1996. Historical background on use of *Bacillus thuringiensis* in Thailand. Proc. 2nd Conf., Chiang Mai, Thailand, 4-8 November 1996, pp. 1-15.
- Rasakeo, P. F. 1991. *Azadirachta excelsa*. The Vanasarn. Vol. 49. No. 2.
- Raymond, M. 1985. Présentation d'un programme d'analyse log-probit pour micro-ordinateur. J. Parasitology 22(2): 117-121.
- Rembold, J. E. F. 1989. Matindale : The Extra Pharmacopoeia. London : Pharmaceutical Press.
- Rembold, H., Forster, H., Czoppelt, C., Rao, P. J. and Sieber, K. P. 1983. The azadirachtin, a group of insect growth regulators from the neem tree. Proc. 2nd Inter. Neem Conf., Rauscholzhusen, Germany, 25-28 May 1983, pp. 153-162.
- Roongsook, D. 1992. Effect of some plant extracts on diamondback moth larvae, *Plutella xylostella* (Linn). Ph.D. Dissertation Kasetsart University.
- Rushtapornchai, W. and Vattanatagum, A. 1986. Present status of insecticidal control of diamondback moth in Thailand. Proc. of the first Int., Tainan, Taiwan, 11-15 March 1985, pp. 258-264.

- Saito, T. 1996. Pesticide management of *Bacillus thuringiensis*. Proc. 2nd Conf., Chiang Mai, Thailand, 4-8 November 1996, pp. 306-319.
- Scott, J. G. 1989. Cross resistance to the biological insecticide abamectin in pyrethroid resistant strain of house flies. J. Pestic. Biochem. Physiol. 34 : 27-31.
- 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. (unpublished).
- Sinchisri, N. 1990. Evidence of decreasing resistance in diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepdoptera : Plutellidae). Bangkok : Department of Agriculture.
- Sivapragasam, A., Katanyukun, W. and Mamat, M. J. 1996. Overview of *Bacillus thuringiensis* application in southeast Asia with particular reference on the control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*. Proc. 2nd Conf., Chiang Mai, Thailand, 4-8 November 1996, pp. 211-223.
- Sombatsiri, K. and Choeikamhaeng, A. 1996. Thai neem extract from pilot plant (KU.) for the control of beet armyworm (*Spodoptera exigua*) on asparagus. The 2nd Int. Symp. on Toxicity, Safety and Proper Use of Biopesticides, Phitsanulok, Thailand, 27-31 October 1996, pp. 165-168.
- Sombatsiri, K. and Temboonkeat, K. 1986. Efficacy of an improved neem kernel extract in the control of *Spodoptera litura* and *Plutella xylostella* under laboratory conditions and in field trials. Proc. of the 3rd Int. Neem Conf., Nairobi, Kenya, 10-15 July 1986, pp. 195-204.

- Steinhaus, E. A. 1975. Disease in Minor Chord the Ohio. Ohio : State University Press.
- Van Randen, E. J. and Roitberg, B. D. 1998. Effect of neem (*Azadirachta indica*) based insecticide on oviposition deterrence, survival, behavior and reproduction of adult western Cheery fruit fly (Diptera : Tephritidae). J. Econ. Entomol. 91(11) : 123-131.
- Van Rie, J., McCaughey, W., Johnson, D. E., Barnette, B. D. and VanMellert, H. 1990. Mechanism of insect resistance of microbial insecticide , *Bacillus thuringiensis*. J. Science 247 : 72-74.
- Vattanatangum, A. 1978. Preliminary study on diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae). Bangkok : Department of Agriculture.
- Verkerk, R. H. J. and Wright, D. J. 1993. Biological activity of neem seed kernel extract and synthetic azadirachtin against larvae of *Plutella xylostella* L. J. Pestic. Sci. 37 : 83-91.
- Yu, S. J. and Nguyen, S. N. 1996. Insecticide susceptibility and detoxification enzyme activities in permethrin selected diamondback moth. J. Pestic. Biochem. Physiol. 56(1): 69-72.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของ สารสกัด
 หยิบจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการ
 ทดสอบพินทางการสัมผัส (topical application method)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	249.9	4.0	3.248	25	1	1.43*	0.407
2	499.9	8.0	3.594	25	2	1.95*	0.002
3	1,000.0	16.0	3.845	25	4	2.91*	0.651
4	2,000.0	20.0	4.029	25	5	4.44*	0.102
5	4,000.0	24.0	4.185	25	6	6.64	0.090
6	5,999.9	28.0	4.323	25	7	8.22	0.282
7	7,999.9	36.0	4.567	25	9	9.45	0.035
8	10,000.0	40.0	4.680	25	10	10.45	0.033
9	12,000.0	44.0	4.788	25	11	11.29	0.013
10	15,000.0	52.0	4.998	25	13	12.34	0.071
11	19,999.9	56.0	5.103	25	14	13.70	0.014
12	25,000.0	60.0	5.208	25	15	14.74	0.010
13	30,000.0	64.0	5.317	25	16	15.58	0.029

Mortality in the control : 4%

Number of iteration : 3

$\chi^2 = 1.744202$ df = 11

Prob. = 7.878148E-04

ตารางผนวกที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อใน
เมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษ
ทางการสัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 17,243.8	0.95	12,201.9 < LC < 28,571.7
95 = 482,897.4	0.95	169,552.3 < LC < 3,963,435.0

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

$A = 4.708 \pm 8.439E-02$ $4.624 < A < 4.793$

$\text{Slope} = 1.136 \pm 0.199$ $0.937 < B < 1.336$

$M = 13.980$ heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำ
มันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วย
วิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	15,000.0	0.0	-*	25	0	0.18	0.178
2	19,999.9	4.0	3.248	25	1	0.72	0.108
3	25,000.0	8.0	3.594	25	2	1.78	0.028
4	30,000.0	12.0	3.824	25	3	3.32	0.356

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 5

$\chi^2 = 0.351$ $df = 2$

Prob. = 0.161

ตารางผนวกที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดา
ไทยของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วย
วิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 53,378.4	0.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.
95 = 125,078.3	0.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.

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

$$A = 3.556 \pm 0.211$$

$$3.344 < A < 3.768$$

$$\text{Slope} = 4.448 \pm 2.451$$

$$1.997 < B < 6.900$$

$$M = 14.402$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของ สารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักวัย ที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษ ทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	50.0	0.0	..*	25	0	0.16	0.156
2	100.0	4.0	3.248	25	1	0.35	1.242
3	249.9	4.0	3.248	25	1	0.89	0.014
4	499.9	8.0	3.594	25	2	1.65	0.077
5	1,000.0	16.0	4.005	25	4	2.85	0.525
6	2,000.0	20.0	4.158	25	5	4.56	0.052
7	4,000.0	24.0	4.293	25	6	6.80	0.129
8	5,999.9	24.0	4.293	25	6	8.32	0.973
9	7,999.9	28.0	4.417	25	7	9.48	1.046
10	10,000.0	32.0	4.532	25	8	10.41	0.956
11	12,000.0	36.0	4.641	25	9	11.18	0.772
12	15,000.0	48.0	4.949	25	12	12.14	0.003
13	19,999.9	56.0	5.150	25	14	13.38	0.061
14	25,000.0	68.0	5.467	25	17	14.33	1.163
15	30,000.0	76.0	5.706	25	19	15.10	2.545

..* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iterations : 4

$\chi^2 = 9.718$ $df = 13$

Prob. = 0.283

ตารางผนวกที่ 6 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ด
ตะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการ
สัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 16,298.4	0.95	11,292.8 < LC < 26,529.9
95 = 734,816.3	0.95	270,808.5 < LC < 3,817,773.0

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

$$A = 4.626 \pm .0757$$

$$4.550 < A < 4.701$$

$$\text{Slope} = 0.994 \pm .1291$$

$$0.865 < B < 1.123$$

$$M = 13.836$$

$$\text{Variance of the } LC_{50} = 8.183E-03$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	10,000.0	0.0	-*	25	0	0.46	0.468
2	12,000.0	4.0	3.248	25	1	0.74	0.095
3	15,000.0	8.0	3.594	25	2	1.26	0.462
4	19,999.9	8.0	3.594	25	2	2.31	0.046
5	25,000.0	12.0	3.824	25	3	3.50	0.083
6	30,000.0	20.0	4.158	25	5	4.74	0.017

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 4

$\chi^2 = 1.173$ $df = 4$

Prob. = 0.117

ตารางผนวกที่ 8 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง
ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส
(contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 66,739.1	0.95	38,436.7 < LC < 4,147,483.0
95 = 297,748.1	0.95	91184.0 < LC < 3,389,327.0

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

$$A = 3.714 \pm 0.152$$

$$3.561 < A < 3.867$$

$$\text{Slope} = 2.5330 \pm 1.003$$

$$1.529 < B < 3.536$$

$$M = 14.316$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 9 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	19,999.9	4.0	3.256	25	1	0.17	0.121
2	25,000.0	8.0	3.594	25	2	1.82	0.038
3	30,000.0	12.0	3.610	25	3	3.08	0.003

Mortality in the control : 0%

Number of iterations : 13

$\chi^2 = 0.279$ df = 1

Prob. = 0.313

ตารางผนวกที่ 10 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 52,056.4	0.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.
95 = 102,057.0	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 11 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง abamectin (Masmeo[®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact 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	10.53	0.358
2	100.0	56.0	5.103	25	14	14.09	0.001
3	249.9	68.0	5.429	25	17	18.50	0.453
4	499.9	80.0	5.811	25	20	21.11	0.359
5	1,000.0	92.0	6.382	25	23	22.92	0.003
6	2,000.0	100.0	—*	25	25	24.01	0.990

—* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 4

$\chi^2 = 2.167$ df = 4

Prob. = 0.295

ตารางผนวกที่ 12 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง abamectin (Masme[®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 81.3	0.95	35.1 < LC < 132.7
95 = 1,694.3	0.95	849.4 < LC < 6,940.1

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

$$A = 5.537 \pm 0.1242$$

$$5.413 < A < 5.662$$

$$\text{Slope} = 1.247 \pm 0.245$$

$$1.001 < B < 1.493$$

$$M = 12.341$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 13 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact 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	1.22	0.170
2	2,000.00	8.0	3.594	25	2	1.76	0.073
3	4,000.00	12.0	3.610	25	3	2.95	0.001
4	5,999.9	16.0	3.845	25	4	4.09	0.002
5	7,999.9	20.0	4.029	25	5	5.13	0.004
6	10,000.0	24.0	4.185	25	6	6.08	0.001
7	12,000.0	28.0	4.323	25	7	6.94	0.0009
8	15,000.0	32.0	4.449	25	8	8.08	0.001
9	19,999.9	40.0	4.680	25	10	9.69	0.016
10	25,000.0	44.0	4.788	25	11	11.01	0.000
11	30,000.0	48.0	4.894	25	12	12.12	0.002

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 3

$$\chi^2 = 0.276 \quad df = 9$$

Prob. = 2.311E-06

ตารางผนวกที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อโนเมสึค
สะเดา ไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทาง
การสัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 34,435.3	0.95	23,241.4 < LC < 85,357.7
95 = 445,527.2	0.95	142,946.0 < LC < 9,572,207.0

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

A = 4.402 +/- 9.931E-02 4.302 < A < 4.501
 Slope = 1.479 +/- 0.350 1.128 < B < 1.830
 M = 14.132 heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 15 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	19,999.9700	0.0	-*	25	0	0.11	0.113
2	25,000.0000	4.0	3.248	25	1	0.69	0.144
3	30,000.0200	8.0	3.594	25	2	2.20	0.020

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 5

$\chi^2 = 0.279$ df = 1

Prob. = 0.402

ตารางผนวกที่ 16 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ด
สะเดาไทยของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผัก
วัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 46,366.7	0.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.
95 = 78,755.2	0.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.

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

$$A = 3.384 \pm 0.280$$

$$3.103 < A < 3.665$$

$$\text{Slope} = 7.150 \pm 5.251$$

$$1.899 < B < 12.402$$

$$M = 14.440$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 17 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดขยายจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักกาดที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	249.9	0.0	-*	25	0	0.29	0.296
2	499.9	4.0	3.248	25	1	0.66	0.175
3	1,000.0	8.0	3.594	25	2	1.36	0.312
4	2,000.0	12.0	3.824	25	3	2.55	0.087
5	4,000.0	16.0	4.005	25	4	4.36	0.035
6	5,999.9	20.0	4.158	25	5	5.72	0.118
7	7,999.9	24.0	4.293	25	6	6.82	0.134
8	10,000.0	28.0	4.417	25	7	7.73	0.101
9	12,000.0	32.0	4.532	25	8	8.52	0.048
10	15,000.0	40.0	4.747	25	10	9.52	0.038
11	19,999.9	44.0	4.849	25	11	10.86	0.003
12	25,000.0	48.0	4.949	25	12	11.92	0.001
13	30,000.0	56.0	5.150	25	14	12.79	0.233

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 3

$\chi^2 = 1.586$ $df = 11$

Prob. = 4.991E-04

ตารางผนวกที่ 18 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ด
สะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทาง
การสัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 28,225.4	0.95	18,844.5 < LC < 54,183.1
95 = 871,920.5	0.95	218,879.5 < LC < 7,331,522.0

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

$$A = 4.457 \pm 8.135E-02$$

$$4.375 < A < 4.538$$

$$\text{Slope} = 1.104 \pm 0.176$$

$$0.927 < B < 1.281$$

$$M = 13.958$$

$$\text{Variance of the } LC_{50} = 1.162E-02$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 19 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในแมลงศัตรูพืชต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	19,999.9	0.0	-*	25	0	0.11	0.113
2	25,000.0	4.0	3.248	25	1	0.69	0.144
3	30,000.0	8.0	3.594	25	2	2.20	0.020

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 5

$\chi^2 = 0.279$ $df = 1$

Prob. = 0.402

ตารางผนวกที่ 20 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาข้าง
ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส
(contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 46,366.7	0.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.
95 = 78,755.2	0.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.

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

$$A = 3.384 \pm 0.280$$

$$3.103 < A < 3.665$$

$$\text{Slope} = 7.150 \pm 5.251$$

$$1.899 < B < 12.402$$

$$M = 14,440$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 21 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg/l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	14,999.9	0.0	.*	25	0	0.18	0.178
2	20,000.0	4.0	3.248	25	1	0.72	0.108
3	25,000.0	8.0	3.594	25	2	1.78	0.028
4	29,999.9	12.0	3.824	25	3	3.32	0.035

.* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

$$\chi^2 = 0.354$$

$$df = 2$$

$$\text{Prob.} = 0.161$$

ตารางผนวกที่ 22 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 53,378.9	0.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.
95 = 125,079.6	0.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.

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

$$A = 3.556 \pm 0.211$$

$$3.344 < A < 3.768$$

$$\text{Slope} = 4.448 \pm 2.451$$

$$1.997 < B < 6.900$$

$$M = 14.402$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 23 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสาร
ฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วย
วิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	50.0	36.0	4.567	25	9	7.11	0.765
2	100.0	40.0	4.680	25	10	9.66	0.020
3	249.9	52.0	4.998	25	13	13.46	0.034
4	499.9	56.0	5.103	25	14	16.33	0.939
5	1,000.0	72.0	5.547	25	18	18.91	0.173
6	2,000.0	80.0	5.811	25	20	21.02	0.296
7	4,000.0	92.0	6.382	25	23	22.58	0.075
8	5,999.9	100.0	-*	25	25	23.26	1.789

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 4

$\chi^2 = 4.095$ $df = 6$

Prob. = 0.336

ตารางผนวกที่ 24 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการสัมผัส (contact toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 227.9	0.95	121.5 < LC < 363.9
95 = 9,204.7	0.95	4,152.4 < LC < 37,345.0

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

A = 5.345 +/- 0.103

5.241 < A < 5.449

Slope = 1.024 +/- 0.159

0.864 < B < 1.184

M = 12.694

Variance of the $LC_{50} = 1.304E-02$

heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 25 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสาร
สกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2
ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed Expected	χ^2 contribution
1	100.0	4.0	3.256	25	1	1.40	0.694
2	249.9	8.0	3.594	25	2	1.87	0.025
3	499.9	12.0	3.610	25	3	2.60	0.115
4	1,000.0	20.0	4.029	25	5	3.83	0.547
5	2,000.0	24.0	4.185	25	6	5.70	0.023
6	4,000.0	28.0	4.323	25	7	8.21	0.279
7	5,999.9	36.0	4.567	25	9	9.92	0.145
8	7,999.9	40.0	4.680	25	10	11.21	0.240
9	10,000.0	44.0	4.788	25	11	12.24	0.246
10	12,000.0	52.0	4.998	25	13	13.09	0.001
11	15,000.0	60.0	5.208	25	15	14.12	0.123
12	19,999.9	64.0	5.317	25	16	15.44	0.052
13	25,000.0	68.0	5.429	25	17	16.43	0.055
14	30,000.0	72.0	5.547	25	18	17.22	0.112

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 9

$\chi^2 = 2.663$ $df = 12$

Prob. = 2.508E-03

ตารางผนวกที่ 26 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ด
สะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทาง
การกิน (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 12,008.7	0.95	8,652.1 < LC < 17,891.8
95 = 344,528.1	0.95	138,263.9 < LC < 1,841,311.0

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

$$A = 4.831 \pm 8.185E-02$$

$$4.749 < A < 4.913$$

$$\text{Slope} = 1.128 \pm 0.1757$$

$$0.9528 < B < 1.304$$

$$M = 13.930$$

$$\text{Variance of the } LC_{50} = 5.801E-03$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 27 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	12,000.0	0.0	-*	25	0	0.77	0.792
2	15,000.0	8.0	3.594	25	2	1.31	0.388
3	19,999.9	12.0	3.824	25	3	2.40	0.166
4	25,000.0	16.0	4.005	25	4	3.62	0.045
5	30,000.0	16.0	4.005	25	4	4.90	0.204

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 5

$\chi^2 = 1.597$ $df = 3$

Prob. = 0.340

ตารางผนวกที่ 28 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาไทย
ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วย
วิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 65,053.0	0.95	37,115.6 < LC < 1,203,514.0
95 = 287,781.3	0.95	82,415.2 < LC < 7.263E+17

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

$$A = 3.790 \pm 0.156$$

$$3.634 < A < 3.947$$

$$\text{Slope} = 2.547 \pm 1.190$$

$$1.357 < B < 3.737$$

$$M = 14.338$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 29 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	50.0	4.0	3.248	25	1	1.02	0.0003
2	100.0	8.0	3.594	25	2	1.78	0.028
3	249.9	20.0	4.158	25	5	3.39	0.879
4	499.9	24.0	4.293	25	6	5.13	0.183
5	1,000.0	28.0	4.417	25	7	7.32	0.019
6	2,000.0	36.0	4.641	25	9	9.85	0.121
7	4,000.0	40.0	4.747	25	10	12.58	1.064
8	5,999.9	52.0	5.050	25	13	14.19	0.229
9	7,999.9	56.0	5.150	25	14	15.30	0.285
10	10,000.0	60.0	5.252	25	15	16.14	0.229
11	12,000.0	64.0	5.358	25	16	16.81	0.119
12	15,000.0	68.0	5.467	25	17	17.60	0.069
13	19,999.9	76.0	5.706	25	19	18.56	0.040
14	25,000.0	84.0	5.994	25	21	19.26	0.685
15	30,000.0	92.0	6.405	25	23	19.80	2.491

Mortality in the control : 0%

Number of iterations : 3

$\chi^2 = 6.447$ $df = 13$

Prob. = 7.164E-02

ตารางผนวกที่ 30 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อใน
เมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษ
ทางการกิน (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 3,921.1	0.95	2,728.8 < LC < 5,609.9
95 = 241,120.8	0.95	111,089.0 < LC < 76,0304.0

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

$$A = 5.018 \pm 7.167E-02$$

$$4.947 < A < 5.090$$

$$\text{Slope} = 0.919 \pm 9.812E-02$$

$$0.821 < B < 1.017$$

$$M = 13.614$$

$$\text{Variance of the } LC_{50} = 6.078E-03$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 31 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	5,999.9	0.0	-*	25	0	0.51	0.519
2	7,999.9	4.0	3.248	25	1	0.99	0.0001
3	10,000.0	8.0	3.594	25	2	1.58	0.121
4	12,000.0	12.0	3.824	25	3	2.23	0.290
5	15,000.0	12.0	3.842	25	3	3.29	0.029
6	19,999.9	20.0	4.158	25	5	5.10	0.002
7	25,000.0	28.0	4.417	25	7	6.84	0.005
8	30,000.0	32.0	4.532	25	8	8.46	0.037

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iterations : 3

$\chi^2 = 1.004$ $df = 6$

Prob. = 1.456E-02

ตารางผนวกที่ 32 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาซึ่งจากเนื้อใน
เมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษ
ทางการกิน (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 45,289.5	0.95	31,451.3 < LC < 116,568.9
95 = 229,853.7	0.95	97,207.4 < LC < 2,601,123.0

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

$$A = 4.029 \pm 0.116$$

$$3.913 < A < 4.146$$

$$\text{Slope} = 2.332 \pm 0.573$$

$$1.759 < B < 2.905$$

$$M = 14.240$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 33 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของ
เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide®) ต่อการตาย
ของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	4,000.0	4.0	3.256	25	1	1.29	0.177
2	5,999.9	8.0	3.594	25	2	1.97	0.000
3	7,999.9	8.0	3.594	25	2	2.83	0.364
4	10,000.0	16.0	3.845	25	4	3.78	0.017
5	12,000.0	24.0	4.185	25	6	4.77	0.443
6	15,000.0	24.0	4.185	25	6	6.24	0.012
7	19,999.9	36.0	4.567	25	9	8.52	0.042
8	25,000.0	40.0	4.680	25	10	10.52	0.045
9	30,000.0	48.0	4.894	25	12	12.25	0.010

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 7

$\chi^2 = 1.114$ $df = 7$

Prob. = 7.240E-03

ตารางผนวกที่ 34 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 32,145.9	0.95	24,302.1 < LC < 60,144.7
95 = 167,483.2	0.95	85,418.6 < LC < 1,479,844.0

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

$$A = 4.358 \pm 0.113$$

$$4.244 < A < 4.472$$

$$\text{Slope} = 2.295 \pm 0.538$$

$$1.756 < B < 2.833$$

$$M = 14.227$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 35 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	50.0	60.0	5.252	25	15	13.12	0.567
2	100.0	64.0	5.358	25	16	16.52	0.048
3	249.9	72.0	5.582	25	18	20.28	1.351
4	499.9	88.0	6.175	25	22	22.29	0.034
5	1,000.0	96.0	6.751	25	24	23.60	0.123
6	2,000.0	100.0	-*	25	25	24.35	0.671

* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 3

$\chi^2 = 2.797$ $df = 4$

Prob. = 0.407

ตารางผนวกที่ 36 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®])
ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 2 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน
(feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 44.2	0.95	12.4 < LC < 81.5
95 = 1119.7	0.95	566.3 < LC < 4955.8

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

$$A = 5.739 \pm 0.127$$

$$5.611 < A < 5.866$$

$$\text{Slope} = 1.172 \pm 0.256$$

$$0.915 < B < 1.429$$

$$M = 12.276$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 37 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสาร สกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	249.9	4.0	3.256	25	1	1.33	0.253
2	499.9	8.0	3.594	25	2	1.83	0.030
3	1,000.0	12.0	3.610	25	3	2.74	0.039
4	2,000.0	16.0	3.845	25	4	4.19	0.012
5	4,000.0	24.0	4.185	25	6	6.29	0.019
6	5,999.9	32.0	4.449	25	8	7.81	0.007
7	7,999.9	36.0	4.567	25	9	8.99	0.000
8	10,000.0	40.0	4.680	25	10	9.97	0.000
9	12,000.00	44.0	4.788	25	11	10.78	0.007
10	15,000.0	48.0	4.894	25	12	11.81	0.006
11	19,999.9	52.0	4.998	25	13	13.15	0.003
12	25,000.0	56.0	5.103	25	14	14.18	0.005
13	30,000.0	60.0	5.208	25	15	15.02	0.0001

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 3

$$\chi^2 = 0.385 \quad df = 11$$

Prob. = 3.446E-07

ตารางผนวกที่ 38 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดา
ไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน
(feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 19,188.5	0.95	13,357.7 < LC < 33,600.3
95 = 570,852.6	0.95	188,083.7 < LC < 5,659,261.0

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

A = 4.669 +/- 8.496E-02 4.584 < A < 4.754

Slope = 1.116 +/- 0.202 0.913 < B < 1.319

M = 13.987 heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 39 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 contribution
1	12,000.0	0.0	-*	25	0	0.39	0.401
2	15,000.0	4.0	3.248	25	1	0.75	0.085
3	19,999.9	8.0	3.594	25	2	1.57	0.128
4	25,000.0	12.0	3.824	25	3	2.58	0.076
5	30,000.0	12.0	3.824	25	3	3.71	0.159

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 4

$\chi^2 = 0.850$ $df = 3$

Prob. = 0.162

ตารางผนวกที่ 40 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดา
ไทยของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาไทยต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วย
วิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 71,167.5	0.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.
95 = 277,926.7	0.95	Impossible range: $G > 1$, cf Finney's book 3 rdEd.,p.79.

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

$A = 3.609 \pm 0.176$	$3.433 < A < 3.785$
$\text{Slope} = 2.780 \pm 1.397$	$1.382 < B < 4.178$
$M = 14.352$	heterogeneity = 1

ตารางผนวกที่ 41 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed Expected	χ^2 contribution
1	50.0	0.0	-*	25	0	0.61	0.620
2	100.0	4.0	3.248	25	1	1.17	0.024
3	249.9	12.0	3.824	25	3	2.47	0.125
4	499.9	20.0	4.158	25	5	4.01	0.290
5	1,000.0	32.0	4.532	25	8	6.07	0.810
6	2,000.0	36.0	4.641	25	9	8.60	0.028
7	4,000.0	40.0	4.747	25	10	11.44	0.333
8	5,999.9	48.0	4.949	25	12	13.16	0.216
9	7,999.9	52.0	5.050	25	13	14.37	0.308
10	10,000.0	56.0	5.150	25	14	15.29	0.282
11	11,999.9	60.0	5.252	25	15	16.03	0.184
12	14,999.9	68.0	5.467	25	17	16.90	0.001
13	20,000.0	72.0	5.582	25	18	17.97	0.0002
14	25,000.0	80.0	5.841	25	20	18.75	0.333
15	30,000.0	84.0	5.994	25	21	19.35	0.622

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iterations : 3

$\chi^2 = 4.182$ $df = 13$

Prob. = 1.091E-02

ตารางผนวกที่ 42 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดสะเดา
 ซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน
 (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 5,136.2	0.95	3,661.7 < LC < 7,262.6
95 = 243,966.3	0.95	115,205.4 < LC < 743,912.9

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

$$A = 5.018 \pm 7.167E-02$$

$$4.947 < A < 5.090$$

$$\text{Slope} = 0.919 \pm 9.812E-02$$

$$0.821 < B < 1.017$$

$$M = 13.672$$

$$\text{Variance of the } LC_{50} = 5.485E-03$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 43 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 Contribution
1	10,000.0	0.0	-*	25	0	0.51	0.525
2	12,000.0	4.0	3.248	25	1	0.89	0.014
3	15,000.0	8.0	3.594	25	2	1.63	0.090
4	19,999.9	16.0	4.005	25	4	3.19	0.234
5	25,000.0	20.0	4.158	25	5	4.97	0.000
6	30,000.0	24.0	4.293	25	6	6.79	0.126

-* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iterations : 4

$\chi^2 = 0.990$ $df = 4$

Prob. = 8.877E-02

ตารางผนวกที่ 44 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของน้ำมันจากเมล็ดสะเดาซึ่งจากเนื้อใน
เมล็ดสะเดาซึ่งต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 - ด้วยวิธีการทดสอบพิษ
ทางการกิน (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 47,785.7	0.95	33,374.1 < LC < 187,120.1
95 = 168,469.9	0.95	74,734.6 < LC < 4,784,895.0

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

$$A = 3.916 \pm 0.141$$

$$3.775 < A < 4.057$$

$$\text{Slope} = 3.006 \pm 0.940$$

$$2.035 < B < 3.947$$

$$M = 14.318$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 45 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide®) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 Contribution
1	7,999.9	4.0	3.256	25	1	1.84	0.757
2	10,000.0	12.0	3.610	25	3	2.47	0.180
3	12,000.0	16.0	3.845	25	4	3.20	0.294
4	15,000.0	16.0	3.845	25	4	4.40	0.050
5	19,999.9	24.0	4.185	25	6	6.46	0.048
6	25,000.0	36.0	4.567	25	9	8.45	0.055
7	30,000.0	40.0	4.680	25	10	10.27	0.012

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 5

$\chi^2 = 1.400$ df = 5

Prob. = 7.571E-02

ตารางผนวกที่ 46 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Thuricide[®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 38,607.9	0.95	28,141.0 < LC < 108,653.9
95 = 167,916.6	0.95	74,125.1 < LC < 3,632,819.0

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

$$A = 4.231 \pm 0.131$$

$$4.100 < A < 4.362$$

$$\text{Slope} = 2.577 \pm 0.769$$

$$1.807 < B < 3.346$$

$$M = 14.288$$

$$\text{heterogeneity} = 1$$

ตารางผนวกที่ 47 แสดงการวิเคราะห์ค่า corrected mortality และค่า probit analysis ของสารฆ่าแมลง abamectin (Masme[®]) ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน (feeding toxicity)

n	Conc. (mg./l.)	Corr. mort. (%)	probit	Total treated	Killed	Killed expected	χ^2 Contribution
1	50.0	44.0	4.788	25	11	9.26	0.534
2	100.0	48.0	4.894	25	12	12.15	0.003
3	249.9	60.0	5.208	25	15	16.04	0.185
4	499.9	72.0	5.547	25	18	18.70	0.100
5	1,000.0	80.0	5.811	25	20	20.88	0.218
6	2,000.0	88.0	6.149	25	22	22.51	0.111
7	4,000.0	96.0	6.731	25	24	23.61	0.110
8	5,999.9	100.0	—*	25	25	24.05	0.946

—* เนื่องจากค่า corrected mortality มีค่าเท่ากับ 100 จึงไม่สามารถหาค่า probit ได้

Mortality in the control : 0%

Number of iteration : 3

$\chi^2 = 2.211$ df = 6

Prob. = 0.100

ตารางผนวกที่ 48 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าแมลง abamectin (Masmec[®])
ต่อการตายของหนอนใยผักวัยที่ 3 ด้วยวิธีการทดสอบพิษทางการกิน
(feeding toxicity)

LC	Level of confidence	Range
50 = 122.8		56.5 < LC < 205.4
95 = 4,708.9		2,260.6 < LC < 17,288.8

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

A = 5.520 +/- 0.108

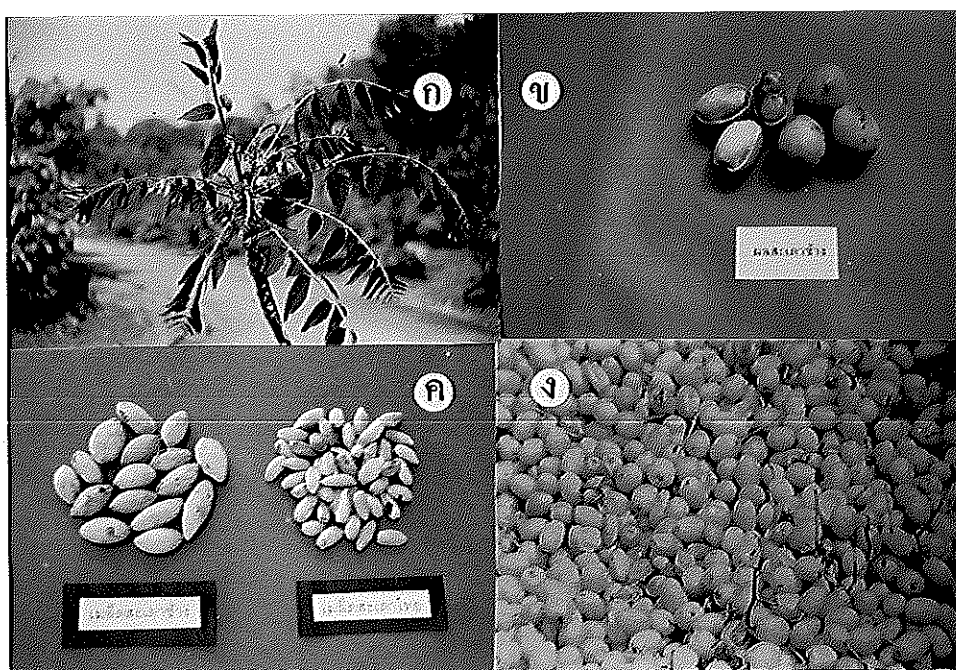
5.411 < A < 5.628

Slope = 1.039 +/- 0.169

0.869 < B < 1.208

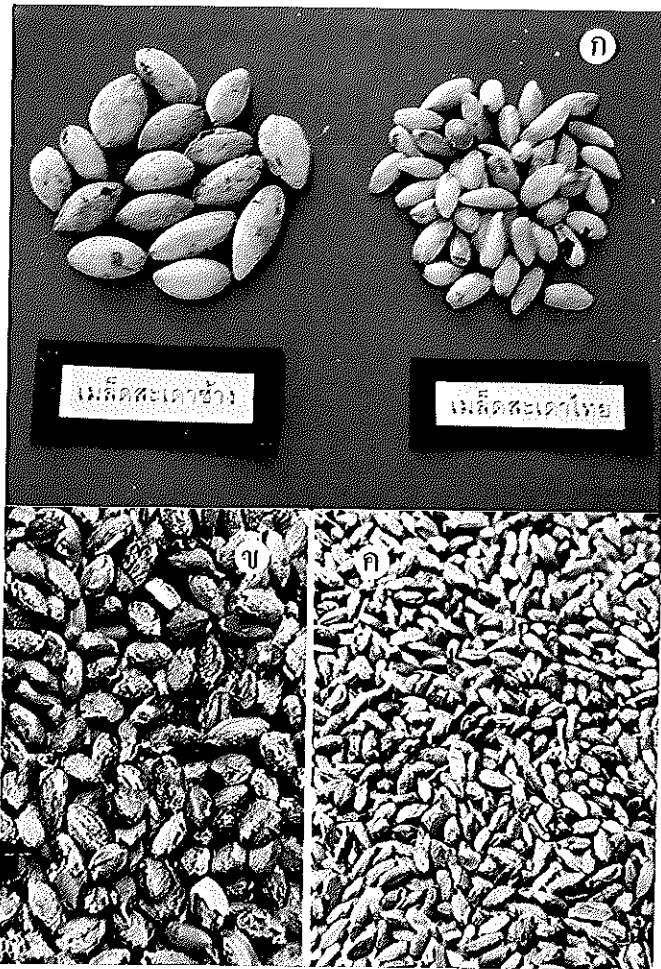
M = 12.590

heterogeneity = 1



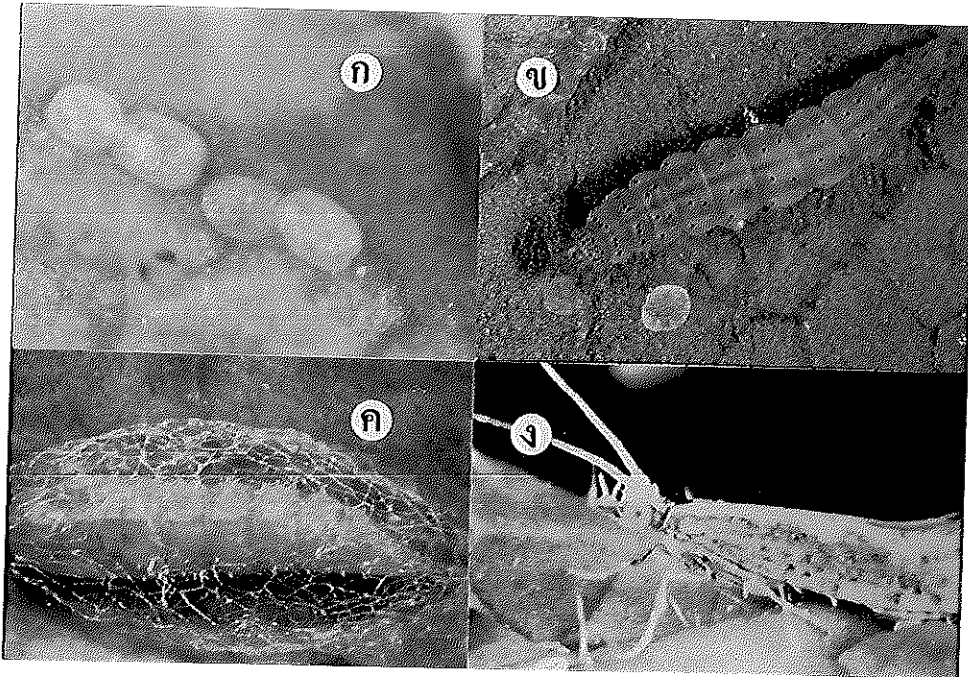
ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะของสะเดาช้างและสะเดาไทย

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



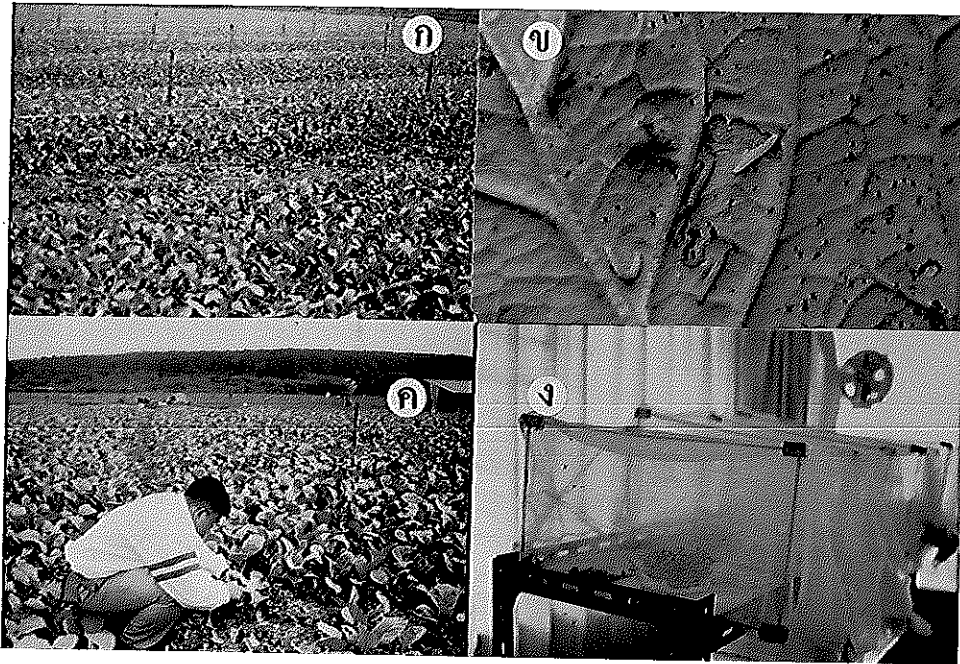
ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะของเมล็ดสะเดาข้างและเมล็ดสะเดาไทย

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



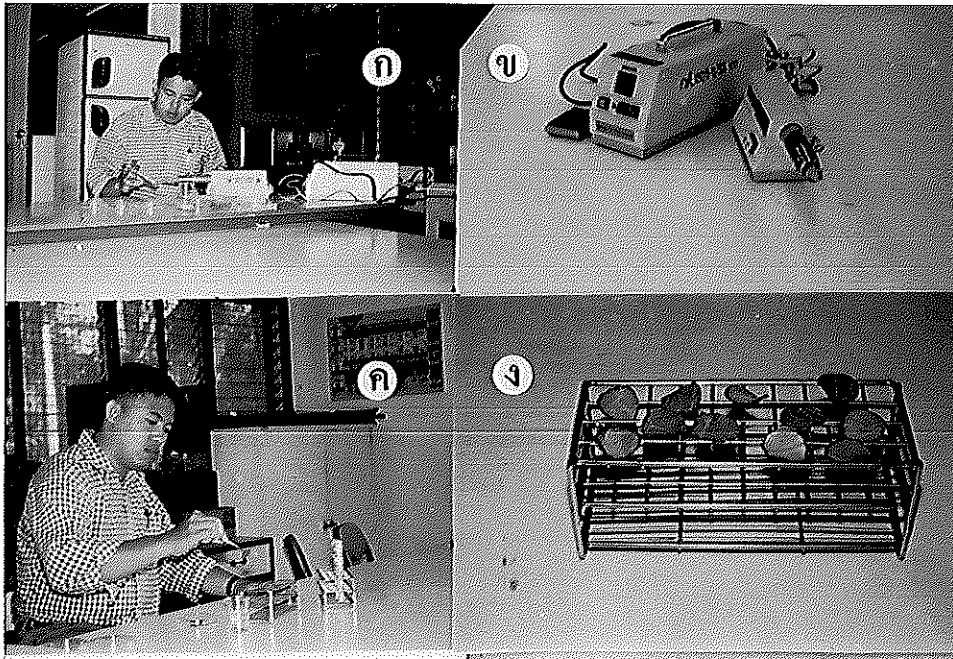
ภาพผนวกที่ 3 วัฏจักรชีวิตของหนอนโยคัก

- ก. ไข่
- ข. ตัวหนอน
- ค. ตัวเต็มวัย
- ง. ตัวเต็มวัย



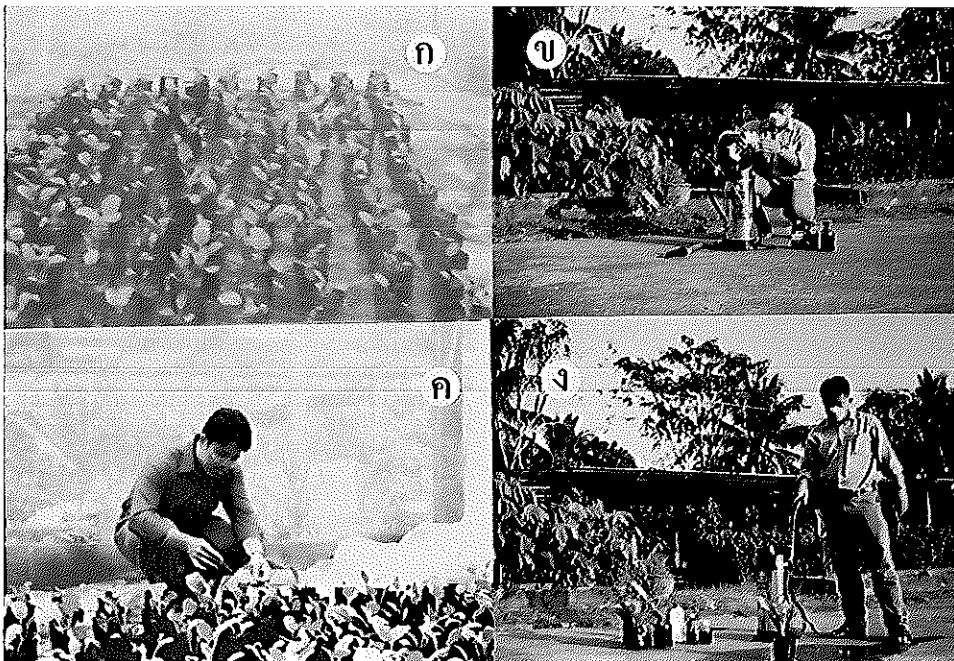
ภาพผนวกที่ 4 การเลี้ยงเพิ่มปริมาณหนอนใยผัก

- ก. สภาพแปลงปลูกคะน้ำของเกษตรกร
- ข. ลักษณะการทำลายใบคะน้ำของหนอนใยผัก
- ค. การเก็บตัวอย่างมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ
- ง. การใช้ต้นกล้าคะน้ำเป็นที่วางไข่ของผีเสื้อ



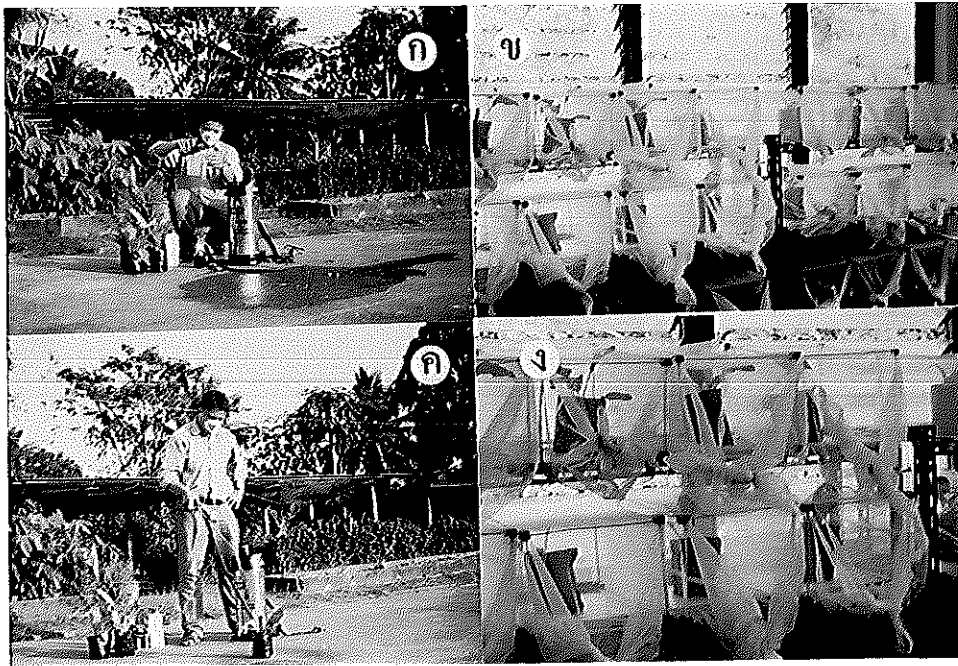
ภาพผนวกที่ 5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด

- ก. การทดสอบพิษทางการสัมผัสด้วยวิธีการ topical application
- ข. เครื่อง electronic microapplicator (Burkard microapplicator 900x, UK)
- ค. การทดสอบพิษทางการกินด้วยวิธีการ leaf dipping
- ง. การฝั่งใบคะน้ำที่ผ่านวิธีการ leaf dipping ให้แห้งก่อนที่นำมาให้หนอนใยผักกิน



ภาพผนวกที่ 6 การทดสอบการลดจำนวนประชากรหนอนใยผักบนต้นพืช

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



ภาพผนวกที่ 7 การทดสอบการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก

- ก. การเตรียมสารละลายเพื่อใช้ทดสอบ
- ข. ชุดการทดลองที่ฉีดพ่นด้วยน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง (ซ้าย) และชุดการทดลองที่ฉีดพ่นด้วยน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไทย (ขวา)
- ค. การฉีดพ่นสารทดสอบ
- ง. ชุดการทดลองที่ทดสอบด้วยน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายทิวา บุตรผา

วัน เดือน ปีเกิด 16 กันยายน 2518

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีสำเร็จการศึกษา
ศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา)	สถาบันราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม	2540

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับระหว่างการศึกษา)

ได้รับทุนการศึกษาจาก สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
ระหว่างปีการศึกษา 2541-2542