

การทดสอบสารเคมีและสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพไร่  
เพื่อควบคุมหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* F.) ในดาวเรืองอาหารสัตว์

นางสาว ฤชอร วรรณะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี  
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-533-217-8

**Laboratory and Field Tests of Chemicals and Biopesticides for Controlling  
Common Cutworm (*Spodoptera litura* F.) in Xanthophyll Marigold.**

**Miss Ruchuon Wanna**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of  
Master of Science in Crop Production Technology**

**Suranaree University of Technology**

**Academic year 2002**

**ISBN 974-533-217-8**

## หัวข้อวิทยานิพนธ์

การทดสอบสารเคมีและสารชีวอินทรีย์มาแมลงในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพไร่เพื่อ  
ควบคุมหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* F.) ในดาวเรืองอาหารสัตว์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

(อาจารย์ ดร. โสภณ วงศ์แก้ว)

ประธานกรรมการ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. จุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

.....

(ศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล เหล่าสุวรรณ)

กรรมการ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีช จิตรสมบูรณ์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. กนก ผลารักษ์)

คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

**อุซอร์ วรณะ : การทดสอบสารเคมีและสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพไร่  
เพื่อควบคุมหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* F.) ในดาวเรืองอาหารสัตว์ (Laboratory and  
Field Tests of Chemicals and Biopesticides for Controlling Common Cutworm (*Spodoptera  
litura* F.) in Xanthophyll Marigold.)**

**อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. จุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์, 148 หน้า. ISBN 974-533-217-8**

การศึกษาประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ ในห้องปฏิบัติการและสภาพไร่ การศึกษาในห้องปฏิบัติการวัดความเป็นพิษด้วยค่า  $LC_{50}$  ต่อหนอนกระทู้ผัก(*Spodoptera litura* F.)วัย 2 โดยใช้สารฆ่าแมลง 5 ชนิดๆ ละ 5 ระดับความเข้มข้น วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ 25 กรรมวิธี คือสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan และสารสกัดสะเดา(*azadirachtin*)สำเร็จรูปที่ 24 ชม. สารฆ่าแมลง tebufenozide ที่ 48 ชม. สารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลง คือ ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* และแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ที่ 72 ชม. โดยใช้วิธี feeding และ residue film test การทดสอบแบบ Broad Range Test ได้ค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 272 ppm 393 ppm 322 ppm 538 ตัว/มล. และ 30,200 IU/ml ตามลำดับ และแบบ Narrow Range Test ได้ค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 277 ppm 400 ppm 162 ppm 395 ตัว/มล. และ 28,048 IU/ml ตามลำดับ และเรียงลำดับความเป็นพิษ ( $LC_{50}$ ) ได้ดังนี้ คือ tebufenozide > carbosulfan > *S. carpocapsae* > *azadirachtin* > *B. thuringiensis*

การศึกษาในสภาพไร่เป็นการใช้สารฆ่าแมลง 5 ชนิดต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 วางแผนการทดลองแบบ split plot ใน RCB มี 4 ซ้ำ 25 กรรมวิธี main plot คือ สารฆ่าแมลง 5 ชนิดเช่นเดียวกันกับการศึกษาในห้องปฏิบัติการ sub-plot คือ ระดับความเข้มข้นของสารมี 5 ระดับ คือ 0 (กรรมวิธีควบคุม) อัตรา  $LC_{50}$  50%อัตราแนะนำ 75%อัตราแนะนำ และ 100%อัตราแนะนำ ตรวจสอบการทดลองโดยนับจำนวนหนอนที่ตาย ปรับค่าและแปลงข้อมูลโดยใช้ Abbott's formula และ Arcsine ทดสอบพหุคูณค่าโดยใช้หนอนกระทู้ผักมีชีวิต ประเมินผลการทดลองโดยวัดความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองโดยใช้เครื่องวัดพื้นที่ใบ และประเมินค่าใช้จ่ายในการใช้สารฆ่าแมลงแต่ละชนิด ผลการทดลองพบว่าสาร tebufenozide ที่อัตราความเข้มข้น 75%อัตราแนะนำ คือที่ 375 ppm เหมาะสมที่สุด เพราะมีเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนสูงถึง 89.06% และมีค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกต่ำเพียง 0.12 ตร.ซม. และไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการใช้ที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำ และใช้ในปริมาณต่ำสุดเพียง 117 มล./ไร่/ฤดูปลูก มีค่าใช้จ่ายประหยัดที่สุดเท่ากับ 735 บาท/ไร่/ฤดูปลูก และไม่ทำให้เกิด phytotoxic ส่วนสารฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพรองลงมาคือสาร *azadirachtin* ที่อัตราความเข้มข้น 75%อัตราแนะนำ (ความเข้มข้น 1.875 ppm) ทำให้เปอร์เซ็นต์การตาย ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอก ปริมาณการใช้ และค่าใช้จ่าย เป็น 52.89%, 0.21 ตร.ซม. 585 มล.ไร่/ฤดูปลูก และ 768 บาท/ไร่/ฤดูปลูก ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ที่อัตราความเข้มข้น 75%อัตราแนะนำ (ความเข้มข้น  $12 \times 10^6$  ตัว/มล.) เป็น 69.02% 0.12 ตร.ซม. 11.7 ของ/ไร่/ฤดูปลูก และ 885 บาท/ไร่/ฤดูปลูก ตามลำดับ สาร carbosulfan ที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำ (ความเข้มข้น 600 ppm) เป็น 46.93% 0.49 ตร.ซม. 936 มล.ไร่/ฤดูปลูก และ 848 บาท/ไร่/ฤดูปลูก ตามลำดับ และแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ที่อัตราความเข้มข้น 75%อัตราแนะนำ (ความเข้มข้น 64,000 IU/ml) เป็น 40.50% 0.12 ตร.ซม. 702 กรัม/ไร่/ฤดูปลูก และ 1,260 บาท/ไร่/ฤดูปลูก ตามลำดับ สรุปว่าการใช้สาร tebufenozide ที่มีปริมาณและอัตราการใช้ต่ำที่สุดให้ประสิทธิภาพสูงสุด และเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของแมลงที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

**RUCHUON WANNA : LABORATORY AND FIELD TESTS OF CHEMICALS AND BIOPESTICIDES FOR CONTROLLING COMMON CUTWORM (*Spodoptera litura* F.) IN XANTHOPHYLL MARIGOLD. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. JUTHARAT ATTAJARUSIT, Ph.D. 148 PP. ISBN 974-533-217-8**

Toxicity bioassay for  $LC_{50}$  of 5 insecticides conducted in laboratory was determined by feeding and residue film test method against 2<sup>nd</sup> instar larvae of common cutworm, *Spodoptera litura* F. The experiment lay out was completely randomized design (CRD) with 4 replications and 25 treatments (concentrations); carbosulfan and azadirachtin at 24 hr., tebufenozide at 48 hr., *Steinernema carpocapsae* and *Bacillus thuringiensis* at 72 hr. The  $LC_{50}$  for Broad Range Test were 272 ppm, 393 ppm, 322 ppm, 538 nematodes/ml, 30,200 IU/ml, and were 277 ppm, 400 ppm, 162 ppm, 395 nematodes/ml, and 28,048 IU/ml for Narrow Range Test respectively. The most toxic  $LC_{50}$  values to *S. litura* F. was tebufenozide followed by carbosulfan, *S. carpocapsae*, azadirachtin and *B. thuringiensis* respectively.

Field trials were to determine the effectiveness of the previous 5 insecticides for controlling 2<sup>nd</sup> instar larvae of common cutworm (*S. litura*) in xanthophyll marigold. The experimental design was split plot in RCBD with 4 replications and 25 treatments (5 different concentrations) i.e., 0 dose (control),  $LC_{50}$  dose, 50%recommended dose, 75%recommended dose and 100%recommended dose. Mortality observed were corrected by Abbott's formula and Arcsine transformation. Residual insecticide activity decided for every next spray was measured by alive larvae. Petal loss observed were calculated by using computerized leaf area index machine. Comparison of the insecticide application expense showed that the optimum was tebufenozide at 75%recommend dose (375 ppm) which gave the equal damage to that of 100%recommend dose. This dose gave 89.06 %mortality and 0.12 cm<sup>2</sup> petal loss. For, application expense, tebufenozide at 75%recommend dose showed the lowest quantity used with the expenses of 117 ml/rai/crop and 735 bath/rai/crop. For azadirachtin, the most effective dose next to tebufenozide, was at 75%recommend dose (1.875 ppm) at the mortality of 52.89%, petal loss of 0.21 cm<sup>2</sup>, quantity used of 585 ml/rai/crop and the expenses 768 bath/rai/crop. For *S. carpocapsae* the optimum dose was at 75%recommend dose ( $12 \times 10^6$  nematodes/ml), mortality of 69.02%, petal loss of 0.12 cm<sup>2</sup>, at the expense 11.7 package/rai/crop or 885 bath/rai/crop. The result for carbosulfan was at 100%recommend dose (600 ppm) 46.93%, 0.49 cm<sup>2</sup>, 936 m/rai/crop and 848 bath/rai/crop respectively while *B. thuringiensis* was at 75%recommend dose (64,000 IU/ml) 40.50%, 0.12 cm<sup>2</sup>, 702 gm/rai/crop and 1,260 bath/rai/crop respectively. This experiment results revealed that tebufenozide was an alternative, safe and environmental friendly biochemical pesticide against common cutworm (*S. litura*) in xanthophyll marigold field.

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยมีกำลังใจจากบุคคลที่ใกล้ชิดตัวข้าพเจ้า ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์ ท่านอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งคณาจารย์คณะเทคโนโลยีการผลิตพืชทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล เหล่าสุวรรณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หัสไชย บุญสูง คณะกรรมการโครงร่างวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. โสภณ วงศ์แก้ว ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการศึกษาโครงการผลิตและพัฒนาอาจารย์ (UDC) ประจำปี 2542 ที่ให้ทุนการศึกษาในการศึกษาระดับปริญญาโท

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอย่างจริงใจ สำหรับหน่วยงานราชการและผู้เชี่ยวชาญที่ให้การสนับสนุนและความร่วมมือเป็นอย่างดี ได้แก่ คุณอุทัย เกตุนติ หน่วยงานต้นแบบการผลิตไวรัส NPV กลุ่มงานวิจัยการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชทางชีวภาพ กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการ เกษตร กรุงเทพฯ ที่กรุณาฝึกอบรมการเลี้ยงหนอนกระทุ้ผักให้แก่ข้าพเจ้า และคุณวีระชาติ ถิ่นวงศ์พิทักษ์ ผู้อำนวยการศูนย์บริหารศัตรูพืช จังหวัดนครราชสีมา และคุณละไม บุญกลาง เจ้าพนักงานการเกษตร 5 ที่กรุณาช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำอาคารเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และฝ่ายผลิตพืชฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อนักศึกษาปริญญาโททุกท่าน และคุณวรินทร์ ศรีพนัสกุล ที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำงานวิจัยจนแล้วเสร็จ

และข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่ชาย น้องสาว และน้องชายอย่างสุดซึ้งที่สนับสนุนและให้กำลังใจในการศึกษาเล่าเรียนมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

สุดท้าย หากมีสิ่งใดขาดตกบกพร่องหรือไม่สมบูรณ์ในวิทยานิพนธ์ ผู้เขียนขออภัยเป็นอย่างสูง และหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงมีประโยชน์สำหรับผู้สนใจ

ฤชอร วรรณะ

## สารบัญ

## หน้า

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....                                                               | ง  |
| บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....                                                            | จ  |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                                                  | ฉ  |
| สารบัญ.....                                                                           | ช  |
| สารบัญตาราง.....                                                                      | ญ  |
| สารบัญภาพ.....                                                                        | ต  |
| <b>บทที่</b>                                                                          |    |
| 1 บทนำ.....                                                                           | 1  |
| วัตถุประสงค์.....                                                                     | 3  |
| 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                                               | 4  |
| 2.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของดาวเรือง.....                                              | 4  |
| 2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของดาวเรือง.....                                               | 6  |
| 2.3 ปัญหาในการผลิตดาวเรืองอาหารสัตว์.....                                             | 10 |
| 2.4 การศึกษาความต้านทานต่อสารเคมีชนิดต่างๆ                                            |    |
| เนื่องจากการใช้สารฆ่าแมลงชนิดต่างๆ .....                                              | 21 |
| 3 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย.....                                          | 24 |
| 3.1 การเตรียม stock culture ของหนอนกระทู้ผัก.....                                     | 25 |
| 3.2 การทดลองที่ 1 : ศึกษาความเป็นพิษ ( $LC_{50}$ ) ของสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 |    |
| ในห้องปฏิบัติการ.....                                                                 | 27 |
| 3.2.1 สถานที่ทำการทดลอง.....                                                          | 27 |
| 3.2.2 ระยะเวลาการทดลอง.....                                                           | 27 |
| 3.2.3 แผนการทดลอง.....                                                                | 28 |
| 1) วิธี Broad Range Test.....                                                         | 28 |
| 2) วิธี Narrow Range Test.....                                                        | 28 |
| 3.2.4 วิธีดำเนินการทดลอง.....                                                         | 29 |

## สารบัญ (ต่อ)

## หน้า

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.5 การบันทึกข้อมูล.....                                                                                          | 29 |
| 3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....                                                                                       | 29 |
| 3.3 การทดลองที่ 2 : ศึกษาประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักวัย 2<br>ในสภาพไร้น้ำดาวเรืองอาหารสัตว์..... | 30 |
| 3.3.1 สถานที่ทำการทดลอง.....                                                                                        | 31 |
| 3.3.2 ระยะเวลาการทดลอง.....                                                                                         | 31 |
| 3.3.3 แผนการทดลอง.....                                                                                              | 31 |
| 3.3.4 วิธีการทดลอง.....                                                                                             | 31 |
| 1) การปลูกดาวเรืองอาหารสัตว์และการดูแลรักษา.....                                                                    | 31 |
| 2) การฉีดพ่นสารฆ่าแมลงครั้งแรก.....                                                                                 | 32 |
| 3) การทดสอบพืชตกค้าง.....                                                                                           | 34 |
| 4) การฉีดพ่นสารฆ่าแมลงครั้งต่อไป.....                                                                               | 35 |
| 5) การหาพื้นที่เสียหาย.....                                                                                         | 36 |
| 6) ค่าใช้จ่ายของสารฆ่าแมลงแต่ละชนิด.....                                                                            | 37 |
| 4 ผลการทดลอง.....                                                                                                   | 47 |
| 4.1 การทดลองที่ 1 : ศึกษาความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2<br>ในห้องปฏิบัติการ.....  | 47 |
| 1) วิธี Broad Range Test.....                                                                                       | 47 |
| 2) วิธี Narrow Range Test.....                                                                                      | 48 |
| 4.2 การทดลองที่ 2 : ศึกษาประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักวัย 2<br>ในสภาพไร้น้ำดาวเรืองอาหารสัตว์..... | 58 |
| 1) ศึกษาการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ต่อสารฆ่าแมลงทดสอบ.....                                                         | 58 |
| 1.1 สารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan.....                                                                                 | 58 |
| 1.2 สารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป..                                                                           | 58 |



## สารบัญ (ต่อ)

## หน้า

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.3 สารฆ่าแมลง tebufenozide.....                                 | 59  |
| 1.4 สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย <i>S. carpocapsae</i> ..... | 60  |
| 1.5 สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> ..... | 60  |
| 1.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงทดสอบ.....                | 61  |
| 2) ศึกษาพิษตกค้างของสารฆ่าแมลง.....                              | 67  |
| 2.1 ทดสอบพิษตกค้างครั้งที่ 1.....                                | 67  |
| 2.2 ทดสอบพิษตกค้างครั้งที่ 2.....                                | 67  |
| 2.3 ทดสอบพิษตกค้างครั้งที่ 3.....                                | 68  |
| 3) ศึกษาความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์.....      | 71  |
| 3.1 สารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan.....                              | 71  |
| 3.2 สารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป.....                     | 71  |
| 3.3 สารฆ่าแมลง tebufenozide.....                                 | 72  |
| 3.4 สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย <i>S. carpocapsae</i> ..... | 72  |
| 3.5 สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย <i>B. thuringiensis</i> ..... | 73  |
| 3.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงทดสอบ.....                | 73  |
| 4) ศึกษาค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการฉีดพ่นสารฆ่าแมลง.....           | 80  |
| 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....                                       | 84  |
| 6 สรุปผลการทดลอง.....                                            | 91  |
| รายการอ้างอิง.....                                               | 93  |
| ภาคผนวก.....                                                     | 109 |
| ประวัติผู้เขียน.....                                             | 148 |

## สารบัญตาราง

### ตารางที่

### หน้า

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | ส่วนประกอบของธาตุอาหารหลักในอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงหนอนกระทู้ผัก.....                                                                                                                                                                                                                 | 26 |
| 2 | แสดงระดับอัตราความเข้มข้นสารฆ่าแมลงทดสอบแต่ละชนิดที่ใช้ทดลองในสภาพไร้.....                                                                                                                                                                                                           | 32 |
| 3 | ค่า Expect Mean Square ของแผนการทดลองแบบ Split plot ใน RCBD ใน<br>แบบจำลองปัจจัยคงที่ (Model I).....                                                                                                                                                                                 | 34 |
| 4 | แสดงค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารฆ่าแมลงทดสอบต่อหนอนกระทู้ผัก<br><i>S. litura</i> โดยวิธี Broad Range Test แบบ feeding และ residue film test<br>(กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการ (25 ± 2 °C, 70 ± 5 %RH)<br>ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ - 30 มิถุนายน 2544.....  | 51 |
| 5 | แสดงค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารฆ่าแมลงทดสอบต่อหนอนกระทู้ผัก<br><i>S. litura</i> โดยวิธี Narrow Range Test แบบ feeding และ residue film test<br>(กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการ (25 ± 2 °C, 70 ± 5 %RH)<br>ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ - 30 มิถุนายน 2544..... | 53 |
| 6 | เปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารฆ่าแมลงทดสอบต่อหนอนกระทู้ผัก<br><i>S. litura</i> ระหว่างวิธี Broad Range Test (BRT) และ Narrow Range Test (NRT)<br>แบบ feeding และ residue film test (กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการ<br>(25 ± 2 °C, 70 ± 5 %RH).....   | 55 |
| 7 | แสดงเปอร์เซ็นต์ตายและค่าเฉลี่ยที่ตายของหนอนกระทู้ผัก <i>S. litura</i> ในดอก<br>ดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารเคมีฆ่าแมลง<br>carbosulfan ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....                                                                                | 63 |
| 8 | แสดงเปอร์เซ็นต์ตายและค่าเฉลี่ยที่ตายของหนอนกระทู้ผัก <i>S. litura</i> ในดอก<br>ดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารสกัดสะเดา<br>(azadirachtin) สำเร็จรูปในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....                                                                      | 63 |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

### ตารางที่

### หน้า

- 9 แสดงเปอร์เซ็นต์ตายและค่าเฉลี่ยที่ตายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอก  
ดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลง  
tebufenozide ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....64
- 10 แสดงเปอร์เซ็นต์ตายและค่าเฉลี่ยที่ตายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอก  
ดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารชีวอินทรีย์  
ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....64
- 11 แสดงเปอร์เซ็นต์ตายและค่าเฉลี่ยที่ตายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอก  
ดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารชีวอินทรีย์  
ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....65
- 12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาว  
เรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลงทดสอบ  
ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....66
- 13 ตารางวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอก  
ดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลง  
ทดสอบในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....66
- 14 แสดงการทดสอบพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงทดสอบที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ  
โดยใช้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรือง  
อาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นสารครั้งที่ 1 .....69
- 15 แสดงการทดสอบพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงทดสอบที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ  
โดยใช้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรือง  
อาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นสารครั้งที่ 2 .....69

## สารบัญตาราง (ต่อ)

### ตารางที่

### หน้า

- 16 แสดงการทดสอบพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงทดสอบที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรือง อาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นสารครั้งที่ 3 .....70
- 17 แสดงค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรือง อาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังการทดสอบพิษตกค้างของสารฆ่าแมลง ทดสอบที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ.....70
- 18 แสดงค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์จากการทำลาย ของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....76
- 19 แสดงค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์จากการทำลาย ของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นสารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูปในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....76
- 20 แสดงค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์จากการทำลาย ของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลง tebufenozide ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....77
- 21 แสดงค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์จากการทำลาย ของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง ไล่เดือนฝอย *S. carpocapsae* ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....77
- 22 แสดงค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์จากการทำลาย ของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง แบคทีเรีย *B. thuringiensis* ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....78

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า                                                                                                                                                                                      |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 23       | เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์<br>จากการทำลายของหนอนกระทู้ผัก <i>S. litura</i> หลังฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลง<br>ทดสอบในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....79    |
| 24       | ตารางวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์<br>จากการทำลายของหนอนกระทู้ผัก <i>S. litura</i> หลังฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลง<br>ทดสอบในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน.....79 |
| 25       | เปรียบเทียบปริมาณการใช้สารฆ่าแมลงทดสอบที่ต้องใช้ในการฉีดพ่นสาร<br>(ต่อไร่ต่อครั้ง และ ต่อไร่ต่อฤดูปลูก).....82                                                                            |
| 26       | เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบ<br>(ต่อไร่ต่อครั้ง และ ต่อไร่ต่อฤดูปลูก).....83                                                                                 |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า                                                                                                                                       |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | แสดงค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นในห้องปฏิบัติการทดลองระหว่างเดือนมกราคม - มิถุนายน 2544.....38                   |
| 2      | การเลี้ยงหนอนกระทู้ผักในถัวยพลาสติกด้วยอาหารเทียมในสภาพห้องปฏิบัติการ ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , $70 \pm 5\%\text{RH}$ ) .....38       |
| 3      | แสดงภาชนะฟักและให้ความชื้นแก่ด้กด้.....39                                                                                                  |
| 4      | แสดงถัวยพลาสติกกลมขนาดเล็กสำหรับให้ทดสอบสารฆ่าแมลง.....39                                                                                  |
| 5      | แสดงค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นในสภาพไร่<br>ดาวเรืองอาหารสัตว์ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2544 ถึง เมษายน 2545.....40 |
| 6      | แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนในสภาพไร่ดาวเรืองอาหารสัตว์ระหว่างเดือน<br>พฤศจิกายน 2544 ถึง เมษายน 2545.....40                                |
| 7      | แสดงกล้าดาวเรืองอาหารสัตว์ในกระบะเพาะกล้า.....41                                                                                           |
| 8      | แสดงการย้ายกล้าดาวเรืองอาหารสัตว์อายุ 15 วันลงปลูกในแปลงทดลอง.....41                                                                       |
| 9      | แสดงดาวเรืองอาหารสัตว์ระยะกล้าจำนวน 24 ต้น/แปลงย่อยในแปลง<br>ทดลองที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.....42                               |
| 10     | แสดงระยะดาวเรืองอาหารสัตว์ระยะมีตาดอกในแปลงทดลอง.....42                                                                                    |
| 11     | แสดงดาวเรืองอาหารสัตว์ระยะดอกบานในแปลงทดลอง.....43                                                                                         |
| 12     | แสดงดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ระยะดอกบานที่อายุ 8 สัปดาห์<br>ซึ่งเป็นระยะที่ทำการทดลอง.....43                                                   |
| 13     | แสดงการปล่อยหนอนกระทู้ผักวัย 2 บนดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ใน<br>การทดสอบสารฆ่าแมลงในสภาพไร่.....44                                             |
| 14     | แสดงดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่คลุมดอกด้วยถุงตาข่ายฟ้าในลอนหลังจาก<br>ปล่อยหนอนกระทู้ผักวัย 2.....44                                          |
| 15     | แสดงการคลุมดอกดาวเรืองอาหารสัตว์หลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบ.....45                                                                           |
| 16     | แสดงลักษณะดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่ถูกทำลายโดยหนอนกระทู้ผัก.....45                                                                          |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                                                                   | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 17 แสดงลักษณะและส่วนประกอบของเครื่องวัดพื้นที่ใบ Delta-T image analysis system รุ่น 6322-002 พร้อม monitors และกล้องถ่ายภาพ.....         | 46   |
| 18 แสดงพื้นที่เสียหายที่ถูกหนอนกระทู้ผักทำลาย(พื้นที่สีดำ)บนแผ่นพลาสติกใส.....                                                           | 46   |
| 19 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารฆ่าแมลง carbosulfan , azadirachtin และ tebufenozide โดยวิธี Broad Range Test.....          | 51   |
| 20 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง <i>S. carpocapsae</i> โดยวิธี Broad Range Test.....                     | 52   |
| 21 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง <i>B. thuringiensis</i> โดยวิธี Broad Range Test.....                   | 52   |
| 22 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารฆ่าแมลง carbosulfan , azadirachtin และ tebufenozide โดยวิธี Narrow Range Test.....         | 53   |
| 23 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง <i>S. carpocapsae</i> โดยวิธี Narrow Range Test.....                    | 54   |
| 24 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง <i>B. thuringiensis</i> โดยวิธี Narrow Range Test.....                  | 54   |
| 25 เปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan โดยวิธี Broad และ Narrow Range Test.....                    | 55   |
| 26 เปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป โดยวิธี Broad และ Narrow Range Test.....           | 56   |
| 27 เปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารฆ่าแมลง tebufenozide โดยวิธี Broad และ Narrow Range Test.....                       | 56   |
| 28 เปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง <i>S. carpocapsae</i> โดยวิธี Broad และ Narrow Range Test.....   | 57   |
| 29 เปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> )ของสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง <i>B. thuringiensis</i> โดยวิธี Broad และ Narrow Range Test..... | 57   |

## บทที่ 1

### บทนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกไม้ดอกที่ใหญ่เป็นอันดับ 6 ของโลก มีมูลค่าส่งออกถึง 450 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2528 (ณรงค์ โฉมเฉลา, 2534) ดาวเรือง (*Tagetes spp.*) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งโดยตลาดโลกมีความต้องการดาวเรืองอบแห้ง 3 - 5 หมื่นตัน/ปี แต่ประเทศไทยผลิตส่งออกได้เพียง 3 - 4 พันตัน/ปี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542) ดาวเรืองมีประโยชน์การใช้สอยกว้างขวางมากคือ เป็นไม้ตัดดอกใช้ทำพวงมาลัยในงานมงคลและเทศกาลทางศาสนา (จุฑามาศ อ่อนพิมล, 2538) เป็นไม้ประดับตกแต่งสถานที่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2520) ใช้ทำสีย้อมผ้า (สมเพียร เกษมทรัพย์, 2532) ใช้ปลูกเพื่อขับไล่ศัตรูพืชประเภทแมลงและไส้เดือนฝอย (ไมตรี ปทุมวงษ์, 2541; Srinivasan, Krishna-Moorthy, and Raviprasad, 1994) ใช้สกัดสาร erythosin และ alpha-terthiophene กำจัดลูกน้ำยุง (Holden, 1995) ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารเลี้ยงสัตว์ (สมเพียร เกษมทรัพย์, 2525) เครื่องสำอาง เวชภัณฑ์ และยังสามารถสกัดเป็นอาหารเสริมให้กับมนุษย์ได้ด้วย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542) จะเห็นได้ว่าดาวเรืองเป็นพืชที่มีคุณประโยชน์หลายประการเหมาะที่จะนำมาผลิตเป็นอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออกเป็นอย่างมาก

ปัญหาในการผลิตดาวเรืองที่สำคัญ คือ โรคและแมลงศัตรู ซึ่งมีหลายชนิดได้แก่ โรคเหี่ยว (bacterial wilt) โรคใบจุด (bacterial leaf spot) โรคกล้าล้ม (damping-off) โรคใบหงิก (tomato spotted wilt virus, TSWV) เป็นต้น (จุฑามาศ อ่อนพิมล, 2538; Kessler, 1998) ซึ่งโรคดาวเรืองส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศเป็นสำคัญ ส่วนแมลงศัตรูดาวเรืองชนิดต่างๆ ที่พบเรียงตามลำดับความสำคัญดังนี้คือ เพลี้ยไฟ หนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก ไร และเพลี้ยอ่อน เป็นต้น (อนันต์ วัฒนธัญกรรม, 2532; กนกพร อุ้นใจชน, 2537; อัมพร วิโนทัย, 2538; จุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์, 2540) แมลงศัตรูที่เป็นปัญหามากและมีตลอดทุกฤดูกาลคือ หนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* Fabricius) พบว่ามีการระบาดรวดเร็วและมีพื้นที่การระบาดกว้างมาก เพราะมีพืชอาหารถึง 112 ชนิดได้แก่ พืชผัก พืชไร่ และไม้ดอกต่างๆ (Marcovitch, 1954; Mousa, Zaher, and Kotby, 1960) หนอนกระทู้ผักจะเข้าทำลายดอกดาวเรืองในขณะดอกตูมและดอกเริ่มบาน โดยหนอนชนิดนี้จะกัดกินกลีบดอกทำให้ดอกเสียหาย (กองกัญและสัตววิทยา, 2541)



เกษตรกรในประเทศไทยใช้สารฆ่าแมลงมากมายหลายกลุ่ม กลุ่มละหลายชนิดในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง มีพิษต่อเกษตรกรผู้ใช้และผู้บริโภค และพบว่าสารฆ่าแมลงหลายชนิดให้ผลในการป้องกันกำจัดไม่เป็นที่พอใจ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกลำไส้ของสารเคมีฆ่าแมลงสังเคราะห์ สารฆ่าแมลงสังเคราะห์ สารสกัดจากพืช รวมทั้งสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง โดยศึกษาเปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ ( $LC_{50}$ ) ในห้องปฏิบัติการแล้วนำข้อมูลมาทดสอบในสภาพไร้วางเรื่องอาหารสัตว์ การตรวจช่วงระยะเวลาของพิษตกค้างแต่ละครั้งโดยใช้หนอนกระทู้ผักวัย 2 มีชีวิต และการคำนวณค่าใช้จ่ายสารฆ่าแมลงที่ใช้แต่ละชนิด การศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาความเป็นพิษ ( $LC_{50}$ ) ของสารฆ่าแมลงชนิดต่างๆ ได้แก่ สารเคมีฆ่าแมลงสังเคราะห์กลุ่ม carbamate คือ carbosulfan สารฆ่าแมลงสังเคราะห์ยับยั้งการลอกคราบ (Insect growth regulator, IGR) คือ tebufenozide สารสกัดจากพืชคือ สารสกัดสะเดา (*Azadirachta indica* A. Juss.) และสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง คือ ไส้เดือนฝอย (*Steinernema carpocapsae* Weiser) และแบคทีเรีย (*Bacillus thuringiensis* Berliner) ต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในสภาพห้องปฏิบัติการ การทดลองที่ 2 เป็นการนำผลที่ได้จากการทดลองที่ 1 มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพรวมทั้งวิธีการใช้อย่างประหยัดในสภาพไร่ เพื่อต้องการให้มีปริมาณสารพิษตกค้างในดาวเรืองอาหารสัตว์ในระดับที่ต่ำที่สุดหรือไม่มีพิษตกค้างเลย เพื่อลดอันตรายหรือผลข้างเคียงต่อสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภค รวมทั้งเพื่อลดต้นทุนการผลิตและเกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติได้

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นพิษ( $LC_{50}$ )ของสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan, สารฆ่าแมลง tebufenozide, สารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป, สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan, สารฆ่าแมลง tebufenozide, สารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป, สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในสภาพไร่ดาวเรืองอาหารสัตว์ และการทดสอบพิษตกค้างก่อนการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงในครั้งต่อไปโดยใช้หนอนกระทู้ผักมีชีวิต
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการใช้สารฆ่าแมลงแต่ละชนิดในสภาพไร่ (ต่อไร่ต่อครั้ง และ ต่อไร่ต่อฤดูปลูก)

## บทที่ 2

### วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของดาวเรือง

ดาวเรืองเป็นพืชอยู่ในอันดับ Asteraceae อยู่ในตระกูล Compositae ในตระกูลย่อย Tubuliflorae (Hickey and King, 1981) มีชื่อสามัญว่า Marigold และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tagetes spp.* Linneaus (Bailey and Elvin, 1964) เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดมาจากประเทศเม็กซิโกและอเมริกาใต้

ความสำคัญทางเศรษฐกิจ ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมันตะวันตกเป็นตลาดนำเข้าไม้ดอกไม้ประดับที่ใหญ่ที่สุดของโลก รองลงมาได้แก่ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส ประเทศสหราชอาณาจักร สวิตเซอร์แลนด์ และเนเธอร์แลนด์ ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2528 ประเทศที่ส่งออกรายใหญ่ที่สุดของโลกคือเนเธอร์แลนด์โดยมีมูลค่าส่งออกถึง 18,608 ล้านบาท รองลงมาได้แก่ โคลัมเบีย อิสราเอล และอิตาลีโดยมีมูลค่าส่งออก 3,457 1,634 และ 1,443 ล้านบาท ตามลำดับ ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกที่ใหญ่เป็นอันดับ 6 ของโลกโดยมีมูลค่าส่งออกถึง 450 ล้านบาท (ณรงค์ โถมเฉลา, 2534)

ในปี พ.ศ. 2523 มีการสำรวจข้อมูลไม้ตัดดอกที่สำคัญในประเทศไทยพบว่ามียอดปลูกทั้งหมด 4,571.73 ไร่ จำนวนผู้ปลูก 12,276 ราย และมูลค่าการผลิต 298,774,660 บาท ดาวเรืองเป็นไม้ดอกไม้ประดับที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจเพราะให้รายได้ถึง 37,258 บาท/ไร่/ปี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2529) จึงได้รับการสนับสนุนส่งเสริมให้เป็นอาชีพหลักของเกษตรกรและประชาชนผู้สนใจ ในปี พ.ศ. 2523 พบว่ามีพื้นที่ปลูกดาวเรือง 482.45 ไร่ จำนวนผู้ปลูก 2,226 ราย และมูลค่าการผลิต 14,473,500 บาท (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2524) ในปี พ.ศ. 2529 พบว่ามีพื้นที่ปลูกดาวเรืองเพิ่มขึ้นเป็น 600 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2529) ในปี พ.ศ. 2538 พบว่ามีพื้นที่ปลูกดาวเรืองประมาณ 600 ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2538) ซึ่งแหล่งปลูกที่สำคัญของดาวเรืองในประเทศไทยได้แก่ จังหวัดนนทบุรี กรุงเทพฯ เชียงใหม่ อุดรธานี สุพรรณบุรี ราชบุรี สมุทรสาคร ลำปาง และพะเยา เป็นต้น (ไมตรี ปทุมวงษ์, 2541)

จังหวัดนครราชสีมาที่มีพื้นที่ปลูกไม้ดอกไม้ประดับ 14 ชนิด ประมาณ 246 ไร่ มีผลผลิตคิดเป็นมูลค่า 194,370 บาท/วัน ไม้ดอกไม้ประดับที่ปลูกมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งคือ บัวฉัตร ซึ่งมีพื้นที่ปลูก 82 ไร่ ดาวเรืองมีพื้นที่ปลูกมากเป็นอันดับ 2 คือ 64 ไร่ 3 งาน ใน 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอน้ำเขียว ปากช่อง ด่านขุนทด และขามทะเลสอ ดาวเรืองเป็นไม้ตัดดอกที่มีมูลค่าที่สำคัญเป็นอันดับ 5 ของจังหวัด รองลงมาจากบัวฉัตร เบญจมาศขอ มะลิ และกุหลาบตัดดอก ตามลำดับ จังหวัดนครราชสีมา

ความต้องการดาวเรือง 23,000 ดอก/วันคิดเป็นมูลค่า 17,250 บาท/วัน แต่ผลิตได้เพียง 14,700 ดอก/วัน โดยต้องนำเข้าถึง 8,300 ดอก/วัน ราคาดอกดาวเรืองที่ตลาดปากช่องคือ ดอกละ 0.70 บาท (100 ดอกในราคา 70 บาท) (ทอมแมมไฉ้, 2538; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542)

ในด้านดาวเรืองอาหารสัตว์ พบว่าตลาดโลกมีความต้องการกลีบดอกดาวเรืองแห้งประมาณ 3 – 5 หมื่นตัน/ปี สำหรับประเทศไทยได้ทำการผลิตกลีบดอกดาวเรืองอบแห้งส่งออกจำหน่ายในต่างประเทศ 3 - 4 พันตัน/ปี เพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารสัตว์ (สมเพียร เกษมทรัพย์, 2525) ถึงแม้ปริมาณความต้องการกลีบดอกดาวเรืองแห้งของตลาดต่างประเทศสูงและเกษตรกรยังมีความต้องการที่จะปลูกเพิ่มเสริมรายได้อย่างต่อเนื่อง แต่ปริมาณการผลิตจะถูกกำหนดโดยบริษัทที่รับซื้อดอกดาวเรืองซึ่งขณะนี้มียู่ 4 แห่งตั้งอยู่ที่จังหวัดนครราชสีมา กาญจนบุรี นครนายก และลำพูน

ดอกดาวเรืองสามารถนำไปสกัดได้สารที่มีความสำคัญเช่น carotenoid, lutein, xanthophyll, alpha-terthienyl, erythosin และ alpha-terthiophene มีรายละเอียดดังนี้ คือ

1) carotenoid เป็นสารกลุ่มเม็ดสีส้มถึงสีแดง มีชื่อการค้าต่างๆ กัน เช่น carophyll (beta-alpha-8-carotenoid) ทำให้ไข่แดงมีสีเหลืองเข้มซึ่งส่วนใหญ่สีไข่แดงได้มาจาก carotenoid ในพืชอาหารที่ใช้ผสมอาหารให้ไก่กิน (ประทีป ราชแพทยาคม, 2526; สุวรรณ เกษตรสุวรรณ, 2529) และใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์เช่น ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคทางสายตา โรคมะเร็งผิวหนัง โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหรือไต การปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ควบคุมระบบตอบสนองของภูมิคุ้มกัน และต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) เป็นต้น (Singh, 1996) มีรายงานว่า carotenoid สามารถสร้างเอนไซม์ arylhydrocarbon hydroxylase ที่เฉพาะเจาะจงในการช่วยล้างพิษ (detoxification) สารที่อาจจะก่อให้เกิดมะเร็ง (carcinogens) ได้ทั้งยังเป็นแหล่งวิตามิน เอ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542; Bendich, 1989; Ong and Tee, 1992; Britton, 1995; Snodderly, 1995; Nishino, 1998; Estes, 2002) และใช้ป้องกันผิวหนังจากการเผาไหม้ของแสงแดด (sunburn) ได้ (Matthews-Roth, 1990)

2) lutein เป็นสารที่สกัดได้จากส่วนกลีบดอกดาวเรือง ซึ่งสามารถนำไปผสมอาหารเลี้ยงไก่ทำให้สีของไข่แดงเข้มขึ้น (Quackenbush and Miller, 1972; Phillip and Berry, 1975) เช่นเดียวกับ carotenoid ใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์เช่น กระตุ้นภูมิคุ้มกันต้านทาน ลดการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคกล้ามเนื้อสายตาเสื่อม ใช้เป็นสารเติมแต่งอาหารและเครื่องสำอาง เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542; Snodderly, 1995; Park, Chew, and Wong, 1998 b) มีรายงานการทดลองให้ lutein ที่ระดับต่ำกว่า 0.002% ของน้ำหนักอาหารหนู พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและการพัฒนาของเนื้องอกในหนูที่เป็นเนื้องอก (Park, Chew, and Wong, 1998 a)

3) xanthophyll เป็นกลุ่มเม็ดสีสีเหลือง ใช้เป็นสีย้อมผ้า (สมเพียร เกษมทรัพย์, 2532) และใช้ผสมอาหารเลี้ยงไก่ (สุวรรณ เกษตรสุวรรณ, 2529) เช่นเดียวกับ carotenoid และ lutein มี

รายงานการทดลองใช้กลีบดอกดาวเรืองแห้งผสมในอาหารเลี้ยงไก่ในอัตราส่วนต่างๆ กัน พบว่า นอกจากจะทำให้สีของไข่แดงและสีของผิวหนังไก่เข้มขึ้นแล้ว ยังทำให้มีโปรตีนที่ไข่แดงและผิวหนังเพิ่มขึ้นด้วย (Quackenbush and Miller, 1972; Phillip and Berry, 1975) มีรายงานการใช้ดอกดาวเรืองแห้ง *T. erecta* และ *T. patula* ที่ระดับ 0.004% ของน้ำหนักอาหารไก่ไข่พันธุ์เล็กฮอร์น พบว่าไม่มีผลเสียต่อผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหาร คุณภาพภายในไข่ และอัตราการตาย แต่สีของไข่แดงจะแตกต่างกัน และยังพบว่า ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จาก xanthophyll ในไก่กระตังเพื่อการสะสมเม็ดสีที่หน้าแข้งดีที่สุด เมื่อใช้ดอกดาวเรืองแห้งในระดับ 1.25% ถ้าเกินกว่าระดับนี้ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์หรือการสะสมเม็ดสี xanthophyll มีแนวโน้มว่าจะลดลง (สุวรรณา พรพจน์สุกกิจ, 2522)

4) alpha-terthienyl คือ สารที่สกัดได้จากส่วนลำต้น ใบ และรากของดาวเรือง เป็นสารพิษมีฤทธิ์ถูกตัวตายต่อเพลี้ยอ่อนตัว *Aphis craccivora* Koch หนอนใยผัก *Plutella xylostella* Linnaeus เพลี้ยจักจั่นสีเขียว *Nephotettix virescens* Distant และแมลงวันบ้าน *Musca domestica* สารนี้ช่วยในการจับไล่แมลงวันทองชนิด *Dacus cucurbitae*, *D. dorsalis* และแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* Gennadius ที่รบกวนมะเขือเทศ ใช้กำจัดไส้เดือนฝอย *Helicotylenchus* sp. (ไมตรี ปทุมวงศ์, 2541; Morallo-Rejesus and Eroles, 1978; Srinivasan, Krishna-Moorthy, and Raviprasad, 1994; Singh, 1996) และเชื้อรา *Drechslera oryzae* ได้ (Romagnoli, Mares, Fasulo, and Bruni, 1994)

5) erythosin และ alpha-terthiophene คือ สารที่สกัดได้จากส่วนใบ และดอกของดาวเรือง ช่วยในการจับไล่เพลี้ยอ่อนตัว *A. craccivora* ส่วนดอกเป็นพิษต่อมอดข้าวเปลือกหรือมอดหัวป้อม *Rhyzopertha dominica* Fabricius (Morallo-Rejesus and Decena, 1982; Green, Singer, Sutherland and Hibben, 1991) และใช้เป็นสารกำจัดลูกน้ำยุงได้ (Holden, 1995)

## 2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของดาวเรือง

ดาวเรืองมีใบเป็นใบประกอบแบบ pinnate เรียงกันแบบ opposite (Still, 1980) ลักษณะช่อดอกเป็นแบบ head ประกอบด้วยดอกย่อยชั้นนอก (ray floret) และดอกย่อยชั้นใน (disc floret) ดอกย่อยชั้นนอกเป็นดอกตัวเมีย (pistillate) มีกลีบดอก 5 กลีบ แต่ 3 กลีบจะติดกันเป็นแผ่นเดียว อีก 2 กลีบจะลดรูปลงเหลือเพียงขนเล็กๆ (pappus) 2 อันเรียงอยู่รอบนอกของดอก ดอกย่อยชั้นในเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) กลีบดอกจะเชื่อมติดกันเป็นหลอดเล็กๆ ส่วนปลายจะแยกเป็น 5 แฉกยื่นมาทางด้านบน เมล็ดเป็นแบบ achene ไม่มี endosperm (เพิ่มศักดิ์ สุทธิวาริ, 2522; Synge, 1977)

ดาวเรืองมีอยู่ประมาณ 50 ชนิด (species) (Reader's Digest Association, 1973 ; Hay, 1975) มีทั้งชนิดกลีบดอกซ้อน (double) ทรงดอกกลม (ball-shape) คล้ายดอกคาร์เนชั่น และชนิดกลีบดอกชั้นเดียว (single) ทรงดอกเป็นแบบดอกเดซี่ (สมเพียร เกษมทรัพย์, 2521)

การจำแนกดาวเรือง ในต่างประเทศได้แยกประเภทดาวเรืองตามความสูงของทรงพุ่มต้นเพื่อประโยชน์ใช้สอยเป็น 3 ประเภท (Ball, 1975) คือ

French Marigolds (*T. patula* L.) เป็นดาวเรืองทรงพุ่มต้นเตี้ย ได้แก่

- Double varieties ทรงพุ่มต้นสูงประมาณ 6 - 8 นิ้ว ดอกเล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกประมาณ 1 - 1.25 นิ้ว ดาวเรืองในกลุ่มนี้มีหลายชุดพันธุ์เช่น Petite Series และ Sparky Series เป็นต้น
- Super double varieties ทรงพุ่มต้นสูงประมาณ 10 - 14 นิ้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกประมาณ 1 - 3 นิ้ว ดอกจะบานช้ากว่า Double varieties ประมาณ 7 - 10 วัน เช่น พันธุ์ Panther, Midas Touch, Stardust, Gypsy Dancer และ Yellow Boy เป็นต้น
- Single varieties ทรงพุ่มต้นสูงประมาณ 12 - 16 นิ้ว ชนิดกลีบดอกชั้นเดียว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกประมาณ 1 - 1.5 นิ้ว เช่นพันธุ์ Dainty, Marietta และ Cinnabar เป็นต้น

American Marigolds หรือ African Marigolds หรือ Friendship Marigolds (*T. erecta* L.) เป็นดาวเรืองทรงพุ่มต้นสูง ได้แก่

- Dwarf varieties ทรงพุ่มต้นสูงประมาณ 10 - 14 นิ้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกประมาณ 3 นิ้ว มีหลายชุดพันธุ์เช่น Space age Series เช่นพันธุ์ Apollo, Moonshot, Viking และชุดพันธุ์ Dolly Series เช่นพันธุ์ Guys & Dolls, Papaya Crush, Pumpkin Crush และ Pineapple Crush เป็นต้น
- Medium varieties (semi-tall) ทรงพุ่มต้นสูงประมาณ 16 - 20 นิ้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกประมาณ 3 - 3.5 นิ้ว มีหลายชุดพันธุ์เช่น Happy Face, Gold Express, Galore Series เช่นพันธุ์ Gold Galore, Yellow Galore และชุดพันธุ์ Lady Series เช่นพันธุ์ Gold Lady, Orange Lady และ Jubilee เป็นต้น
- Tall varieties ทรงพุ่มต้นสูงประมาณ 2.5 - 3 ฟุต ขนาดดอกใหญ่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกประมาณ 3.5 - 4 นิ้ว มีหลายชุดพันธุ์เช่น Gold Coin Series เช่นพันธุ์ Sovereign, Double Eagle และชุดพันธุ์ Climax Series เช่นพันธุ์ Toreador และ Yellow Climax เป็นต้น

Triploid Marigolds เป็นดาวเรืองลูกผสมของ African Marigolds กับ French Marigolds ทรงพุ่มต้นสูงประมาณ 12 - 16 นิ้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกประมาณ 2 - 2.5 นิ้ว มี

ลักษณะเด่น คือ ให้ดอกดก สีสวย บานทน และบานเร็วกว่าสองประเภทแรกมีหลายชุดพันธุ์เช่น Gold Bullion, Honey Bee และ Nugget Series เช่นพันธุ์ Gold Nugget, Orange Nugget, Yellow Nugget และ Nugget Mixed เป็นต้น

ในประเทศไทย สมเพียร เกษมทรัพย์ (2525) ได้แยกประเภทดาวเรืองออกเป็น 5 ประเภท โดยมี 3 ประเภทเหมือนกับการแยกของ Ball (1975) ดังกล่าวข้างต้น และเพิ่มเติมอีก 2 ประเภท คือ

1. Signet Marigolds (*T. tenuifolia pumila* L. หรือ *T. signata pumila* L.) นิยมปลูกมากในยุโรปโดยเฉพาะในประเทศอังกฤษ ส่วนในอเมริกาไม่ค่อยนิยม มีทรงพุ่มต้นเตี้ย ชนิดกลีบดอกชั้นเดียว ขนาดดอกเล็ก ส่วนมากใช้ปลูกประดับขอบแปลงหรือในสวนหิน
2. Foliage Marigolds (*T. filifolia* L.) เป็นดาวเรืองที่มีใบสวยงาม ทรงพุ่มต้นแน่น เหมาะสำหรับปลูกประดับตามขอบแปลง

ไมตรี ปทุมวงษ์ (2541) ได้รวบรวมพันธุ์ดาวเรืองที่นิยมปลูกเป็นไม้ตัดดอกในประเทศไทยมี 3 พันธุ์ คือ

1. พันธุ์ทอริดอร์ (Toreador) ทรงพุ่มต้นสูงประมาณ 2.5 ฟุต ดอกขนาดใหญ่สีเหลืองส้มเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.5 - 4 นิ้ว
2. พันธุ์ดับเบิล อีเกิ้ล (Double Eagle) ทรงพุ่มต้นสูงประมาณ 3 ฟุต ดอกขนาดใหญ่สีเหลืองเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.5 นิ้ว ก้านดอกแข็งแรง
3. พันธุ์ซอเฟเวเรน (Sovereign) ทรงพุ่มต้นสูงประมาณ 2.5 - 3 ฟุต ชนิดกลีบดอกซ้อน ดอกขนาดใหญ่สีเหลืองทองเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4 นิ้ว เกษตรกรนิยมเรียกว่า “ดาวเรืองพันธุ์เกษตร”

สภาพแวดล้อมการปลูกและการดูแลรักษา ดาวเรืองเป็นพืชที่ตอบสนองต่อช่วงแสงโดยวันยาวส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นส่วนวันสั้นจะกระตุ้นการออกดอกให้เร็วขึ้น มีรายงานว่าในช่วงวันยาว (16 ชม.) จะเพิ่มการเจริญทางลำต้นมากและทำให้การบานของดอกช้าลง (Carlson, 1977) และถ้าให้ต้นกล้าดาวเรืองอยู่ในสภาพวันสั้น (9 ชม.) สามารถทำให้ดาวเรืองออกดอกได้เร็วขึ้น ดาวเรืองเป็นไม้ที่ต้องการแสงสว่างเต็มที่ สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของดาวเรืองคือ 15.6 - 18.3 °C (Perry, 1984; Tozer, 1986) และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดดาวเรืองคือ 20 - 30 °C (ISTA, 1993) ดาวเรืองเป็นพืชที่ชอบอากาศค่อนข้างเย็นแต่สามารถทนสภาพแห้งแล้งได้ดี (Still, 1980) สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินทุกชนิดแต่ดินที่

เหมาะสมที่สุดคือ ดินร่วน เพราะมีความอุดมสมบูรณ์สูง การระบายน้ำดี และมีความเป็นกรดต่ำ (pH) ที่เหมาะสมคือ 6.5 - 7 (สมเพียร เกษมทรัพย์, 2525)

### วิธีการปลูกและดูแลรักษาดาวเรืองตัดดอก

ดาวเรืองสามารถปลูกได้ตลอดปีในประเทศไทย แต่การปลูกในฤดูหนาวจะให้จำนวนดอก และคุณภาพดอกดีกว่าในฤดูอื่น (สมเพียร เกษมทรัพย์, 2525) ในประเทศอเมริกันิยมปลูกในฤดูใบไม้ผลิ (Crockett, 1974) มีรายงานการปลูกดาวเรืองพันธุ์พื้นเมือง ณ สถานีวิจัยพืชสวน เมือง Bangalore ของประเทศอินเดียพบว่าในเดือนกันยายนให้ผลผลิตดอกมากที่สุดและน้อยที่สุดในเดือนมกราคม (Gowda and Jayanthi, 1986) การปลูกดาวเรืองใช้ระยะปลูกเท่าใดขึ้นอยู่กับลักษณะทรงพุ่มต้นเป็นสำคัญเช่น ทรงพุ่มต้นสูง (American Marigolds) ควรใช้ระยะปลูก 45 - 60 ซม. ทรงพุ่มต้นเตี้ย (French Marigolds) ควรใช้ระยะปลูก 30 - 40 ซม. (Foley, 1952) การขยายพันธุ์ดาวเรืองในประเทศไทยทั่วไปทำได้ 2 วิธีคือ การเพาะเมล็ดและการปักชำกิ่ง วิธีการปลูกคือ นำกล้าดาวเรืองอายุ 7 - 10 วันย้ายลงแปลงปลูกให้น้ำ 2 ครั้งคือเช้าและเย็นจนกล้าตั้งตัวได้ดี ต่อจากนั้นจะให้น้ำวันละครึ่งในตอนเช้า ปุ๋ยเคมีที่ใช้ใส่ในช่วงการปลูกดาวเรืองคือ สูตร 15-15-15 ใส่หลังปลูกได้ 15 และ 25 วัน และใช้สูตร 12-24-12 เมื่อดาวเรืองอายุ 35 และ 45 วัน (ไมตรี ปทุมวงษ์, 2541) ทำการเด็ดยอดเมื่อดาวเรืองอายุ 21 - 23 วันเพื่อให้ต้นแตกพุ่มจะทำให้ได้จำนวนดอกมากขึ้น เด็ดดอกข้างหลังจากเด็ดยอดประมาณ 5 - 7 วัน เมื่อดาวเรืองอายุ 40 - 50 วันต้องเด็ดดอกข้างออกให้หมดเหลือไว้เพียงดอกยอดดอกเดียวหลังจากนี้อีก 15 - 20 วัน (ดาวเรืองอายุ 60 - 65 วัน) ทำการตัดดอกดาวเรืองออกจำหน่ายได้ (จุฑามาศ อ่อนพิมล, 2538)

### วิธีการปลูกและดูแลรักษาดาวเรืองอาหารสัตว์

ไถตะตากดินไว้ประมาณ 7 - 10 วัน จากนั้นขึ้นแปลงแบบร่องสวนกว้างประมาณแปลงย่อยละ 2 ม. การทำแปลงเพาะกล้าเพื่อความสะดวกในการย้ายกล้าจึงนิยมเพาะกล้าไว้ที่หัวแปลงปลูก โดยทำการผสมขี้เถ้า แกลบ สารป้องกันกำจัดแมลง ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยคอินทรีย์ คลุกกับดินให้ทั่ว รดน้ำให้ชุ่มแล้วจึงนำเมล็ดดาวเรืองโรยให้สม่ำเสมอกลบด้วยแกลบเพื่อพรางแสงจากนั้นรดน้ำอีกครั้ง การดูแลกล้าให้รดน้ำเช้าและเย็น หลังปลูกได้ 10 วันให้ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 (ยูเรีย) ครึ่งช้อนชาคลุกกับเถาภูเขาไฟ (ภูไมท์) ใส่ห่างต้นประมาณ 4 นิ้ว เมื่อกล้าอายุ 15 วันให้ย้ายลงปลูกโดยให้ร่องกันหลุมด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์ผสมด้วยภูไมท์คลุกให้เข้ากันระยะห่างระหว่างต้น 20 ซม. และระหว่างแถว 50 ซม. ดังนั้นในพื้นที่ 1 ไร่จะสามารถปลูกได้ต่ำสุดประมาณ 16,000 ต้นแล้วรดน้ำทันทีหลังย้ายกล้า ทำการเด็ดยอดออก 1 - 2 ข้อเมื่อดาวเรืองอายุ 30 - 35 วัน เพื่อให้ต้นแตกพุ่มจะ



ทำให้ได้จำนวนดอกมากขึ้น หลังจากเด็ดยอด 10 วันให้ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อีกครั้ง เมื่อดาวเรือง อายุ 50 วันให้ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ครึ่งช้อนชาผสมมูลไม้เพื่อเร่งการออกดอก ทำการเก็บเกี่ยว ได้เมื่อดอกบานเต็มที่โดยเด็ดที่โคนดอกไม่ให้มีส่วนของก้านดอกติดมาด้วยและสามารถเก็บผลผลิต ได้นาน 2 เดือนโดยทำการเก็บเกี่ยว 5 วัน/ครั้ง การเก็บรักษาก่อนส่งตลาดสามารถเก็บใส่กระสอบ หรือถุงปุ๋ยได้โดยไม่ต้องกลัวว่าดอกจะช้ำ โดยจะต้องไม่มีวัตถุปลอมปน เช่น น้ำ เศษไม้ ก้อนหิน หรือพืชชนิดอื่น เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543)

## 2.3 ปัญหาในการผลิตดาวเรืองอาหารสัตว์

โรคและแมลงศัตรูพืชเป็นปัญหาสำคัญในการผลิตดาวเรืองอาหารสัตว์ซึ่งมีหลายชนิดได้แก่ โรคเหี่ยว (bacterial wilt, *Pseudomonas solanacearum*) โรคใบจุด (bacterial leaf spot, *Pseudomonas syringae* var. *tagetes*) โรคกล้าล้ม (damping-off, *Pythium* and *Rhizoctonia*) โรคใบ หัก (Tomato spotted wilt virus, TSWV) เป็นต้น (จุฑามาศ อ่อนพิมล, 2538; Kessler, 1998) โรค ดาวเรืองส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศเป็นสำคัญ แมลงศัตรูดาวเรืองที่สำคัญได้แก่ เพลี้ย ไฟ (thrips, *Thrips palmi* Karry) หนอนเจาะสมอฝ้าย (cotton bollworm, *Heliothis armigera* Hübner) หนอนกระทู้หอม (beet armyworm, *Spodoptera exigua* Hübner) เพลี้ยอ่อน (aphids, *Macrosiphoniella sanborni* Gillette) เป็นต้น (อนันต์ วัฒนธัญกรรม, 2532; กนกพร อุณโชน, 2537; อัมพร วิโณทัย, 2538; จุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์, 2540)

ที่พบว่าเป็นปัญหามากที่สุดและมีตลอดทุกฤดูกาลคือ หนอนกระทู้ผัก (common cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius) เป็นแมลงศัตรูพืชชนิดหนึ่งที่แพร่ระบาดรวดเร็วและมีพื้นที่การ ระบาดกว้างมากเพราะมีพืชอาหารถึง 112 ชนิด (Pandy and Srivastava, 1967) เช่นพืชตระกูลถั่ว กระเจี๊ยบเขียว มันฝรั่ง ยาสูบ ละหุ่ง ฝ้าย ข้าวโพด ผักกาดหวาน และไม้ดอกชนิดต่างๆ (Marcovitch, 1954; Mousoa, Zaher, and Kotby, 1960) ในประเทศไทยมีรายงานว่าหนอนชนิดนี้ ทำลายพืชผักได้ 20 ชนิดและพืชอื่นๆ เช่นกล้วยไม้ กุหลาบ มะลิ เบญจมาศ เขอปีรา บัว และ พุทธรักษา เป็นต้น (แสน ดิถวิพัฒนานนท์, 2520) หนอนกระทู้ผักจะเข้าทำลายดอกดาวเรืองในขณะ ดอกตูมและดอกเริ่มบานโดยหนอนชนิดนี้จะกัดกินกลีบดอกทำให้ดอกเสียหาย (กองกัญและสัตว์ วิทยา, 2541) ฝัเสื้อตัวเต็มวัยวางไข่เป็นกลุ่มได้ใบพืชได้ 6 - 9 กลุ่ม/ตัว จำนวนไข่/กลุ่มประมาณ 300 ฟอง จำนวนไข่/เพศเมียประมาณ 1,775 - 3,230 ฟอง ไข่ปกคลุมด้วยขนสีฟางข้าว ระยะไข่ 3 - 4 วัน ระยะตัวอ่อน 10 - 14 วัน ลักษณะตัวอ่อนมีลำตัวอ้วนป้อมมีจุดสีดำใหญ่ตรงอกปล้องที่ 3 ตัวอ่อนที่ ฝักออกจากไข่ใหม่ๆ จะอยู่รวมเป็นกลุ่มแทะกินผิวใบพืชและจะเริ่มแยกย้ายไปที่ดินอื่นหลังจากพ้น วัยที่ 2 และมีรายงานว่าหนอนกระทู้ผักตัวโตที่สุดจะมีความกว้างของกระโหลกศีรษะวัดได้ถึง 2.91

มม. ตัวอ่อนลอกคราบ 5 ครั้ง ระยะดักแด้ 7 - 10 วัน ระยะตัวเต็มวัย 6 วัน ผีเสื้อหนอนกระทู้ผักเป็น ผีเสื้อขนาดกลางปีกสีน้ำตาลปีกคู่หน้ามีเส้นสีเหลืองพาดหลายเส้น (แสน ดิถวิพัฒนานนท์, 2520; พิสมัย ชาลิตวงษ์พร และอนันต์ วัฒนธัญกรรม, 2531; ปิยรัตน์ เขียนมีสุข, อนันต์ วัฒนธัญกรรม และแพรวพรรณ พันธุ์เรณู, 2533; Basu, 1945; Srivastava and Mathur, 1964) มีรายงานใน Western Samoa พบว่ามีระยะไข่ 3 - 5 วัน ระยะตัวอ่อน 11 - 13 วัน ระยะก่อนเข้าดักแด้ 2 - 3 วัน ระยะดักแด้ 9 - 13 วัน และระยะตัวเต็มวัย 6 - 8 วันโดยตัวเมียจะเริ่มวางไข่ในวันที่ 3 หลังจากเป็นตัวเต็มวัย (Braune, 1981) มีรายงานในอียิปต์พบว่ามีจำนวนรุ่น (generations) ของหนอนชนิดนี้ 5 รุ่น/ปี (Hassancin, 1958)

ศัตรูธรรมชาติของหนอนกระทู้ผัก คือ แตนเบียนหนอนชนิด *Cotesia (Apanteles) sp.* (Hymenoptera : Braconidae) มีรายงานว่าแตนเบียนหนอนชนิด *C. flavipes* Crameron เป็นแตนเบียนหนอนที่มีความว่องไวบินอยู่ตามกอข้าวมีประสิทธิภาพมากในการทำลายหนอนกระทู้กล้า *Mythimna separata* Walker โดยเพศเมียวางไข่เป็นรอยจุดสีดำในตัวอ่อน ตัวอ่อนของแตนเบียนจะเจริญเติบโตภายในตัวหนอนกระทู้และเจาะผนังตัวอ่อนออกมาเข้าดักแด้ภายนอกที่ใบข้าวมีลักษณะเป็นรังไหมสีขาวเคยพบตัวอ่อน 1 ตัวมีดักแด้ถึง 35 ดักแด้ และยังสามารถทำลายหนอนกอปลายเล็ก *Chilo infuscatellus* Snellen ได้ประมาณ 4 - 6 % (ปริชา วังศิลาบัตร และคณะ, 2538) มีรายงานพบว่าแตนเบียน *Apanteles parasae* Rohwer เป็นแตนเบียนหนอนร่านกินใบมะพร้าว *Parasa lepida* Cramer โดยจะวางไข่และฟักเป็นตัวอ่อนไขเข้าไปกินภายในตัวหนอนร่านวัยที่ 7 ขึ้นไป จะเข้าดักแด้ภายนอกตัวอ่อนซึ่งตัวอ่อนที่ถูกทำลายจะมีชีวิตอยู่ได้อีก 2 - 3 วัน ระยะเวลาจากไข่ถึงระยะตัวอ่อนวัยสุดท้ายของแตนเบียนคือ 11 - 31 วัน ระยะดักแด้ 4 - 5 วันและตัวเต็มวัย 2 - 6 วัน รวมวงจรชีวิต 29.92 วัน (โอชา ประจวบเหมาะ และคณะ, 2523) มีรายงานพบว่าแตนเบียน *Apanteles sp.* มีความสำคัญมากในการช่วยควบคุมหนอนกระทู้หอม *S. exigua* ในข้าวโพดตั้งแต่อายุ 21 วันขึ้นไป โดยแตนเบียน *Apanteles sp.* ทำลายหนอนกระทู้หอมได้ 3.93% เมื่อข้าวโพดอายุ 15 วัน เพิ่มขึ้นเป็น 10.69% เมื่อข้าวโพดอายุ 21 วันและเพิ่มเป็น 100% เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน (อรนุช กองกาญจนะ, วัชรรา ชูณหวงศ์ และบุญสม เมฆสองสี, 2529) มีรายงานพบว่าแตนเบียน *A. plutellae* Kurdjumov ควบคุมหนอนใยผักในพืชตระกูลกะหล่ำได้ 6.1 - 32.4 % (ปิยรัตน์ เขียนมีสุข, จาริ เกียรติ์สุพิมล, อนันต์ วัฒนธัญกรรม และอวบ สารถ้อย, 2531) และยังพบว่าแตนเบียน *Apanteles sp.* และ *Brachymeria sp.* ควบคุมหนอนคืบกะหล่ำ *Trichoplusia ni* Hübner และหนอนเจาะยอดกะหล่ำ *Hellula undalis* Fabricius ได้ (พิมลพร นันทะ และคณะ, 2534) นอกจากนี้พบว่าในแหล่งที่ไม่ค่อยใช้สารเคมีจะพบแตนเบียนชนิด *A. risbeci* De-Saeger (กองกัญและสัตววิทยา, 2541)

ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* Weiser (Rhabditida : Steinernematidae) เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่มีความสัมพันธ์ร่วมกับแบคทีเรียในสกุล *Xenorhabdus* ในลักษณะ symbiosis มีวง

จรชีวิตประกอบด้วยระยะไข่ ระยะตัวอ่อนมี 4 ระยะ มีขนาดลำตัวยาวประมาณ 0.2 - 0.5 มม. และตัวเต็มวัยมีขนาดประมาณ 1 - 2 มม. มี 2 เพศคือ เพศผู้และเพศเมีย มีการผสมพันธุ์โดยใช้เพศ ตัวอ่อนระยะที่ 3 จะมีคุณสมบัติทางสรีระวิทยาโดยธรรมชาติที่พิเศษกว่าระยะอื่นๆ คือมีผนังลำตัวหนาทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้เป็นเวลานานแม้ในสภาพไม่มีอาหารหรืออยู่ในช่วงรอเวลาหาแหล่งอาหารใหม่ตัวอ่อนระยะที่ 3 นี้เป็นระยะที่เข้าทำลายแมลงศัตรูพืช (infectious stage) โดยไส้เดือนฝอยจะเข้าสู่แมลงทางช่องเปิดต่างๆ เช่น ปาก ทวาร รูหายใจ ท่อหายใจ แล้วไชผ่านผนังลำไส้เข้าสู่กระแสเลือดเจริญเติบโตและขยายพันธุ์อยู่ในตัวของแมลงอาศัยพร้อมกับปล่อยเชื้อแบคทีเรีย *Xenorhabdus* sp. ซึ่งอาศัยอยู่ที่ส่วนของลำไส้ออกมาแพร่กระจายในกระแสเลือดทำให้เลือดเป็นพิษและตายภายใน 24 - 48 ชม. แมลงที่ตายแล้วจะแห้งเหี่ยวและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองครีม ไส้เดือนฝอยเข้าทำลายแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิดในอันดับ Lepidoptera และ Coleoptera ได้แก่ หนอนกระทู้หอม *S. exigua* หนอนกระทู้ผัก *S. litura* หนอนคืบกะหล่ำ *T. ni* หนอนใยผัก *Plutella xylostella* Linn. หนอนเจาะสมอฝ้าย *H. armigera* หนอนคืบลำไย *Oxyodes serobiculata* Fabricius หนอนกินรังผึ้ง *Galleria mellonella* Linn. หนอนกินได้ผิวเปลือกกลางสาดหรือดอกกอง *Cossus* sp. และ *Microchlora* sp. หนอนกระทู้กัดคัน *Agrotis ipsilon* Hufnagel หนอนกอสีชมพู *Sesamia inferens* Walker หนอนกอกกล้วย *Cosmopolites sordidus* Germ. ตัวงเจาะลำต้นกล้วย *Odoiporus longicollis* Gliv. ตัวงวงมันเทศ *Cylas formicarius* Fabricius หนอนห่อใบข้าว *Cnaphalocrosis medinalis* Guence และหนอนเจาะผลชมพู *Meridachis* sp. เป็นต้น (วัชร สมสุข, 2534; วัชร สมสุข, พิมลพร นันทะ และประยูร จันทรงาม, 2539; นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด, 2542; Rahaman, Sharma, and Wightman, 2000) ไส้เดือนฝอยได้รับการรับรองความปลอดภัยต่อพืชและสัตว์เลื้อยคลานโดย EPA และสามารถเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้ในอาหารเทียมจึงได้รับการยอมรับในการนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชอย่างกว้างขวาง (Akhurst and Boemare, 1990; Gaugler and Kaya, 1990; Kaya and Gaugler, 1993) ในต่างประเทศมีรายงานพบว่าไส้เดือนฝอยมีแมลงอาศัยมากกว่า 200 ชนิด (Poinar and Geethabai, 1979) ในประเทศไทยพบว่าไส้เดือนฝอยมีแมลงอาศัย 20 ชนิด (วัชร สมสุขและคณะ, 2524) ได้มีการนำไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* สายพันธุ์ A 11 จากประเทศสหรัฐอเมริกาเข้ามาผลิตในอาหารเทียมได้สำเร็จและนำไปใช้กำจัดแมลงศัตรูพืชหลายชนิด (วัชร สมสุข, 2536) ในปี พ.ศ. 2539 ได้มีการสำรวจพบและจำแนกชนิดของไส้เดือนฝอยสกุล *Steinernema* sp. ในประเทศไทย (Tangchitsomkid and Sontirat, 1998) จากการศึกษาทางชีววิทยาและศักยภาพในการกำจัดแมลงพบว่าตัวอ่อนระยะทำลายของไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* มีการอยู่รอดได้ดีที่สุดในดินร่วนปนทราย (sandy loam soil) ที่มีระดับความชื้น 6% (w/w) (บัญชา ชินศรี, นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด, วัชร สมสุข และพิมลพร นันทะ, 2542) และชอบความเป็นด่างมากกว่าความเป็นกรดและจะหนีจากความเป็นกรดที่ pH ต่ำกว่า 2.5 และพบว่าอุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการอยู่รอดและความ

สามารถในการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยภายในดิน (Kaya, 1990; Mason and Hominick, 1995) และยังพบว่าไส้เดือนฝอยชนิดนี้ชอบอาศัยอยู่ในดิน ชอกใบ ได้เปลือก ลำต้น และในโพรงไม้ที่มีความชื้นสูง อุณหภูมิที่เหมาะสมในการมีชีวิตอยู่รอดได้คือ  $-10 - 35^{\circ}\text{C}$  ในการเข้าทำลายแมลงคือ  $9 - 33^{\circ}\text{C}$  และในการขยายพันธุ์คือ  $25 - 28^{\circ}\text{C}$  นอกจากนี้พบว่าไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* สามารถฆ่าแมลงทดสอบตายภายในเวลา 10 - 12 ชม. ที่อุณหภูมิระหว่าง  $30 - 35^{\circ}\text{C}$  และสามารถฆ่าแมลงศัตรูพืชและแมลงอื่นๆ ได้ตั้งแต่ 55 - 100 % ภายในเวลา 24 ชม. (วัชร สมสุข, 2534) มีรายงานการนำไส้เดือนฝอยไปใช้เพื่อการควบคุมแมลงศัตรูพืชนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญกับเรื่องอุณหภูมิซึ่งในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิเกิน  $30^{\circ}\text{C}$  นั้นนอกจากจะมีผลต่อการอยู่รอดของไส้เดือนฝอยในดิน ความสามารถในการขยายพันธุ์ของไส้เดือนฝอยภายในตัวแมลงแล้วยังต่อเนื่องถึงการเพิ่มปริมาณของไส้เดือนฝอยในสภาพธรรมชาติด้วย (nematode recycle) (Grewal, Selvan, and Gaugler, 1994) มีคำแนะนำการใช้ไส้เดือนฝอยอัตรา 2,000 ตัว/มล. (หรือไส้เดือนฝอย 10 ชอง (40 ล้านตัว)/น้ำ 20 ลิตร) ฉีดพ่นไม้ผลต้นเล็ก 3 - 5 ลิตร/ต้น และไม้ผลต้นใหญ่ 5 - 7 ลิตร/ต้น 2 ครั้งห่างกัน 15 วันจะลดปริมาณหนอนกินได้ผิวเปลือกลงได้ถึง 80% (วัชร สมสุข, 2534) และพบว่าการใช้ไส้เดือนฝอยอัตรา 4,000 ตัว/มล. ให้ผลดีที่สุดในการควบคุมหนอนกระทู้หอมในดาวเรืองโดยดูผลจากผลผลิตดอกดาวเรืองที่ส่งขายตลาดได้มีจำนวนสูงถึง 75% เปรียบเทียบกับที่ใช้สารฆ่าแมลงและไม่ใช้สารซึ่งได้ผลผลิตเพียง 49% (วัชร สมสุข, พิมลพร นันทะ และเอนก บุตรรักษ์, 2537) มีคำแนะนำการใช้ไส้เดือนฝอยในดาวเรืองอัตรา 40 ล้านตัว (10 ชอง)/น้ำ 20 ลิตร อัตราการพ่น 80 ลิตร/ไร่ฉีดพ่นหลังออก 15 วันในช่วงระยะมากฉีดพ่นทุก 3 - 5 วันหลังจากนั้นฉีดพ่นทุก 7 - 10 วันรวมเป็น 6 ครั้งจะควบคุมหนอนกระทู้หอมหรือหนอนกระทู้ผักได้ดี (วัชร สมสุข, พิมลพร นันทะ และเอนก บุตรรักษ์, 2537; กองกัญและสัตววิทยา, 2543)

แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bacillaceae) เป็นจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติพบได้ทั่วไปในอากาศ ดิน น้ำ ฯลฯ จะมีโคโลนี (colony) ก่อนข้างใหญ่ (5 - 10 มม.) สีขาวขุ่น ผิวไม่มัน เป็นแกรมบวก (positive gram) มีรูปร่างแบบแท่ง (rod-shape) มีเส้น (flagellar) ใช้ในการเคลื่อนไหว 1 เส้นมีความยาวเป็น 2 ถึง 3 เท่าของขนาดเซลล์ แต่ละสายพันธุ์จะมี flagellin แตกต่างกัน สร้างสปอร์ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม แบคทีเรีย *B. thuringiensis* สามารถสร้างสารพิษ delta-endotoxin มีรูปร่างผลึกเป็นขนมเปียกปูน โดยขบวนการสร้างสารพิษชนิดนี้จะสร้างอยู่ในชั้นระหว่างเซลล์จากนั้นเซลล์จะแตกปล่อยสปอร์ CryICC protoxin spore และผลึกสารพิษ delta-endotoxin ออกมา สารพิษชนิดนี้มีชื่อเรียกหลายชื่อคือ crystal toxin, parasporal inclusion body ไม่ทนต่อความร้อน ประกอบด้วยกลุ่มโมเลกุลของโปรตีน (proteinaceous crystal) มีทั้งสารพิษและเอนไซม์ (enzyme) เกาะกันเป็นรูป dumb-bell ซึ่งสารพิษชนิดนี้ทำหน้าที่เป็น feeding deterrent มี

ฤทธิ์ในการทำลายแมลงศัตรูชนิดต่างๆ เมื่อแมลงกินเข้าไปจะถูกน้ำย่อยในกระเพาะอาหารของแมลงเปลี่ยนเป็น true toxin ที่เป็นสารพิษทำลายระบบย่อยอาหารของแมลง ทำให้ขาดการเจริญเติบโต อาหารไม่ได้ เคลื่อนไหวได้ช้าลงและตายในที่สุด แบคทีเรีย *B. thuringiensis* เป็นจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพสูงในปัจจุบันมีอยู่ 27 subspecies ที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์อื่นๆ แต่เป็นศัตรูกับแมลงศัตรูพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจในอันดับ Lepidoptera, Coleoptera และ Diptera ได้แก่ หนอนใยผัก *P. xylostella* หนอนคืบกะหล่ำ *T. ni* หนอนกระทู้หอม *S. exigua* ค้างคาวคอก *Phyllotreta sp.* หนอนผีเสื้อสีขาว *Pieris sp.* หนอนเจาะสมอฝ้าย *H. armigera* หนอนแปะใบองุ่น *Archip sp.* หนอนคืบกะหล่ำ *Achaea janata* Linn. และหนอนเจาะลำต้นข้าวโพด *Ostrinia furnacalis* Guenee เป็นต้น (อรรถา คันติโชค, 2534; ทิพย์ดี อรรถธรรม, 2540; Berdegue, Trumble, and Moar, 1996) มีรายงานว่าสภาพแวดล้อมในไร่มีผลต่อประสิทธิภาพของ *B. thuringiensis* คือ แสงแดดและฝนจะทำลาย spore ลด toxic protein และพิษตกค้างของสารเคมีฆ่าแมลง (Frye, Scholl, Scholz, and Funke, 1973; Leong, Cano, and Kubinski, 1980; Pozsgay, Fast, Kaplan, and Carey, 1987; McGuire and Shasha, 1995) ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนคืบกะหล่ำลดลงประมาณ 20% (Robert, McGuire, and Shasha, 1997) และยังพบว่าปัจจัยสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันมีผลกระทบต่อการอยู่รอดของ microbial pesticide โดยในสภาพมีแสงแดดจะทำให้ *B. thuringiensis* อยู่ในสภาพไรได้นาน 8 ชม. - 3 วัน (McGuire, Shasha, Eastman, and Oloumi-Sadeghe, 1996) มีคำแนะนำการใช้แบคทีเรียชนิดน้ำอัตรา 60 - 100 มล./น้ำ 20 ลิตร หรือชนิดผงอัตรา 40 - 80 กรัม/น้ำ 20 ลิตรฉีดพ่นทุก 4 - 7 วันเมื่อพบการระบาดของหนอนกระทู้ผัก (กองกัญและสัตววิทยา, 2541)

Nuclear polyhedrosis virus (NPV) เป็นไวรัสที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงมากที่สุดชนิดหนึ่ง ไวรัสชนิดนี้จะไปทำงานอยู่เฉพาะในส่วนของนิวเคลียสของเซลล์ที่มันเข้าทำลายเท่านั้นจึงมีชื่อว่า “nuclear polyhedrosis virus” มีรายงานพบโรคไวรัสของหนอนไหมครั้งแรกในปี ค.ศ. 1856 ต่อมามีรายงานการพบไวรัสแมลงประมาณ 600 ชนิดจากแมลงกว่า 700 ชนิด ซึ่งประมาณ 83% เป็นศัตรูพืชสำคัญทางเศรษฐกิจพวกหนอนผีเสื้อ (อันดับ Lepidoptera) 14% เป็นพวกผึ้ง ต่อแตน (อันดับ Hymenoptera) และอีก 3% เป็นพวกด้วง (อันดับ Orthoptera) ค้างคาว (อันดับ Coleoptera) แมลงวัน (อันดับ Diptera) และแมลงในอันดับอื่นๆ ในประเทศไทยมีการค้นคว้าวิจัยและผลิต NPV เพื่อใช้ควบคุมศัตรูพืชได้หลายชนิดเช่น หนอนคืบกะหล่ำปลี *T. ni* หนอนกระทู้ผัก *S. litura* หนอนกระทู้หอม *S. exigua* และหนอนเจาะสมอฝ้าย *H. armigera* เป็นต้น แมลงเกิดโรค NPV ได้เมื่อแมลงกินอาหารที่มี NPV ปนเปื้อนอยู่เข้าไป ซึ่งในกระเพาะอาหารส่วนกลางของแมลง (mid gut) น้ำย่อยมีสภาพเป็นด่างจะย่อยสลายเปลือกโปรตีนที่ห่อหุ้มไวรัสทำให้ไวรัสแพร่กระจายเข้าทำลายเซลล์บุกระเพาะอาหารส่วนกลาง (mid gut epithelial cells) และทวีจำนวน จากนั้นจะแพร่กระจายเข้าสู่ภายในร่างกายแมลงทำลายเม็ดเลือด เนื้อเยื่อไขมัน ท่ออากาศ ระบบประสาท ระบบ

กล้ำเนื้อ เซลล์เนื้อเยื่อผนังลำตัว สำหรับแมลงในอันดับ Hymenoptera (ผึ้ง ต่อ แตน) พบว่าไวรัสจะเข้าทำลายเฉพาะส่วนของเซลล์กระเพาะอาหารเท่านั้น โดยหลังจากกินไวรัสเข้าไป 3 - 6 วัน แมลงจะลดการกินอาหาร เคลื่อนไหวช้าลง ผนังลำตัวจะมีสีซีดลงหรือเปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่นหรือสีครีม ผิวเป็นมัน ในระยะสุดท้ายของอาการโรค ตัวอ่อนจะพยายามไต่เกาะอยู่นิ่งๆ ที่ส่วนยอดของพืชหยุดกินอาหารและจะตายในลักษณะใช้ขาเทียมเกาะต้นพืชห้อยหัวและส่วนท้องลงเป็นรูปตัววีหัวกลับ เมื่อตัวอ่อนตายผนังลำตัวจะแตกและง่ายและเปลี่ยนเป็นสีดำอย่างรวดเร็ว อาการของโรคภายในตัวแมลงพบว่าส่วนของนิวเคลียสของเซลล์หรือเนื้อเยื่อที่ถูกทำลายจะบวมภายในเต็มไปด้วยผลิตภัณฑ์ของไวรัส ระยะสุดท้ายนิวเคลียสจะโตมาจนเกือบเต็มเซลล์และเซลล์จะแตกในที่สุดทำให้การทำงานของเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ เสียไป เมื่อตัวอ่อนตายผนังลำตัวจะแตกออกผลิตภัณฑ์โปรตีนที่ห่อหุ้มไวรัสจะถูกแพร่กระจายออกไปในสภาพแวดล้อมโดยอาศัยลม น้ำ แมลงหรือสัตว์อื่นๆ พาไปทำให้เกิดการระบาดโรคแพร่ออกไปอย่างกว้างขวาง (อุทัย เกตุนุติ, 2534) มีรายงานว่าการใช้ไวรัส NPV หนอนกระทู้หอมอัตรา 500,000 PIB/มล. ในไร่หอมทำให้น้ำหนักผลผลิตที่ได้ไม่แตกต่างกับการใช้สารฆ่าแมลง endrin 20%EC อัตรา 1.5 มล. หรือ methamidophos 50%EC อัตรา 1 มล. หรือ cypermethrin 15%EC อัตรา 0.5 มล. หรือ captan 50%WP อัตรา 1.5 กรัม หรือ fenvalerate 20%EC อัตรา 0.25 มล./ลิตร และยังพบว่าตลอดฤดูปลูกหอมใช้ไวรัส NPV ฉีดพ่น 23 ครั้งแต่ใช้สารฆ่าแมลงฉีดพ่น 28 ครั้ง แสดงให้เห็นว่าไวรัส NPV มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอมได้ดีกว่าการใช้สารเคมีฆ่าแมลง (ชัย เศรษฐสมบัติ, ปรีชา อารีกุล และอุทัย เกตุนุติ, 2523) มีรายงานว่าการใช้ไวรัส NPV ผสมกับสารฆ่าแมลง cyhalothrin L หรือ methomyl สามารถควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้ายได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้สารฆ่าแมลงเพียงอย่างเดียว (อุทัย เกตุนุติ, อัจฉรา ดันติโชค และพิมลพร นันทะ, 2533) มีรายงานว่าไวรัส NPV มีประสิทธิภาพดีเทียบเท่าสาร tebufenozide, diafenthiuron, Bt. ในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอม (Bactospine, Dilfin, Centari) และไม่ทำให้กระเจี๊ยบเขียวเกิดอาการผิดปกติ (phytotoxic) (ปิยรัตน์ เขียนมีสุข และคณะ, 2537) นอกจากนี้การป้องกันกำจัดศัตรูกระเจี๊ยบเขียวโดยวิธีผสมผสาน(IPC)โดยใช้ไวรัส NPV ร่วมกับสารฆ่าแมลงฉีดพ่นเมื่อพบแมลงศัตรูสูงเกินระดับเศรษฐกิจด้วยอัตรา 240 ลิตร/ไร่ จะทำให้ลดการใช้สารฆ่าแมลงได้ 40%/ครั้ง และลดจำนวนครั้งในการฉีดพ่นลงได้ 36% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีของเกษตรกรคือ จะพ่นที่อัตรา 400 ลิตร/ไร่ฉีดพ่นทุก 4 - 7 วันใช้สารฆ่าแมลง 4 - 5 ชนิดต่อการพ่นสารแต่ละครั้ง (ปิยรัตน์ เขียนมีสุข และคณะ, 2541) มีรายงานว่าการใช้ไวรัส NPV หนอนเจาะสมอฝ้ายฉีดพ่นบนส้มเขียวหวานได้มีประสิทธิภาพในระยะที่ส้มเขียวหวานออกดอกและติดผลอ่อน (อุทัย เกตุนุติ, อัจฉรา ดันติโชค และพิมลพร นันทะ, 2535) และนำไปใช้ได้ผลดีกับพืชหลายชนิด เช่น ฝ้าย ข้าวฟ่าง มะเขือเทศ หน่อไม้ฝรั่ง กระเจี๊ยบเขียว กุหลาบ เป็นต้น (อุทัย เกตุนุติ, 2539) มีรายงานว่าฉีดพ่นไวรัส NPV สลับกับแบคทีเรีย Bt. สามารถควบคุมการระบาดของหนอนกระทู้

หอมได้ดี ซึ่งใช้อัตรา 250 ลิตร/ไร่จะควบคุมหนอนกระทู้หอมได้ดีที่สุดโดยจะพบหนอนเฉลี่ยเพียง 0.238 ตัว/ต้นซึ่งน้อยกว่าวิธีการดำเนินงานของเกษตรกรที่จะพบจำนวนหนอน 0.420 ตัว/ต้น (ไพศาล รัตนเสถียร และจาดุรงค์ ฤกษ์สังเกตุ, 2541) และการใช้ไวรัส NPV หนอนกระทู้หอม อัตรา 12 มล./น้ำ 20 ลิตร ( $1 \times 10^6$  PIB/มล.) ฉีดพ่น 3 ครั้งตอนเย็นห่างกัน 7 วันจะป้องกันกำจัด หนอนกระทู้หอมได้ผลดีที่สุด (อรนุช กองกาญจนะ, วัชรรา ชุมหวงศ์ และบุญสม เมฆสองสี, 2529) ในดาวเรืองมีคำแนะนำการใช้ไวรัส NPV ของหนอนกระทู้หอมที่ความเข้มข้น  $1 \times 10^9$  PIB/มล. (อุทัย เกตุนุติ, 2534) อัตรา 20 - 30 มล./น้ำ 20 ลิตรฉีดพ่นทุก 5 - 7 วัน ถ้าพบการระบาดรุนแรงให้ ฉีดพ่นติดต่อกัน 2 ครั้งทุก 3 วัน (กองกัญและสัตววิทยา, 2543)

การใช้สารสกัดจากพืชซึ่งเป็นสารสกัดจากธรรมชาติเป็นทางเลือกหนึ่งในการป้องกันกำจัด แมลงศัตรูพืชนอกเหนือจากการใช้สารเคมี มีการศึกษาพบว่ามีพืชมากกว่า 1,005 ชนิดที่มีคุณสมบัติ เป็นสารฆ่าแมลง (Jayaraj, 1993) *Azadirachta indica* A. Juss สะเดาเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางใน วงศ์ Meliaceae ในประเทศไทยพบว่ามีสะเดาที่มีชื่อสกุลเดียวกันอยู่ 3 ชนิดได้แก่ สะเดาอินเดีย *A. indica* A. Juss สะเดาช้างหรือไม้เทียม *A. excelsa* Jack. และสะเดาไทย *A. indica* A. Juss var. *siamensis* (อารมย์ แสงวนิชย์, 2539) สะเดาให้สารสกัดที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายสารนี้สามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชมากถึง 413 ชนิดจำแนกเป็นอันดับต่างๆ ได้ 13 อันดับ ได้แก่ Lepidoptera, Coleoptera, Homoptera, Diptera, Heteroptera, Thysanoptera, Hymenoptera, Blattodea, Isoptera, Phthiraptera, Siphonaptera, Phasmida และ Dermaptera (Schmutterer, 1995; Sombatsiri, Ermel, and Schmutterer, 1995; Bunder, 1996) สารสกัดสะเดามีส่วนประกอบของสาร azadirachtin, triterpenoids และ melantriol สารเหล่านี้ทำหน้าที่ร่วมกัน สารสกัดสะเดาจะออกฤทธิ์เมื่อแมลงกิน พืชอาหารที่มีสารออกฤทธิ์เข้าไปและจะแสดงอาการอย่างช้าๆ ทำให้แมลงตายในที่สุด ฤทธิ์ทางด้าน สัมผัสอาจจะเกิดขึ้นในความเข้มข้นสูงๆ เท่านั้น สะเดาใช้เป็นสารไล่แมลง สารยับยั้งการกิน อาหาร สารขัดขวางกระบวนการลอกคราบและการพัฒนาการเจริญเติบโต ทำให้การผสมพันธุ์และ การวางไข่ลดลง อัตราการฟักของไข่ผิดปกติ มีผลต่ออัตราการรอดชีวิต ตลอดจนอัตราส่วนของเพศ เปลี่ยนแปลงไป ฯลฯ ลักษณะผิดปกติต่างๆ เหล่านี้ส่งผลให้การดำรงชีวิตของแมลงศัตรูพืชผิดปกติ ไปหรือตายไปในที่สุด (อารมย์ แสงวนิชย์, 2539; อัญชลี สงวนพงษ์, 2543; Leslie, 1994) แนว โนมการสร้างความต้านทานต่อสารสกัดสะเดามี้น้อยมาก (Rice, 1993) จากการศึกษาทดลองกับ หนอนใยผัก *P. xylostella* ที่มีรายงานการสร้างความต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1953 มีการศึกษาการเปรียบเทียบแนวโนมการสร้างความต้านทานต่อสาร deltamethrin และสาร สกัดสะเดา (neem seed kernel extract, NSKE) ในห้องปฏิบัติการ พบว่าสารสกัดสะเดาไม่แสดงการ สร้างความต้านทานไปถึงรุ่น (generation) ที่ 42 ในขณะที่สาร deltamethrin จะแสดงความต้านทาน

ในรุ่นที่ 20 ถึง 35 (Voellinger, 1995) มีรายงานว่าสาร azadirachtin สะสมในแมลงในส่วนของสมอง corpus cardiacum และปลายประสาทต่างๆ มากที่สุด ผลการทดลองนี้ช่วยอธิบายผลของการออกฤทธิ์ของสาร azadirachtin ในการยับยั้งการสร้างฮอร์โมนลอกคราบของแมลงได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังพบที่ท่อไขมันต่างๆ ได้แก่ malpighian tubule และ fat body (Rembold, 1989 a; 1989 b) และพบว่าสาร azadirachtin มีผลโดยตรงต่อการทำงานของกล้ามเนื้อในกระเพาะส่วนกลางของแมลง (inhibition of midgut peristalsis) ซึ่งจะมีผลทำให้การกินและการย่อยอาหารผิดปกติ (Dorn and Trumm, 1993) และพบว่าตั๊กแตน *Schistocerca gregaria* และ *Locusta migratoria migratorioides* ที่ได้รับน้ำมันสะเดาจะมีการเชื้อง้ำในกิจกรรมต่างๆ ไม่สามารถเดินหรือคลานและกระโดดหรือบินได้ตามปกติ (Schmutterer and Freres, 1990; Freisewinkel and Schmutterer, 1991; Nicol and Schmutterer, 1991) มีรายงานการใช้น้ำมันสะเดา 3% กับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *Nilaparvata lugens* Stal ที่อัตรา 2.5 และ 5  $\mu\text{g}/\text{ตัว}$  นีคพ่นข้าวทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพศเมียแสดงความผิดปกติในพฤติกรรมผสมพันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ความเข้มข้นสูงขึ้นจะสูญเสียความสามารถในการส่งสัญญาณเพื่อการผสมพันธุ์ (Saxena, Zhang, and Banconin, 1993) นอกจากนี้ยังมีการรายงานกับแมลงชนิดอื่นๆ เช่น มวน *Oncopeltus fasciatus* เพศผู้ไม่สามารถจับคู่ผสมพันธุ์กับตัวเมียได้ภายหลังจากการฉีดพ่นด้วยสาร azadirachtin เพียง 0.125  $\mu\text{g}/\text{ตัว}$  (Dorn, Rademacher, and Seehn, 1987) และทำให้การโต้ตอบระหว่างเพศของแมลงวัน *Ceratitis capitata* ถูกรบกวน (Steffens and Schmutterer, 1982) มีรายงานการใช้สารสกัดสะเดาสกัดด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 200 และ 100 ppm สารสกัดสะเดาสกัดด้วยน้ำเข้มข้น 45.3 และ 2.67 ppm สารสกัดสะเดาสกัดรูป biosafe เข้มข้น 10 ppm สาร azatin เข้มข้น 49.8 ppm และ สาร superneemix เข้มข้น 54 ppm หรือใช้สลับกับสารฆ่าแมลง มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อน (บุญทิวา วาฑิรยรัมย์, ศรีสมร พัทธภัย, เตือนจิตต์ สัตยาวิรุทธิ์ และชัยพัฒน์ จิระธรรมจารี, 2541) มีรายงานการใช้สารสกัดสะเดาสกัดรูป (นิมบอน-60 หรือ จาวัน นูฟอรัม) อัตรา 100 มล./น้ำ 20 ลิตรฉีดพ่นทุก 7 วัน หลังปลูกยาสูบแล้ว 10 วัน จำนวน 6 ครั้ง ช่วยลดความสูญเสียจากการเกิดโรคใบไหม้ในฤดูแล้งและฤดูฝนเฉลี่ย 11.55 และ 34.44 % ตามลำดับ (อรุณี วงษ์กอบรัชฎ์, เกรียงไกร จำริญมา, เกลิงศักดิ์ วีระวุฒิ และอรนุช กองกาญจนะ, 2536) และมีรายงานการใช้สารสกัดสะเดาในเบญจมาศที่อัตราความเข้มข้น 100, 200, 300 และ 400 ppm ทำให้ดอกมีขนาดเล็กและกลีบดอกสั้นผิดปกติ (phytotoxic) ในระดับที่แตกต่างกันเฉลี่ยเป็น 0.9, 20.8, 25.6 และ 91.7% ตามลำดับ และที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm ไม่สามารถลดเปอร์เซ็นต์ดอกเสียที่เกิดจากเพลี้ยไฟได้ ส่วนที่ความเข้มข้น 400 และ 300 ppm เฉลี่ยเป็น 0.2 - 3.8 % และยังพบว่าที่อัตราความเข้มข้น 100, 200 และ 300 ppm มีจำนวนเพลี้ยไฟ 191.2 - 334.5 ตัว และที่ความเข้มข้น 400 ppm มี 131.6 ตัว ซึ่งจำนวนเพลี้ยไฟที่พบให้ผลสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์ดอกเสีย และทำให้เปอร์เซ็นต์ดอกดีหรือผลผลิตที่ความเข้มข้น



ขึ้น 100, 200, 300 ppm เกลี่ยเป็น 66.0 - 70.6 % และ 128.4 - 144.2 ดอก ส่วนที่ความเข้มข้น 400 ppm เกลี่ยเป็น 7.3% และ 3.9 ดอก (ศรีสุดา โททอง, 2539) น้ำมันสะเดาแสดงอาการเป็นพิษต่อพืชปลูกได้ถ้าใช้ความเข้มข้นสูงกว่า 1 - 2 % หรือการฉีดพ่นในขณะที่มีแสงแดดจัด (Srivastava and Parmar, 1985) พบว่าถ้าใช้สารสกัดสะเดา (Instar) ในมะลิที่อัตรา 200 มล./น้ำ 20 ลิตร พบว่าเป็นพิษทำให้มะลิมีขนาดดอกเล็กและไม่ได้คุณภาพ (phytotoxic) (ศรีสุดา โททอง, 2539) เนื่องจากสาร azadirachtin สลายตัวได้ง่ายในสภาพธรรมชาติหลังจากพ่นสารไม่เกิน 4 วัน เมื่อถูกแสงแดด, อุณหภูมิสูงและสารละลายอินทรีย์ (Koul, Isman, and Ketkar, 1990; Ahmad, Khan, and Khan, 1995; Gahukar, 1996) มีรายงานในสภาพแปลงทดลองเมื่อทำการฉีดพ่นสารสกัดสะเดาบนต้นถั่วแล้วรดน้ำไม่ให้ถูกใบที่ฉีดพ่นพบว่าสารสกัดสะเดาจะมีฤทธิ์อยู่ได้ 3 วัน ทดสอบโดยตัดใบมาให้หนอนกระทู้ผักกินอัตราการตายจะสูงมากในช่วง 3 วัน ในวันที่ 4 ฤทธิ์ตกค้างจะลดลงมากและอัตราการตายต่ำมาก แสดงว่าฤทธิ์ตกค้างของสารสกัดสะเดาในสภาพไร่หลังฉีดพ่นอยู่ได้ไม่เกิน 4 วัน (อุดมพร แพนงคร, 2528; Ahmad, Khan, and Khan, 1995) มีคำแนะนำการใช้สารสกัดจากเมล็ดสะเดา (Neem Seed Extract, azadirachtin 0.5%) อัตรา 150 มล./น้ำ 20 ลิตร สามารถลดปริมาณหนอนกระทู้ผักได้ดี (Sombatsiri and Choetikamhaeng, 1997)

สาร carbosulfan เป็นสารฆ่าแมลงอีกชนิดที่เกษตรกรนิยมใช้กันแพร่หลายในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูไม้ดอกไม้ประดับ เป็นสารเคมีฆ่าแมลงในกลุ่ม carbamate ประเภทดูดซึม มีพิษกว้าง (broad-spectrum) ออกฤทธิ์เมื่อสัมผัสและกินตาย เป็น cholinesterase inhibitor มีรายงานการเพิ่มขึ้นของประชากรเพลี้ยไฟ *Frankliniella occidentalis* ในแปลงพริกที่ใช้สารฆ่าแมลงที่มีพิษกว้างเมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่ใช้สาร เนื่องจากมวนตัวห้ำ *Orius insidiosus* ถูกทำลายจนเกือบหมด (Funderburk, Stavisky, and Olsan, 1998) ในประเทศไทยมีรายงานการศึกษาในสภาพสวนผลไม้พบว่า สาร carbosulfan มีพิษสูงต่อศัตรูธรรมชาติเช่น แตนเบียนไข่ ไรตัวห้ำ ค้างคาวลาย และตัวอ่อนของแมลงช้างปีกใส และพิษสูงต่อแมลงผสมเกสรเช่น ผึ้ง อีกด้วย (พิมลพร นันทะ, 2537) มีการแนะนำให้ใช้ carbosulfan ในการกำจัดแมลงศัตรูพืชมากกว่า 10 ชนิด รวมทั้งเพลี้ยไฟ *S. dorsalis* (กองกัญและสัตววิทยา, 2541) เพราะมีพิษเฉียบพลัน (acute oral LD<sub>50</sub>) สามารถใช้ป้องกันกำจัดแมลงได้หลายชนิดได้แก่ เพลี้ยอ่อน *Aphis* sp. เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *N. lugens* เพลี้ยจักจั่นฝ้าย *Amrasca biguttula* Ishida เพลี้ยไฟ *Thrip* sp. เพลี้ยแป้ง *Pseudococcus* sp. เพลี้ยหอยอ้อย *Aulacaspis tegalensis* Zehntner แมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* Gennadius หนอนกอแถบลาย *Chilo suppressalis* Walker หนอนกอสีชมพู *S. inferens* หนอนเจาะเถาไม้เทศ *Omphisa anastomosalis* Guenee และด้วงงวงมันเทศ *C. formicarius* เป็นต้น พืชที่สามารถใช้สารนี้ได้แก่ อ้อย ข้าว แตงโม มันเทศ มะเขือยาว มะเขือเปราะ พริก ฝ้าย ไม้ผล ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง มันฝรั่ง ส้ม พืชผักและพืชไร่อื่นๆ ระยะเวลาที่ใช้ก่อนการเก็บเกี่ยวคือ 15 วัน (กองกัญและสัตววิทยา,

2541; ลักษณะ บำรุงศรี, พรทิพย์ เทพกิดาการ และเกศรา จีระจรรยา, 2541) มีรายงานการใช้สาร carbosulfan (Posses 20%EC) เมื่อพบการระบาดของเพลี้ยไฟอัตรา 20 มล./น้ำ 20 ลิตร หรือ 160 มล./ไร่ (ไพศาล รัตนเสถียร, จิรณัฐ เอกอานวย และจาดรงค์ ฤกษ์สังเกตุ, 2539) การใช้สาร carbosulfan (Posses 20%EC) อัตรา 50 มล./น้ำ 20 ลิตรฉีดพ่นกล้วยไม้เมื่อพบเพลี้ยไฟเฉลี่ย 2.1 ตัว/20 ดอก จะเสียค่าใช้จ่าย 440 บาท/ครั้ง/ไร่ และที่อัตราการใช้นี้สามารถป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟศัตรูมะเขือเปราะ *Scirtothrips dorsalis* Hood ได้ด้วย (ลักษณะ บำรุงศรี, พรทิพย์ เทพกิดาการ และเกศรา จีระจรรยา, 2541; ไพศาล รัตนเสถียร และจาดรงค์ ฤกษ์สังเกตุ, 2541; ศรีสุดา โททอง และคณะ, 2541) การใช้สาร carbosulfan (0.04%ของสารออกฤทธิ์) ฉีดพ่นข้าวฟ่างเมื่อพบมวนอ้อยเฉลี่ย 19 ตัว/ต้น อัตรา 100 ลิตร/ไร่ฉีดพ่นครั้งเดียวในเวลาเย็นให้ทั่วทั้งไร่ (มาลี ชวนะพงศ์, วัชรวิฑูรย์ ชุนหวงค์ และชำนาญ พิทักษ์, 2541) มีรายงานการใช้สารเคมีฆ่าแมลงที่ได้ผลดีในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟแดงโมที่อัตรา 81 ลิตร/ไร่คือสาร fipronil, imidacloprid รองลงมาคือสาร carbosulfan, methiocarb, benfuracarb และ fenpropathin ทำให้เปอร์เซ็นต์ระดับความเสียหายของยอดแดงโมเป็น 14.60 และ 15.60 รองลงมาคือ 18.40, 19.60, 27.60 และ 30.00 ตามลำดับ (จักรพงษ์ พิริยพล, สมศักดิ์ ศิริพล ตั้งมั่น และเพชร เช่งขี้ม, 2541) มีรายงานการใช้สาร carbosulfan (Posses 25%ST) อัตรา 1 - 1.5 % ของสารออกฤทธิ์ในระยะวิกฤตการทำลายของหนอนแมลงเจาะยอดข้าวฟ่าง *Atherigona soccata* Rondani ช่วงข้าวฟ่างอายุ 1 - 2 สัปดาห์จะให้ผลดีในการป้องกันกำจัด (เกรียงไกร จำเริญมา, วัชรวิฑูรย์ ชุนหวงค์ และบุญสม เมฆสองสี, 2528; เกรียงไกร จำเริญมา, อรุณี วงษ์กอบรัชฎ์ และโอชา ประจวนเหมาะ, 2529) มีรายงานการใช้สาร carbosulfan อัตรา 32 กรัมของสารออกฤทธิ์/ไร่ฉีดพ่นเมื่อพบเพลี้ยอ่อน *Aphis craccivora* Koch ระบาดและฉีดพ่นอีก 1 ครั้งห่างกัน 10 วันจะป้องกันได้ดี (พิสิษฐ์ เสพสวัสดิ์ และคณะ, 2534) และการใช้สาร carbosulfan อัตรา 40 กรัมของสารออกฤทธิ์/ไร่ ฉีดพ่น 1 - 2 ครั้งห่างกัน 7 - 10 วันจะควบคุมหนอนชอนใบ *Aproaerema modicella* Deventera ได้ดี (กองกัญและสัตววิทยา, 2533; พิสิษฐ์ เสพสวัสดิ์ และคณะ 2529) นอกจากนี้การใช้สาร carbosulfan อัตรา 88 กรัมของสารออกฤทธิ์/ไร่ราดโคนต้นมันเทศอายุ 45 และ 90 วัน 2 ครั้ง หรือที่อัตรา 80 กรัมของสารออกฤทธิ์/ไร่ ฉีดพ่นบริเวณแถวทุก 10 วันเมื่อมันเทศอายุ 55 วัน ให้ผลดีในการป้องกันกำจัดด้วงงวงมันเทศ *C. formicarius* และหนอนเจาะเถามันเทศ *O. anatomosalis* และหยุดใช้ก่อนเก็บผลผลิต 2 สัปดาห์จะไม่พบพิษตกค้างในหัวมันเทศ (ปิยรัตน์ เขียนมีสุข, พิสมัย ขวลิตวงษ์พร, วินัย รัชตปกรณชัย และอนันต์ วัฒนธัญกรรม, 2523) และยังพบว่าการใช้สาร carbosulfan อัตรา 0.05%ของสารออกฤทธิ์ให้ประสิทธิภาพดีในการควบคุมเพลี้ยไก่แจ้ *Allocaridara malayensis* Crawford ที่ระบาดมากในทุเรียน (กองกัญและสัตววิทยา, 2533)

สารฆ่าแมลงอีกชนิดที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงคือ สารประเภทยับยั้งการลอกคราบ (Insect growth Regulator, IGR) แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ 1) chitin-synthesis inhibitors 2)

juvenile hormone mimics และ 3) ecdysone antagonists (Riedl and Brunner, 1996) ตัวอย่างกลุ่ม chitin-synthesis inhibitors เช่น diflubenzuron ใช้ในยุโรปในการควบคุม codling moth, *Carpocapsa pomonella* Linn. ในแมลงศัตรูไม้ผล (Grosscurt and Pels, 1996) กลุ่ม juvenile hormone mimics เช่น fenoxycarb ในครั้งแรกในการควบคุมหนอนม้วนใบส้ม *Archips micaceana* Walker (Riedl, Blomefield, and Giliomee, 1999) กลุ่ม ecdysone antagonists เช่น tebufenozide ใช้ครั้งแรกในการควบคุมแมลงศัตรูพืชพวกผีเสื้อเช่น *C. pomonella* และ *A. micaceana* เป็นพืชต่อตัวอ่อนทำให้ตัวอ่อนไม่ลอกคราบ (Wing, Slaweki, and Carlson, 1988) มีคำแนะนำให้ใช้สาร diflubenzuron อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่น 5 - 7 ครั้งติดต่อกัน 3 - 4 วัน (พิสมัย ขวลิตวงษ์พร, 2530) นอกจากนี้ยังได้มีการทดลองใช้ diflubenzuron ยับยั้งการสร้าง chitin ในหนอนกระทู้ผัก *S. litura* พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.02% ทำให้หนอนตายถึง 77.14% และเมื่อใช้ diflubenzuron 0.02% ผสมกับ chlorpyrifos 0.06% จะมีประสิทธิภาพดีกว่าใช้สารอย่างใดอย่างหนึ่ง (Natesan and Balasubramanian, 1981) ในประเทศอินเดียมีการทดลองใช้สารฆ่าแมลง 10 ชนิดกับหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในพริก พบว่าสารที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในระดับความเข้มข้น 0.1% คือ monocrotophos, acephate และ quinalphos ตามลำดับ (Rao and Reddy, 1980) และพบว่าการใช้ phoxim, methmidophos, quinalphos, fenvalerate และ diflubenzuron มีประสิทธิภาพดี โดยทำให้หนอนตายถึง 100% ภายใน 7 วันหลังฉีดพ่น (Ramzan and Singh, 1982) สาร IGR อีกชนิดที่มีประสิทธิภาพคือสาร tebufenozide ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ล่าสุดที่มีผลต่อกระบวนการลอกคราบของแมลงมีความสัมพันธ์กับ ecdysteroid receptors (EcR) ทำให้ตัวอ่อนของแมลงลอกคราบก่อนวัยและทำให้กระบวนการเจริญเติบโตในวงจรชีวิตผิดปกติ แมลงที่กินยานี้เข้าไปจะลอกคราบก่อนวัยและตายในที่สุด ใช้ป้องกันกำจัดแมลงหลายชนิดเช่น หนอนกระทู้หอม *S. exigua* หนอนห่อใบข้าว *C. medinalis* และหนอนกอข้าว *Chilo* sp. เป็นต้น ทั้งในพืชไร่และพืชสวนเช่น องุ่น ข้าว ผักต่างๆ มีอัตราการใช้แตกต่างกันไปตามชนิดพืชตั้งแต่ 2 - 25 มล./น้ำ 20 ลิตรฉีดพ่นให้ทั่วต้นพืชเมื่อตรวจพบว่ามีแมลงศัตรูพืชระบาด ซึ่งตัวอ่อนของแมลงที่กินสารนี้เข้าไปจะตายช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของตัวอ่อนแต่ละชนิดแต่โดยทั่วไปจะตายภายในเวลา 2 - 4 วันมีพืชต่อแมลงตัวเต็มวัยเล็กน้อยหรือไม่มีเลย ไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดไรและไม่เป็นพืชต่อผึ้ง (กองกัญและสัตตวิทยา, 2541; Walton, Long, and Spivey, 1995; Guy, Tarlochan, Stefaan, Luc, and Danny, 1998) มีรายงานการทดสอบในสภาพไร่พบความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงทดสอบ 5 ชนิดต่อหนอนกระทู้หอม *S. exigua* เรียงจากน้อยไปมาก thiodicarb < chlorpyrifos < chlorfenapyr < tebufenozide < spinosad ช่วงความเข้มข้นของ tebufenozide ทำให้เกิดการตาย 50% mortality ที่ 72 ชม. หลังพ่นสาร (Mascarenhas, Graves, Leonard, and Burris, 1998) และพบว่าสาร tebufenozide เป็นสารชนิดใหม่ต้องระมัดระวังมากเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้หนอนกระทู้สร้างความต้านทานได้ จากการศึกษา

ปฏิบัติการใช้สาร tebufenozide 2 - 3 ครั้งติดต่อกันจากนั้นจึงเปลี่ยนใช้สารชนิดอื่นเช่น amitraz มาใช้สลับแทน (ไพศาล รัตนเสถียร, จิรนุช เอกอำนวยการ และจตุรงค์ ฤกษ์สังเกตุ, 2539) ในประเทศไทยมีรายงานยืนยันการพัฒนาความต้านทานของผีเสื้อหนอนกระทู้หอม *S. exigua* ในพื้นที่ใกล้กรุงเทพฯ บริเวณอำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี ซึ่งเป็นแหล่งปลูกผักที่มีการใช้สาร tebufenozide ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 โดยพบความต้านทานในปี พ.ศ. 2538 และมีค่า  $LC_{50}$  เพิ่มขึ้น 45 - 68 เท่าในตัวอ่อนวัย 1 และ 150 - 1,500 เท่าในตัวอ่อนวัย 3 (Moulton, Pepper, Jansson and Dennehy, 2002)

## 2.4 การศึกษาความต้านทานต่อสารเคมีชนิดต่างๆ เนื่องจากการใช้สารฆ่าแมลงชนิดต่างๆ

ได้มีการศึกษาวิจัยถึงระดับความต้านทานของหนอนเจาะสมอฝ้าย *H. armigera* ต่อสารไพรีทรอยด์สังเคราะห์โดยเก็บหนอนเจาะสมอฝ้ายจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2529 - 2533 พบว่าหนอนเจาะสมอฝ้ายมีอัตราการต้านทานต่อสารฆ่าแมลงในกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์อยู่ระหว่าง 5 - 71.2 เท่า และยังพบว่าหนอนเจาะสมอฝ้ายที่เก็บจากแหล่งปลูกฝ้ายที่มีการใช้สารในกลุ่มนี้มากจะแสดงความต้านทานสูงกว่าหนอนเจาะสมอฝ้ายที่เก็บจากแหล่งที่มีการใช้สารนี้น้อย (กนกพร อุ๋นใจชน, 2535) แสดงว่าการพ่นสารฆ่าแมลงเพียงชนิดเดียวติดต่อกันนานๆ หรือบ่อยครั้งตลอดฤดูเพาะปลูกเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แมลงต้านทานสารฆ่าแมลงชนิดนี้นั้นๆ วิธีการแก้ไขอีกวิธีหนึ่ง คือ การฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดแบบสลับกลุ่มสารแทนการพ่นสารชนิดเดียวตลอดฤดู โดยพ่นสลับกันระหว่างสารในกลุ่ม organophosphate หรือสารในกลุ่มอื่นสลับกับสารไพรีทรอยด์สังเคราะห์ โดยสลับกันในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 หรือ 2 ต่อ 1 และพบว่าวิธีการนี้จะเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดได้ดีขึ้นกว่าเดิม (สุพจน์ กิตติบุญญา และคณะ, 2529) มีรายงานการศึกษาต่อมาพบว่าการใช้สารฆ่าแมลงในรูปผสมเช่น endosulfan + amitraz สามารถป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ดีหรือจะนำไปสลับกับสารฆ่าแมลงในกลุ่มอื่นๆ เช่น organochlorine, carbamate หรือเชื้อจุลินทรีย์ เช่น ไวรัส ก็สามารถลดหรือลดความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงในกลุ่มเหล่านี้ได้ (สว่าง วังบุญคง, 2528; สว่าง วังบุญคง, ลักษณะ บำรุงศรี และกิตติ อ้อไธสง, 2530) และได้มีการเสนอแนะแนวทางการแก้ไขการต้านทานต่อสารไพรีทรอยด์สังเคราะห์ของหนอนเจาะสมอฝ้าย *H. armigera* โดยให้ใช้สารไพรีทรอยด์สังเคราะห์ฉีดพ่นเฉพาะ 1 ชั่วโมงในช่วงเริ่มเข้าระยะตอนกลางฤดูปลูกฝ้ายหลังจากนั้นให้ใช้สารฆ่าแมลงในกลุ่มอื่นซึ่งเรียกวิธีนี้ว่า Time window หรือ Window spray (มานพ นชะพงษ์, 2531) ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของ Forrester (1990) ที่กำหนดการใช้สารไพรีทรอยด์สังเคราะห์ในช่วงกลางฤดูปลูกฝ้ายประมาณ 42 วัน ต่อมาได้ลดเหลือ

เพียง 35 วัน ซึ่งมีระยะเวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมงของหนอนเจาะสมอฝ้าย เมื่อขึ้นช่วงใหม่จึงกลับไปใช้สารฆ่าแมลงในกลุ่มอื่นเพื่อกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้ายที่อาจเหลือจากการใช้สารไพรีทรอยด์สังเคราะห์ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาหารูปแบบการใช้สารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้ายที่เหมาะสมคือ มีประสิทธิภาพดีและให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับการพ่นสารแบบสลับกลุ่ม มีรายงานวิธีการแบ่งการฉีดพ่นสารออกเป็น 3 ช่วงคือ ต้นฤดู (ฝ้ายอายุ 30 - 60 วัน) กลางฤดู (ฝ้ายอายุ 60 - 90 วัน) และปลายฤดู (ฝ้ายอายุ 90 - 120 วัน) มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้ายแต่ขึ้นอยู่กับชนิดของสารฆ่าแมลงที่ถูกกำหนดไม่ใช้แต่ละช่วง โดยกำหนดให้ใช้สารไพรีทรอยด์สังเคราะห์เฉพาะช่วงกลางฤดู (ฝ้ายอายุ 60 - 90 วัน) แต่ไม่ควรใช้ช่วงปลายฤดู (ฝ้ายอายุ 90 - 120 วัน) เนื่องจากอาจชักนำให้เกิดการระบาดของแมลงหีวขาว (ไพศาล ศุภางคเสน และคณะ, 2529; สมชัย สุวงศ์ศักดิ์ศรี และคณะ, 2534)

ตามที่กนกพร (2537) กล่าวว่า ในการทดสอบความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทุ้งหอม *S. exigua* เพื่อประเมินประสิทธิภาพโดยที่สารฆ่าแมลงที่นำมาใช้ในสภาพไร่เพื่อป้องกันกำจัดมีมากมายหลายกลุ่มด้วยกันนอกจากกลุ่ม organochlorine, carbamate, organophosphate, synthetic pyrethroids ซึ่งมีฤทธิ์ถูกตัวตาย(contact poison) และเป็นพิษต่อตัวอ่อนเมื่อกิน(stomach poison) สารฆ่าแมลงเข้าไปแล้ว ยังมีกลุ่ม insect growth regulator และกลุ่ม microbial insecticide ทั้งสองกลุ่มหลังนี้มีผลทาง stomach poison และส่วนใหญ่สารฆ่าแมลงกลุ่มอื่นๆ ที่มีฤทธิ์เป็น contact poison มักมีฤทธิ์เป็น stomach poison ด้วย

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลง คือ วัยของตัวอ่อนซึ่งตัวอ่อนแต่ละวัยจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและน้ำหนักตัวของตัวอ่อนหลังจากการลอกคราบแต่ละครั้ง โดยที่ตัวอ่อนจะมีขนาดโตและน้ำหนักมากขึ้นตามวัย ทำให้ตัวอ่อนที่มีขนาดใหญ่สามารถทนทานต่อสารฆ่าแมลงได้มากกว่าตัวอ่อนขนาดเล็ก(วัย 1 - 2) มีรายงานวิจัยเรื่องการทดสอบสารเคมีฆ่าแมลงว่าไม่ควรใช้สารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดเมื่อตัวอ่อนมีขนาดโตเกินวัย 2 เพราะนอกจากจะทำให้สารฆ่าแมลงที่นำมาใช้ไม่มีประสิทธิภาพแล้วยังมีผลทำให้เกิดสภาพการคัดเลือกในตัวอ่อนที่มีชีวิตอยู่รอดหลังจากถูกสารฆ่าแมลง และเกิดการพัฒนาร่างกายต้านทานต่อสารฆ่าแมลง (กนกพร อุณโชน, 2535; 2537) ในการดำเนินการทดลองครั้งนี้ใช้หนอนกระทุ้งฝักวัย 2 เนื่องจากลักษณะนิสัยของตัวอ่อนของหนอนฝักเมื่อหนอนกระทุ้งฝักเมื่อเกิดใหม่จะอยู่รวมเป็นกลุ่มจนพ้นวัย 2 จะแยกย้ายกันไปและด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ทำให้การทดสอบสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดตัวอ่อนของฝักหนอนชนิดนี้ในวัย 2 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นในการทดสอบสารฆ่าแมลงที่มี mode of entry ต่างกันควรใช้วิธีจุ่มใบพืช (leaf dipping method) ในการทดสอบเช่นเดียวกับการทดลองกับหนอนใยฝัก (Miyata et al., 1988) เมื่อจุ่มใบพืชกับสารละลายสารฆ่าแมลงแล้วต้องทิ้งไว้ให้แห้งซึ่งต้องใช้เวลานานและการตอบสนองต่อสารฆ่า

แมลงของหนอนกระทู้หอม (กนกพร อุ๋นใจชน, 2537) ต่อวิธีการจุ่มใบพืชมีความแปรปรวนสูงมาก จากเหตุผลทั้งหมดที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นทำให้ในการทดสอบความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทู้หอม *S. litura* ในห้องปฏิบัติการครั้งนี้ จึงเลือกใช้วิธี feeding and residue film test (กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมแทนโดยหดยดสารละลายสารฆ่าแมลงบนพื้นผิวหน้าของอาหารเทียมแล้วทิ้งให้แห้ง เมื่อแห้งแล้วปล่อยตัวอ่อนที่ต้องการทดสอบลงไป (ลักษณะนิสัยการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมบนอาหารเทียมจะกินบนพื้นผิวหน้าอาหารเทียมก่อนที่จะเจาะลึกลงไปกินข้างล่าง ซึ่งพบว่าวิธีนี้สามารถทำได้รวดเร็วประหยัดเวลาและต้นทุนในการทดลองมากกว่าวิธีจุ่มใบพืช สามารถทดสอบสารฆ่าแมลงได้หลายชนิดหลายอัตราในเวลาที่น้อยกว่าและจากการวิเคราะห์ผลการทดลองให้ความแปรปรวนน้อยกว่าอาจเป็นเพราะว่าหนอนที่ทดลองมีโอกาสสัมผัสและกินอาหารที่หดยดสารฆ่าแมลงได้มากกว่า ดังนั้นเพื่อให้การทดลองบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการทดลองจึงตัดสินใจใช้วิธี feeding and residue film test โดยใช้อาหารเทียมดังจะได้อธิบายไว้ในวิธีการ

ทั้งนี้เนื่องจากระดับความเป็นพิษ( $LC_{50}$ ) (Median Lethal Concentration คือ ค่าอัตราความเข้มข้นของสารฆ่าแมลงที่ทำให้สัตว์ทดลองเสียชีวิตไปจำนวนครึ่งหนึ่งของน้ำหนักสัตว์ทดลองทั้งหมดที่นำมาทดลอง) ของสารฆ่าแมลงชนิดต่างๆ ต่อหนอนกระทู้หอมในแต่ละแหล่งจะมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากลักษณะการจัดการต่อหนอนกระทู้หอมในแต่ละแหล่งนั้นๆ ทำให้การดำเนินการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการเริ่มต้นการศึกษาระดับความเป็นพิษ( $LC_{50}$ )ต่อหนอนกระทู้หอมที่เก็บจากธรรมชาติจากฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ยังไม่มีข้อมูลการศึกษาระดับความเป็นพิษ( $LC_{50}$ )ของสารฆ่าแมลงชนิดต่างๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงในการใช้ป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอมต่อไป

### บทที่ 3

## วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้มี 2 การทดลอง คือ

#### การทดลองที่ 1 : ศึกษาความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในห้องปฏิบัติการ

เป็นการศึกษาหาค่าความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารฆ่าแมลงชนิดต่างๆ ต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 โดยวิธี Broad และ Narrow Range Test ในสภาพห้องปฏิบัติการ

#### การทดลองที่ 2 : ศึกษาประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในสภาพไร่ดาวเรืองอาหารสัตว์

เป็นการนำผลที่ได้จากการทดลองที่ 1 ที่อัตราการใช้สารฆ่าแมลงหลายระดับมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในสภาพไร่ดาวเรืองอาหารสัตว์ การทดสอบพิษตกค้างโดยใช้หนอนกระทู้ผักวัย 2 มีชีวิต การประเมินความเสียหายของดอกดาวเรือง และการประเมินปริมาณการใช้และค่าใช้จ่ายเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับแนะนำให้เกษตรกรใช้สารฆ่าแมลงอย่างมีประสิทธิภาพถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

### วัสดุอุปกรณ์

#### เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1. สารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan (Posse 20%EC)
2. สารสกัดสะเดาสีเขียว (SADAO THAI 111 0.1%)
3. สารฆ่าแมลง tebufenozide (Mimic 20%F)
4. สารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* Weiser (Unema อัตรา 16 ล้านตัว/ซอง)
5. สารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B.thuringiensis* Berliner (Bt.) (Bactospeine HPWP, potency 32,000 IU/mg)
6. สารเคมีสำหรับทำอาหารเทียมเพื่อเพาะเลี้ยงหนอนกระทู้ผัก เช่น Dried brewer's yeast, Methyl parahydroxybenzoate, Sorbic acid, Ascorbic acid, Casien, Choline, Agar, Formalin 40%, Niacin, Calcium panthoate, Riboflavin, Folic acid, Vitamin B<sub>12</sub>, Inositol, Thaimine, Pyridoxin, และ Biotin

7. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างหยาบ 2 ตำแหน่ง และเครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง
8. เตาแก๊ส, เครื่องปั่นผสมอาหารไฟฟ้า (blender) และไม้พาย
9. ภาชนะตวงขนาด 50 100 500 และ 1,000 มล. และกระบอกตวงขนาด 25 มล.
10. Stock culture ของหนอนกระทู้ผัก (*S. litura*) วัย 2 ปริมาณมาก
11. ถ้วยพลาสติกกลมฐานแบนขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลางที่ปากถ้วย 6 ซม. ฐาน 4.5 ซม. สูง 5 ซม. พร้อมฝาปิดสำหรับเลี้ยงตัวอ่อน ถ้วยพลาสติกกลมขนาดกลางเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ซม. สูง 1.5 ซม. สำหรับใส่น้ำผึ้ง และถ้วยพลาสติกกลมขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. สูง 3 ซม. พร้อมฝาปิดสำหรับใช้ทดสอบสารฆ่าแมลง
12. ขันน้ำพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม. ขากรัดของ โป๊ะตะเกียงแก้ว ผ้าขาวบาง พู่กัน ปากคิ๊บ สำลี กระดาษเนื้อเยื่อ (tissue paper) ถ้วยพลาสติกขนาด  $13 \times 20$  ซม. และกระดาษกาว
13. เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองอาหารสัตว์ พันธุ์ Deep Orangeade
14. กระบะเพาะเมล็ดพันธุ์ และวัสดุปลูก เช่น ดิน ขุยมะพร้าว และปุ๋ยคอก
15. ปุ๋ยเคมี N-P-K สูตร 46-0-0 และ 15-15-15 อุปกรณ์การปลูก เช่น จอบ เสียม ช้อนปลูก เป็นต้น
16. เครื่องฟั่นสารเคมีฆ่าแมลงแบบมอเตอร์สะพายหลัง ขนาด 15 ลิตร
17. ถุงตาข่ายผ้าไนลอนสีเหลืองผืนผ้าขนาด  $11 \times 12$  ซม. พร้อมเชือกรัดปากถุง
18. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (Thermohygrograph)
19. Microapplicator ขนาด 100 200 1,000 และ 5,000  $\mu$ l
20. เครื่องวัดพื้นที่ใบ Delta-T (Delta-T image analysis system, DIAS) รุ่น 6322-002 ประกอบด้วย DIAS image grabber card type GCI DIAS software type AS1 คอมพิวเตอร์ IBM PS/2 รุ่น 30-286 จอภาพแบบ monochrome รุ่น Baxa11 M12 (monitors type Baxa11 M12) กล้องถ่ายภาพแบบ CCD (CCD type JVC TKS 310E camera) กล่องให้แสง (lightbox type LB3) ถาดเลื่อนวัตถุ (Acrylic sheet) ขนาด  $410 \times 300 \times 25$  มม. และชุดควบคุมการเลื่อนถาด (conveyer belt unit)
21. แผ่นพลาสติกใส ปากกาเคมี กรรไกร คัตเตอร์ และอุปกรณ์เครื่องเขียนบันทึกข้อมูล

### การเตรียม stock culture ของหนอนกระทู้ผัก

การเลี้ยงตัวอ่อนทำในห้องปฏิบัติการอาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุรนารี 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สะอาดปราศจากเชื้อโรคและแมลง มีอุณหภูมิควบคุมคงที่ที่  $25 \pm 2$  °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่  $70 \pm 5$  % (ภาพที่ 1) เก็บตัวอ่อนของผีเสื้อหนอนกระทู้ผักในสภาพธรรมชาติจากฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีมาเลี้ยงด้วยอาหารเทียม ตามสูตรอาหารและวิธีการเตรียมอาหารเทียมของอุทัย เกตุนุติ (2534) ในตารางที่ 3.1 โดยแยกเลี้ยงในถ้วยพลาสติกขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลาง  $6 \times 4.5 \times 5$  ซม. พร้อมฝาปิด ถ้วยละ 2 ตัว (ภาพที่ 2) เลี้ยงตัวอ่อนจนเข้า



ระยะดักแด้ เตรียมภาชนะฟักและให้ความชื้นแก่ดักแด้โดยใช้ชั้นพลาสติกใส่น้ำเล็กน้อยคลุมด้วยผ้าขาวบางและรัดปากชั้นด้วยยางรัดของให้แน่น วางดักแด้ลงบนผ้าขาวบางประมาณ 15 ดักแด้/ชั้น นำโปิอะตะเกียงแก้วที่ปิดด้านบนด้วยกระดาษเนื้อเยื่อรัดด้วยยางรัดของครอบกลุ่มดักแด้(ภาพที่ 3) ระยะดักแด้ประมาณ 7 - 10 วันจะฟักเป็นผีเสื้อตัวเต็มวัยจับตัวเต็มวัยประมาณ 5 - 10 คู่ใส่ในภาชนะผสมพันธุ์และวางไข่ ซึ่งเป็นโปิอะตะเกียงแก้วครอบบนชั้นพลาสติกเหมือนภาชนะฟักและให้ความชื้นแก่ดักแด้ให้สาธิตหุบน้ำผึ้งใส่ในถ้วยพลาสติกกลมขนาดกลางเป็นอาหารผีเสื้อตัวเต็มวัย ตรวจดูไข่และเก็บไข่บนกระดาษเนื้อเยื่อและเปลี่ยนกระดาษวางไข่ทุกวัน โดยนำกระดาษเนื้อเยื่อแผ่นใหม่มาปิดแทนแผ่นเดิม นำกระดาษเนื้อเยื่อที่มีไข่มาตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆ วางบนฝาปิดของถ้วยอาหารเทียม โดยคว่ำปากถ้วยลงเพื่อให้ตัวอ่อนที่ฟักออกจากไข่กลานขึ้นไปกินอาหาร เมื่อตัวอ่อนลอกคราบเป็นตัววัย 3 คัดเลือกเฉพาะตัวอ่อนที่แข็งแรงแยกไปเลี้ยงในถ้วยพลาสติกใหม่พร้อมอาหารเทียมด้วยละ 2 ตัว เลี้ยงจนเข้าดักแด้และจับคู่วางไข่ต่อไปทำซ้ำเพื่อขยายพันธุ์เพิ่มจนได้ปริมาณตัวอ่อนวัย 2 ที่แข็งแรงมีปริมาณเพียงพอสำหรับการทดลอง

**ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของธาตุอาหารหลักในอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงหนอนกระทู้ผัก**  
(อุทัย เกตุนุติ, 2534)

| ส่วนผสม                    | ปริมาณของส่วนผสม |      |
|----------------------------|------------------|------|
| ถั่วเขียวบด                | 130              | กรัม |
| Dried brewer's yeast       | 10               | กรัม |
| Methyl parahydroxybenzoate | 2.5              | กรัม |
| Sorbic acid                | 1.5              | กรัม |
| Ascorbic acid              | 3                | กรัม |
| Casein                     | 3                | กรัม |
| Choline chloride           | 0.5              | กรัม |
| Agar                       | 13               | กรัม |
| Formalin 40%               | 3                | มล.  |
| Vitamin stock*             | 10               | มล.  |
| น้ำกลั่น                   | 750              | มล.  |

\*Vitamin stock มีส่วนประกอบเป็น มก. เมื่อผสมน้ำ 100 มล. ดังต่อไปนี้ Niacin 600 มก., Inositol 500 มก., Calcium panthoate 600 มก., Thiamine 150 มก., Riboflavin 300 มก., Pyridoxin 150 มก., Folic acid 150 มก., Biotin 12 มก., vitamin B<sub>12</sub> 2 มก.

## การทดลองที่ 1 : ศึกษาความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในห้องปฏิบัติการ

เนื่องจากสารฆ่าแมลงที่นำมาใช้ในสภาพไร่เพื่อป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักมีกลายกลุ่มด้วยกันมีทั้งฤทธิ์ถูกตัวตาย(contact poison) และเป็นพิษเมื่อกิน(stomach poison) สารฆ่าแมลงเข้าไป ดังนั้นในการทดสอบหาความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารฆ่าแมลงที่มี mode of entry ต่างกันต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในห้องปฏิบัติการ จึงควรใช้วิธี feeding และ residue film test (กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมในการประเมินประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงทดสอบ เพราะวิธีนี้สามารถทำได้รวดเร็ว ประหยัดเวลาและต้นทุนในการทดลอง สามารถทดสอบสารฆ่าแมลงได้หลายชนิดหลายอัตราความเข้มข้นในเวลาที้น้อย อีกทั้งหนอนที่ทดลองมีโอกาสสัมผัสและกินอาหารที่หยดสารฆ่าแมลงได้มาก ดังนั้นเพื่อให้การทดลองบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการทดลองจึงตัดสินใจใช้วิธี feeding และ residue film test โดยใช้อาหารเทียมเตรียมจากสูตรมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 1 การศึกษาในการทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การหาช่วงค่า LC<sub>50</sub> (Lethal Concentration) โดยมีช่วงของระดับความเข้มข้นห่าหรือหยาบ (Broad Range Test) และขั้นตอนที่ 2 นำผลการทดสอบในขั้นตอนที่ 1 มาหาค่า LC<sub>50</sub> โดยมีช่วงของระดับความเข้มข้นแคบลงและให้ความแม่นยำ (Narrow Range Test)

ในการทดลองครั้งนี้ไม่มีข้อมูลพื้นฐาน(base line data)ของความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของหนอนกระทู้ผักที่เก็บจากธรรมชาติจากฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จึงจำเป็นต้องศึกษาความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารฆ่าแมลงทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการก่อน(ที่อุณหภูมิควบคุมคงที่ 25 ± 2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 70 ± 5 %) ซึ่งวัดโดยใช้ค่า LC<sub>50</sub> โดยวิธี feeding และ residue film test บนอาหารเทียม ทั้งนี้ชนิดของสารฆ่าแมลงทดสอบที่ใช้ทดสอบได้ข้อมูลจากคำแนะนำการใช้สารฆ่าแมลง (กองกักและสัตววิทยา, 2543) และสอบถามจากเกษตรกร เมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้ไปทดสอบต่อในสภาพไร่

### 3.2.1 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการอาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1 และ 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

### 3.2.2 ระยะเวลาการทดลอง

ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2544 - วันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ. 2544

### 3.2.3 แผนการทดลอง

การทดลองทั้ง 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 โดยวิธี Broad Range Test และขั้นตอนที่ 2 โดยวิธี Narrow Range Test มีการวางแผนการทดลองแบบเดียวกัน คือ CRD โดยมีปัจจัยของการทดลอง 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 เป็นชนิดของสารฆ่าแมลงที่ใช้ทดสอบมี 5 ชนิด คือ สารฆ่าแมลง carbosulfan azadirachtin tebufenozide *S. carpocapsae* และ *B. thuringiensis* และปัจจัยที่ 2 เป็นระดับความเข้มข้นของสารฆ่าแมลง 5 ชนิด แต่ละชนิดมี 5 ระดับ (กรรมวิธี) คือ ความเข้มข้นสารฆ่าแมลง 4 ระดับ (กรรมวิธี) และ น้ำกลั่น 1 ระดับ (เป็นกรรมวิธีควบคุม) รวมทั้งหมดเป็น 25 กรรมวิธี การทดลองมี 4 ซ้ำ และใช้หนอนกระทู้ผักกวย 2 จากข้อ 3.1 จำนวน 20 ตัว/กรรมวิธี รวมใช้หนอนกระทู้ผักกวย 2 จำนวน 500 ตัว

#### 1) วิธี Broad Range Test

เริ่มการทดลองจากการกำหนดระดับความเข้มข้นสารฆ่าแมลงทดสอบแต่ละชนิดโดยการสุ่มที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดถึงระดับความเข้มข้นสูงสุด ที่ทำให้เปอร์เซ็นต์(%)การตายของหนอนกระทู้ผักกวย 2 มีค่าต่ำสุดถึงสูงสุด

ระดับความเข้มข้นสารฆ่าแมลงทดสอบแต่ละชนิดที่ทดสอบโดยวิธี Broad Range Test มีดังนี้

1. carbosulfan (Posses 20%EC) ที่ความเข้มข้น  
0 (เป็นกรรมวิธีควบคุม) 100 500 1,000 2,500 ppm
2. azadirachtin (SADAO THAI 111 0.1%) ที่ความเข้มข้น  
0 (เป็นกรรมวิธีควบคุม) 100 300 500 700 ppm
3. tebufenozide (Mimic 20%F) ที่ความเข้มข้น  
0 (เป็นกรรมวิธีควบคุม) 10 100 500 1,000 ppm
4. *S. carpocapsae* (Unema อัตรา 16 ล้านตัว/ซอง) ที่ความเข้มข้น  
0 (เป็นกรรมวิธีควบคุม) 50 500 1,000 1,500 nema/ml
5. *B. thuringiensis* (Bactospeine HPWP, potency 32,000 IU/mg) ที่ความเข้มข้น  
0 (เป็นกรรมวิธีควบคุม) 10,000 30,000 60,000 90,000 IU/ml

#### 2) วิธี Narrow Range Test

เมื่อได้ช่วงค่า  $LC_{50}$  ในวิธี Broad Range Test ให้ทำการทดลองใหม่ที่ระดับความเข้มข้นใหม่โดยวิธี Narrow Range Test คือ ให้ความเข้มข้นอยู่ในช่วงที่แคบลง คือ อยู่ในพิสัยของค่า  $LC_{50}$  โดยวิธีนี้จะได้ค่า  $LC_{50}$  ที่มีค่าเดียวที่แน่นอนที่สุด

ระดับความเข้มข้นสารฆ่าแมลงทดสอบแต่ละชนิดที่ทดสอบโดยวิธี Narrow Range Test มีดังนี้

1. carbosulfan (Posses 20%EC) ที่ความเข้มข้น  
0 (เป็นกรรมวิธีควบคุม) 100 150 200 250 ppm
2. azadirachtin (SADAO THAI 111 0.1%) ที่ความเข้มข้น  
0 (เป็นกรรมวิธีควบคุม) 100 200 300 400 ppm
3. tebufenozide (Mimic 20%F) ที่ความเข้มข้น  
0 (เป็นกรรมวิธีควบคุม) 50 100 150 200 ppm
4. *S. carpocapsae* (Unema อัตรา 16 ล้านตัว/ซอง) ที่ความเข้มข้น  
0 (เป็นกรรมวิธีควบคุม) 1 10 100 1,000 nema/ml
5. *B. thuringiensis* (Bactospeine HPWP, potency 32,000 IU/mg) ที่ความเข้มข้น  
0 (เป็นกรรมวิธีควบคุม) 10,000 30,000 50,000 70,000 IU/ml

### 3.2.4 วิธีดำเนินการทดลอง

เตรียมอาหารเทียมตามสูตรในตารางที่ 1 ตามวิธีการของอุทัย เกตุนุติ (2534) ใส่ในถ้วยพลาสติกกลมขนาดเล็กสำหรับใช้ทดสอบ ให้มีพื้นที่ผิวหน้าอาหารประมาณ 5 ซม.<sup>2</sup> หนาประมาณ 5 มม. หยดสารละลายที่ต้องการทดสอบลงบนผิวหน้าของอาหารเทียมด้วยละ 100 µl แล้วตะแคงถ้วยพลาสติกไปมาทำให้สารละลายฆ่าแมลงทดสอบเคลือบทั่วพื้นที่ผิวหน้าอาหารเทียม ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วปล่อยหอนกระตุ้ฝักวัย 2 จำนวน 5 ตัว/ถ้วยพร้อมปิดฝา สำหรับกรรมวิธีควบคุม(control)หยดน้ำกลั่นลงบนพื้นที่ผิวหน้าของอาหารเทียมแทนการใช้สารละลายสารฆ่าแมลง (ภาพที่ 4) เก็บถ้วยที่ทำการทดสอบไว้ในที่อุณหภูมิห้อง  $25 \pm 2$  °C ความชื้นสัมพัทธ์  $70 \pm 5$  % เพื่อรอตรวจผลการทดลอง

### การบันทึกข้อมูล

ตรวจนับและบันทึกข้อมูลจำนวนหอนกระตุ้ฝักวัย 2 ที่ตายในแต่ละกรรมวิธีหลังการทดลองที่ 24 ชม. (1 วัน), 48 ชม. (2 วัน) และ 72 ชม. (3 วัน)

### 3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

แปลงค่าจำนวนหอนกระตุ้ฝักวัย 2 ที่ตายในทุกกรรมวิธีเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) การตายตามสูตร

$$\% \text{ การตายของหอนกระตุ้ฝัก} = \frac{(\text{จำนวนหอนก่อนทดสอบสารฆ่าแมลง} - \text{จำนวนหอนหลังทดสอบสารฆ่าแมลง}) \times 100}{\text{จำนวนหอนก่อนทดสอบสารฆ่าแมลง}}$$

ถ้ามีการตายของกรรมวิธีควบคุม(control)มากกว่า 5% ให้ทดลองใหม่

- 2) ถ้ามีการตายของกรรมวิธีควบคุม(control) อยู่ในช่วง 0 - 5 % ให้ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ (%) การตายของหนอนกระทู้ผักด้วย Abbott's formula ในทุกกรรมวิธี ตามสูตร

$$\text{Abbot's formula \% efficacy} = \frac{\text{Ca} - \text{Ta}}{\text{Ca}} \times 100 \dots\dots\dots(\text{Abbott, 1925})$$

Ta = จำนวนหรือน้ำหนักแมลงที่มีชีวิตหลังใช้สาร (mg)

Ca = จำนวนหรือน้ำหนักแมลงที่มีชีวิตในกรรมวิธีควบคุม(control) (mg)

- 3) วิเคราะห์ค่า  $LC_{50}$  ตามวิธี Probit analysis และเปรียบเทียบค่า  $LC_{50}$  ของทุกกรรมวิธีจาก Log probit graph (Finney, 1971)
- 4) ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ (%) การตายของหนอนกระทู้ผักในทุกกรรมวิธี โดยใช้ค่า Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$
- 5) ทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเพื่อทดสอบความแตกต่างโดยใช้ F-test และเปรียบเทียบความแตกต่างของกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

### 3.3 การทดลองที่ 2 : ศึกษาประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในสภาพไร่ดาวเรืองอาหารสัตว์

เป็นการศึกษาทดสอบในสภาพไร่ มีอุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ ) ความชื้นสัมพัทธ์ (%) และปริมาณน้ำฝน (มม.) แสดงในภาพที่ 5 และ 6 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้สารฆ่าแมลงทดสอบแต่ละชนิดในการทดลองที่ 1 ที่ระดับความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 100%อัตราแนะนำ 75%อัตราแนะนำ 50%อัตราแนะนำ ระดับความเข้มข้นที่ได้จากการศึกษาความเป็นพิษ( $LC_{50}$ )ของสารฆ่าแมลงจากการทดลองที่ 1 และน้ำกลั่น(เป็นกรรมวิธีควบคุม) ทดสอบหาปริมาณสารพิษตกค้างก่อนการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงครั้งต่อไปโดยใช้หนอนกระทู้ผักวัย 2 มีชีวิต และเปรียบเทียบหาปริมาณและจำนวนครั้งของการใช้สารฆ่าแมลง เพื่อให้ได้ข้อมูลค่าใช้จ่ายการใช้สารฆ่าแมลงแต่ละชนิด เพื่อเป็นแนวทางในการลดการใช้สารฆ่าแมลงที่สิ้นเปลืองเกินความจำเป็น

### สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและห้องปฏิบัติการอาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

### 3.3.2 ระยะเวลาการทดลอง

ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 - วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2545

### แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split plot ใน RCBD มี 25 กรรมวิธี 4 ซ้ำ โดยมีปัจจัยของการทดลอง 2 ปัจจัย คือปัจจัยที่ 1 ซึ่งเป็น main plot คือชนิดของสารฆ่าแมลงที่ใช้ทดสอบมี 5 ชนิด คือ สารฆ่าแมลง carbosulfan azadirachtin tebufenozide *S. carpocapsae* และ *B. thuringiensis* และปัจจัยที่ 2 ซึ่งเป็น sub-plot คือระดับความเข้มข้นของสารฆ่าแมลง 5 ชนิด มี 5 ระดับ (กรรมวิธี) คือ 100%อัตราแนะนำ 75%อัตราแนะนำ 50%อัตราแนะนำ ระดับความเข้มข้นที่ได้จากการศึกษาความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารฆ่าแมลงจากการทดลองที่ 1 และน้ำกลั่น(เป็นกรรมวิธีควบคุม) ในพื้นที่ทดลองที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีขนาด 20 × 40 ม. (0.5 ไร่) แบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 1.5 × 2 ม. สูง 0.3 ม. รวมทั้งหมด 100 แปลงย่อย ในการทดสอบฉีดพ่นสารใช้ดาวเรืองอาหารสัตว์ 8 ต้น/แปลงย่อย รวมทั้งหมด 800 ต้น ใช้หนอนกระต่าย 2 จำนวน 2 ตัว/ต้น รวมทั้งหมด 1,600 ตัว และการทดสอบพืชตกค้างก่อนการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงครั้งต่อไปใช้ต้นดาวเรือง (แปลงย่อยเดียวกับการทดสอบฉีดพ่นสาร) 1 ต้น/แปลงย่อย รวมทั้งหมด 100 ต้น ใช้หนอนกระต่าย 2 จำนวน 2 ตัว/ต้น รวมทั้งหมด 200 ตัว

### 3.3.4 วิธีการทดลอง

#### 1) การปลูกดาวเรืองอาหารสัตว์และการดูแลรักษา

เตรียมวัสดุเพาะเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองอาหารสัตว์ในอัตราส่วน ดิน : ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยคอก เท่ากับ 3 : 1 : 1 ในกระบะเพาะกล้าขนาดความกว้าง 1 ม. ยาว 5 ม. (ภาพที่ 7) การเตรียมแปลงทดลองที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในพื้นที่ 20 × 40 ม. (0.5 ไร่) โดยไถดิน 2 ครั้ง คือ ไถด้วยพาดไถเบอร์ 3 ตากดินไว้ประมาณ 7 - 10 วัน และไถขึ้นแปลงย่อยแบบร่องสวนขนาด 1.5 × 2 ม. สูง 0.3 ม. รวมทั้งหมด 100 แปลงย่อย ระยะห่างแต่ละแปลงย่อย 1 ม. เมื่อกล้าดาวเรืองอายุได้ 15 วัน ทำการย้ายกล้าลงปลูกในแปลงทดลองหลุมละ 1 ต้น (ภาพที่ 8) โดยมีระยะระหว่างต้น 0.2 ม. ระหว่างแถว 0.5 ม. ร่องกันหลุมด้วยปุ๋ยคอก รดน้ำทันทีหลังปลูก ใน 1 แปลงย่อยจะมีดาวเรืองทั้งหมด 24 ต้น (ภาพที่ 9) หลังปลูก 10 วันใส่ปุ๋ยเคมี 46-0-0 (ยูเรีย) ครึ่งช้อนชาห่างจากต้น

ประมาณ 4 นิ้ว หลังปลูก 15 วัน (แตกใบจริง 7 - 8 คู่) ทำการเด็ดยอดออก 1 - 2 ข้อเพื่อให้ต้นแตกพุ่มซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้น หลังเด็ดยอด 10 วันใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 ครึ่งช้อนชาพร้อมทั้งกำจัดวัชพืช เมื่อต้นอายุได้ 50 – 55 วัน (ภาพที่ 10) เริ่มเห็นดอกตูมใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 ครึ่งช้อนชาเพื่อเร่งการออกดอก เริ่มทำการทดลองในสัปดาห์ถัดไปรวมอายุดาวเรืองเมื่อเริ่มการทดลอง 8 สัปดาห์ (ภาพที่ 11 และ 12)

## 2) การฉีดพ่นสารฆ่าแมลงครั้งแรก

ตามแผนการทดลองในข้อ 3.3.3 สุ่มเลือกต้นดาวเรือง 8 ต้น/แปลงย่อย (กรรมวิธี) รวมใช้ดาวเรืองอาหารสัตว์ทั้งหมด 800 ต้น ใช้ฟุ้งกันเชื้อหนอนกระพี้ฝักวัย 2 จากข้อ 3.1 ปลอกลงบนดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ต้นที่สุ่มเลือกไว้ 2 ต้น/ต้น (ภาพที่ 13) นำถุงตาข่ายผ้าไนลอนขนาด 11 × 20 ซม. ครอบดอกมัดด้วยเชือกที่ปากถุงให้แน่นเพื่อไม่ให้หนอนกระพี้ฝักออกจากถุงได้ (ภาพที่ 14 และ 15) ทิ้งไว้ 1 วัน เพื่อให้เกิดลักษณะของการกินและการฝังตัวของตัวอ่อนในดอกดาวเรืองที่เป็นธรรมชาติ วันรุ่งขึ้นทำการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงระดับอัตราความเข้มข้นสารฆ่าแมลงทดสอบแต่ละชนิดที่ใช้ทดลองในสภาพไร่

| อัตรา                  | ชนิดสารฆ่าแมลง/ ระดับความเข้มข้น |              |              |                      |                        |
|------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|----------------------|------------------------|
|                        | carbosulfan                      | azadirachtin | tebufenozide | <i>S.carpocapsae</i> | <i>B.thuringiensis</i> |
| ความเข้มข้น            |                                  |              |              |                      |                        |
| สารฆ่าแมลง             | (ppm)                            | (ppm)        | (ppm)        | (ตัว/มล.)            | (IU/ml)                |
| 0 (กรรมวิธีควบคุม)     | น้ำกลั่น                         | น้ำกลั่น     | น้ำกลั่น     | น้ำกลั่น             | น้ำกลั่น               |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 277                              | 400          | 162          | 395                  | 28,048                 |
| 50%อัตราแนะนำ          | 300                              | 1.25         | 250          | 8 × 10 <sup>6</sup>  | 32,000                 |
| 75%อัตราแนะนำ          | 450                              | 1.875        | 375          | 12 × 10 <sup>6</sup> | 64,000                 |
| 100%อัตราแนะนำ         | 600                              | 2.5          | 500          | 16 × 10 <sup>6</sup> | 96,000                 |

## การบันทึกข้อมูล

บันทึกจำนวนหนอนกระพี้ฝักวัย 2 ที่มีชีวิตรอดที่ 72 ชม. (3 วัน) ในแต่ละกรรมวิธีจากต้นดาวเรืองที่ทำการสุ่มเลือกไว้ 8 ต้น/แปลงย่อย หลังการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบ

### การวิเคราะห์ข้อมูล

แปลงค่าจำนวนหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ตายในทุกกรรมวิธีเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) การตายตามสูตร

$$\% \text{ การตายของหนอนกระทู้ผัก} = \frac{(\text{จำนวนหนอนก่อนทดสอบสารฆ่าแมลง} - \text{จำนวนหนอนหลังทดสอบสารฆ่าแมลง}) \times 100}{\text{จำนวนหนอนก่อนทดสอบสารฆ่าแมลง}}$$

ถ้ามีการตายของกรรมวิธีควบคุม(control)มากกว่า 5% ให้ทดลองใหม่

- 2) ถ้ามีการตายของกรรมวิธีควบคุม(control) อยู่ในช่วง 0 - 5 % ให้ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ (%) การตายของหนอนกระทู้ผักด้วย Abbott's formula ในทุกกรรมวิธี ตามสูตร

$$\text{Abbot's formula \% efficacy} = \frac{\text{Ca} - \text{Ta}}{\text{Ca}} \times 100 \dots\dots\dots(\text{Abbott, 1925})$$

Ta = จำนวนหรือน้ำหนักแมลงที่มีชีวิตหลังใช้สาร (mg)

Ca = จำนวนหรือน้ำหนักแมลงที่มีชีวิตในกรรมวิธีควบคุม(control) (mg)

- 3) ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ (%) การตายของหนอนกระทู้ผักในทุกกรรมวิธี โดยใช้ค่า

Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

- 4) ทำการวิเคราะห์หาวิธีเพื่อทดสอบความแตกต่างโดยใช้ F-test มีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทดลองดังนี้ (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2540)

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

เมื่อ  $\mu$  เป็นค่าเฉลี่ยของประชากร

$\alpha, \beta$  เป็นผลของบล็อก (ซ้ำ) ปัจจัยที่ 1 (ชนิดของสารฆ่าแมลง) และปัจจัยที่ 2 (ระดับความเข้มข้น)

$\delta$  เป็นปฏิกริยาระหว่างอิทธิพลหลัก

$\epsilon$  เป็นความคลาดเคลื่อนในปัจจัยที่ 1 (ชนิดของสารฆ่าแมลง)

$\epsilon$  เป็นความคลาดเคลื่อนในปัจจัยที่ 2 (ระดับความเข้มข้น)

$i = 1, 2, \dots, n$  เมื่อ  $n$  เป็นจำนวนระดับของบล็อก (ซ้ำ)

$j = 1, 2, \dots, a$  เมื่อ  $a$  เป็นจำนวนระดับของปัจจัยที่ 1 (ชนิดสารฆ่าแมลง)

$k = 1, 2, \dots, b$  เมื่อ  $b$  เป็นจำนวนระดับของปัจจัยที่ 2 (ระดับความเข้มข้น)



ตารางที่ 3 ค่า Expect Mean Square ของแผนการทดลองแบบ Split plot ใน RCBD ในแบบจำลองปัจจัยคงที่ (Model I) (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2540)

| Sources                | Df                 | Expected Mean Square (EMS)                     |
|------------------------|--------------------|------------------------------------------------|
|                        |                    | Model I                                        |
| <b>[(Main plot)</b>    | <b>(an - 1)]</b>   |                                                |
| Block (or replication) | n - 1              | $\sigma^2 + b\sigma_{\delta}^2 + ab\sigma_B^2$ |
| A (ชนิดสารฆ่าแมลง)     | a - 1              | $\sigma^2 + b\sigma_{\delta}^2 + nbK_a^2$      |
| Error ( a )            | (a-1) (n-1)        | $\sigma^2 + b\sigma_{\delta}^2$                |
| <b>[(Sub- plot)</b>    | <b>an (b - 1)]</b> |                                                |
| B (ระดับความเข้มข้น)   | b - 1              | $\sigma^2 + naK_b^2$                           |
| AB                     | (a - 1) (b - 1)    | $\sigma^2 + nK_{ab}^2$                         |
| Error (b)              | a(n - 1) (b - 1)   | $\sigma^2$                                     |
| <b>Total</b>           | <b>anb - 1</b>     |                                                |

เปรียบเทียบความแตกต่างของกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

#### การทดสอบพืชตกค้าง

การทดสอบพืชตกค้างจะทำการทดสอบทุกครั้งหลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลง 6 วัน (วันที่ 7) โดยใช้หนอนกระตู่ฝักวัย 2 จากข้อ 3.1 จำนวน 2 ตัว ปล่อยลงบนดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ 1 ต้น/แปลงย่อย นำถุงตาข่ายผ้าไนลอนขนาด 11 × 20 ซม. ครอบดอกมัดด้วยเชือกที่ปากถุงให้แน่นเพื่อไม่ให้หนอนออกจากถุงได้ ในวันรุ่งขึ้น (วันที่ 8) ตรวจสอบผลการทดสอบพืชตกค้าง

#### การบันทึกข้อมูล

บันทึกจำนวนหนอนกระตู่ฝักวัย 2 ที่มีชีวิตรอดที่ 24 ชม. (1 วัน) ในแต่ละกรรมวิธีจากต้นดาวเรืองที่ทำการสุ่มเลือกไว้ในข้อ 2 จำนวน 1 ต้น/แปลงย่อย

### การวิเคราะห์ข้อมูล

แปลงค่าจำนวนหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ตายในทุกกรรมวิธีเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) การตายตามสูตร

$$\% \text{ การตายของหนอนกระทู้ผัก} = \frac{(\text{จำนวนหนอนก่อนทดสอบสารฆ่าแมลง} - \text{จำนวนหนอนหลังทดสอบสารฆ่าแมลง}) \times 100}{\text{จำนวนหนอนก่อนทดสอบสารฆ่าแมลง}}$$

ถ้าเปอร์เซ็นต์ (%) การตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ต่อสารฆ่าแมลงชนิดใดหากมากกว่า 50% ให้เว้นช่วงหรือไม่ต้องฉีดพ่นสารฆ่าแมลงชนิดนั้นในครั้งต่อไป และหากเปอร์เซ็นต์ (%) การตายต่ำกว่าหรือเท่ากับ 50% ให้ตัดสินใจทำการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงชนิดนั้นในครั้งต่อไป

### การฉีดพ่นสารฆ่าแมลงครั้งต่อไป

ใช้ผลทดสอบพืชมักค้างในข้อ 3 ตัดสินใจการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงแต่ละชนิดครั้งต่อไป ถ้าตัดสินใจไม่ฉีดพ่นให้เว้นช่วงการฉีดพ่นครั้งต่อไปของสารฆ่าแมลงชนิดนั้น แต่ถ้าตัดสินใจฉีดพ่นสารฆ่าแมลงครั้งต่อไปให้ปล่อยหนอนกระทู้ผักวัย 2 ใหม่ในวันที่ 9 และฉีดพ่นสารฆ่าแมลงครั้งต่อไปในวันที่ 11 โดยดำเนินการทดลองตามกรรมวิธีเช่นเดียวกับการพ่นสารครั้งแรก

### การบันทึกข้อมูล

บันทึกจำนวนหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่มีชีวิตรอดที่ 72 ชม. (3 วัน) ในแต่ละกรรมวิธีจากต้นดาวเรืองที่ทำการสุ่มเลือกไว้ 8 ต้น/แปลงย่อยหลังการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบ

### การวิเคราะห์ข้อมูล

แปลงค่าจำนวนหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ตายในทุกกรรมวิธีเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) การตายตามสูตร

$$\% \text{ การตายของหนอนกระทู้ผัก} = \frac{(\text{จำนวนหนอนก่อนทดสอบสารฆ่าแมลง} - \text{จำนวนหนอนหลังทดสอบสารฆ่าแมลง}) \times 100}{\text{จำนวนหนอนก่อนทดสอบสารฆ่าแมลง}}$$

ถ้ามีการตายของกรรมวิธีควบคุม(control)มากกว่า 5% ให้ทดลองใหม่

- 2) ถ้ามีการตายของกรรมวิธีควบคุม(control) อยู่ในช่วง 0 - 5 % ให้ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ (%) การตายของหนอนกระทู้ผักด้วย Abbott's formula ในทุกกรรมวิธี ตามสูตร

$$\text{Abbot's formula \% efficacy} = \frac{\text{Ca} - \text{Ta}}{\text{Ca}} \times 100 \dots\dots\dots(\text{Abbott, 1925})$$

Ta = จำนวนหรือน้ำหนักแมลงที่มีชีวิตหลังใช้สาร (mg)

Ca = จำนวนหรือน้ำหนักแมลงที่มีชีวิตในกรรมวิธีควบคุม(control) (mg)

3) ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ (%) การตายของหนอนกระทู้ผักในทุกกรรมวิธี โดยใช้ค่า  
Arcsine สูตร  $\sqrt{x/100}$

4) ทำการวิเคราะห์หาเรียนซ์เพื่อทดสอบความแตกต่างโดยใช้ F-test (ตารางที่ 3)

เปรียบเทียบความแตกต่างของกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test  
(DMRT)

### การหาพื้นที่เสียหาย

ทุกครั้งหลังการฉีดพ่นสารฆ่าแมลง 3 วัน (วันที่ 4) จะทำการเก็บเกี่ยวดอกดาวเรือง  
อาหารสัตว์จำนวน 8 ดอกจากต้นที่สุ่มเลือกไว้ในข้อ 2 (8 ต้น/แปลงย่อย) รวมทั้งหมด 800 ดอกโดย  
เด็ดขั้วโคนดอก นำมาหาพื้นที่เสียหายของกลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่มีรอยถูกทำลาย โดยนำ  
กลีบดอกที่มีรอยถูกทำลายทาบบนแผ่นพลาสติกใสจับให้เข้ารูปแล้วใช้ปากกาเคมีวาดเส้นรอบกลีบ  
ดอกและรอยทำลายลงบนแผ่นพลาสติกใสเพื่อเป็นเครื่องหมายของพื้นที่ทั้งหมด เขียนรหัสเลขที่  
ดอกและซ้ำที่ทดลองกำกับไว้ที่แผ่นพลาสติกใสทุกแผ่น แล้วนำแผ่นพลาสติกใสที่วาดเสร็จแล้วมา  
วัดพื้นที่เสียหายด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ(Leaf Area Index)ในห้องปฏิบัติการอาคารศูนย์เครื่องมือวิทยา  
ศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (ภาพที่ 16 และ 17) โดยใช้อุปกรณ์ของ  
เครื่องวัดพื้นที่ใบ Delta-T (Delta-T image analysis system, DIAS) ได้แก่ คอมพิวเตอร์, จอแสดง  
ภาพ, conveyer belt unit ติดตั้งกล้องจับภาพ เมื่อเครื่องทำงานหน้าจอคอมพิวเตอร์จะอยู่ที่ main  
menu วางแผ่นพลาสติกใสลงบนถาดเลื่อนวัตถุ ภาพจะปรากฏที่จอภาพแสดงผล เลือกคำสั่งแรก  
เฉพาะรอยทำลาย เพื่อให้อ่านพื้นที่ของรอยทำลายเป็น (ชม.<sup>2</sup>) (ภาพที่ 18)

### การบันทึกข้อมูล

บันทึกพื้นที่เสียหายของรอยทำลายในทุกกรรมวิธีเป็น ชม.<sup>2</sup>

### การวิเคราะห์ข้อมูล

หาค่าเฉลี่ยพื้นที่ที่ถูกทำลายของกลีบดอกที่มีรอยถูกทำลายในทุกกรรมวิธีเป็น ซม.<sup>2</sup> โดยใช้เครื่องวัดพื้นที่ใบ

ทำการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์เพื่อทดสอบความแตกต่างโดยใช้ F-test (ตารางที่ 3)

เปรียบเทียบความแตกต่างของกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

### ค่าใช้จ่ายของสารฆ่าแมลงแต่ละชนิด

เปรียบเทียบปริมาณการใช้และค่าใช้จ่าย(ต่อไร่ต่อครั้งและต่อไร่ต่อฤดูปลูก) เมื่อใช้สารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan สารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป สารฆ่าแมลง tebufenozide สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ที่ระดับอัตราความเข้มข้นต่างๆ

### การบันทึกข้อมูล

บันทึกปริมาณการใช้ จำนวนครั้งการฉีดพ่นสารฆ่าแมลง ที่ระดับอัตราความเข้มข้นต่างๆ ของสารฆ่าแมลงทดสอบแต่ละชนิด

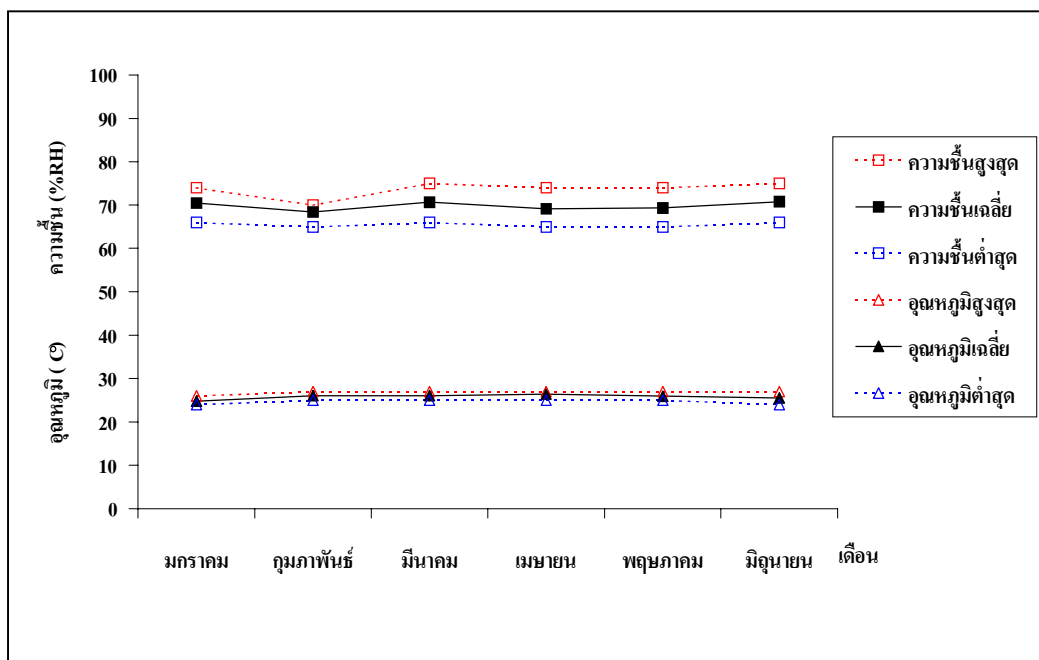
### การวิเคราะห์ข้อมูล

หาค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้สารฆ่าแมลงทดสอบแต่ละชนิด

เป็น หน่วย/ไร่/ครั้ง และ หน่วย/ไร่/ฤดูปลูก

คำนวณค่าใช้จ่ายสารฆ่าแมลงทดสอบแต่ละชนิด

เป็น บาท/ไร่/ครั้ง และ บาท/ไร่/ฤดูปลูก



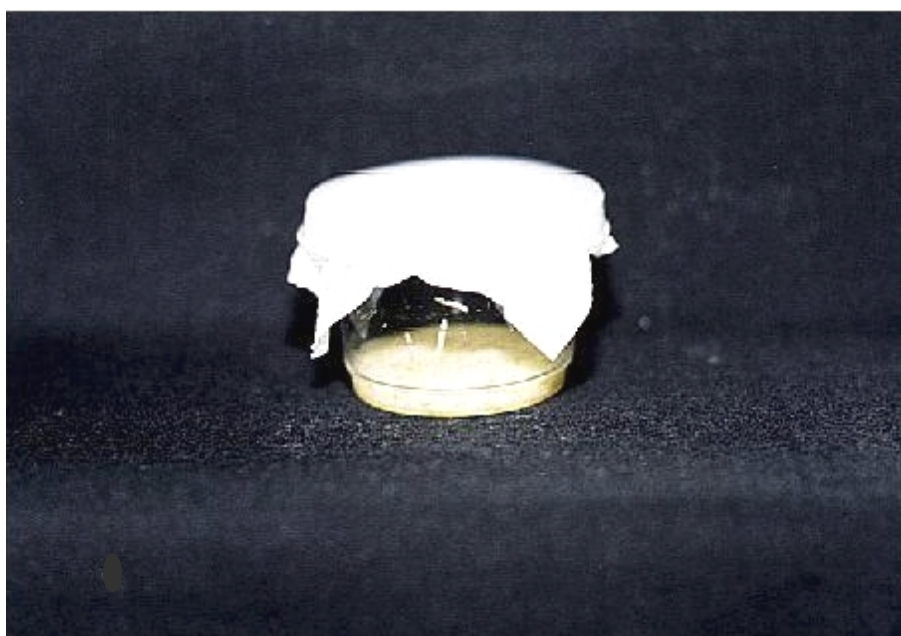
ภาพที่ 1 แสดงค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นในห้องปฏิบัติการทดลองระหว่างเดือนมกราคม - มิถุนายน 2544



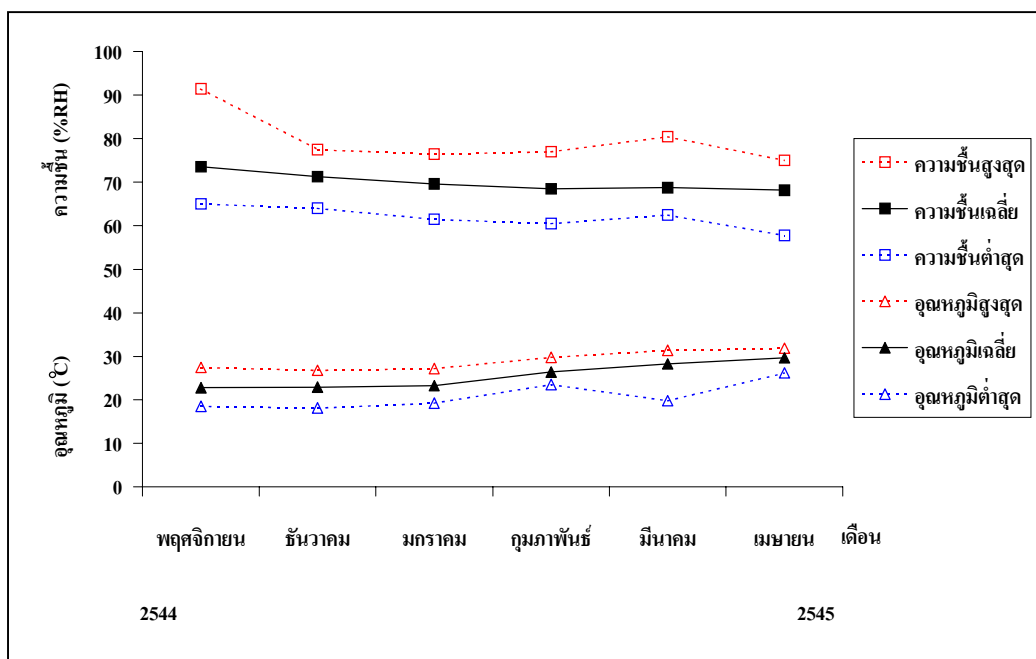
ภาพที่ 2 การเลี้ยงหนอนกระผู้ในถ้วยพลาสติกด้วยอาหารเทียมในสภาพห้องปฏิบัติการ ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70 \pm 5\% \text{RH}$ )



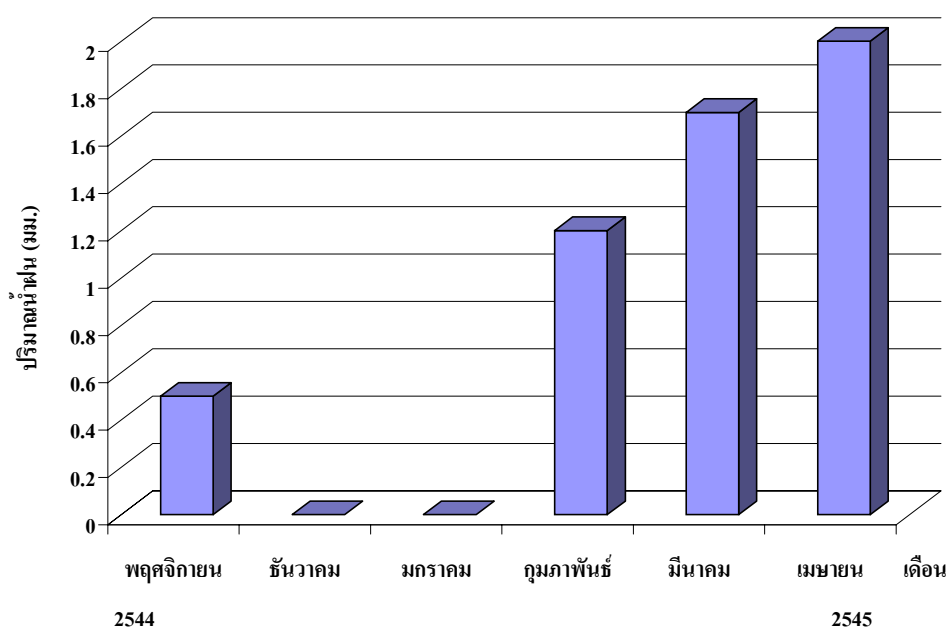
ภาพที่ 3 แสดงภาชนะฟักและให้ความชื้นแก่ผักดอง



ภาพที่ 4 แสดงถ้วยพลาสติกกลมขนาดเล็กสำหรับใช้ทดสอบสารฆ่าแมลง



ภาพที่ 5 แสดงค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นในสภาพไร่ดาวเรืองอาหารสัตว์ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2544 ถึง เมษายน 2545  
(ข้อมูลจากสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 3 ห้วยบ้านยาง)



ภาพที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนในสภาพไร่ดาวเรืองอาหารสัตว์ระหว่าง เดือนพฤศจิกายน 2544 ถึง เมษายน 2545  
(ข้อมูลจากสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 3 ห้วยบ้านยาง)





ภาพที่ 7 แสดงกล้าดาวเรืองอาหารสัตว์ในกระบะเพาะกล้า



ภาพที่ 8 แสดงการย้ายกล้าดาวเรืองอาหารสัตว์อายุ 15 วันลงปลูกในแปลงทดลอง





ภาพที่ 9 แสดงดาวเรืองอาหารสัตว์ระยะกล้าจำนวน 24 ต้น/แปลงย่อย ในแปลงทดลองที่  
ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 10 แสดงระยะดาวเรืองอาหารสัตว์ระยะมีตาดอกในแปลงทดลอง





ภาพที่ 11 แสดงดาวเรืองอาหารสัตว์ระยะดอกบานในแปลงทดลอง



ภาพที่ 12 แสดงดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ระยะดอกบานที่อายุ 8 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะที่ทำการทดลอง



ภาพที่ 13 แสดงการปล่อยหนอนกระทุ้กล้วย 2 บนดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ในการทดสอบ  
สารฆ่าแมลงในสภาพไร่



ภาพที่ 14 แสดงดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่คลุมดอกด้วยถุงตาข่ายในล่อนหลังจากปล่อย  
หนอนกระทุ้กล้วย 2





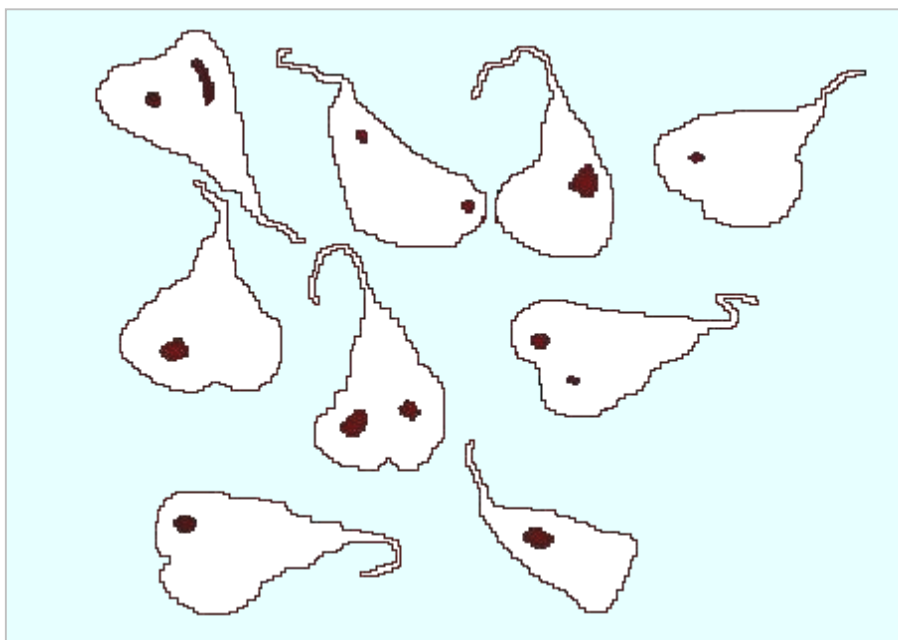
ภาพที่ 15 แสดงการคลุมดอกดาวเรืองอาหารสัตว์หลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบ



ภาพที่ 16 แสดงลักษณะดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่ถูกทำลายโดยหนอนกระทู้ผัก



ภาพที่ 17 แสดงลักษณะและส่วนประกอบของเครื่องวัดพื้นที่ใบ Delta-T image analysis system รุ่น 6322-002 พร้อม monitors และกล้องถ่ายภาพ



ภาพที่ 18 แสดงพื้นที่เสียหายที่ถูกหนอนกระทุ้งทำลาย (พื้นที่สีดำ) บนแผ่นพลาสติกใส

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

การทดลองในสภาพห้องปฏิบัติการมีอุณหภูมิควบคุมคงที่ที่  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$  และความชื้นสัมพัทธ์ที่  $70 \pm 5\%$  แสดงในภาพที่ 1 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 1)

#### 4.1 การทดลองที่ 1 : ศึกษาความเป็นพิษ( $\text{LC}_{50}$ )ของสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในห้องปฏิบัติการ

##### 1. วิธี Broad Range Test

ผลจากการศึกษาได้รวบรวมแสดงในตารางที่ 4 พบว่าสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan แสดงผลของ  $\text{LC}_{50}$  ที่ 24 ชม. เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ปรับค่าข้อมูลด้วย Abbott's formula ที่ระดับความเข้มข้น 0 100 500 1,000 2,500 ppm (ภาคผนวกที่ 3) มาหาค่าสมการ Regression จะได้ค่าของสมการเป็น  $\hat{y} = 0.0256x + 43.026$  มีค่า slope ของเส้นเท่ากับ 0.0256 นำค่าดังกล่าวมาเขียนเป็นกราฟดังแสดงในภาพที่ 19 ได้ช่วงค่า  $\text{LC}_{50}$  เท่ากับ 250 - 500 ppm เมื่อลากเส้นตรงตั้งฉากกับแกน x จะได้ค่า  $\text{LC}_{50}$  ประมาณ 272 ppm และมี F-value เท่ากับ 2.33 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

สำหรับสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป แสดงผลของ  $\text{LC}_{50}$  ที่ 24 ชม. เช่นเดียวกับสาร carbosulfan เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ปรับค่าข้อมูลด้วย Abbott's formula ที่ระดับความเข้มข้น 0 100 300 500 700 ppm (ภาคผนวกที่ 3) มาหาค่าสมการ Regression จะได้ค่าของสมการเป็น  $\hat{y} = 0.1497x - 8.9024$  มีค่า slope ของเส้นเท่ากับ 0.1497 (ตารางที่ 4) และเขียนเป็นกราฟดังแสดงในภาพที่ 19 พบว่ามีช่วงค่า  $\text{LC}_{50}$  เท่ากับ 250 - 500 ppm เมื่อลากเส้นตรงตั้งฉากกับแกน x จะได้ค่า  $\text{LC}_{50}$  ประมาณ 393 ppm และมี F-value เท่ากับ 4.12 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ส่วนสารฆ่าแมลง tebufenozide แสดงผลของ  $\text{LC}_{50}$  ที่ 48 ชม. เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ปรับค่าข้อมูลด้วย Abbott's formula ที่ระดับความเข้มข้น 0 10 100 500 1,000 ppm (ภาคผนวกที่ 3) มาหาค่าสมการ Regression จะได้ค่าของสมการเป็น  $\hat{y} = 0.0992x + 18.047$  มีค่า slope ของเส้นเท่ากับ 0.0992 (ตารางที่ 4) และแสดงเป็นกราฟในภาพที่ 19 และมี

ช่วงค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 250 - 500 ppm เมื่อลากเส้นตรงตั้งฉากกับแกน x จะได้ค่า  $LC_{50}$  ประมาณ 322 ppm และไม่สามารถหา F-value ได้เนื่องจากมีความแปรปรวนน้อยมาก

สำหรับสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* แสดงผลของ  $LC_{50}$  ที่ 72 ชม. เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ปรับค่าข้อมูลด้วย Abbott's formula ที่ระดับความเข้มข้น 0 50 500 1,000 1,500 ตัว/มล. (ภาคผนวกที่ 3) มาหาค่าสมการ Regression จะได้ค่าของสมการเป็น  $\hat{y} = 0.0702x + 12.185$  มีค่า slope ของเส้นเท่ากับ 0.0702 (ตารางที่ 4) นำค่าดังกล่าวเขียนเป็นกราฟแสดงในภาพที่ 20 จะได้ช่วงค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 500 - 600 ตัว/มล. เมื่อลากเส้นตรงตั้งฉากกับแกน x จะได้ค่า  $LC_{50}$  ประมาณ 538 ตัว/มล. และมี F-value เท่ากับ 15.16 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ส่วนสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* แสดงผลของ  $LC_{50}$  ที่ 72 ชม. เช่นเดียวกับไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ปรับค่าข้อมูลด้วย Abbott's formula ที่ระดับความเข้มข้น 0 10,000 30,000 60,000 90,000 IU/ml (ภาคผนวกที่ 3) มาหาค่าสมการ Regression จะได้ค่าของสมการเป็น  $\hat{y} = 0.0012x - 13.759$  มีค่า slope ของเส้นเท่ากับ 0.0012 (ตารางที่ 4) นำค่าดังกล่าวมาเขียนเป็นกราฟแสดงในภาพที่ 21 จะได้ช่วงค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 30,000 - 40,000 IU/ml เมื่อลากเส้นตรงตั้งฉากกับแกน x จะได้ค่า  $LC_{50}$  ประมาณ 30,200 IU/ml และมี F-value เท่ากับ 30.07 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

เมื่อพิจารณาค่าโดยประมาณของความเป็นพิษ( $LC_{50}$ )ต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 โดยวิธี Broad Range Test พบว่าสาร carbosulfan เป็นพิษต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 สูงที่สุด และมีค่า  $LC_{50}$  โดยประมาณเท่ากับ 272 ppm รองลงมา คือ สาร tebufenozide, สาร azadirachtin, ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และแบคทีเรีย *B. thuringiensis* มีค่า  $LC_{50}$  โดยประมาณเท่ากับ 322 ppm, 393 ppm, 538 ตัว/มล. และ 30,200 IU/ml ตามลำดับ

ค่า  $LC_{50}$  โดยประมาณของสารฆ่าแมลงแต่ละชนิดที่ได้นี้จะนำไปหาค่า  $LC_{50}$  ที่แน่นอนในช่วงของการทดลองขั้นตอนที่ 2 (Narrow Range Test) ต่อไป

## 2. วิธี Narrow Range Test

ผลจากการศึกษาได้รวบรวมแสดงในตารางที่ 5 พบว่าสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan แสดงผลของ  $LC_{50}$  ที่ 24 ชม. เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ปรับค่าข้อมูลด้วย Abbott's formula ที่ระดับความเข้มข้น 0 100 150 200 250 ppm (ภาคผนวกที่ 6) มาหาค่าสมการ Regression จะได้ค่าของสมการเป็น  $\hat{y} = 0.1824x - 0.5405$  มีค่า slope ของเส้นเท่ากับ 0.1824

นำค่าดังกล่าวมาเขียนเป็นกราฟแสดงในภาพที่ 22 จะได้ช่วงค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 250 - 300 ppm เมื่อลากเส้นตรงตั้งฉากกับแกน x จะได้ค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 277 ppm และมี F-value เท่ากับ 1.43 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

สำหรับสารสกัดสะเดา(*azadirachtin*)สำเร็จรูป แสดงผลของ  $LC_{50}$  ที่ 24 ชม. เช่นเดียวกับสาร carbosulfan เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ปรับค่าข้อมูลด้วย Abbott's formula ที่ระดับความเข้มข้น 0 100 200 300 400 ppm (ภาคผนวกที่ 6) มาหาค่าสมการ Regression จะได้ค่าของสมการเป็น  $\hat{y} = 0.1500 x - 10.000$  มีค่า slope ของเส้นเท่ากับ 0.1500 (ตารางที่ 5) นำค่าดังกล่าวมาเขียนเป็นกราฟแสดงในภาพที่ 22 จะได้ช่วงค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 350 - 450 ppm เมื่อลากเส้นตรงตั้งฉากกับแกน x จะได้ค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 400 ppm และมี F-value เท่ากับ 3.71 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ส่วนสารฆ่าแมลง tebufenozide แสดงผลของ  $LC_{50}$  ที่ 48 ชม. เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ปรับค่าข้อมูลด้วย Abbott's formula ที่ระดับความเข้มข้น 0 50 100 150 200 ppm (ภาคผนวกที่ 6) มาหาค่าสมการ Regression จะได้ค่าของสมการเป็น  $\hat{y} = 0.2900 x + 3.000$  มีค่า slope ของเส้นเท่ากับ 0.2900 (ตารางที่ 5) นำค่าดังกล่าวมาเขียนเป็นกราฟแสดงในภาพที่ 22 จะได้ช่วงค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 150 - 200 ppm เมื่อลากเส้นตรงตั้งฉากกับแกน x จะได้ค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 162 ppm และมี F-value เท่ากับ 2.27 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

สำหรับสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* แสดงผลของ  $LC_{50}$  ที่ 72 ชม. เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ปรับค่าข้อมูลด้วย Abbott's formula ที่ระดับความเข้มข้น 0 50 500 1,000 1,500 ตัว/มล. (ภาคผนวกที่ 6) มาหาค่าสมการ Regression จะได้ค่าของสมการเป็น  $\hat{y} = 0.0807 x + 18.062$  มีค่า slope ของเส้นเท่ากับ 0.0807 (ตารางที่ 5) นำค่าดังกล่าวมาเขียนเป็นกราฟแสดงในภาพที่ 23 ได้ช่วงค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 300 - 500 ตัว/มล. เมื่อลากเส้นตรงตั้งฉากกับแกน x จะได้ค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 395 ตัว/มล. และมี F-value เท่ากับ 21.22 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ส่วนสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* แสดงผลของ  $LC_{50}$  ที่ 72 ชม. เช่นเดียวกับไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ปรับค่าข้อมูลด้วย Abbott's formula ที่ระดับความเข้มข้น 0 10,000 30,000 60,000 90,000 IU/ml (ภาคผนวกที่ 6) มาหาค่าสมการ Regression จะได้ค่าของสมการเป็น  $\hat{y} = 0.0015 x + 7.9268$  มีค่า slope ของเส้นเท่ากับ 0.0015 (ตารางที่ 5) นำค่าดังกล่าวมาเขียนเป็นกราฟแสดงในภาพที่ 24 ได้ช่วงค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 20,000 - 30,000 IU/ml เมื่อลากเส้นตรงตั้งฉากกับแกน x จะได้ค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ



28,048 IU/ml และมี F-value เท่ากับ 31.48 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นพิษ( $LC_{50}$ )ต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 โดยวิธี Narrow Range Test พบว่าสาร tebufenozide เป็นพิษต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 สูงที่สุดและมีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 162 ppm รองลงมา คือ สาร carbosulfan, ไล่เดือนฝอย *S. carpocapsae*, สาร azadirachtin และแบคทีเรีย *B. thuringiensis* มีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 277 ppm 395 ตัว/มล. 400 ppm และ 28,048 IU/ml ตามลำดับ

จากค่าความเป็นพิษ( $LC_{50}$ )ต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่ได้จากทั้ง 2 วิธี (Broad และ Narrow Range Test) ในสภาพห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 6) พบว่าที่แสดงผล  $LC_{50}$  ที่ 24 ชม. มีสารฆ่าแมลง 2 ชนิด คือ สารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan มีค่า  $LC_{50}$  เป็น 272 และ 277 ppm และสารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูป มีค่า  $LC_{50}$  เป็น 393 และ 400 ppm ตามลำดับ (ภาพที่ 25 และ 26) ส่วนที่ 48 ชม. คือ สารฆ่าแมลง tebufenozide มีค่า  $LC_{50}$  เป็น 322 และ 162 ppm ตามลำดับ (ภาพที่ 27) และที่ 72 ชม. มีสารฆ่าแมลง 2 ชนิด คือ สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไล่เดือนฝอย *S. carpocapsae* มีค่า  $LC_{50}$  เป็น 538 และ 395 ตัว/มล. และสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* มีค่า  $LC_{50}$  เป็น 30,200 และ 28,048 IU/ml ตามลำดับ (ภาพที่ 28 และ 29)

ตารางที่ 4 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารฆ่าแมลงทดสอบต่อหนอนกระทู้ผัก *S. litura* โดยวิธี Broad Range Test แบบ feeding และ residue film test (กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการ ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70 \pm 5\%\text{RH}$ ) ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ - 30 มิถุนายน 2544

| Insecticide             | Timee<br>(hr) | n  | LC <sub>50</sub> | Regression equation          | F-value <sup>1/</sup> |
|-------------------------|---------------|----|------------------|------------------------------|-----------------------|
|                         |               |    |                  | $\hat{y} = ax + b$           |                       |
| carbosulfan             | 24            | 25 | 272 ppm          | $\hat{y} = 0.0256x + 43.026$ | 2.33 ns               |
| azadirachtin            | 24            | 25 | 393 ppm          | $\hat{y} = 0.1497x - 8.9024$ | 4.12 ns               |
| tebufenozide            | 48            | 25 | 322 ppm          | $\hat{y} = 0.0992x + 18.047$ | -                     |
| <i>S. carpocapsae</i>   | 72            | 25 | 538 ตัว/มล.      | $\hat{y} = 0.0702x + 12.185$ | 15.16 **              |
| <i>B. thuringiensis</i> | 72            | 25 | 30,200 IU/ml     | $\hat{y} = 0.0012x + 13.759$ | 30.07 **              |

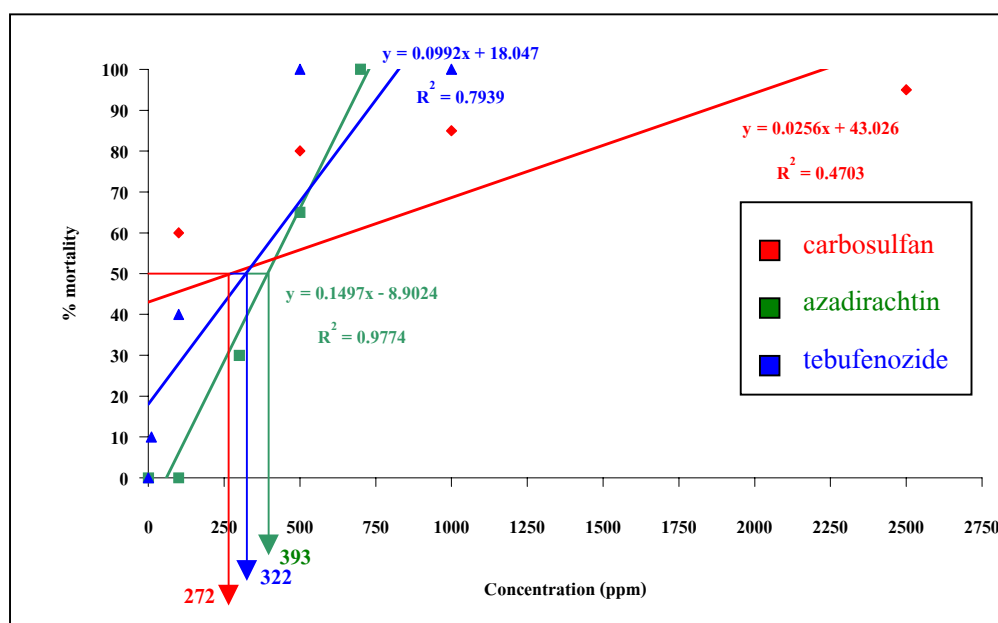
<sup>1/</sup> ปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

n = จำนวนหนอนทั้งหมด/ซ้ำ

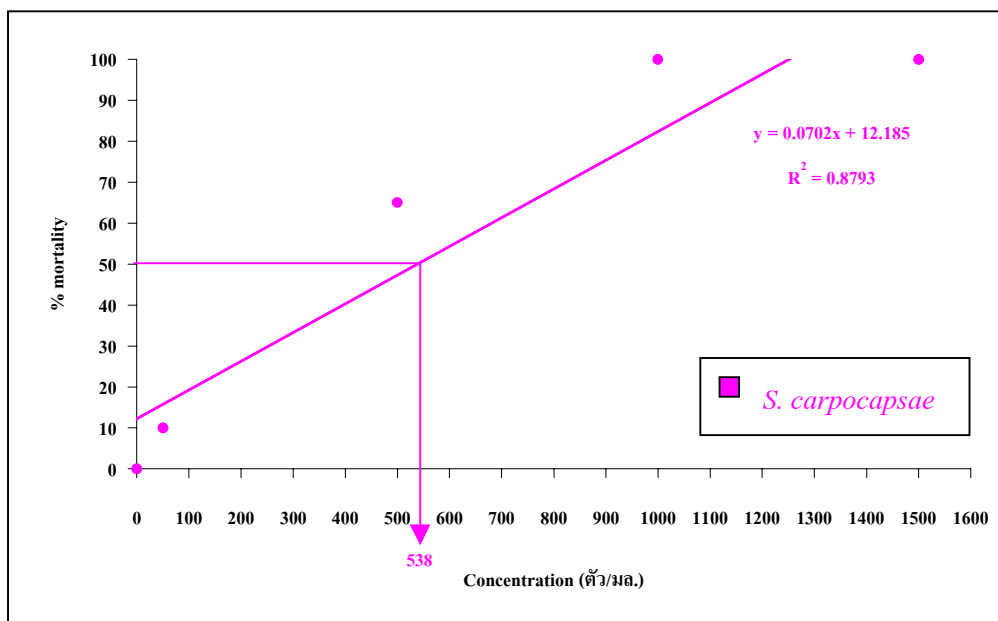
ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

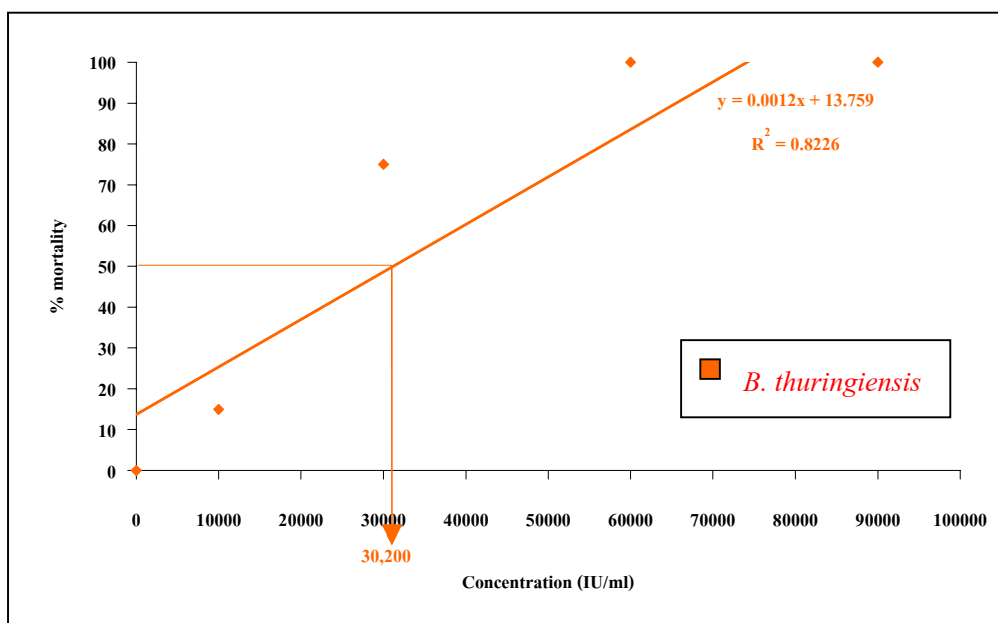
\*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 19 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารฆ่าแมลง carbosulfan, azadirachtin และ tebufenozide โดยวิธี Broad Range Test ซึ่งมีค่าเท่ากับ 272 , 393 และ 322 ppm ตามลำดับ



ภาพที่ 20 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *S. carpocapsae* โดยวิธี Broad Range Test ซึ่งมีค่าเท่ากับ 538 ตัว/มล.



ภาพที่ 21 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *B. thuringiensis* โดยวิธี Broad Range Test ซึ่งมีค่าเท่ากับ 30,200 IU/ml

ตารางที่ 5 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารฆ่าแมลงทดสอบต่อหนอนกระทู้ผัก *S. litura* โดยวิธี Narrow Range Test แบบ feeding และ residue film test (กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการ (25 ± 2°C, 70 ± 5%RH) ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ - 30 มิถุนายน 2544

| Insecticide             | Time<br>(hr) | n  | LC <sub>50</sub> | Regression equation          | F-value <sup>1/</sup> |
|-------------------------|--------------|----|------------------|------------------------------|-----------------------|
|                         |              |    |                  | $\hat{Y} = ax + b$           |                       |
| carbosulfan             | 24           | 25 | 277 ppm          | $\hat{Y} = 0.1824x - 0.5405$ | 1.43 ns               |
| azadirachtin            | 24           | 25 | 400 ppm          | $\hat{Y} = 0.1500x - 10.000$ | 3.71 ns               |
| tebufenozide            | 48           | 25 | 162 ppm          | $\hat{Y} = 0.2900x + 3.000$  | 2.27 ns               |
| <i>carpocapsae</i>      | 72           | 25 | 395 ตัว/มล.      | $\hat{Y} = 0.0807x + 18.062$ | 21.22 **              |
| <i>B. thuringiensis</i> | 72           | 25 | 28,048 IU/ml     | $\hat{Y} = 0.0015x + 7.9268$ | 31.48 **              |

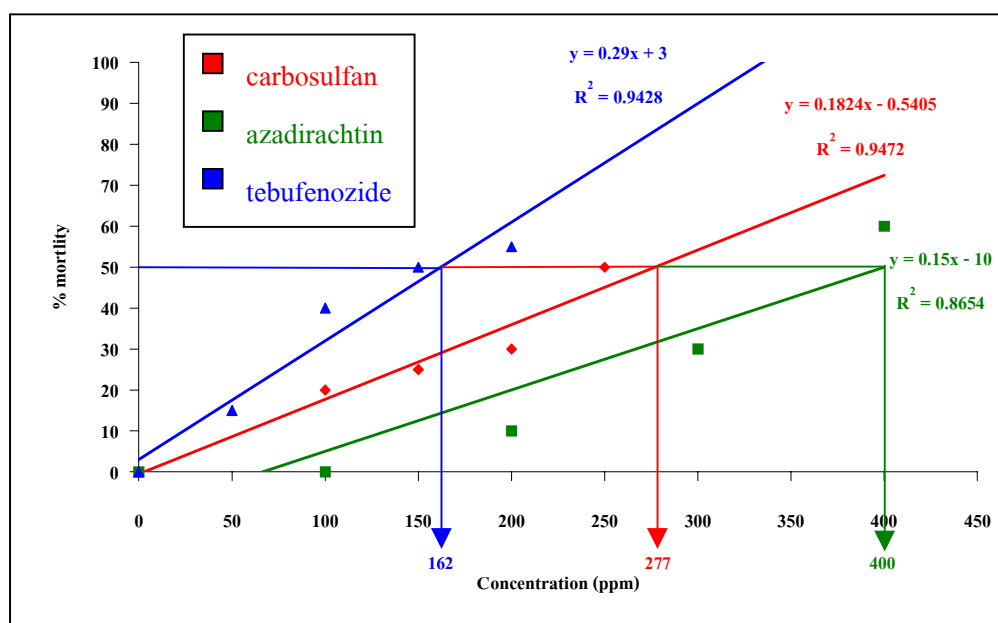
<sup>1/</sup> ปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

n = จำนวนหนอนทั้งหมด/ซ้ำ

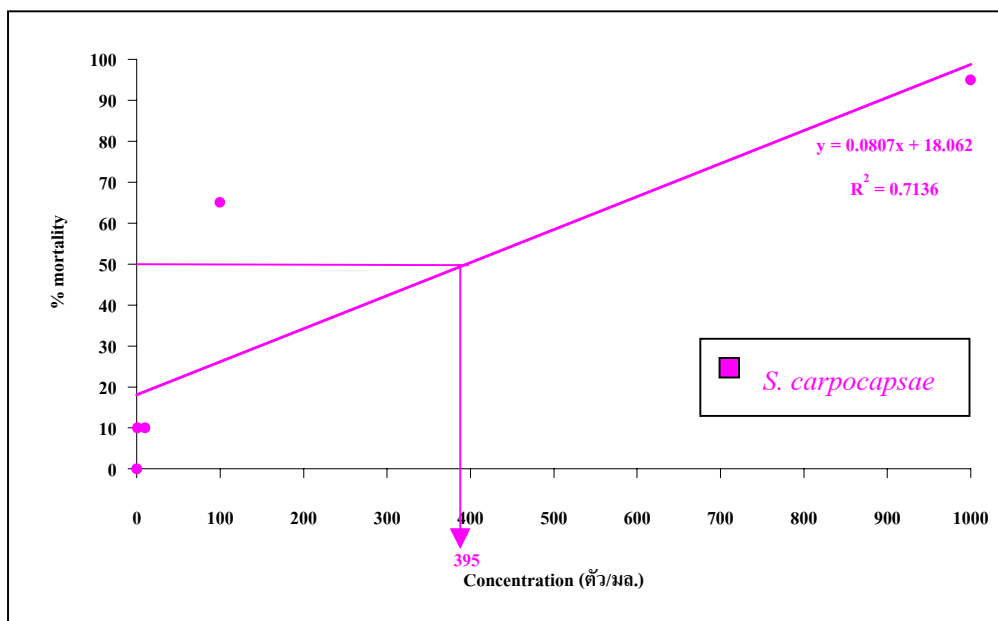
ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

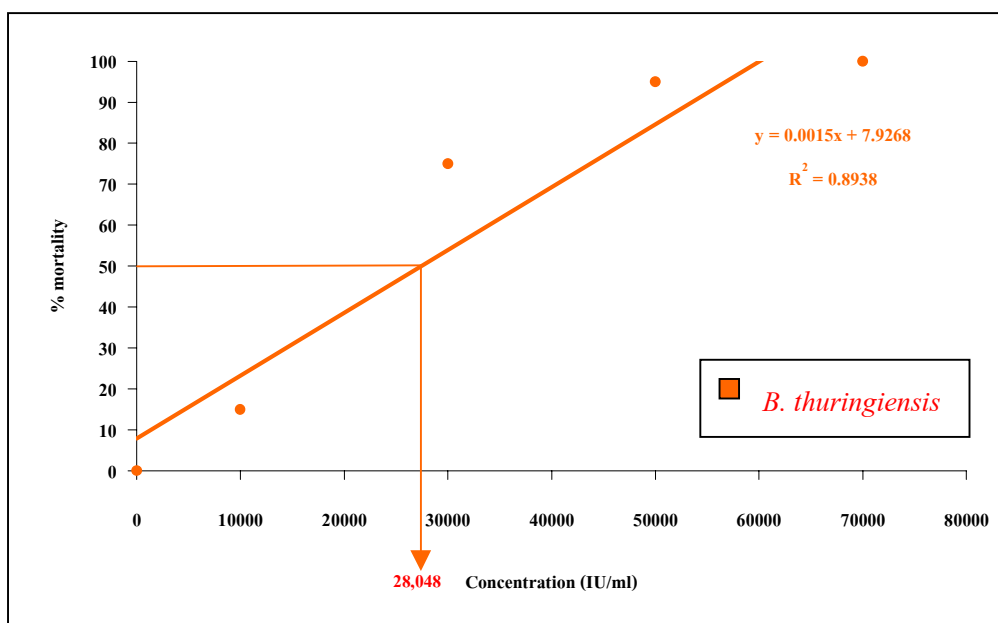
\*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 22 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารฆ่าแมลง carbosulfan, azadirachtin และ tebufenozide โดยวิธี Narrow Range Test ซึ่งมีค่าเท่ากับ 277, 400 และ 162 ppm ตามลำดับ



ภาพที่ 23 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลง *S. carpocapsae* โดยวิธี Narrow Range Test ซึ่งมีค่าเท่ากับ 395 ตัว/มล.

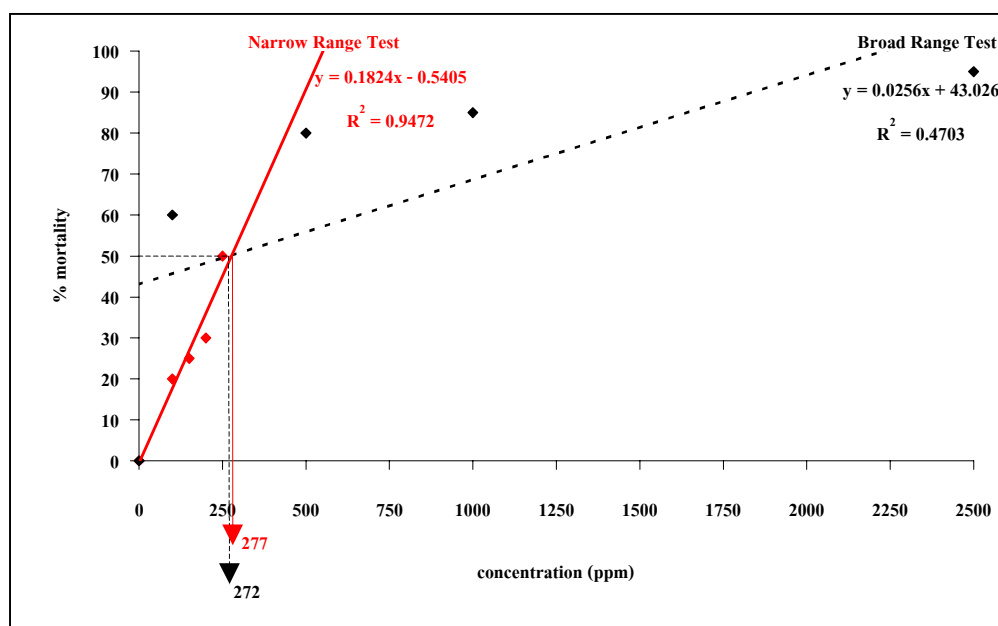


ภาพที่ 24 แสดงค่าความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลง *B. thuringiensis* โดยวิธี Narrow Range Test ซึ่งมีค่าเท่ากับ 28,048 IU/ml

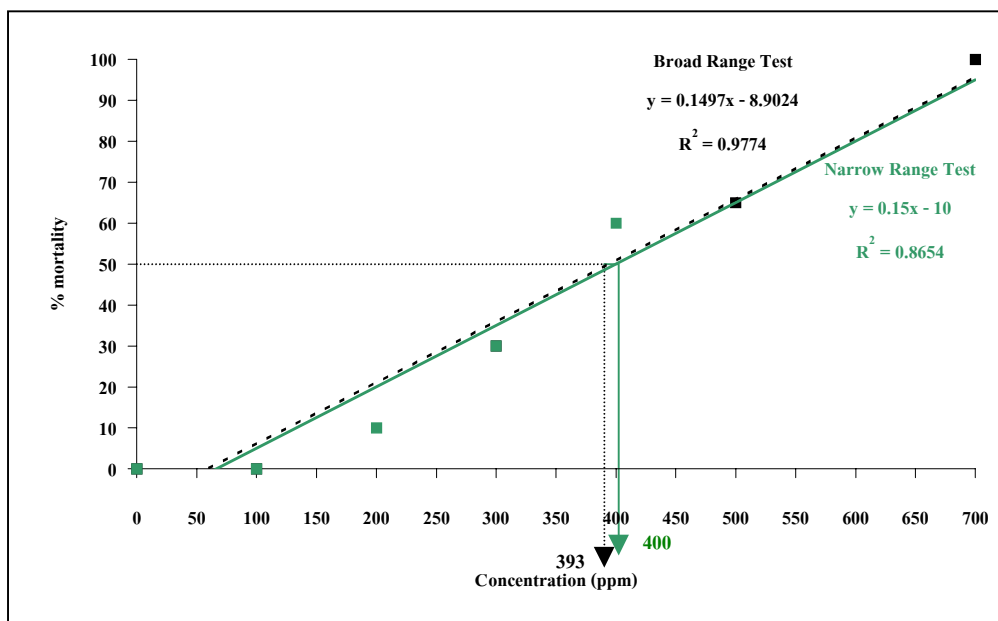
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารฆ่าแมลงทดสอบต่อหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ระหว่างวิธี Broad Range Test (BRT) และ Narrow Range Test (NRT) แบบ feeding และ residue film test (กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการ (25 ± 2°C, 70 ± 5 %RH)

| Insecticide             | Time<br>(hr) | n  | Unit<br>(concentration) | ค่าความเป็นพิษ(LC <sub>50</sub> ) |        |
|-------------------------|--------------|----|-------------------------|-----------------------------------|--------|
|                         |              |    |                         | BRT                               | NRT    |
| carbosulfan             | 24           | 25 | ppm                     | 272                               | 277    |
| azadirachtin            | 24           | 25 | ppm                     | 393                               | 400    |
| tebufenozide            | 48           | 25 | ppm                     | 322                               | 162    |
| <i>S. carpocapsae</i>   | 72           | 25 | ตัว/มล.                 | 538                               | 395    |
| <i>B. thuringiensis</i> | 72           | 25 | IU/ml                   | 30,200                            | 28,048 |

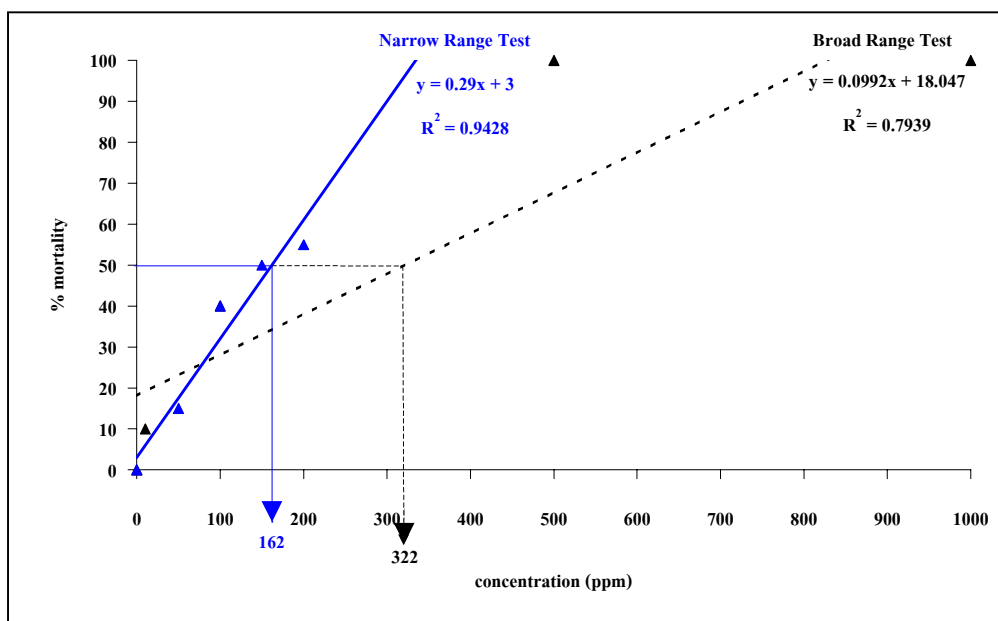
n = จำนวนหนอนทั้งหมด/ซ้ำ



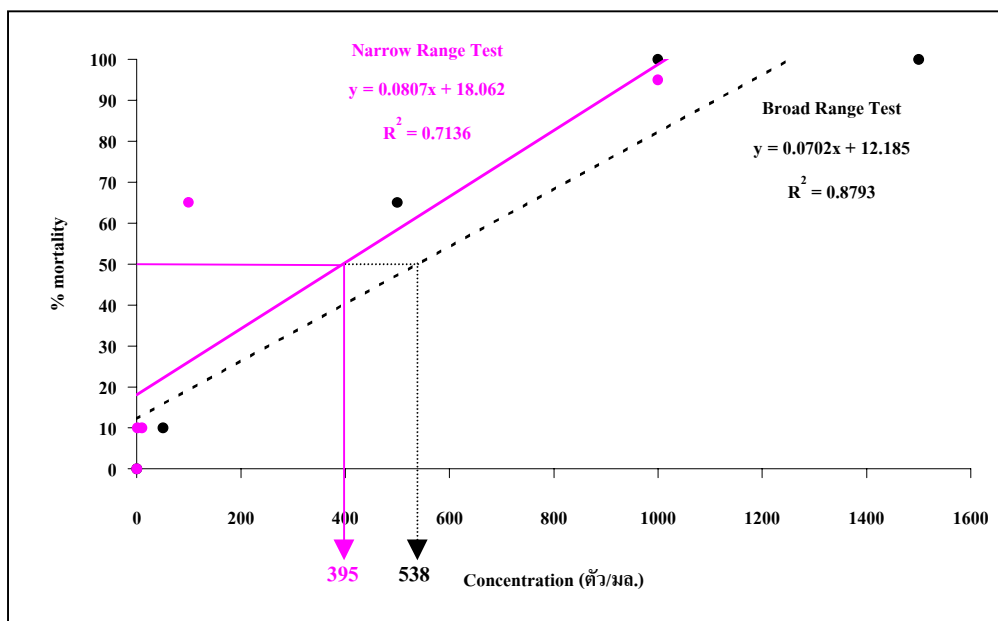
ภาพที่ 25 เปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan โดยวิธี Broad และ Narrow Range Test ซึ่งมีค่าเท่ากับ 272 และ 277 ppm ตามลำดับ



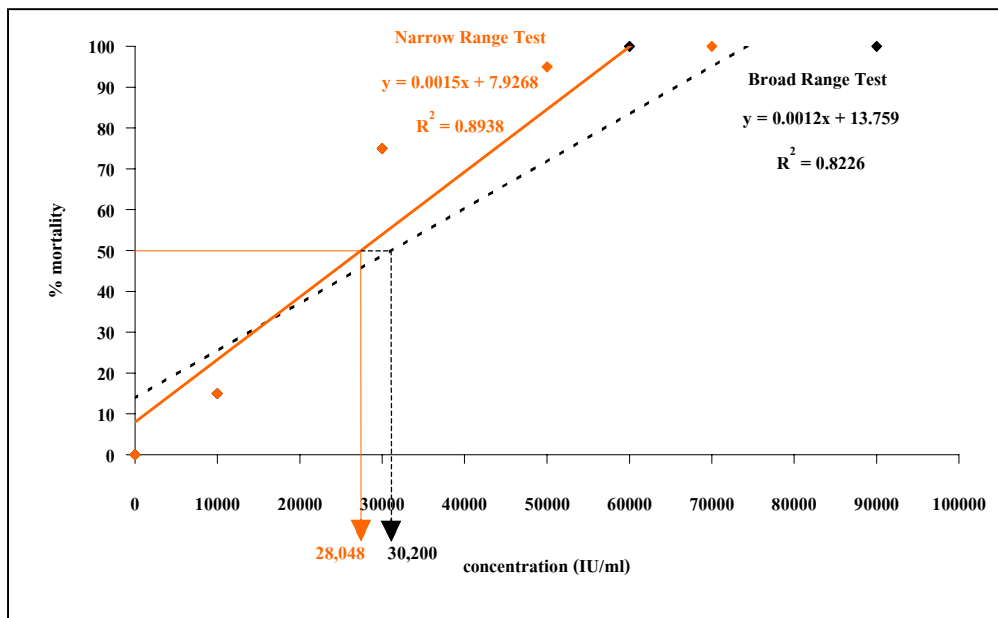
ภาพที่ 26 เปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ( $LC_{50}$ )ของสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป โดยวิธี Broad และ Narrow Range Test ซึ่งมีค่าเท่ากับ 393 และ 400 ppm ตามลำดับ



ภาพที่ 27 เปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ( $LC_{50}$ )ของสารฆ่าแมลง tebufenozide โดยวิธี Broad และ Narrow Range Test ซึ่งมีค่าเท่ากับ 322 และ 162 ppm ตามลำดับ



ภาพที่ 28 เปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ( $LC_{50}$ )ของสารชีวภัณฑ์รียฆ่าแมลง *S. carpocapsae* โดยวิธี Broad และ Narrow Range Test ซึ่งมีค่าเท่ากับ 538 และ 395 ตัว/มล.



ภาพที่ 29 เปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ( $LC_{50}$ )ของสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลง *B. thuringiensis* โดยวิธี Broad และ Narrow Range Test ซึ่งมีค่าเท่ากับ 30,200 และ 28,048 IU/ml



การทดลองในสภาพไร้อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ ) ความชื้นสัมพัทธ์ (%) และปริมาณน้ำฝน (มม.) แสดงในภาพที่ 5 และ 6 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 8 และ 9)

## 4.2 การทดลองที่ 2 : ศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในสภาพไร้น้ำฝนเรื่องอาหารสัตว์

### 1. ศึกษาการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ต่อสารฆ่าแมลงทดสอบ

#### 1) สารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพของการฉีดพ่นสาร carbosulfan ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ แสดงในตารางที่ 7 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 11 – 15) พบว่าหนอนกระทู้ผักวัย 2 มีชีวิตรอดภายใน 3 วัน เมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทั้ง 3 ครั้งและใช้เป็นกรรมวิธีควบคุมการทดลอง แต่จากการฉีดพ่นสารแต่ละครั้งจำนวน 3 ครั้ง ทำให้ค่าเฉลี่ยที่ตายและเปอร์เซ็นต์ตายไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่อัตราความเข้มข้น  $\text{LC}_{50}$  เป็น 0.15 0.15 และ 0.09 ตัว คิดเป็น 14.79 15.52 และ 10.05 % ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 50%อัตราแนะนำ เป็น 0.47 0.44 และ 0.37 ตัว คิดเป็น 30.34 32.31 และ 28.15 % ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ เป็น 0.65 0.59 และ 0.59 ตัว คิดเป็น 39.11 38.23 และ 36.61 % ตามลำดับ และที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำ เป็น 0.81 0.84 และ 0.84 ตัว คิดเป็น 46.22 48.65 และ 45.92 % ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้วัย 2 จากการฉีดพ่นสาร 3 ครั้ง พบว่าที่อัตราความเข้มข้น  $\text{LC}_{50}$  เป็น 13.45% ที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100%อัตราแนะนำ เป็น 30.27 37.98 และ 46.93% ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ และพบว่าที่อัตราความเข้มข้น 75% และ 100%อัตราแนะนำ ในการฉีดพ่นสาร carbosulfan แต่ละครั้งทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้วัย 2 ไม่แตกต่างกัน แต่ควรใช้สาร carbosulfan ที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำ ฉีดพ่นดาวเรืองอาหารสัตว์เพราะสามารถควบคุมหนอนกระทู้วัย 2 อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

#### 2) สารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพของการฉีดพ่นสาร azadirachtin ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ แสดงในตารางที่ 8 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 16 – 20) พบว่าหนอนกระทู้วัย 2 มีชีวิตรอดภายใน 3 วัน เมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทั้ง 3 ครั้งและใช้เป็นกรรมวิธีควบคุมการทดลอง แต่จากการฉีดพ่นสารแต่ละครั้งจำนวน 3 ครั้ง ทำให้ค่าเฉลี่ยที่ตายและ

เปอร์เซ็นต์ตายไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 1.25 1.19 และ 1.13 ตัว คิดเป็น 72.16 65.17 และ 62.87 % ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 50% อัตราแนะนำ เป็น 0.65 0.72 และ 0.59 ตัว คิดเป็น 40.44 44.72 และ 41.40 % ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ เป็น 1.00 0.84 และ 0.87 ตัว คิดเป็น 57.39 49.50 และ 51.77 % ตามลำดับ และที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ เป็น 1.25 1.15 และ 1.13 ตัว คิดเป็น 74.94 64.64 และ 63.53 % ตามลำดับ และยังพบว่าสาร azadirachtin ในอัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  คือ 400 ppm มีผลทำให้เกิด phytotoxic ต่อต้นดาวเรืองอาหารสัตว์ คือ ทำให้ดอกมีขนาดเล็ก กลีบดอกสั้นผิดปกติ ยอดและใบมีอาการไหม้

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้วัย 2 จากการฉีดพ่นสาร 3 ครั้ง พบว่าที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 66.73% ที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 42.19 52.89 และ 67.70% ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ และพบว่าที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  และ 100% อัตราแนะนำ ในการฉีดพ่นสาร azadirachtin ทั้ง 3 ครั้ง ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้วัย 2 ไม่แตกต่างกัน จึงควรใช้สาร azadirachtin ที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ ฉีดพ่นดาวเรืองอาหารสัตว์เพราะสามารถควบคุมหนอนกระทู้วัย 2 อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ทำให้เกิด phytotoxic แก่ดาวเรืองอาหารสัตว์

### 3) สารฆ่าแมลง tebufenozide

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพของการฉีดพ่นสาร tebufenozide ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ แสดงในตารางที่ 9 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 21 – 25) พบว่าหนอนกระทู้วัย 2 มีชีวิตรอดภายใน 3 วัน เมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทั้ง 3 ครั้งและใช้เป็นกรรมวิธีควบคุมการทดลอง แต่จากการฉีดพ่นสารแต่ละครั้งจำนวน 3 ครั้ง ทำให้ค่าเฉลี่ยที่ตายและเปอร์เซ็นต์ตายไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 0.47 0.62 และ 0.69 ตัว คิดเป็น 35.87 34.01 และ 43.88 % ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 50% อัตราแนะนำ เป็น 1.16 1.19 และ 1.12 ตัว คิดเป็น 59.58 65.80 และ 62.10 % ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ เป็น 1.31 1.44 และ 1.41 ตัว คิดเป็น 81.78 100.00 และ 85.39 % ตามลำดับ และที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ เป็น 1.31 1.44 และ 1.41 ตัว คิดเป็น 80.52 100.00 และ 85.98 % ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้วัย 2 จากการฉีดพ่นสาร 3 ครั้ง พบว่าที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 37.92% ที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 62.49 89.06 และ 88.83% ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ และพบว่าที่อัตราความ

เข้มข้น 75% และ 100% อัตราแนะนำ ในการฉีดพ่นสาร tebufenozide ทั้ง 3 ครั้ง ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จึงควรใช้สาร tebufenozide ที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำฉีดพ่นดาวเรืองอาหารสัตว์เพราะใน 3 วัน สามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักวัย 2 ได้มากกว่า 80% ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพและประหยัดปริมาณการใช้สาร tebufenozide

#### 4) สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae*

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพของการฉีดพ่นไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ แสดงในตารางที่ 10 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 26 – 30) พบว่าหนอนกระทู้ผักวัย 2 มีชีวิตรอดภายใน 3 วัน เมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทั้ง 3 ครั้งและใช้เป็นกรรมวิธีควบคุมการทดลอง แต่จากการฉีดพ่นสารแต่ละครั้งจำนวน 3 ครั้ง ทำให้ค่าเฉลี่ยที่ตายและเปอร์เซ็นต์ตายไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 0.78 0.63 และ 0.72 ตัว คิดเป็น 46.94 41.54 และ 43.13 % ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 50% อัตราแนะนำ เป็น 1.00 0.87 และ 1.09 ตัว คิดเป็น 56.63 49.92 และ 58.71 % ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ เป็น 1.28 1.12 และ 1.28 ตัว คิดเป็น 73.56 65.53 และ 67.97 % ตามลำดับ และที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ เป็น 1.31 1.19 และ 1.40 ตัว คิดเป็น 75.01 66.52 และ 77.39 % ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้วัย 2 จากการฉีดพ่นสาร 3 ครั้ง พบว่าที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 43.87% ที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 55.09 69.02 และ 72.97% ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ และพบว่าที่อัตราความเข้มข้น 75% และ 100% อัตราแนะนำ ในการฉีดพ่นไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* แต่ละครั้งทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จึงควรใช้ไส้เดือนฝอยที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ ฉีดพ่นดาวเรืองอาหารสัตว์เพราะสามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดปริมาณการใช้ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae*

#### 5) สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis*

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพของการฉีดพ่นแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ แสดงในตารางที่ 7 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 31 – 35) พบว่าหนอนกระทู้ผักวัย 2 มีชีวิตรอดภายใน 3 วัน เมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทั้ง 3 ครั้งและใช้เป็นกรรมวิธีควบคุมการทดลอง แต่จากการฉีดพ่นสารแต่ละครั้งจำนวน 3 ครั้ง ทำให้ค่าเฉลี่ยที่ตาย

และเปอร์เซ็นต์ตายไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 0.38 0.43 0.31 ตัว คิดเป็น 25.61 32.69 และ 23.45 % ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 50% อัตราแนะนำ เป็น 0.53 0.56 และ 0.40 ตัว คิดเป็น 31.32 37.72 และ 27.40 % ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ เป็น 0.66 0.69 และ 0.50 ตัว คิดเป็น 43.08 42.67 และ 35.76 % ตามลำดับ และที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.75 0.75 และ 0.53 ตัว คิดเป็น 46.29 45.43 และ 35.52 % ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้วัย 2 จากการฉีดพ่นสาร 3 ครั้ง พบว่าที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 27.25% ที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 32.15 40.50 และ 42.41% ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ และพบว่าที่อัตราความเข้มข้น 75 และ 100% อัตราแนะนำ ในการฉีดพ่นแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ทั้ง 3 ครั้ง ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้วัย 2 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จึงควรใช้แบคทีเรียที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ ฉีดพ่นดาวเรืองอาหารสัตว์เพราะสามารถควบคุมหนอนกระทู้วัย 2 อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดปริมาณการใช้แบคทีเรีย *B. thuringiensis*

#### 6) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงทดสอบ

ผลจากการศึกษาแสดงในตารางที่ 12 และ 13 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 11 – 35) เมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงทดสอบแต่ละชนิด พบว่าสาร carbosulfan ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้วัย 2 เป็น 13.45 30.27 37.98 และ 46.93 % ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ สำหรับสาร azadirachtin พบว่าที่อัตราความเข้มข้น 50% และ 75% อัตราแนะนำ เป็น 42.19 และ 52.89 % ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 66.73 และ 67.70 % ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สำหรับสาร tebufenozide และไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* พบว่าที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  และ 50% อัตราแนะนำ เป็น 37.92 62.49 และ 43.87 55.09 % ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนที่อัตราความเข้มข้น 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 89.06 88.83 และ 69.02 72.97 % ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สำหรับแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  และ 50% อัตราแนะนำ เป็น 27.25 และ 32.15 % ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนที่อัตราความเข้มข้น 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 40.50 และ 42.41 % ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อพิจารณาจากสารฆ่าแมลงแต่ละชนิด พบว่าสาร azadirachtin สาร tebufenozide และไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของทุกระดับอัตราความเข้มข้น เป็น 45.90 55.66 และ 48.19 % ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักวัย 2 สูงกว่าสาร carbosulfan และแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ของทุกระดับอัตราความเข้มข้น เป็น 25.73 และ 28.46 % ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อพิจารณาจากระดับของอัตราความเข้มข้น พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  และ 50%อัตราแนะนำของสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิด เป็น 37.85 และ 44.44 % ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่อัตราความเข้มข้น 50% และ 75%อัตราแนะนำของสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิด เป็น 44.44 และ 57.89 % ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่อัตราความเข้มข้น 75% และ 100%อัตราแนะนำของสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิด เป็น 57.89 และ 63.77 % ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

นอกจากนี้ พบว่าสารฆ่าแมลงแต่ละชนิดและระดับของอัตราความเข้มข้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ ) มี F-value = 46.86 และ 713.11 ตามลำดับ สำหรับ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับของอัตราความเข้มข้นและสารฆ่าแมลงพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ ) มี F-value = 32.11

แสดงให้เห็นว่า ที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำของสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิด มีประสิทธิภาพสูงสุดในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักวัย 2 ยกเว้นสาร azadirachtin ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  มีประสิทธิภาพสูงสุดในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักวัย 2 แต่มีผลทำให้ดาวเรืองอาหารสัตว์เกิด phytotoxic

ดังนั้น ควรใช้สารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิดที่อัตราความเข้มข้น 75%อัตราแนะนำ เพราะสามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักวัย 2 อย่างมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากการใช้สารที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำ (หรืออัตราแนะนำ) ทำให้ประหยัดปริมาณการใช้ และไม่ทำให้เกิด phytotoxic ต่อดาวเรืองอาหารสัตว์ ยกเว้นสาร carbosulfan ควรใช้ที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำในการฉีดพ่นดาวเรืองอาหารสัตว์

ตารางที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์ตาย<sup>1/</sup>และค่าเฉลี่ยที่ตาย<sup>2/</sup> (ในวงเล็บ) ของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรือง อาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| อัตราการใช้            | ความเข้มข้น<br>(ppm) | เปอร์เซ็นต์ตาย <sup>1/</sup> และค่าเฉลี่ย <sup>2/</sup> ของหนอนกระทู้ผัก<br>หลังฉีดพ่น carbosulfan* |                 |                 | ค่าเฉลี่ย<br>(%) |
|------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
|                        |                      | พ่นครั้งที่ 1                                                                                       | พ่นครั้งที่ 2   | พ่นครั้งที่ 3   |                  |
| ไม่พ่นสาร              | 0 (control)          | 0.00 (0.00)                                                                                         | 0.00 (0.00)     | 0.00 (0.00)     | 0.00             |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 277                  | 14.79 (0.15) a                                                                                      | 15.52 (0.15) a  | 10.05 (0.09) a  | 13.45 a          |
| 50% อัตราแนะนำ         | 300                  | 30.34 (0.47) b                                                                                      | 32.31 (0.44) b  | 28.15 (0.37) b  | 30.27 b          |
| 75% อัตราแนะนำ         | 450                  | 39.11 (0.65) bc                                                                                     | 38.23 (0.59) bc | 36.61 (0.59) bc | 37.98 c          |
| 100%อัตราแนะนำ         | 600                  | 46.22 (0.81) c                                                                                      | 48.65 (0.84) c  | 45.92 (0.84) c  | 46.93 d          |
| ค่าเฉลี่ย (%)          |                      | 26.10 b                                                                                             | 26.94 b         | 24.15 a         |                  |
| CV (%)                 |                      | 22.6                                                                                                | 28.0            | 33.1            |                  |

<sup>1/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{x/100}$  <sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

\* ข้อมูลดิบเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักแสดงในภาคผนวกที่ 12

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์ตาย<sup>1/</sup>และค่าเฉลี่ยที่ตาย<sup>2/</sup> (ในวงเล็บ) ของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรือง อาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| อัตราการใช้            | ความเข้มข้น<br>(ppm) | เปอร์เซ็นต์ตาย <sup>1/</sup> และค่าเฉลี่ย <sup>2/</sup> ของหนอนกระทู้ผัก<br>หลังฉีดพ่น azadirachtin* |                |                 | ค่าเฉลี่ย<br>(%) |
|------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|------------------|
|                        |                      | พ่นครั้งที่ 1                                                                                        | พ่นครั้งที่ 2  | พ่นครั้งที่ 3   |                  |
| ไม่พ่นสาร              | 0 (control)          | 0.00 (0.00)                                                                                          | 0.00 (0.00)    | 0.00 (0.00)     | 0.00             |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 400                  | 72.16 (1.25) b                                                                                       | 65.17 (1.19) b | 62.87 (1.13) b  | 66.73 c          |
| 50% อัตราแนะนำ         | 1.25                 | 40.44 (0.65) a                                                                                       | 44.72 (0.72) a | 41.40 (0.59) a  | 42.19 a          |
| 75% อัตราแนะนำ         | 1.857                | 57.39 (1.00) ab                                                                                      | 49.50 (0.84) a | 51.77 (0.87) ab | 52.89 b          |
| 100%อัตราแนะนำ         | 2.5                  | 74.94 (1.25) b                                                                                       | 64.64 (1.15) b | 63.53 (1.13) b  | 67.70 c          |
| ค่าเฉลี่ย (%)          |                      | 48.98 a                                                                                              | 44.81 a        | 43.91 a         |                  |
| CV (%)                 |                      | 26.1                                                                                                 | 12.4           | 13.3            |                  |

<sup>1/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{x/100}$  <sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

\* ข้อมูลดิบเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักแสดงในภาคผนวกที่ 17

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 9 แสดงเปอร์เซ็นต์ตาย<sup>1/</sup>และค่าเฉลี่ยที่ตาย<sup>2/</sup> (ในวงเล็บ) ของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรือง อาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลง tebufenozide ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| อัตราการใช้            | ความเข้มข้น<br>(ppm) | เปอร์เซ็นต์ตาย <sup>1/</sup> และค่าเฉลี่ย <sup>2/</sup> ของหนอนกระทู้ผัก<br>หลังฉีดพ่น tebufenozide* |                 |                | ค่าเฉลี่ย<br>(%) |
|------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------|------------------|
|                        |                      | พ่นครั้งที่ 1                                                                                        | พ่นครั้งที่ 2   | พ่นครั้งที่ 3  |                  |
| ไม่พ่นสาร              | 0 (control)          | 0.00 (0.00)                                                                                          | 0.00 (0.00)     | 0.00 (0.00)    | 0.00             |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 162                  | 35.87 (0.47) a                                                                                       | 34.01 (0.62) a  | 43.88 (0.69) a | 37.92 a          |
| 50% อัตราแนะนำ         | 250                  | 59.58 (1.16) b                                                                                       | 65.80 (1.19) b  | 62.10 (1.12) b | 62.49 b          |
| 75% อัตราแนะนำ         | 375                  | 81.78 (1.31) c                                                                                       | 100.00 (1.44) c | 85.39 (1.41) c | 89.06 c          |
| 100%อัตราแนะนำ         | 500                  | 80.52 (1.31) c                                                                                       | 100.00 (1.44) c | 85.98 (1.41) c | 88.83 c          |
| ค่าเฉลี่ย (%)          |                      | 51.55 a                                                                                              | 59.96 a         | 55.47 a        |                  |
| CV (%)                 |                      | 16.1                                                                                                 | -               | 13.6           |                  |

<sup>1/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{x/100}$

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

\* ข้อมูลดิบเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักแสดงในภาคผนวกที่ 22

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 10 แสดงเปอร์เซ็นต์ตาย<sup>1/</sup>และค่าเฉลี่ยที่ตาย<sup>2/</sup> (ในวงเล็บ) ของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| อัตราการใช้            | ความเข้มข้น<br>(ตัว/มล.) | เปอร์เซ็นต์ตาย <sup>1/</sup> และค่าเฉลี่ย <sup>2/</sup> ของหนอนกระทู้ผัก<br>หลังฉีดพ่น <i>S. carpocapsae</i> * |                |                 | ค่าเฉลี่ย<br>(%) |
|------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|------------------|
|                        |                          | พ่นครั้งที่ 1                                                                                                  | พ่นครั้งที่ 2  | พ่นครั้งที่ 3   |                  |
| ไม่พ่นสาร              | 0 (control)              | 0.00 (0.00)                                                                                                    | 0.00 (0.00)    | 0.00 (0.00)     | 0.00             |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 395                      | 46.94 (0.78) a                                                                                                 | 41.54 (0.63) a | 43.13 (0.72) a  | 43.87 a          |
| 50% อัตราแนะนำ         | $2 \times 10^6$          | 56.63 (1.00) a                                                                                                 | 49.92 (0.87) a | 58.71 (1.09) b  | 55.09 b          |
| 75% อัตราแนะนำ         | $3 \times 10^6$          | 73.56 (1.28) b                                                                                                 | 65.53 (1.12) b | 67.97 (1.28) bc | 69.02 c          |
| 100%อัตราแนะนำ         | $4 \times 10^6$          | 75.01 (1.31) b                                                                                                 | 66.52 (1.19) b | 77.39 (1.40) c  | 72.97 c          |
| ค่าเฉลี่ย (%)          |                          | 50.43 b                                                                                                        | 44.70 a        | 49.44 b         |                  |
| CV (%)                 |                          | 13.6                                                                                                           | 16.1           | 15.5            |                  |

<sup>1/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{x/100}$

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

\* ข้อมูลดิบเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักแสดงในภาคผนวกที่ 27

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 11 แสดงเปอร์เซ็นต์ตาย<sup>1/</sup> และค่าเฉลี่ยที่ตาย<sup>2/</sup> (ในวงเล็บ) ของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารชีววินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| อัตราการใช้            | ความเข้มข้น<br>(IU/ml) | เปอร์เซ็นต์ตาย <sup>1/</sup> และค่าเฉลี่ย <sup>2/</sup> ของหนอนกระทู้ผัก<br>หลังฉีดพ่น <i>B. thuringiensis</i> * |                |                | ค่าเฉลี่ย<br>(%) |
|------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|------------------|
|                        |                        | พ่นครั้งที่ 1                                                                                                    | พ่นครั้งที่ 2  | พ่นครั้งที่ 3  |                  |
| ไม่พ่นสาร              | 0 (control)            | 0.00 (0.00)                                                                                                      | 0.00 (0.00)    | 0.00 (0.00)    | 0.00             |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 28,048                 | 25.61 (0.38) a                                                                                                   | 32.69 (0.43) a | 23.45 (0.31) a | 27.25 a          |
| 50% อัตราแนะนำ         | $4.8 \times 10^4$      | 31.32 (0.53) a                                                                                                   | 37.72 (0.56) a | 27.40 (0.40) a | 32.15 b          |
| 75% อัตราแนะนำ         | $7.2 \times 10^4$      | 43.08 (0.66) a                                                                                                   | 42.67 (0.69) a | 35.76 (0.50) a | 40.50 c          |
| 100% อัตราแนะนำ        | $9.6 \times 10^4$      | 46.29 (0.75) a                                                                                                   | 45.43 (0.75) a | 35.52 (0.53) a | 42.41 c          |
| ค่าเฉลี่ย (%)          |                        | 29.26 b                                                                                                          | 31.70 b        | 24.43 a        |                  |
| CV (%)                 |                        | 42.1                                                                                                             | 19.4           | 25.0           |                  |

<sup>1/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

\* ข้อมูลดิบเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักแสดงในภาคผนวกที่ 32

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test



ตารางที่ 12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup>เปอร์เซ็นต์ตาย<sup>2/</sup>ของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลงทดสอบในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| อัตราการใช้<br>สารฆ่าแมลง | ค่าเฉลี่ย <sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์ตาย <sup>2/</sup> ของหนอนกระทู้ผักหลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบ |              |              |                       |                         | ค่าเฉลี่ย<br>(%) |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------------------|------------------|
|                           | carbosulfan                                                                                    | azadirachtin | tebufenozide | <i>S. carpocapsae</i> | <i>B. thuringiensis</i> |                  |
| ไม่พ่นสาร                 | 0.00 e                                                                                         | 0.00 d       | 0.00 d       | 0.00 d                | 0.00 c                  | 0.00 d           |
| อัตรา LC <sub>50</sub>    | 13.45 d                                                                                        | 66.73 a      | 37.92 c      | 43.87 c               | 27.25 b                 | 37.85 c          |
| 50% อัตราแนะนำ            | 30.27 c                                                                                        | 42.19 c      | 62.49 b      | 55.09 b               | 32.15 b                 | 44.44 cb         |
| 75% อัตราแนะนำ            | 37.98 b                                                                                        | 52.89 b      | 89.06 a      | 69.02 a               | 40.50 a                 | 57.89 ab         |
| 100% อัตราแนะนำ           | 46.93 a                                                                                        | 67.70 a      | 88.83 a      | 72.97 a               | 42.41 a                 | 63.77 a          |
| ค่าเฉลี่ย (%)             | 25.73 a                                                                                        | 45.90 b      | 55.66 b      | 48.19 b               | 28.46 a                 | 40.79            |

CV (%) = 21.2

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากการพ่นสาร 3 ครั้ง

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดยใช้ Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 13 ตารางวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup>เปอร์เซ็นต์ตาย<sup>2/</sup>ของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลงทดสอบในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| Source of Variance  | df | Sum of squares | Mean squares | F-value   |
|---------------------|----|----------------|--------------|-----------|
| <b>Main plots :</b> |    |                |              |           |
| Blocks (ซ้ำ)        | 2  | 65.89          | 32.95        | <1        |
| สารฆ่าแมลง (A)      | 4  | 10213.45       | 2553.36      | 46.86 **  |
| Error (a)           | 8  | 435.96         | 54.49        |           |
| <b>Sub-plot :</b>   |    |                |              |           |
| ความเข้มข้น (B)     | 4  | 37594.64       | 9398.66      | 713.11 ** |
| AB                  | 16 | 6770.42        | 423.15       | 32.11 **  |
| Error (b)           | 40 | 527.19         | 13.18        |           |
| Total               | 74 | 55607.55       |              |           |

CV(A) = 18.1% , CV(B) = 8.9%

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากการพ่นสาร 3 ครั้ง

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดยใช้ Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

## 2. ศึกษาพิษตกค้างของสารฆ่าแมลง

### 1) ทดสอบพิษตกค้างครั้งที่ 1

ผลจากการศึกษาแสดงในตารางที่ 14 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 36 – 40) พบว่า สารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan ที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำเท่านั้น มีพิษตกค้างที่ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 คัดเป็น 12.5% สำหรับสารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูปพบพิษตกค้างที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เท่านั้น คัดเป็น 12.5% ส่วน สารฆ่าแมลง tebufenozide พบที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ คัดเป็น 37.5% สำหรับสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *S. carpocapsae* พบที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ คัดเป็น 25.0 50.0 50.0 และ 50.0% ตามลำดับ ส่วนสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* พบที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ คัดเป็น 12.5 25.0 25.0 และ 50.0 % ตามลำดับ ซึ่งทุกกรรมวิธีให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50.0% จึงตัดสินใจฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิดที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ ตามกรรมวิธีเดิมในครั้งต่อไป และยังพบว่าสารฆ่าแมลงที่มีพิษตกค้างในสภาพธรรมชาติสูงที่สุดในการทดสอบพิษตกค้างครั้งนี้ คือ สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และต่ำสุด คือ สารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan และสารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูป

### 2) ทดสอบพิษตกค้างครั้งที่ 2

จากการศึกษาแสดงในตารางที่ 15 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 36 – 40) พบว่า สารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิดทำให้ผลการวิเคราะห์และการตัดสินใจฉีดพ่นสารเหมือนกับครั้งที่ 1 แต่มีประสิทธิภาพของพิษตกค้างที่ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ลดลง โดยพบว่าสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan และสารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูปมีหนอนกระทู้ผักวัย 2 รอดชีวิตทุกระดับอัตราความเข้มข้น สำหรับสารฆ่าแมลง tebufenozide พบพิษตกค้างที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ คัดเป็น 25.0 25.0 และ 37.5 % ตามลำดับ สำหรับสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* พบที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ คัดเป็น 12.50 12.50 12.50 และ 25.0 % ตามลำดับ ส่วนสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* พบที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ คัดเป็น 25.0 25.0 และ 37.5 % ตามลำดับ ซึ่งทุกกรรมวิธีให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50.0% จึงตัดสินใจฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิดที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ ตามกรรมวิธีเดิมในครั้งต่อไป

ไป และยังพบว่าสารฆ่าแมลงที่มีพิษตกค้างในสภาพธรรมชาติสูงสุดในการทดสอบพิษตกค้างครั้งนี้ คือสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และต่ำสุดคือ สารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan และสารสกัดสะเดา(azadirachtin)ตำเร็จรูป

### 3) ทดสอบพิษตกค้างครั้งที่ 3

จากการศึกษาแสดงในตารางที่ 16 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 36 – 40) พบว่าสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิดทำให้ผลการวิเคราะห์และการตัดสินใจฉีดพ่นสารเหมือนกับครั้งที่ 1 แต่มีประสิทธิภาพทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ลดลง โดยพบว่าสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan มีหนอนกระทู้ผักวัย 2 รอดชีวิตทุกระดับอัตราความเข้มข้น ส่วนสารสกัดสะเดา(azadirachtin)ตำเร็จรูป พบพิษตกค้างที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เท่านั้น คิดเป็น 12.5% ส่วนสารฆ่าแมลง tebufenozide พบที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100%อัตราแนะนำ คิดเป็น 25.0% สำหรับสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* พบที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100%อัตราแนะนำ คิดเป็น 25.0 25.0 25.0 และ 37.5 % ตามลำดับ ส่วนสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* พบที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100%อัตราแนะนำ คิดเป็น 12.5 12.5 12.5 และ 37.5 % ตามลำดับ ซึ่งทุกกรรมวิธีให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50.0% จึงตัดสินใจฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิดที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ ตามกรรมวิธีเดิมในครั้งต่อไป และยังพบว่าสารฆ่าแมลงที่มีพิษตกค้างในสภาพธรรมชาติสูงสุดในการทดสอบพิษตกค้างครั้งนี้ คือสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และต่ำสุด คือสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan

ตารางที่ 14 แสดงการทดสอบพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงทดสอบที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ค่าเฉลี่ย<sup>u</sup> เปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นสารครั้งที่ 1

| อัตราการใช้            | ค่าเฉลี่ย <sup>u</sup> เปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์<br>หลังฉีดพ่นสารครั้งที่ 1 |              |              |                       |                         |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
|                        | carbosulfan                                                                                             | azadirachtin | tebufenozide | <i>S. carpocapsae</i> | <i>B. thuringiensis</i> |
| ไม่พ่นสาร              | 0.00                                                                                                    | 0.00         | 0.00         | 0.00                  | 0.00                    |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.00                                                                                                    | 12.50        | 0.00         | 25.00                 | 12.50                   |
| 50% อัตราแนะนำ         | 0.00                                                                                                    | 0.00         | 37.50        | 50.00                 | 25.00                   |
| 75% อัตราแนะนำ         | 0.00                                                                                                    | 0.00         | 37.50        | 50.00                 | 25.00                   |
| 100%อัตราแนะนำ         | 12.50                                                                                                   | 0.00         | 37.50        | 50.00                 | 50.00                   |

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตารางที่ 15 แสดงการทดสอบพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงทดสอบที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ค่าเฉลี่ย<sup>u</sup> เปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นสารครั้งที่ 2

| อัตราการใช้            | ค่าเฉลี่ย <sup>u</sup> เปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์<br>หลังฉีดพ่นสารครั้งที่ 2 |              |              |                       |                         |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
|                        | carbosulfan                                                                                             | azadirachtin | tebufenozide | <i>S. carpocapsae</i> | <i>B. thuringiensis</i> |
| ไม่พ่นสาร              | 0.00                                                                                                    | 0.00         | 0.00         | 0.00                  | 0.00                    |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.00                                                                                                    | 0.00         | 0.00         | 12.50                 | 0.00                    |
| 50% อัตราแนะนำ         | 0.00                                                                                                    | 0.00         | 25.00        | 12.50                 | 25.00                   |
| 75% อัตราแนะนำ         | 0.00                                                                                                    | 0.00         | 25.00        | 12.50                 | 25.00                   |
| 100%อัตราแนะนำ         | 0.00                                                                                                    | 0.00         | 37.50        | 25.00                 | 37.50                   |

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตารางที่ 16 แสดงการทดสอบพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงทดสอบที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นสารครั้งที่ 3

| อัตราการใช้            | ค่าเฉลี่ย <sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์<br>หลังฉีดพ่นสารครั้งที่ 3 |              |              |                       |                         |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
|                        | carbosulfan                                                                                              | azadirachtin | tebufenozide | <i>S. carpocapsae</i> | <i>B. thuringiensis</i> |
| ไม่พ่นสาร              | 0.00                                                                                                     | 0.00         | 0.00         | 0.00                  | 0.00                    |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.00                                                                                                     | 12.50        | 0.00         | 25.00                 | 12.50                   |
| 50% อัตราแนะนำ         | 0.00                                                                                                     | 0.00         | 25.00        | 25.00                 | 12.50                   |
| 75% อัตราแนะนำ         | 0.00                                                                                                     | 0.00         | 25.00        | 25.00                 | 12.50                   |
| 100%อัตราแนะนำ         | 0.00                                                                                                     | 0.00         | 25.00        | 37.50                 | 37.50                   |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์ตาย<sup>2/</sup> ของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังการทดสอบพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงทดสอบที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ

| อัตราการใช้            | ค่าเฉลี่ย <sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์ตาย <sup>2/</sup> ของหนอนกระทู้ผักในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์<br>หลังฉีดพ่นสาร 3 ครั้ง |              |              |                       |                         |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
|                        | carbosulfan                                                                                                           | azadirachtin | tebufenozide | <i>S. carpocapsae</i> | <i>B. thuringiensis</i> |
| ไม่พ่นสาร              | 0.00                                                                                                                  | 0.00         | 0.00         | 0.00                  | 0.00                    |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.00                                                                                                                  | 8.33         | 0.00         | 20.83                 | 8.33                    |
| 50% อัตราแนะนำ         | 0.00                                                                                                                  | 0.00         | 29.17        | 29.17                 | 20.83                   |
| 75% อัตราแนะนำ         | 0.00                                                                                                                  | 0.00         | 29.17        | 29.17                 | 20.83                   |
| 100%อัตราแนะนำ         | 4.17                                                                                                                  | 0.00         | 33.33        | 37.50                 | 41.67                   |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบพิษตกค้าง 3 ครั้ง

<sup>2/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

### 3. ศึกษาความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์

#### 1) สารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพของการฉีดพ่นสาร carbosulfan ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ แสดงในตารางที่ 18 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 41 – 43) พบว่าเมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทั้ง 3 ครั้งทำให้ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ในระยะดอกบาน (ภาพที่ 16 และ 18) เนื่องจากการทำลายของหนอนกระทู้ผักภายใน 3 วัน เป็น 1.21 0.77 และ 0.37 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 1.15 0.80 และ 0.68 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 50%อัตราแนะนำ เป็น 0.86 0.79 และ 0.60 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 75%อัตราแนะนำ เป็น 0.73 0.69 และ 0.43 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำ เป็น 0.55 0.61 และ 0.31 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่จากการฉีดพ่นสาร 3 ครั้งพบว่าเมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลง เป็น 0.78 ซม.<sup>2</sup> ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 0.88 ซม.<sup>2</sup> และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100%อัตราแนะนำ เป็น 0.75 0.62 และ 0.49 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และยังพบว่าที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำในการฉีดพ่นสาร carbosulfan ทั้ง 3 ครั้ง มีประสิทธิภาพสูงสุดเพราะทำให้ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่น้อยที่สุดและมีความแตกต่างทางสถิติ

#### 2) สารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพของการฉีดพ่นสาร azadirachtin ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ แสดงในตารางที่ 19 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 44 – 46) พบว่าเมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทั้ง 3 ครั้ง ทำให้ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่จากการทำลายของหนอนกระทู้ผักภายใน 3 วัน เป็น 0.37 0.33 และ 0.31 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 0.22 0.23 และ 0.21 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 50%อัตราแนะนำ เป็น 0.20 0.24 และ 0.26 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 75%อัตราแนะนำ เป็น 0.12 0.14 และ 0.14 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำ เป็น 0.16 0.09 และ 0.10 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และยังพบว่าสาร azadirachtin ในอัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  คือ 400 ppm มีผลทำให้เกิด phytotoxic ต่อดาวเรืองอาหารสัตว์คือทำให้ดอกมีขนาดเล็ก กลีบดอกสั้นผิดปกติ บริเวณยอดและใบมีอาการไหม้

ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่จากการฉีดพ่นสาร 3 ครั้ง พบว่าเมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลง เป็น 0.34 ซม.<sup>2</sup> ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 0.11 ซม.<sup>2</sup> ที่อัตราความเข้มข้น 50%

75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.24 0.21 และ 0.15 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และยังพบว่าที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  ในการฉีดพ่นสาร azadirachtin ทั้ง 3 ครั้ง มีประสิทธิภาพสูงสุดเพราะทำให้ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่น้อยที่สุดและมีความแตกต่างทางสถิติจากอัตราความเข้มข้น 50% และ 75% อัตราแนะนำ แต่ควรใช้สาร azadirachtin ที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ (หรืออัตราแนะนำ) ในการฉีดพ่นเพราะไม่ทำให้เกิด phytotoxic แก่ดาวเรืองอาหารสัตว์และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากอัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$

### 3) สารฆ่าแมลง tebufenozide

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพของการฉีดพ่นสาร tebufenozide ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ แสดงในตารางที่ 20 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 47 – 49) พบว่าเมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทั้ง 3 ครั้ง ทำให้ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่จากการทำลายของหนอนกระทู้ผักภายใน 3 วัน เป็น 0.37 0.37 และ 0.33 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 0.23 0.18 และ 0.28 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 50% อัตราแนะนำ เป็น 0.16 0.17 และ 0.17 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ เป็น 0.10 0.12 และ 0.11 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.09 0.12 และ 0.16 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่จากการฉีดพ่นสาร 3 ครั้ง พบว่าเมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลง เป็น 0.36 ซม.<sup>2</sup> ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 0.23 ซม.<sup>2</sup> และมีความแตกต่างทางสถิติ ที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.15 0.12 และ 0.12 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และยังพบว่าที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ ในการฉีดพ่นสาร tebufenozide ทั้ง 3 ครั้ง มีประสิทธิภาพสูงสุดเพราะทำให้ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่น้อยที่สุดและมีความแตกต่างทางสถิติจากอัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$

### 4) สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae*

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพของการฉีดพ่นไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ แสดงในตารางที่ 21 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 50 – 52) พบว่าเมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทั้ง 3 ครั้ง ทำให้ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่จากการทำลายของหนอนกระทู้ผักภายใน 3 วัน เป็น 0.67 0.31 และ 0.30 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  เป็น 0.24 0.17 และ 0.14 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 50% อัตราแนะนำ เป็น 0.27 0.18 และ 0.17 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ เป็น 0.13 0.11

และ 0.10 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.12 0.10 และ 0.12 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่จากการฉีดพ่นสาร 3 ครั้ง พบว่าเมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลง เป็น 0.43 ซม.<sup>2</sup> ที่อัตราความเข้มข้น LC<sub>50</sub> เป็น 0.19 ซม.<sup>2</sup> ที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.21 0.12 และ 0.12 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และยังพบว่าที่อัตราความเข้มข้น 75% และ 100% อัตราแนะนำในการฉีดพ่นไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ทั้ง 3 ครั้ง มีประสิทธิภาพสูงเพราะทำให้ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่น้อย

#### 5) สารชีววินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis*

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพของการฉีดพ่นแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ แสดงในตารางที่ 22 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 53 – 55) พบว่าเมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทั้ง 3 ครั้ง ทำให้ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่จากการทำลายของหนอนกระทู้ผักภายใน 3 วัน เป็น 0.31 0.31 และ 0.38 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น LC<sub>50</sub> เป็น 0.14 0.20 และ 0.14 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 50% อัตราแนะนำ เป็น 0.16 0.14 และ 0.16 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ เป็น 0.13 0.11 และ 0.13 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.10 0.13 และ 0.09 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่จากการฉีดพ่นสาร 3 ครั้ง พบว่าเมื่อไม่มีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลง เป็น 0.33 ซม.<sup>2</sup> ที่อัตราความเข้มข้น LC<sub>50</sub> เป็น 0.16 ซม.<sup>2</sup> ที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.16 0.12 และ 0.11 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และยังพบว่าที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำในการฉีดพ่นแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ทั้ง 3 ครั้ง มีประสิทธิภาพสูงสุดเพราะทำให้ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่น้อยที่สุด

#### 6) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงทดสอบ

ผลจากการศึกษาแสดงในตารางที่ 23 และ 24 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 41 – 55) เมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงทดสอบแต่ละชนิด พบว่าสาร carbosulfan ที่อัตราความเข้มข้น 0(control) LC<sub>50</sub> และ 50% อัตราแนะนำ มีค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอก เป็น 0.78 0.88 และ 0.75 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนที่



อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.88 0.75 0.62 และ 0.49 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ สำหรับสาร azadirachtin พบว่าที่อัตราความเข้มข้น 0(control) และ 50% อัตราแนะนำ เป็น 0.34 และ 0.24 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ส่วนที่อัตราความเข้มข้น 50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.24 0.21 และ 0.15 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ สำหรับสาร tebufenozide พบว่าที่อัตราความเข้มข้น 0(control) เป็น 0.36 ซม.<sup>2</sup> และมีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.23 0.15 0.12 และ 0.12 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ สำหรับไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* พบว่าที่อัตราความเข้มข้น 0(control) เป็น 0.43 ซม.<sup>2</sup> และมีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.19 0.21 0.12 และ 0.12 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ สำหรับแบคทีเรีย *B. thuringiensis* พบว่าที่อัตราความเข้มข้น 0 (control) เป็น 0.33 ซม.<sup>2</sup> และมีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.16 0.16 0.12 และ 0.11 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อพิจารณาจากสารฆ่าแมลงแต่ละชนิด พบว่าสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป สารฆ่าแมลง tebufenozide สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ทำให้ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่ของทุกระดับอัตราความเข้มข้น เป็น 0.21 0.20 0.21 และ 0.18 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดความเสียหายของพื้นที่เนื่องจากการทำลายของหนอนกระทู้ผักสูงกว่าสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan ของทุกระดับอัตราความเข้มข้น เป็น 0.70 ซม.<sup>2</sup> และมีความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อพิจารณาจากระดับของอัตราความเข้มข้น พบว่าค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% และ 75% อัตราแนะนำของสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิด เป็น 0.31 0.30 และ 0.24 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ส่วนที่อัตราความเข้มข้น 75% และ 100% อัตราแนะนำของสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิด เป็น 0.24 และ 0.20 ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ

นอกจากนี้ พบว่าสารฆ่าแมลงแต่ละชนิดและระดับของอัตราความเข้มข้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ ) มี F-value = 17.23 และ 25.78 ตามลำดับ สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับของอัตราความเข้มข้นและสารฆ่าแมลงพบว่ามี ความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ ) มี F-value = 3.12

แสดงให้เห็นว่า ที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำ (อัตราแนะนำ) ของสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิดมีประสิทธิภาพสูงสุดในการป้องกันลดความเสียหายของพื้นที่เนื่องจากการทำลายของหนอนกระทู้ผัก ยกเว้นสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูปที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดความเสียหายของพื้นที่แต่มีผลทำให้ดาวเรืองอาหารสัตว์เกิด phytotoxic

ดังนั้น ควรใช้สารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิดที่อัตราความเข้มข้น 75%อัตราแนะนำ เพราะสามารถลดความเสียหายของพื้นที่เนื่องจากการทำลายของหนอนกระทู้ผักได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากการใช้สารที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำ (หรืออัตราแนะนำ) ทำให้ประหยัดปริมาณการใช้ และไม่ทำให้เกิด phytotoxic ต่อดาวเรืองอาหารสัตว์ ยกเว้นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan ควรใช้ที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำในการฉีดพ่นดาวเรืองอาหารสัตว์

ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ จากการทำลายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| อัตราการใช้            | ความเข้มข้น<br>(ppm) | ค่าเฉลี่ย <sup>1/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรือง<br>หลังฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan |               |               | ค่าเฉลี่ย<br>(%) |
|------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------------------|
|                        |                      | พ่นครั้งที่ 1                                                                                        | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |                  |
| ไม่พ่นสาร              | 0 (control)          | 1.21 a                                                                                               | 0.77 a        | 0.37 a        | 0.78 b           |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 277                  | 1.15 a                                                                                               | 0.80 a        | 0.68 c        | 0.88 b           |
| 50% อัตราแนะนำ         | 300                  | 0.86 a                                                                                               | 0.79 a        | 0.60 bc       | 0.75 ab          |
| 75% อัตราแนะนำ         | 450                  | 0.73 a                                                                                               | 0.69 a        | 0.43 ab       | 0.62 ab          |
| 100%อัตราแนะนำ         | 600                  | 0.55 a                                                                                               | 0.61 a        | 0.31 a        | 0.49 a           |
| ค่าเฉลี่ย (%)          |                      | 0.90 b                                                                                               | 0.73 ab       | 0.48 a        |                  |
| CV (%)                 |                      | 46.2                                                                                                 | 46.4          | 24.2          |                  |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ จากการทำลายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารสกัดสะเดา(azadirachtin) สำเร็จรูปในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| อัตราการใช้            | ความเข้มข้น<br>(ppm) | ค่าเฉลี่ย <sup>1/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรือง<br>หลังฉีดพ่นสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป |               |               | ค่าเฉลี่ย<br>(%) |
|------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------------------|
|                        |                      | พ่นครั้งที่ 1                                                                                                 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |                  |
| ไม่พ่นสาร              | 0 (control)          | 0.37 b                                                                                                        | 0.33 c        | 0.31 d        | 0.34 c           |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 400                  | 0.13 a                                                                                                        | 0.09 a        | 0.11 a        | 0.11 a           |
| 50% อัตราแนะนำ         | 1.25                 | 0.23 a                                                                                                        | 0.24 bc       | 0.26 cd       | 0.24 b           |
| 75% อัตราแนะนำ         | 1.857                | 0.20 a                                                                                                        | 0.23 bc       | 0.21 bc       | 0.21 b           |
| 100%อัตราแนะนำ         | 2.5                  | 0.16 a                                                                                                        | 0.14 ab       | 0.14 ab       | 0.15 a           |
| ค่าเฉลี่ย (%)          |                      | 0.22 a                                                                                                        | 0.21 a        | 0.21 a        |                  |
| CV (%)                 |                      | 40.8                                                                                                          | 34.8          | 27.4          |                  |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 20 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ จากการทำลายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลง tebufenozide ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| อัตราการใช้            | ความเข้มข้น<br>(ppm) | ค่าเฉลี่ย <sup>1/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรือง<br>หลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลง tebufenozide |               |               | ค่าเฉลี่ย<br>(%) |
|------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------------------|
|                        |                      |                                                                                                   |               |               |                  |
|                        |                      | พ่นครั้งที่ 1                                                                                     | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |                  |
| ไม่พ่นสาร              | 0 (control)          | 0.37 c                                                                                            | 0.37 b        | 0.33 b        | 0.36 c           |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 162                  | 0.23 b                                                                                            | 0.18 a        | 0.28 b        | 0.23 b           |
| 50% อัตราแนะนำ         | 250                  | 0.09 a                                                                                            | 0.17 a        | 0.18 a        | 0.15 a           |
| 75% อัตราแนะนำ         | 375                  | 0.10 a                                                                                            | 0.13 a        | 0.12 a        | 0.12 a           |
| 100%อัตราแนะนำ         | 500                  | 0.09 a                                                                                            | 0.12 a        | 0.16 a        | 0.12 a           |
| ค่าเฉลี่ย (%)          |                      | 0.18 a                                                                                            | 0.19 a        | 0.21 a        |                  |
| CV (%)                 |                      | 16.7                                                                                              | 45.7          | 29.3          |                  |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 21 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ จากการทำลายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| อัตราการใช้            | ความเข้มข้น<br>(ตัว/มล.) | ค่าเฉลี่ย <sup>1/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรือง<br>หลังฉีดพ่นสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลง <i>S. carpocapsae</i> |               |               | ค่าเฉลี่ย<br>(%) |
|------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------------------|
|                        |                          |                                                                                                                    |               |               |                  |
|                        |                          | พ่นครั้งที่ 1                                                                                                      | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |                  |
| ไม่พ่นสาร              | 0 (control)              | 0.67 b                                                                                                             | 0.31 c        | 0.30 b        | 0.43 b           |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 395                      | 0.24 ab                                                                                                            | 0.18 b        | 0.15 a        | 0.19 a           |
| 50% อัตราแนะนำ         | 2×10 <sup>6</sup>        | 0.27 ab                                                                                                            | 0.18 b        | 0.17 a        | 0.21 a           |
| 75% อัตราแนะนำ         | 3×10 <sup>6</sup>        | 0.14 a                                                                                                             | 0.11 a        | 0.11 a        | 0.12 a           |
| 100%อัตราแนะนำ         | 4×10 <sup>6</sup>        | 0.12 a                                                                                                             | 0.11 a        | 0.12 a        | 0.12 a           |
| ค่าเฉลี่ย (%)          |                          | 0.29 a                                                                                                             | 0.18 a        | 0.17 a        |                  |
| CV (%)                 |                          | 106.1                                                                                                              | 18.1          | 26.5          |                  |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 22 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>u</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ จากการทำลายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังฉีดพ่นด้วยสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| อัตราการใช้            | ความเข้มข้น<br>(IU/ml) | ค่าเฉลี่ย <sup>u</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรือง<br>หลังฉีดพ่นสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลง <i>B. thuringiensis</i> |               |               | ค่าเฉลี่ย<br>(%) |
|------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------------------|
|                        |                        | พ่นครั้งที่ 1                                                                                                       | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |                  |
| ไม่พ่นสาร              | 0 (control)            | 0.31 c                                                                                                              | 0.31 b        | 0.38 b        | 0.33 b           |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 28,048                 | 0.14 ab                                                                                                             | 0.21 ab       | 0.14 a        | 0.16 a           |
| 50% อัตราแนะนำ         | $4.8 \times 10^4$      | 0.17 b                                                                                                              | 0.14 a        | 0.16 a        | 0.16 a           |
| 75% อัตราแนะนำ         | $7.2 \times 10^4$      | 0.13 ab                                                                                                             | 0.11 a        | 0.13 a        | 0.12 a           |
| 100% อัตราแนะนำ        | $9.6 \times 10^4$      | 0.10 a                                                                                                              | 0.13 a        | 0.10 a        | 0.11 a           |
| ค่าเฉลี่ย (%)          |                        | 0.17 a                                                                                                              | 0.18 a        | 0.18 a        |                  |
| CV (%)                 |                        | 19.4                                                                                                                | 34.2          | 23.8          |                  |

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย<sup>u</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์จากการทำลายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* หลังฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลงทดสอบในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| อัตราการใช้<br>สารฆ่าแมลง | ค่าเฉลี่ย <sup>u</sup> ความเสียหายพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ |              |              |                       |                         | ค่าเฉลี่ย (%) |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
|                           | carbosulfan                                                        | azadirachtin | tebufenozide | <i>S. carpocapsae</i> | <i>B. thuringiensis</i> |               |
| ไม่พ่นสาร                 | 0.78 b                                                             | 0.34 a       | 0.36 a       | 0.43 a                | 0.33 a                  | 0.44 c        |
| อัตรา LC <sub>50</sub>    | 0.88 a                                                             | 0.11 c       | 0.23 b       | 0.19 b                | 0.16 b                  | 0.31 b        |
| 50% อัตราแนะนำ            | 0.75 b                                                             | 0.24 ab      | 0.15 b       | 0.21 b                | 0.16 b                  | 0.30 b        |
| 75% อัตราแนะนำ            | 0.62 c                                                             | 0.21 bc      | 0.12 b       | 0.12 b                | 0.12 b                  | 0.24 ab       |
| 100% อัตราแนะนำ           | 0.49 d                                                             | 0.15 bc      | 0.12 b       | 0.12 b                | 0.11 b                  | 0.20 a        |
| ค่าเฉลี่ย (%)             | 0.70 b                                                             | 0.21 a       | 0.20 a       | 0.21 a                | 0.18 a                  | 0.30          |

CV (%) = 24.3

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยจากการพ่นสาร 3 ครั้ง

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 24 ตารางวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย<sup>u</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์จากการทำลายของหนอนกระทู้ผัก *S. litura* หลังฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลงทดสอบในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน

| Source of Variance  | df | Sum of squares | Mean squares | F-value            |
|---------------------|----|----------------|--------------|--------------------|
| <b>Main plots :</b> |    |                |              |                    |
| Blocks (ซ้ำ)        | 2  | 0.117          | 0.059        | 1.35 <sup>ns</sup> |
| สารฆ่าแมลง (A)      | 4  | 2.998          | 0.749        | 17.23 **           |
| Error (a)           | 8  | 0.348          | 0.043        |                    |
| <b>Sub-plot :</b>   |    |                |              |                    |
| ความเข้มข้น (B)     | 4  | 0.518          | 0.129        | 25.78 **           |
| AB                  | 16 | 0.251          | 0.015        | 3.12 **            |
| Error (b)           | 40 | 0.201          | 0.005        |                    |
| Total               | 74 | 4.432          |              |                    |

CV(A) = 69.9% , CV(B) = 23.8%

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยจากการพ่นสาร 3 ครั้ง

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

#### 4. ศึกษาค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการฉีดพ่นสารฆ่าแมลง

ผลจากการศึกษาแสดงในตารางที่ 25 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 56) พบว่าปริมาณการใช้สารฆ่าแมลงในการฉีดพ่นจำนวน 1 ครั้ง/ไร่ของสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็น 0.066 156 234 และ 312 มล. ตามลำดับ ส่วนสารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูป เป็น 41.6 ลิตร 130 195 และ 260 มล. ตามลำดับ สำหรับสารฆ่าแมลง tebufenozide เป็น 0.04212 26 39 และ 52 มล. ตามลำดับ ส่วนสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* เป็น 0.1 2.6 3.9 และ 5.2 ชอง ตามลำดับ สำหรับสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* เป็น 0.45552 156 234 และ 312 กรัม ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้สารฆ่าแมลงในการฉีดพ่นตลอดฤดูกาล/ไร่ พบว่าที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100% อัตราแนะนำของสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan เป็น 0.198 468 702 และ 936 มล. ตามลำดับ ส่วนสารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูป เป็น 124.8 ลิตร 390 585 และ 780 มล. ตามลำดับ สำหรับสารฆ่าแมลง tebufenozide เป็น 0.12636 78 117 และ 156 มล. ตามลำดับ ส่วนสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* เป็น 0.31 7.8 11.7 และ 15.6 ชอง ตามลำดับ สำหรับสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* เป็น 1.36656 468 702 และ 936 กรัม ตามลำดับ

ผลจากการศึกษาแสดงในตารางที่ 26 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 57) พบว่าค่าใช้จ่ายของสารฆ่าแมลงในการฉีดพ่นจำนวน 1 ครั้ง/ไร่ของสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็นเงิน 0.03 71.76 107.64 และ 143.52 บาท ตามลำดับ ส่วนสารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูป เป็นเงิน 24,960.00 78.00 117.00 และ 156.00 บาท ตามลำดับ สำหรับสารฆ่าแมลง tebufenozide เป็นเงิน 0.09 57.20 85.80 และ 114.40 บาท ตามลำดับ ส่วนสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* เป็นเงิน 4.12 104.00 156.00 และ 208.00 บาท ตามลำดับ สำหรับสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* เป็นเงิน 0.55 187.20 280.80 และ 374.40 บาท ตามลำดับ แต่เมื่อรวมค่าแรงงานรายวันที่ฉีดพ่นสารฆ่าแมลงจำนวนเงิน 139 บาท/วัน ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบจำนวน 1 ครั้ง/ไร่ของสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100% อัตราแนะนำ เป็นเงิน 139.03 210.76 246.64 และ 282.52 บาท ตามลำดับ ส่วนสารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูป เป็นเงิน 25,099.00 217.00 256.00 และ 295.00 บาท ตามลำดับ สำหรับสารฆ่าแมลง tebufenozide เป็นเงิน 139.09 196.20 224.80 และ 253.40 บาท ตามลำดับ ส่วนสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย

*S. carpocapsae* เป็นเงิน 143.12 243.00 295.00 และ 503.00 บาท ตามลำดับ สำหรับสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* เป็นเงิน 139.55 326.20 419.80 และ 513.40 บาท ตามลำดับ และยังพบว่าที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  ของสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูปมีค่าใช้จ่ายรวมสูงสุดในการฉีดพ่นสารจำนวน 1 ครั้ง/ไร่ เป็นเงิน 25,099 บาท รองลงมาคือที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำของสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* สารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan และสารฆ่าแมลง tebufenozide เป็นเงิน 513 503 283 และ 254 บาท ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายรวมในการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงตลอดฤดูปลูก/ไร่ พบว่าที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  50% 75% และ 100%อัตราแนะนำของสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan เป็นเงิน 418 633 740 และ 848 บาท ตามลำดับ ส่วนสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป เป็นเงิน 75,297 651 768 และ 885 บาท ตามลำดับ สำหรับสารฆ่าแมลง tebufenozide เป็นเงิน 418 589 735 และ 761 บาท ตามลำดับ ส่วนสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* เป็นเงิน 430 729 885 และ 1,509 บาท ตามลำดับ สำหรับสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* เป็นเงิน 419 979 1,260 และ 1,541 บาท ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาพร้อมกับประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงที่ทำให้หนอนกระทู้ผักวัย 2 ดาย และทำให้ความเสียหายของกลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์น้อย จึงควรฉีดพ่นสารฆ่าแมลง tebufenozide สารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายรวมเป็นเงิน 225 256 295 และ 420 บาท/ไร่/ครั้ง หรือ 734 768 885 และ 1,259 บาท/ไร่/ฤดูปลูก ตามลำดับ ส่วนสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan ควรฉีดพ่นที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำ (อัตราแนะนำ) ซึ่งมีค่าใช้จ่ายรวมเป็นเงิน 283 บาท/ไร่/ครั้ง หรือ 848 บาท/ไร่/ฤดูปลูก

แสดงให้เห็นว่าสารที่สามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในสภาพไร่ดาวเรืองอาหารสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประหยัดปริมาณการใช้ และไม่ทำให้เกิด phytotoxic ต่อดาวเรืองอาหารสัตว์ คือสารฆ่าแมลง tebufenozide ที่อัตราการใช้ 75%ของอัตราแนะนำ



ตารางที่ 25 เปรียบเทียบปริมาณการใช้สารฆ่าแมลงทดสอบที่ต้องใช้ในการฉีดพ่นสาร  
(ต่อไร่ต่อครั้ง และ ต่อไร่ต่อฤดูปลูก)

| สารฆ่าแมลง              | อัตราความเข้มข้น       | ปริมาณการใช้    |                   |
|-------------------------|------------------------|-----------------|-------------------|
|                         |                        | หน่วย/ไร่/ครั้ง | หน่วย/ไร่/ฤดูปลูก |
| carbosulfan             | 0 (น้ำเปล่า)           | 0 ลิตร          | 0 ลิตร            |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.000066 ลิตร   | 0.000198 ลิตร     |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 0.156 ลิตร      | 0.468 ลิตร        |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 0.234 ลิตร      | 0.702 ลิตร        |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 0.312 ลิตร      | 0.936 ลิตร        |
| azadirachtin            | 0 (น้ำเปล่า)           | 0 ลิตร          | 0 ลิตร            |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 41.6 ลิตร       | 124.8 ลิตร        |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 0.130 ลิตร      | 0.390 ลิตร        |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 0.195 ลิตร      | 0.585 ลิตร        |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 0.260 ลิตร      | 0.780 ลิตร        |
| tebufenozide            | 0 (น้ำเปล่า)           | 0 ลิตร          | 0 ลิตร            |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.00004212 ลิตร | 0.00012636 ลิตร   |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 0.026 ลิตร      | 0.078 ลิตร        |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 0.039 ลิตร      | 0.117 ลิตร        |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 0.052 ลิตร      | 0.156 ลิตร        |
| <i>S. carpocapsae</i>   | 0 (น้ำเปล่า)           | 0 ชอง           | 0 ชอง             |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.10296 ชอง     | 0.30888 ชอง       |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 2.6 ชอง         | 7.8 ชอง           |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 3.9 ชอง         | 11.7 ชอง          |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 5.2 ชอง         | 15.6 ชอง          |
| <i>B. thuringiensis</i> | 0 (น้ำเปล่า)           | 0 กก.           | 0 กก.             |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.00045552 กก.  | 0.00136656 กก.    |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 0.156 กก.       | 0.468 กก.         |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 0.234 กก.       | 0.702 กก.         |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 0.312 กก.       | 0.936 กก.         |

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบ (ต่อไร่ต่อครั้ง และ ต่อไร่ต่อฤดูปลูก)

| สารฆ่าแมลง              | อัตราความเข้มข้น       | ค่าใช้จ่าย    |                 |
|-------------------------|------------------------|---------------|-----------------|
|                         |                        | บาท/ไร่/ครั้ง | บาท/ไร่/ฤดูปลูก |
| carbosulfan             | 0 (น้ำเปล่า)           | 139.00        | 417.00          |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 139.03        | 417.09          |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 210.76        | 632.28          |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 246.64        | 739.92          |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 282.52        | 847.56          |
| azadirachtin            | 0 (น้ำเปล่า)           | 139.00        | 417.00          |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 25,099.00     | 75,297.00       |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 217.00        | 651.00          |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 256.00        | 768.00          |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 295.00        | 885.00          |
| tebufenozide            | 0 (น้ำเปล่า)           | 139.00        | 417.00          |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 139.09        | 417.27          |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 196.20        | 588.60          |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 224.80        | 734.40          |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 253.40        | 760.20          |
| <i>S. carpocapsae</i>   | 0 (น้ำเปล่า)           | 139.00        | 417.00          |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 143.12        | 429.36          |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 243.00        | 729.00          |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 295.00        | 885.00          |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 503.00        | 1,509.00        |
| <i>B. thuringiensis</i> | 0 (น้ำเปล่า)           | 139.00        | 417.00          |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 139.55        | 418.65          |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 326.20        | 978.60          |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 419.80        | 1,259.40        |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 513.40        | 1,540.20        |

## บทที่ 5

### วิจารณ์ผลการทดลอง

#### 5.1 การทดลองที่ 1 : ศึกษาความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ของสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในห้องปฏิบัติการ

ผลการทดลองครั้งนี้แสดงในตารางที่ 4 – 5 (ภาพที่ 19 – 24) พบว่าค่าโดยประมาณของความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 โดยวิธี Broad Range Test ของสาร carbosulfan มีความเป็นพิษสูงสุด รองลงมา คือสาร tebufenozide สาร azadirachtin ไล่ด้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ตามลำดับ สำหรับวิธี Narrow Range Test พบว่าสาร tebufenozide มีค่าความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 สูงสุด รองลงมา คือสาร carbosulfan ไล่ด้เดือนฝอย *S. carpocapsae* สาร azadirachtin และแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบค่าความเป็นพิษ(LC<sub>50</sub>)ที่ได้จากทั้ง 2 วิธี แสดงให้เห็นว่าสาร carbosulfan และสาร tebufenozide มีความเป็นพิษต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 สูง ส่วนสาร azadirachtin และไล่ด้เดือนฝอย *S. carpocapsae* มีความเป็นพิษต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 ปานกลาง สำหรับแบคทีเรีย *B. thuringiensis* มีความเป็นพิษต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 ต่ำ

การทดลองนี้แสดงถึงประสิทธิภาพและลักษณะการออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงทดสอบแต่ละชนิดแตกต่างกัน ทำให้ค่าความเป็นพิษที่ได้ในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน คือ สาร carbosulfan และสาร azadirachtin ที่ 24 ชม. สาร tebufenozide ที่ 48 ชม. ไล่ด้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ที่ 72 ชม. เนื่องจากสารฆ่าแมลงบางชนิดสามารถทำให้แมลงศัตรูพืชตายทันทีหลังได้รับสารภายใน 24 ชม. คือ สาร carbosulfan ที่เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชกลุ่ม carbamate ประเภทดูดซึม ออกฤทธิ์เมื่อสัมผัสถูกและกินตาย สารฆ่าแมลงอีกชนิดหนึ่ง คือ สาร azadirachtin ที่มีประสิทธิภาพและออกฤทธิ์ต่อแมลงศัตรูพืชได้หลายรูปแบบในคราวเดียวกัน เช่น ยับยั้งกระบวนการลอกคราบ ยับยั้งการกินอาหาร ยับยั้งการพัฒนาและการเจริญเติบโต ผลต่อความสามารถในการวางไข่และการผลิตลูกหลาน ผลต่อการเคลื่อนไหวและการบิน ผลต่อความสามารถในการผสมพันธุ์ เป็นต้น ทั้งนี้เกิดขึ้นจากการที่สะเคาประกอบด้วยสารสำคัญหลายชนิดมากกว่า 100 สาร ส่วนสารฆ่าแมลงบางชนิดที่ไม่ทำให้แมลงศัตรูพืชตายทันทีแต่จะทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ หลังได้รับสารภายใน 48 - 72 ชม. คือ สาร tebufenozide ที่ออกฤทธิ์ด้วยการเข้าไปยับยั้งหรือควบคุมการเจริญเติบโตของแมลงศัตรูพืช เมื่อแมลงศัตรูพืชที่กินยานี้เข้าไปจะทำ

ให้ไม่สามารถลอกคราบได้และตายในที่สุดภายใน 48 - 96 ชม. ส่วนสารฆ่าแมลงบางชนิดที่ไม่ทำให้แมลงศัตรูพืชตายทันที แต่จะทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ หลังได้รับสารภายใน 48 - 72 ชม. คือ ไล่เดือนฝอย *S. carpocapsae* เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ทำให้แมลงศัตรูพืชบางชนิดเป็นโรค โดยการเข้าไปอาศัยอยู่ในเลือดหรือช่องว่างภายในตัวแมลงศัตรูพืช แล้วเจริญเติบโตพร้อมทั้งถ่ายแบคทีเรียที่อยู่ในส่วนลำไส้ออกมา ซึ่งแบคทีเรียพวกนี้จะเป็นสาเหตุทำให้แมลงเกิดอาการเลือดเป็นพิษและตายในที่สุดภายใน 48 ชม. ส่วนแบคทีเรีย *B. thuringiensis* เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ทำให้แมลงศัตรูพืชบางชนิดเป็นโรค โดยการทำให้กระเพาะและลำไส้ของแมลงศัตรูพืชเป็นอัมพาตหยุดกินอาหารและตายในที่สุดภายใน 48 - 72 ชม.

นอกจากนี้ยังพบว่าสาร azadirachtin มีประสิทธิภาพต่ำในการควบคุมป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในสภาพห้องปฏิบัติการ เพราะหนอนกระทู้ผักหลีกเลี่ยงการกินและสัมผัสอาหารเทียมที่ปนเปื้อนสารฆ่าแมลงทดสอบ ทำให้หนอนกระทู้ผักมีขนาดตัวเล็ก โตเกาะอยู่นิ่งๆ ที่ฝากระปุกทดลอง และมีอัตราการตายต่ำ ทำให้ค่าความพิษ ( $LC_{50}$ ) ที่ได้มีค่าความเข้มข้นสูงถึง 400 ppm ที่ 24 ชม. อารมย์ แสงวนิชย์ (2539) ได้รายงานว่าการสกัดสะเดาสามารถควบคุมแมลงปากดูดพวกเพลี้ยอ่อน และแมลงหวี่ขาวได้ผลเพียงปานกลาง แต่จะได้ผลดีมากกว่าหนอนผีเสื้อต่างๆ การออกฤทธิ์ของสารสกัดสะเดาไม่รวดเร็วเหมือนสารฆ่าแมลง ต้องใช้ระยะเวลาพอสมควรจึงจะเห็นผล และสารสกัดสะเดาไม่ออกฤทธิ์โดยการสัมผัส แต่จะออกฤทธิ์เมื่อแมลงกินพืชอาหารที่มีสารออกฤทธิ์นี้เข้าไปและจะค่อยๆ แสดงอาการตามกลไกการออกฤทธิ์ทำให้แมลงตายในที่สุด ซึ่งฤทธิ์ทางด้านสัมผัสอาจจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อใช้ในความเข้มข้นสูงๆ เท่านั้น และยังพบว่าในส่วนของไล่เดือนฝอย *S. carpocapsae* และแบคทีเรีย *B. thuringiensis* หลังหยดสารฆ่าแมลงทดสอบบนหน้าอาหารเทียมภายใน 48 - 72 ชม. ทำให้อาหารเทียมเกิดการเน่าเสีย ซึ่งอาจทำให้อัตราการตายของหนอนกระทู้ผักที่ได้เป็นเหตุเนื่องมาจากอาหารเป็นพิษได้

## 5.2 การทดลองที่ 2 : ศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดหอนกระทุ้ก้วย 2 ในสภาพไร่ดาวเรืองอาหารสัตว์

### 1) ประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 7 18 และ 25 จะเห็นได้ว่าที่อัตราความเข้มข้น 75% และ 100% อัตราแนะนำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหอนกระทุ้ก้วย 2 และค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จึงควรใช้อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำเพราะจะทำให้ประหยัดปริมาณการใช้สารและค่าใช้จ่าย แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงทดสอบชนิดอื่นจะเห็นได้ว่าที่ 75% อัตราแนะนำมีประสิทธิภาพในการควบคุมหอนกระทุ้ก้วย 2 ต่ำ คือมีอัตราการตายไม่ถึง 40% และมีความเสียหายของพื้นที่มากถึง 0.62 ซม.<sup>2</sup> ดังนั้นจึงควรใช้สาร carbosulfan ที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ (หรืออัตราแนะนำ) เพราะมีประสิทธิภาพสูงกว่า 75% อัตราแนะนำและทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงขึ้นไม่แตกต่างจากสารฆ่าแมลงทดสอบชนิดอื่นที่ใช้ที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 14 – 17 แสดงให้เห็นว่าหลังฉีดพ่นสาร carbosulfan 5 วันพบพืชตกค้างในสภาพธรรมชาติระดับต่ำมาก โดยพืชตกค้างของอัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำทำให้มีอัตราการตายของหอนกระทุ้ก้วย 2 เพียง 4.17% จากการสังเกตระหว่างการทดลองยังพบว่าสาร carbosulfan สามารถควบคุมปริมาณเพลี้ยไฟในแปลงดาวเรืองอาหารสัตว์ได้ในระดับต่ำถึงปานกลาง

สารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan เป็นสารฆ่าแมลงที่มีพิษกว้าง (broad-spectrum) มีการแนะนำให้ใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูพืชมากกว่า 10 ชนิด ซึ่งรวมทั้งเพลี้ยไฟ *S. dorsalis* (กองกัญและสัตว์วิทยา, 2541) พิมลพร (2537) ได้รายงานผลการศึกษาในสภาพสวนผลไม้ว่าสาร carbosulfan มีพิษสูงต่อศัตรูธรรมชาติ เช่น แตนเบียนไข่ ไรตัวห้ำ ตัวง่าลาย และตัวอ่อนของแมลงช้างปีกใส เป็นต้น นอกจากนั้นยังเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงต่อแมลงผสมเกสร ตัวอย่างเช่น ผึ้ง อีกด้วย จากการทดลองที่ 2 สังเกตได้ว่าภายหลังจากการใช้ carbosulfan หลายครั้งติดต่อกัน การทำลายของเพลี้ยไฟมีแนวโน้มที่จะรุนแรงขึ้นกว่าเดิม อาจเนื่องมาจากการใช้สาร carbosulfan ที่มีพิษกว้างทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนประชากรของศัตรูอย่างมากภายหลังการใช้และการมีพิษสูงต่อศัตรูธรรมชาติ จึงน่าจะเป็นเหตุผลหนึ่ง

Funderburk et al. (1998) ได้รายงานผลการทดลองที่ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มของประชากรเพลี้ยไฟ *Frankliniella occidentalis* ในแปลงพริกที่ใช้สารฆ่าแมลงที่มีพิษกว้าง เมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่ใช้สารเกิดขึ้น เนื่องจากมวนตัวห้ำ *Orius insidiosus* ถูกทำลายจนเกือบหมด

## 2) ประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดาลำเจ็ฐรูป azadirachtin

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 8 19 และ 25 จะเห็นได้ว่า ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  และ 100% อัตราแนะนำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จึงควรใช้อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ เพราะสามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักวัย 2 อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีอัตราการตายถึง 67.70% แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงทดสอบชนิดอื่นที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ พบว่าที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำมีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้ผักปานกลางคือมีอัตราการตายสูงกว่า 50% และมีความเสียหายของพื้นที่เป็น 0.21 ซม.<sup>2</sup> ดังนั้น จึงควรใช้สาร azadirachtin ที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ เพราะสามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักวัย 2 อย่างมีประสิทธิภาพ ประหยัดปริมาณการใช้สารและค่าใช้จ่าย และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 14 – 17 แสดงให้เห็นว่าหลังฉีดพ่นสาร azadirachtin 5 วัน ไม่พบพืชตกค้างในสภาพธรรมชาติเลยและยังพบว่าสาร azadirachtin ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  มีค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่น้อยที่สุดและมากที่สุดที่อัตราความเข้มข้น 50% อัตราแนะนำซึ่งปฏิกิริยาตอบสนองของอัตราความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเสียหายของพื้นที่ลดลง จากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าไม่ควรใช้สาร azadirachtin ในอัตราความเข้มข้นสูงๆ ทั้งนี้เนื่องจากมีผลกระทบต่อชาวไร่อาหารสัตว์โดยทำให้เกิด phytotoxic ได้ซึ่งทำให้เป็นผลเสียมากกว่าผลดี ถึงแม้ว่าการใช้สาร azadirachtin ในอัตราความเข้มข้นที่สูงนั้นจะให้ผลดีในด้านลดความเสียหายที่เกิดจากหนอนกระทู้ผักก็ตาม นอกจากนี้จากการสังเกตระหว่างการทดลองยังพบว่าสาร azadirachtin ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  ยังสามารถควบคุมปริมาณเพลี้ยไฟในแปลงชาวไร่อาหารสัตว์ได้ในระดับต่ำถึงปานกลาง

ศรีสุดา ทั่วทอง (2539) รายงานการทดลองใช้สารสกัดสะเดาในอัตราความเข้มข้น 100 200 300 และ 400 ppm มีผลทำให้เกิด phytotoxic แก่เบญจมาศในระดับที่ต่างกัน คือ เฉลี่ย 0.9 20.8 25.6 และ 91.7% ตามลำดับ อาการ phytotoxic คือ ทำให้ดอกเบญจมาศมีขนาดเล็กและกลีบดอกสั้นผิดปกติ ซึ่งที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm ทำให้เปอร์เซ็นต์ดอกเสียจากเพลี้ยไฟเกิดมาก เป็น 10.9 - 20.1% และไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการไม่ฉีดพ่นสารซึ่งมีดอกเสีย 15.6% ส่วนที่ความเข้มข้น 400 และ 300 ppm เป็น 0.2 - 3.8% และยังพบจำนวนเพลี้ยไฟที่ความเข้มข้น 100 200 และ 300 ppm จำนวน 191.2 - 334.5 ตัว และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนที่ความเข้มข้น 400 ppm มีจำนวน 131.6 ตัว และแตกต่างกันทางสถิติจากความเข้มข้น 100 และ 200 ppm ซึ่งจำนวนเพลี้ยไฟที่พบให้ผลที่สอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์ดอกเสียที่เกิดจากเพลี้ยไฟเข้าทำลาย นอกจากนี้ยังพบว่าที่ความเข้มข้น 100 200 และ 300 ppm ให้เปอร์เซ็นต์ดอกดีและผลผลิตเฉลี่ย 66.0 - 70.6 % และ 128.4 - 144.2 ดอก และแตกต่างกันทางสถิติจากการไม่ฉีดพ่นสาร ส่วนที่ความเข้มข้น 400 ppm

เฉลี่ย 7.3% และ 3.9 ดอก และยังพบอาการ phytotoxic เมื่อใช้สารสกัดสะเดาในอัตราความเข้มข้นสูง

เนื่องจากสาร azadirachtin สลายตัวได้ง่ายในสภาพธรรมชาติ เมื่อถูกแสงแดด อุณหภูมิสูง สารละลายอินทรีย์ และมีฤทธิ์ตกค้างอยู่ได้นานไม่เกิน 4 วันหลังจากฉีดพ่นสาร (Koul, Isman, and Kettkar, 1990; Ahmad, Khan, and Khan, 1995; Gahukar, 1996) อุดมพร แฝงนคร (2528) รายงานว่าในสภาพแปลงทดลองเมื่อทำการฉีดพ่นสารสกัดสะเดาบนต้นถั่วแล้วรดน้ำไม่ให้ถูกใบ พบว่าสารสกัดสะเดาจะมีฤทธิ์ตกค้างบนใบอยู่ได้นานถึง 3 วัน ทดสอบโดยเมื่อตัดใบมาให้นอนกระทู้ผักกิ้น อัตราการตายจะสูงมากในช่วง 3 วัน แต่ในวันที่ 4 ฤทธิ์ตกค้างจะลดลงมากทำให้อัตราการตายต่ำลงมาก

### 3) ประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลง tebufenozide

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 9 20 และ 25 จะเห็นได้ว่า ที่อัตราความเข้มข้น 75% และ 100% อัตราแนะนำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 และค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จึงควรใช้อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ เพราะสามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักวัย 2 อย่างมีประสิทธิภาพคือมีอัตราการตายถึง 89.06% และมีความเสียหายของพื้นที่เพียง 0.12 ซม.<sup>2</sup> ซึ่งประหยัดปริมาณการใช้สารและค่าใช้จ่ายด้วย Mascarenhas et al. (1998) รายงานผลการทดสอบความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงทดสอบ 5 ชนิด ต่อหนอนกระทู้หอมในสภาพไร่ โดยเรียงจากความเป็นพิษน้อยไปมากได้ดังนี้ คือ thiodicarb < chlorpyrifos < chlorfenapyr < tebufenozide < spinosad โดยช่วงความเข้มข้นของสาร tebufenozide ทำให้เกิดอัตราการตายของหนอนกระทู้หอมถึง 50% ที่ 72 ซม. นอกจากนี้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 14 – 17 แสดงให้เห็นว่าหลังฉีดพ่นสาร tebufenozide 5 วัน พบพืชตกค้างในสภาพธรรมชาติระดับปานกลาง โดยพืชตกค้างของอัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ ทำให้มีอัตราการตายของหนอนกระทู้ผักถึง 29.17%

ในประเทศไทย Moulton et al. (2002) รายงานยืนยันถึงการพัฒนาความต้านทานของผีเสื้อหนอนกระทู้สกุล *Spodoptera* หลายชนิด ในพื้นที่ใกล้กรุงเทพมหานครบริเวณอำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี ซึ่งเป็นแหล่งปลูกผักที่มีการใช้สาร tebufenozide ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 โดยพบความต้านทานในปี พ.ศ. 2538 และมีค่า LC<sub>90</sub> เพิ่มขึ้น 45 - 68 เท่า ในตัวอ่อนวัย 1 และ 150 - 1,500 เท่าในตัวอ่อนวัย 3 ไพศาล รัตนเสถียรและคณะ (2539) รายงานว่าสาร tebufenozide เป็นสารชนิดใหม่ต้องระมัดระวังในการใช้มาก จากศึกษาปฏิบัติโดยทำการใช้สาร tebufenozide 2 - 3 ครั้งติดต่อกันจากนั้นแนะนำให้เปลี่ยนใช้สารชนิดอื่นสลับแทน เช่น amitaz (Mitac 20%EC) เป็นต้น ดังนั้น จึงควรใช้สาร tebufenozide อย่างระมัดระวังเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้หนอนกระทู้สร้างความต้านทานได้

#### 4) ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae*

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 10 21 และ 25 จะเห็นได้ว่า ที่อัตราความเข้มข้น 75% และ 100% อัตราแนะนำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 และค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จึงควรใช้อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ เพราะสามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักวัย 2 อย่างมีประสิทธิภาพคือมีอัตราการตายถึง 69.02% และมีความเสียหายของพื้นที่เพียง 0.12 ซม.<sup>2</sup> ซึ่งประหยัดปริมาณการใช้สารและค่าใช้จ่ายด้วย และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 14 – 17 แสดงให้เห็นว่าหลังฉีดพ่นไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* 5 วัน พบพืชตกค้างในสภาพธรรมชาติระดับปานกลาง โดยพืชตกค้างของอัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำทำให้มีอัตราการตายของหนอนกระทู้ผักถึง 29.17% เท่ากับสาร tebufenozide

อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการอยู่รอดและความสามารถในการเข้าทำลายแมลงศัตรูพืชของไส้เดือนฝอย (Kaya, 1990; Mason and Hominick, 1995) บัญชา ชินศรี และคณะ (2542) รายงานว่าอุณหภูมิมีผลต่อการอยู่รอดของตัวอ่อนระยะทำลาย (infective juveniles) ของไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ซึ่งในสภาพอุณหภูมิต่ำจะมีการอยู่รอดได้ดีกว่าในสภาพอุณหภูมิสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิ 35°C นั้น ความสามารถในการอยู่รอดจะลดลงอย่างรวดเร็วจนเป็นศูนย์ภายใน 6 - 8 สัปดาห์เท่านั้น แต่ถ้าอุณหภูมิไม่เกิน 25°C นั้นมีผลในทางลบต่อไส้เดือนฝอยเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 5°C ซึ่งถือว่าเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดต่อการอยู่รอดของไส้เดือนฝอย และยังพบว่าความสามารถในการเข้าทำลายแมลงของไส้เดือนฝอยที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นไปในลักษณะเช่นเดียวกับการอยู่รอด Grewal et al. (1994) รายงานว่าการนำไส้เดือนฝอยไปใช้เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญเกี่ยวกับอุณหภูมิ โดยในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิเกิน 30°C นั้นนอกจากจะมีผลต่อการอยู่รอดของไส้เดือนฝอยในดินแล้ว ยังมีผลต่อความสามารถในการขยายพันธุ์ของไส้เดือนฝอยภายในตัวแมลงศัตรูพืชและมีผลต่อเนื่องถึงการเพิ่มปริมาณของไส้เดือนฝอยในสภาพธรรมชาติด้วย (nematode recycle) จากการทดลองที่ 2 ในสภาพไร้อุณหภูมิช่วงการทดลองตั้งแต่เดือน 1 พฤศจิกายน 2544 ถึง 1 พฤษภาคม 2545 สูงกว่า 25°C แต่ไม่เกิน 35°C ทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักอยู่ในระดับปานกลางจึงน่าจะเป็นเหตุผลหนึ่ง

#### 5) ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis*

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 11 22 และ 25 จะเห็นได้ว่า ที่อัตราความเข้มข้น 75% และ 100% อัตราแนะนำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 และค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จึงควรใช้อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ เพราะสามารถควบคุม



คุมหนอนกระทู้ผักวัย 2 อย่างมีประสิทธิภาพปานกลางคือมีอัตราการตาย 40.50% และมีความเสียหายของพื้นที่เพียง 0.12 ซม.<sup>2</sup> ซึ่งประหยัคปริมาณการใช้สารและค่าใช้จ่าย และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 14 – 17 แสดงให้เห็นว่าหลังฉีดพ่นแบคทีเรีย *B. thuringiensis* 5 วัน พบพืชตกค้างในสภาพธรรมชาติระดับปานกลาง โดยพืชตกค้างของอัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำทำให้มีอัตราการตายของหนอนกระทู้ผักถึง 20.83%

ทิพย์วดี อรรถธรรม (2540) รายงานว่าการใช้จุลินทรีย์ *B. thuringiensis* (Bt) เป็นจุลินทรีย์ที่พบทั่วไปในธรรมชาติสามารถสร้างสารพิษ delta-endotoxin เมื่อแมลงกินอาหารที่มีสารพิษปนเปื้อนเข้าไปจะถูกน้ำย่อยในกระเพาะอาหารของแมลงเปลี่ยนเป็น true toxin ที่เป็นพิษทำลายระบบย่อยอาหารของแมลงโดยเฉพาะที่ขากรรไกรจะแข็ง ทำให้กินอาหารไม่ได้ เคลื่อนไหวได้ช้าลงและตายในที่สุด ในสภาพแวดล้อมธรรมชาติมีผลต่อประสิทธิภาพของ *B. thuringiensis* (McGuire and Shasha, 1995) โดยเฉพาะแสงแดดและฝนจะทำลาย spore ลด toxic protein และพืชตกค้างของสารฆ่าแมลง (Frye et al., 1973; Leong et al., 1980; Pozsgay et al., 1987 McGuire et al., 1995) McGuire et al. (1996) รายงานว่าปัจจัยสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันมีผลกระทบต่อการอยู่รอดของ microbial pesticide โดยในสภาพที่มีแสงแดดจะทำให้การแสดงออกของ *B. thuringiensis* อยู่ได้นาน 8 ชม. ถึง 3 วัน Robert et al. (1997) รายงานว่าแสงแดดและฝนส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพ *B. thuringiensis* คือทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนคืบกะหล่ำลดลงประมาณ 20% เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ไม่มีแสงแดดและฝนตก จากการทดลองที่ 2 ในสภาพไร่ช่วงการทดลองตั้งแต่เดือน 1 พฤศจิกายน 2544 ถึง 1 พฤษภาคม 2545 มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงถึง 30°C และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1.3 มม. ทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางจึงน่าจะเป็นเหตุผลหนึ่ง

## บทที่ 6

### สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการทดสอบสารเคมีและสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง (1) ในสภาพห้องปฏิบัติการและ (2) สภาพไร่เพื่อควบคุมหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* F.) วัย 2 ในดาวเรืองอาหารสัตว์สรุปได้ดังนี้

การศึกษาความเป็นพิษ ( $LC_{50}$ ) ของสารฆ่าแมลงทดสอบ 5 ชนิดต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในห้องปฏิบัติการโดยวิธี feeding และ residue film test (กินและสัมผัส) บนอาหารเทียม การทดลองชี้ให้เห็นว่าสารฆ่าแมลง tebufenozide เป็นสารฆ่าแมลงที่มีความเป็นพิษ ( $LC_{50}$ ) ต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 สูงสุดในการทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ รองลงมา คือสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan > สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* > สารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูป > สารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ตามลำดับ

การศึกษาการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ต่อสารฆ่าแมลงทดสอบ 5 ชนิดในสภาพไร่ดาวเรืองอาหารสัตว์ การทดลองชี้ให้เห็นว่าที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ (หรืออัตราแนะนำ) ของสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิดมีประสิทธิภาพสูงสุดในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผัก ยกเว้นสารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูป ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  มีประสิทธิภาพสูงสุด แต่มีผลทำให้ดาวเรืองอาหารสัตว์เกิด phytotoxic อย่างไรก็ดีตามควรใช้สารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิดที่อัตราความเข้มข้น 75% อัตราแนะนำ เพราะสามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักวัย 2 อย่างมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากการใช้สารที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ ทำให้ประหยัดปริมาณการใช้สารและไม่ทำให้เกิด phytotoxic ยกเว้นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan ควรใช้ที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำ

การศึกษาพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงทดสอบ 5 ชนิด การทดลองชี้ให้เห็นว่าสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* มีพิษตกค้างในสภาพธรรมชาติสูงสุด และต่ำสุด คือสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan และสารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูป แต่ผลการทดสอบพิษตกค้างที่ได้ไม่เกิน 50% ทำให้ตลอดฤดูปลูกมีการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิดจำนวน 3 ครั้ง

การศึกษาความเสียหายของพื้นที่กิลิปดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ หลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบ 5 ชนิด การทดลองชี้ให้เห็นว่าที่อัตราความเข้มข้น 100% อัตราแนะนำของสารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิดมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดความเสียหายของพื้นที่เนื่องจากการทำลายของหนอนกระทู้ผัก ยกเว้นสารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูป ที่อัตราความเข้มข้น  $LC_{50}$  มีประสิทธิภาพสูงสุด แต่มีผล

ทำให้ดาวเรืองอาหารสัตว์เกิด phytotoxic อย่างไรก็ตามควรใช้สารฆ่าแมลงทดสอบทุกชนิดที่อัตราความเข้มข้น 75%อัตราแนะนำ เพราะสามารถลดความเสียหายของพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากการใช้สารที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำ ทำให้ประหยัดปริมาณการใช้สารและไม่ทำให้เกิด phytotoxic ยกเว้นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan ควรใช้ที่อัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำ

การศึกษาค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบ 5 ชนิด พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ พืชตกค้างในสภาพธรรมชาติ และปริมาณการใช้สาร การทดลองชี้ให้เห็นว่าสารฆ่าแมลง tebufenozide ที่อัตราความเข้มข้น 75%อัตราแนะนำมีค่าใช้จ่ายต่ำและสิ้นเปลืองน้อยที่สุด

ชนิดของสารฆ่าแมลงและอัตราความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้ป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในสภาพไรดาวเรืองอาหารสัตว์ พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 ค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ พืชตกค้างในสภาพธรรมชาติ ปริมาณการใช้สาร และค่าใช้จ่าย การทดลองชี้ให้เห็นว่าสารฆ่าแมลง tebufenozide ที่อัตราความเข้มข้น 75%อัตราแนะนำ(375 ppm) เหมาะสมที่สุด เพราะสามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักวัย 2 ในสภาพไรภายใน 3 วันได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่แตกต่างจากอัตราความเข้มข้น 100%อัตราแนะนำ อีกทั้งยังประหยัดปริมาณการใช้สารสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด และไม่ทำให้เกิด phytotoxic ต่อดาวเรืองอาหารสัตว์

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเข้มข้นของสารฆ่าแมลงที่เพิ่มขึ้นเป็นปฏิภาคโดยตรงกับเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนกระทู้ผักวัย 2 และเป็นปฏิภาคกลับกับค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์

## รายการอ้างอิง

กนกพร อุ๋นใจชน. 2535. แนวทางการจัดการสารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สำคัญ. ใน เอกสาร  
ประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 8 23 - 26 มิถุนายน 2535 กองกัญและสัตววิทยา กรม  
วิชาการเกษตร. หน้า 1 - 26.

กนกพร อุ๋นใจชน. 2537. ความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทู้หอมในห้องปฏิบัติการ. ใน  
เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 9 21 - 24 มิถุนายน 2537 กองกัญและสัตววิทยา  
กรมวิชาการเกษตร. หน้า 1 - 16.

กรมวิชาการเกษตร. 2538. แมลงศัตรูไม้ดอก ไม้ประดับของประเทศไทย. กรมวิชาการเกษตร  
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 148 หน้า.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2524. สถิติข้อมูลการผลิตไม้ดอกไม้ประดับที่สำคัญ. ฝ้ายไม้ดอกไม้ประดับ  
กองส่งเสริมพืชพันธุ์. 38 หน้า.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2529. ข้อมูลการผลิตไม้ตัดดอกที่สำคัญ. ฝ้ายไม้ดอกไม้ประดับและพืช  
สมุนไพร กองส่งเสริมพืชพันธุ์. 42 หน้า.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2542. การส่งเสริมไม้ดอก-ไม้ประดับของจังหวัดนครราชสีมา. ฝ้ายส่งเสริม  
และพัฒนาการผลิต สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา. 7 หน้า.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2543. โครงการปลูกดาวเรืองเพื่ออุตสาหกรรมและส่งออก กรมส่งเสริมการ  
เกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แผ่นพับ. 2 หน้า.

กองกัญและสัตววิทยา. 2533. คำแนะนำการใช้สารฆ่าแมลงและสัตว์ศัตรูพืชปี 2533. เอกสารวิชาการ  
กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย,  
กรุงเทพฯ. 232 หน้า.

กองกัญและสัตววิทยา. 2541. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืชปี 2541. เอกสารวิชา  
การ กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่ง  
ประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 285 หน้า.

กองกัญและสัตววิทยา. 2543. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืชปี 2543. เอกสารวิชา  
การ กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศ  
ไทย, กรุงเทพฯ. 282 หน้า.

เกรียงไกร จำเริญมา, วัชรรา ชูณหวงศ์ และบุญสม เมฆสองสี. 2528. หนอนเจาะสมอฝ้ายแมลงศัตรูห่อ  
รวงข้าวฟ่าง. ใน รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2528 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูข้าวโพดและพืช  
ไร่อื่นๆ กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 102 - 113.

เกรียงไกร จำเริญมา, อรุณี วงษ์กอบรัชฎ์ และโอชา ประจวบเหมาะ. 2529. การทดสอบสารฆ่าแมลง  
ในการป้องกันกำจัดหนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่าง. ใน รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี

- 2529** กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูข้าวโพดและพืชไร่อื่นๆ กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการ เกษตร. หน้า 77 - 89.
- จุฑามาศ อ่อนพิมล. 2538. การปลูกดาวเรือง. ใน เอกสารวิชาการ โครงการหนังสือเกษตรชุมชน : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 61 - 65.
- จุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์. 2540. เทคโนโลยีศัตรูพืช I. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 345 หน้า.
- จักรพงษ์ พิริยะพล, สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น และเพชร ช่างชิม. 2541. เพลี้ยไฟแดงโมและการป้องกัน กำจัด. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 11 3 - 6 มีนาคม 2541 กองกัญและ สัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 81 - 93.
- ชัย เชษฐสมบัติ, ปรีชา อารีกุล และอุทัย เกตุนุติ. 2523. การประเมินผลการใช้เชื้อไวรัสและสารฆ่า แมลงเพื่อกำจัดหนอนกระทู้หอม. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 2 24 - 27 มิถุนายน 2523 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 419 - 422.
- ณรงค์ โฉมเฉลา. 2534. เทคโนโลยีการผลิตไม้ดอกไม้ประดับ. สมาคมไม้ประดับแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 38 หน้า.
- ทอมแมโจ. (28 กุมภาพันธ์ 2538). ดาวเรืองทางสว่างเรืองรองของเกษตรกรอีกทางหนึ่ง. เติมนิวส์ :13.
- ทิพย์วดี อรรถธรรม. 2540. การควบคุมโดยวิธีชีวภาพแนวทางใหม่สำหรับเกษตรกร. ข่าวสาร เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมเพื่อธุรกิจ. 3(4) : 4 - 5.
- นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด. 2542. การเพาะเลี้ยงไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสาบพันธุ์ไทย (*Steinernema* sp.) บนอาหารเทียมชนิด lipid agar. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 37 3 - 5 กุมภาพันธ์ 2542 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 320 - 325.
- บุญทิวา วาতিরรัมย์, ศรีสมร พิทักษ์, เตือนจิตต์ สัตยาวิรุทธ์ และชัยพัฒน์ จิระธรรมจารี. 2541. ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดาและระยะเวลาพ่นสารสกัดที่เหมาะสมในการป้องกัน กำจัดเพลี้ยอ่อนในถั่วเหลืองฝักสด. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 11 3 - 6 มีนาคม 2541 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 443 - 462.
- บัญชา ชินศรี, นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด, วัชร สมสุข และพิมลพร นันทะ. 2542. อิทธิพลของอุณหภูมิ ต่อการอยู่รอดและการเข้าทำลายแมลงของไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* (All strain). ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 37 3 - 5 กุมภาพันธ์ 2542 กองกัญ และสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 333 - 337.

- ประทีป ราชแพทยาคม. 2526. อาหารผสมและการให้อาหารไก่. หน้า 168-169. ใน สุวรรณ เกษตรสุวรรณ และคณะ .2526. การเลี้ยงไก่. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ. 409 หน้า.
- ปิยรัตน์ เขียนมีสุข, พิสมัย ขวลิทวงษ์พร, วินัย รัชตปกรณชัย และอนันต์ วัฒนธัญกรรม. 2523. การศึกษาการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูสำคัญของมันเทศ. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 2 24 - 27 มิถุนายน 2523 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 386 - 401.
- ปิยรัตน์ เขียนมีสุข, จาริ เกียรติสุพิมล, อนันต์ วัฒนธัญกรรม และอวบ สารถ้อย. 2531. ตารางชีวิตของหนอนใยผัก. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 6 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 611 - 644.
- ปิยรัตน์ เขียนมีสุข, อนันต์ วัฒนธัญกรรม และแพรวพรรณ พันธุ์เรณู. 2533. แมลงศัตรูกระเจี๊ยบเขียว. เกษตร. 14(3) : 44 - 48.
- ปิยรัตน์ เขียนมีสุข, อุทัย เกตุนุติ, ลัดดาวัลย์ งามวงศ์ธรรม, สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น และกอบเกียรติ์ บันสิทธิ์. 2537. การทดสอบสารฆ่าแมลงเชื้อแบคทีเรียและไวรัสนในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* Hübner ในกระเจี๊ยบเขียว. ว. กัญ. สัตว. 16(4) : 227 - 235.
- ปิยรัตน์ เขียนมีสุข, อูราพร ใจเพชร, อุทัย เกตุนุติ, ไพศาล รัตนเสถียร, ศิริณี พูนไชยศรี, อัจฉรา ดันดิโชค, เครือพันธุ์ กิตติปกรณ และจาตุรงค์ ฤกษ์สังเกตุ. 2541. ทดสอบป้องกันกำจัดศัตรูกระเจี๊ยบเขียวโดยวิธีผสมผสาน. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 11 3 - 6 มีนาคม 2541 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 91 - 108.
- ปรีชา วังศิลาบัตร, สุวัฒน์ รอยอารีย์, เรวัต ภัทรสุทธิ, เฉลิมวงศ์ ถิระวัฒน์ และวนิช ยาคล้ำ. 2538. มิตรและศัตรูของชาวนา (ศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ). ใน เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูข้าวและธัญพืชเมืองหนาว กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟินน์ พับบลิชิ่ง, กรุงเทพฯ. 112 หน้า.
- พิมลพร นันทะ, จุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์, สกิต ปฐมรัตน์, รัตนา นชะพงษ์ และรุจ มรกต. 2534. รายชื่อแมลงศัตรูธรรมชาติของพืชเศรษฐกิจบางชนิดในประเทศไทย. ใน เอกสารวิชาการ การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 88 - 117.
- พิมลพร นันทะ. 2537. ผลของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อศัตรูธรรมชาติในสวนผลไม้. ว. กัญ. สัตว. 16 : 236 - 243.

- พิสมัย ขวลิตวงษ์พร. 2530. **แมลงศัตรูสำคัญของไม้ดอกและการป้องกันกำจัด**. เอกสารวิชาการ การอบรมหลักสูตรแมลงศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด ครั้งที่ 4 1- 12 มิถุนายน 2530 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 42 หน้า.
- พิสมัย ขวลิตวงษ์พร และอนันต์ วัฒนธัญกรรม. 2531. **แมลงศัตรูไม้ดอก**. เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชไม้ดอกและไม้ประดับ กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 41 หน้า.
- พิสิษฐ์ เสพสวัสดิ์, ศรีสมร พิทักษ์, เรณู สุวรรณพรสกุล, เตือนจิตต์ สัตยาวิรุทธิ์ และสาทร สิริสิงห์. 2529. ผลของการตัดใบที่มีต่อผลผลิตของถั่วลิสง. ใน **รายงานการสัมมนาเรื่องงานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 4 19 - 21 กุมภาพันธ์ 2529** กรมวิชาการเกษตร. หน้า 273 - 276.
- พิสิษฐ์ เสพสวัสดิ์, ปัญญา ปุญญาถาวร, สาทร สิริสิงห์, เตือนจิตต์ สัตยาวิรุทธิ์, ศรีสมร พิทักษ์ และวิเชียร บำรุงศรี. 2534. **แมลงศัตรูพืชไร่น้ำมันและพืชไร่ตระกูลถั่ว**. ใน **เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 6 17 - 22 มิถุนายน 2534** กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 34 หน้า.
- เพิ่มศักดิ์ สุทธิวาริ. 2522. **การเปรียบเทียบดาวเรืองเพื่อใช้เป็นพืชสีและไม้ประดับ**. ปัญหาพิเศษปริญญาโทบริหารธุรกิจ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 56 หน้า.
- ไพศาล รัตนเสถียร, จิรนุช เอกอำนวยการ และจาตุรงค์ ฤกษ์สังเกตุ. 2539. การพันสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูงู. ใน **เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 10 24 - 28 มิถุนายน 2539** กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 669 - 692.
- ไพศาล รัตนเสถียร และจาตุรงค์ ฤกษ์สังเกตุ. 2541. แนวทางลดการใช้สารเคมีด้วยการลดอัตราการใช้ร่วมกับการใช้เชื้อไวรัส NPV และเชื้อ Bt. เพื่อการกำจัดหนอนกระทู้หอม. ใน **เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 11 3 - 6 มิถุนายน 2541** กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 111 - 120.
- ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2540. **สถิติเพื่อการวิจัยและวางแผนการทดลอง**. พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 286 หน้า.
- ไพศาล สุภาภคเสน, พิสุทธิ เอกอำนวยการ, มานพ นชะพงษ์, พานิช จิตดี, ธนิต โสภโณคร และสว่าง วังบุญคง. 2529. ผลกระทบจากการพันสารไซเปอร์เมทรินอัตราต่างๆ ต่อการแพร่ระบาดของแมลงหิวข้าว. ใน **รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2529** กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชและพืชเส้นใย กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 18 - 25.



- มานพ ชะพงษ์. 2531. บทบาทของกรมวิชาการเกษตรในการพัฒนาการปลูกฝ้ายเพื่อทดแทนการนำเข้า. ว. กัญ. สัตว. 10 : 38 - 41.
- มาลี ชวนะพงษ์, วัชร หงษ์ และชำนาญ พิทักษ์. 2541. ประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงบางชนิดในการป้องกันกำจัดมวนอ้อยในข้าวฟ่างและผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจ. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 11 3 - 6 มีนาคม 2541 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 221 - 229.
- ไมตรี ปทุมวงษ์. 2541. ไม้ดอกเศรษฐกิจ. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 151 หน้า.
- ลักขณา บำรุงศรี, พรทิพย์ เทพกิดาการ และเกศรา จีระจรรยา. 2541. ประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดแมลงปากดูดศัตรูมะเขือเปราะ. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 11 3 - 6 มีนาคม 2541 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 209 - 219.
- วัชร สมสุข, อัจฉรา ดันติโชค, สรพล ตรุยานนท์, มะลิวัลย์ ปิ่นยารชุน, อุทัย เกตุณดี และอำนวยการ ฤณ อยุธยา. 2524. การศึกษาหาแมลงอาศัยของไส้เดือนฝอยแมลงศัตรูพืช. ใน รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2524 สาขาการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 185 - 187.
- วัชร สมสุข. 2534. ไส้เดือนฝอยควบคุมแมลงศัตรูพืช. การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ใน เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิจัยปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 182 - 197.
- วัชร สมสุข. 2536. ไส้เดือนฝอยที่มีประโยชน์ทางการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ (แผ่นพับ).
- วัชร สมสุข, พิมลพร นันทะ และประยูร จันทรงาม. 2539. พัฒนาการผลิตขยายไส้เดือนฝอยเป็นปริมาณมากด้วยอาหารเทียม. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 10 24 - 28 มิถุนายน 2539 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 255 - 264.
- วัชร สมสุข, พิมลพร นันทะ และเอนก บุตรรัญ. 2537. การควบคุมหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* ในดาวเรืองด้วยไส้เดือนฝอย. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 9 12-21 มิถุนายน 2537 กองกัญและสัตววิทยา กรมส่งเสริมการเกษตร. หน้า 55 - 62.
- แสน ตักวัฒนานนท์. 2520. แมลงศัตรูผักบางชนิดในภาคกลางของประเทศไทยและการป้องกันกำจัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 149 หน้า.
- สว่าง วังบุญคง. 2528. สารเคมีป้องกันกำจัดหนอนผีเสื้อเฮลิโอthisทำลายฝ้ายในประเทศไทย. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ เรื่องปัญหาหนอนผีเสื้อเฮลิโอthisในประเทศไทย 18 - 19 กรกฎาคม 2528 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 15 หน้า

สว่าง วังบุญคง, ลักษณะ บำรุงศรี และกิตติ อ้อไธสง. 2530. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงอัตราต่างๆ ในสภาพไร่ป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้าย. ใน รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2530 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูฝ้ายและเส้นใย กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 94 - 101.

สมชัย สุวงศ์ศักดิ์ศรี, กิตติ อ้อไธสง, มานพ นชะพงษ์, ลักษณะ บำรุงศรี และเกศรา จีระจรรยา. 2534. รูปแบบการใช้สารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้าย. ใน รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2534 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูฝ้ายและพืชเส้นใย กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 123 - 127.

สุพจน์ กิตติบุญญา, พิสุทธิ เอกอำนาจ, มานพ นชะพงษ์, ลักษณะ บำรุงศรี, กิตติ อ้อไธสง, สำราญ อินแถลง, สว่าง วังบุญคง, อำนวย ทองดี และนิยม จันทนาคม. 2529. การทดลองสลับกลุ่มสารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้าย. ใน รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2529 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูฝ้ายและพืชเส้นใย กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 105 - 123.

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. ไข่และเนื้อไก่. พิมพ์ครั้งที่ 2. อมรการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 382 หน้า.

สุวรรณา พรพจน์สุกกิจ. 2522. การใช้ดอกดาวเรืองแห้งในอาหารไก่เป็นแหล่งให้สีผิวหนังและไข่แดง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 120 หน้า.

สมเพียร เกษมทรัพย์. 2521. ดาวเรือง. วารสารพืชสวน. 12(3) : 42 - 45.

สมเพียร เกษมทรัพย์. 2525. การปลูกไม้ดอก. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟินนี่พับบลิชิ่ง, กรุงเทพฯ. 460 หน้า.

สมเพียร เกษมทรัพย์. 2532. เทคโนโลยีการผลิตและธุรกิจไม้ตัดดอก. โรงพิมพ์สำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรี, กรุงเทพฯ. 398 หน้า.

ศรีสุดา ไท้ทอง. 2539. ผลของสารสกัดสะเดาในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูไม้ดอก. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 10 24 - 28 มิถุนายน 2539 กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผักและไม้ดอกไม้ประดับ กองกัญและสัตววิทยา. หน้า 181 - 200.

ศรีสุดา ไท้ทอง, ปิยรัตน์ เขียนมิสุข, ไพศาล รัตนเสถียร, ศิริณี พูนไชยศรี, จาตุรงค์ ฤกษ์สังเกตุ และสมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น. 2541. เพลี้ยไฟกล้วยไม้และการป้องกันกำจัด. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 11 3 - 6 มีนาคม 2541 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 109 - 120.

อนันต์ วัฒนธัญกรรม. 2532. แมลงศัตรูผักไม้ดอกไม้ประดับ. ใน เอกสารวิชาการ การอบรมหลักสูตรแมลงศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด ครั้งที่ 5 5 - 16 มิถุนายน 2532 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 17 - 20.

- อรนุช กองกาญจนะ, วัชรรา ชุณหวงศ์ และบุญสม เมฆสองสี. 2529. ความสูญเสียผลผลิตข้าวโพดเนื่องจากหนอนเจาะลำต้นข้าวโพดและการป้องกันกำจัด. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 503 - 519.
- อารมย์ แสงวนิชย์. 2539. **สละสารธรรมชาติทางการเกษตร**. ใน เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรจากสารธรรมชาติ กองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 32 หน้า.
- อรุณี วงษ์กอบรัษฎ์, เกรียงไกร จำเริญมา, เถลิงศักดิ์ วีระวุฒิ และอรนุช กองกาญจนะ. 2536. ประสิทธิภาพสารสกัดสะเดาและสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดแมลงหีขาว. ว. กัญ. สัตว. 15(3) : 121 - 129.
- อุดมพร แพนงคร. 2528. **ประสิทธิภาพของสารสกัดจากสะเดาที่มีต่อหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* Hübner และหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (F.).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 54 หน้า.
- อุทัย เกตุนุติ, อัจฉรา ดันติโชค และพิมลพร นันทะ. 2533. การใช้เชื้อไวรัสควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้ายบนกระเจี๊ยบเขียว. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 20 - 23 มิถุนายน 2533 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 474 - 487.
- อุทัย เกตุนุติ. 2534. การควบคุมแมลงศัตรูพืชด้วยไวรัส. ใน เอกสารวิชาการ การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 118 - 147.
- อุทัย เกตุนุติ, อัจฉรา ดันติโชค และพิมลพร นันทะ. 2535. การใช้เชื้อไวรัส NPV ควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้ายบนส้มเขียวหวาน. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ความก้าวหน้าเทคโนโลยีชีวภาพการกลีกรวมและสิ่งแวดล้อม กรมวิชาการเกษตร. หน้า 249 - 256.
- อุทัย เกตุนุติ. 2539. การควบคุมแมลงศัตรูพืชด้วยไวรัส. ใน เอกสารวิชาการ การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีเพื่อการเกษตรยั่งยืน กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 128 - 162.
- อัจฉรา ดันติโชค. 2534. แบคทีเรียควบคุมแมลงศัตรูพืช. ใน เอกสารวิชาการ การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 148 - 166.
- อัญชลี สงวนพงษ์. 2543. **เทคโนโลยีการผลิตสารสกัดสะเดา.** ปาปรัส พับบลิชัน, กรุงเทพฯ. 136 หน้า.
- อัมพร วิโนทัย. 2538. เพลี้ยไฟ *Thrips palmi* และศัตรูธรรมชาติในประเทศไทย. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 2 9-11 ตุลาคม 2538 เชียงใหม่. หน้า 90 - 95.

โอชา ประจวบเหมาะ, เกลิงศักดิ์ วีระวุฒิ, อรุณ กองกาญจนะ, มาลี ชวนะพงศ์, อรุณี วงษ์กอบรัชฎ์ และบุญสม เมฆสองสี. 2523. ชีววิทยาและการป้องกันกำจัดหนอนกออ้อย. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 2 24 - 27 มิถุนายน 2523 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 64 - 80.

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

Ahmad, F., F. R. Khan, and M. R. Khan. 1995. Comparative efficacy of some traditional and nontraditional insecticides against sucking insect pests of cotton. **Sarhad J. of Agriculture.** 11(6) : 733 - 739.

Akhurst, R. J., and N. E. Boemare. 1990. Biology and toxonomy of *Xenorhabdus*, pp. 75 - 87. In Gaugler, R., and H. K. Kaya (Eds.). **Entomopathogenic Nematodes in biological control.** CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 365 pp.

Bailey, R., and M. D. Elvin. 1964. **The Good Housekeeping Illustrated Encyclopaedia of Gardening.** Hearst Magazines, New York. 1054 pp.

Ball, G. J. 1975. **Ball Red Book.** The Geo. J. Ball, Inc., Illinois. 306 pp.

Basu, A. C. 1945. Life-History and Bionomics of the cauliflower pest, *Prodenia litura* (F.). **Rev. Appl. Entmol. Ser. A.** 33 : 363.

Bendich, A. 1989. Carotenoids and the immune. **J. Nutr.** 119 : 112 - 115.

Berdegue, M., J. T. Trumble, and W. J. Moar. 1996. Effect of CRYIC from *Bacillus thuringiensis* on larval behavior of *Spodoptera exigua*. **Entomol. Exp. Appl.** 80 : 389 - 401.

Britton, G. 1995. Structure and properties of carotenoids in relation to function. **FASEBJ.** 9 : 1551 - 1558.

Bunder, J. 1996. **Biotechnology.** London and Basingstoke. Macmillan Education. 259 pp.

Carlson, H. W. 1977. Marigolds. **Horticulture.** 114(3) : 24 - 30.

Crockett, J. U. 1974. **Annals.** Time-Life Books, New York. 176 pp.

Dorn, A., J. M. Rademacher, and E. Seehn. 1987. Effect of azadirachtin on reproductive organs and fertility in the milkweed bug, *Oncopeltus fasciatus*, pp. 273 - 288. In Schmutterer, H., and K. R. S. Ascher (Eds.). **Natural Pesticides from the Neem Tree and Other Tropical Plants.** Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Neem Conferecne, Nairobi, Kenya. 1986.

- Dorn, A., and P. Trumm. 1993. Effect of azadirachtin on neural regulation of midgut persistalsis in *Locusta migratoria*. World Neem Conference, Bangalore. **India (Abstr.)**. 44 pp.
- Esteso, A. M. 2002. Carotenoids [On-line]. Available: <http://members.aol.com/profchm/carot.html>
- Finney, D. J. 1971. **Probit analysis**. Third edition. Cambridge University Press. 333 pp.
- Foley, D. J. 1952. **Garden Flower in Color**. The MacMillan Company, New York. 319 pp.
- Forrester, N. W. 1990. **Strategy change for the 1989 - 90 insecticide resistance management strategy for *Heliothis***. Advisory note No. 3/90 Div. Agr. Services, Australia. 5 pp.
- Freisewinkle, D. C., and H. Schmutterer. 1991. Kontaktwirkung von Niemoel bei Afrikanischen Wanderheuschrecke *Locusta migratoria migratorioides* (R. and F.). **Z. Angew Zool.** 78 : 189 - 203.
- Frye, R. D., C. G. Scholl, E. W. Scholz, and B. R. Funke. 1973. Effect of weather on a microbial insecticide. **J. Invertebr. Pathol.** 22 : 50 - 54.
- Funderburk, J. E., J. Stavisky, and S. M. Olsan. 1998. Density dependent regulation of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, in field peppers by the insidious flower bug, *Oris insidiosus*, pp. 183 - 186. In **Brighton Crop Protection Conference : Pest and Diseases 1998** : Volume 1 : Proceedings of an International Conference, Brighton, U.K.
- Gahukar, R. T. 1996. Formulations of neem based products/pesticides. **Pestology**. 20(9) : 44 - 55.
- Gaugler, R., and H. K. Kaya. 1990. **Entomopathogenic Nematodes in Biological Control**. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 365 pp.
- Gowda, J. V. N., and R. Jayanthi. 1986. Studies on the effect of spacing and season of planting on growth and yield of marigolds (*Tagetes erecta* Linn.). **South Indian Horticulture (India)**. 3(3) : 198 - 203.
- Green, M. M., J. M. Singer, D. J. Sutherland, and C. R. Hibben. 1991. Lavicidal Activity of *Tagetes minuta* (Marigold) toward *Aedes aegypti*. **J. of American Mosquito Control Association**. 7(2) : 282 - 286.
- Grewal, P. S., S. Selvan, and R. Gaugler. 1994. Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes : niche breadth for infection, establishment, and reproduction. **J. Thermal Biol.** 19 : 245 - 253.

- Grosscurt, A. C., and T. Pels. 1996. The current position of the IGR diflubenzuron (Dimilin) in European Fruit production. **IOBC/WPRS Bull.** 19(4) : 300 - 305.
- Guy, S., S. D. Tarlochan, D. Stefaan, T. Luc, and D. Danny. 1998. Action of the Ecdysteroid Agonist Tebufenozide in Susceptible and Artificially Selected Beet Armyworm. **Pestic. Sci.** 54 : 27 - 34.
- Hassancin, M. H. 1958. Nocturnal activity of insects as indicated by Light traps. **Rev. Appl. Entomol. Ser. A.** 46 : 88 pp.
- Hay, R. 1975. **Home and City Gardener.** H. K. Octopus Book. 81 pp.
- Hickey, M., and C. King. 1981. **100 Family of Flowering Plants.** Cambridge University Press. Cambridge. 567 pp.
- Holden, C. 1995. **The mosquito and marigold.** Science 268 : 809 pp.
- ISTA. 1993. International rules for seed testing rules 1993. **Seed Sci. and Technol.** 21:141 - 186.
- Jayarij, S. 1993. Neem in pest control : Progress and perspective, pp. 37 - 43. **In World Neem Conference** Bangalore, India.
- Kaya, H. K. 1990. Soil ecology, pp. 93 - 115. **In** Gaugler, R., and H. K. Kaya (Eds.). **Entomopathogenic nematodes in biological control.** CRC Press, Boca Raton. 365 pp.
- Kaya, H. K., and R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic nematodes. **Ann. Rev. Entomol.** 38 : 181 - 206.
- Kessler, J. R. 1998. Greenhouse Production of Marigolds [On-line]. Available : <http://GardenGuides@gardenguides.com>
- Koul, O., M. B. Isman, and C. M. Ketkar. 1990. Properties and uses of neem, *Azadirachtin indica*. **Canadian J. of Botany.** 68 : 1 - 11.
- Leong, K. L. H., R. J. Cano, and A. M. Kubinski. 1980. Factors affecting *Bacillus thuringiensis* total field persistence. **Environ. Entomol.** 9 : 593 - 599.
- Leslie, A. 1994. **Handbook of integrated pest management for turf and ornamentals.** Willey Ltd., New York. 551 pp.
- Marcovitch, S. 1954. The insect pest situation in Israeli agriculture. **J. Econ. Entomol.** 47(1) : 22 pp.

- Mascarenhs, V. J., J. B. Graves, B. R. Leonard, and E. Burris. 1998. Susceptibility of Field Populations of Beet Armyworm (Lepidoptera : Noctuidae) to Commercial and Experimental Insecticides. **J. Econ. Entomol.** 91(4) : 827 - 833.
- Mason, J., and W. M. Hominick. 1995. The effect of temperature on infection, development and reproduction of heterorhabditids. **J. Helminth.** 69 : 337 - 345.
- Mathews-Roth, M. M. 1990. Plasma concentration of carotenoids after large doses of beta-carotene. **Am. J. Clin. Nutr.** 52(3) : 500 - 501.
- McGuire, M. R. and B. S. Shasha. 1995. Strach encapsulation of microbial pesticides, pp. 229-237. *In* Hall, F. R., and J. W. Barry (Eds.). **Biolational pest control agents : formulation and delivery.** American Chemical Society, Washington, DC.
- McGuire, M. R., B. S. Shasha, C. E. Eastman, and Oloumi-Sadeghi. 1996. Starch- and Flour-Based Sprayable Formulation : Effect on Rainfastness and Solar Stability of *Bacillus thuringiensis*. **J.Econ. Entomol.** 89(4) : 863 - 869.
- Miyata, T., N. Sinchaisri, B. Sayampol, W. Rushtapakornchai, and A. Vattanatangum. 1988. Toxicology experiments, Insecticide Resistance Patterns. Report Meeting of the Joint Research Project "Insect Toxicological Studies on Resistance to Insecticides and Integrated Control of the Diamonback moth. March 9 - 12, 1988. Rama Garden Hotel, Bangkok . Thailand. 14 - 23 pp.
- Morlla-Rejesus, B., and L. C. Eroles. 1978. Two Insecticide Principles from Marigold (*Tagetes spp.*) Roots. **Phillip. Ent.** 4(1-2) : 87 - 98.
- Morlla-Rejesus, B., and A. Decena. 1982. The activity, Isolation, Purification and Identification of Insecticidal Principle from Tagetes. **Phillip. J. Crop. Sci.** 7 : 31 - 36.
- Moulton, J. K., D. A. Perper, R. K. Jansson, and T. J. Dennehy. 2002. Pro-active Management of Beet Armyworm (Lepidoptera : Noctuidae) Resistance to Tebufenozide and Methoxyfenozide : Baseline Monitoring, Risk Assessment, and Isolation of Resistance. **J. Econ. Entomol.** 95(2) : 414 - 424.
- Mousoa, M. A., M. A. Zaher, and F. Kotby. 1960. Abundance of the cotton leaf worm, *Prodenia litura* (F.), in relation to host plants. I. Host plants and their effect on biology. **Rev. Appl. Entomol. Ser. A.** 48 : 149 pp.

- Natesan, R., and M. Balasubramanian. 1981. Efficacy of diflubenzuron in the control of tobacco caterpillar *Spodoptera litura* on ground nut. **Rev. Appl. Entomol. Ser. A.** 69(2) : 106 pp.
- Neshino, H. 1998. Cancer prevention by carotenoid. **Mutat. Res.** 402 : 159 - 163.
- Nicol, C. M. Y., and H. Schmutterer. 1991. Kontaktwirkungen des Samenodts des Neim baumes *Azadirachta indica* (A. Juss.) bei gregaeren Larven der Wustenheuschrecke *Schistocerca gregaria* (Forsk). **J. Appl. Entomol.** 111 : 197 - 205.
- Ong, A. S. H., and E. S. Tee. 1992. Natural sources of carotenoids from plants and oils. **Meth. Enzymol.** 312 : 142 - 167.
- Pandy, S. H., and R. P. Srivastava. 1967. Growth of Larvae of *Prodenia litura* (F.) in relation to wild food plants. **Indian J. Entomol.** 29(4) : 229 - 233.
- Park J. S., B. P. Chew, and T. S. Wong. 1998a. Dietary lutein from marigold extract inhibits mammary tumor development in BALB/c mice. **J. Nutrition.** 128(10) : 1650 - 1656.
- Park, J. S., B. P. Chew, and T. S. Wong. 1998b. Dietary lutein absorption from marigold extract is rapid in BALB/c mice. **J. Nutrition.** 128(10) : 1802 - 1806.
- Perry, F. 1984. Annuals and biennials, pp. 160 - 185. In Anonymous (ed.). **The Garden Plants for Everyone.** The Hamlyn Publishing Group Ltd., London.
- Phillip, T., and J. W. Berry. 1975. Nature of Lutein Acylation in Marigold (*Tagetes erecta*) flowers. **J. of Food Sci.** 40 : 1089 - 1090.
- Poinar, G. O. JR., and M. Geethabai. 1979. *Panagrolaimus mygophilus* associated with *Musca domestica* (Diptera : Muscidae) in India. **Indian J. of Nematology.** 9 : 1 - 4.
- Pozsgay, M., P. Fast, H. Kaplan, and P. R. Carey. 1987. The effect of sunlight on the protein crystals from *Bacillus thuringiensis* var. *kurstake* HD1 and NRD 12 : a raman spectroscopic study. **J. Invertebr. Pathol.** 50 : 246 - 253.
- Quackenbush, F. W., and S. L. Miller. 1972. Composition and Analysis of Carotenoids in Marigold Petals. **J. of the AOAC.** 55(3) : 87 - 98.
- Rahaman, P. F., S. B. Sharma, and J. A. Wightman. 2000. Review of insect-parasitic nematodes research in India : 1927 - 1997. **Int. J. of Pest Manag.** 46(1) : 19 - 28.
- Ramzan, M., and D. Singh. 1982. Chemical control of the tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* (F.) on cauliflower. **Rev. Appl. Entomol. Ser. A.** 70(4) : 264 pp.



- Rao, V. R. S., and A. S. Reddy. 1980. Evaluation of some new insecticides for the control of chilli podborer, *Spodoptera litura* (F.). **Indian J. of Agri. Sci.** 50(4) : 359 - 360.
- Reader's Digest Association. 1973. **Reader's Digest Encyclopaedia of Garden Plants and Flowers**. Reader's Digest Association, London. 799 pp.
- Rembold, H. 1989 a. Isomeric azadirachtin and their mode of action, pp. 47 - 86. *In* Jacobson, M. (Ed.). 1988. Focus on Phytochemical pesticides, Vol. 1, **The Neem Tree**. CRC. Press, Boca Raton, Florida.
- Rembold, H. 1989 b. Azadirachtin, their stucture and mode of action, pp. 150 - 163. *In* Arnason, J. T., B. J. R. Philogene, and P. Morand. (Eds.). Insecticides of plant origin. **ACS Symp. Ser.** 387 pp.
- Rice, M. 1993. Built-in resistance prevention (BIRP) : a valuable property of azadirachtin. World Neem Conference. Bangalore, **India. Abstr.** 13 - 14 pp.
- Riedl, H., and J. F. Brunner. 1996. Insect growth regulators provide new pest control tools for Pacific Northwest orchards, pp. 189 - 200. *In* Proceeding, 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Washington State Horticulture Association.
- Riedl, H., T. L. Blomefield, and J. H. Giliomee. 1999. A century of codling moth control in South Africa. II. Current and future status of codling moth management. **J. S. Afr. Soc. Hortic. Sci.** 8 : 32 - 54.
- Robert, W. B., M. R. McGuire, and B. S. Shasha. 1997. Effect of Sunlight and Simulated Rain on Residual Activity of *Bacillus thuringiensis* Formulation. **J. Econ. Entomol.** 90(6) : 1560 - 1566.
- Romagnoli, C., D. Mares, M. P. Fasulo, and A. Bruni. 1994. Antifungal effects of alpha-terthienyl from *Tagetes patula* on five dermatophytes. **PTR. Phytother-res.** (363) : 121 - 128.
- Saxena, R. C., Z. T. Zhang, and M. E. M. Banconin. 1993. Neem oil affects courtship signal and mating behavior of brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stal) (Homoptera : Delphacidae) females. **J. Appl. Entomol.** 116 : 127 - 132.
- Schmutterer, H. and T. Freres. 1990. Beeinflussung von Metamorphose, Farbung und Verhalten der Wustenheuschrecke *Schistocerca gregaria* (Forsk.) und der Afrikanischen Wanderheuschrecke *Locusta migratoria migratorioides* (R. and F.) durch Niemsanenol. *Z. Pflanzenkrankh und Pflanzenschutz.* 97 : 431 - 438 pp.

- Schmutterer, H. 1995. The Tree and Its Characteristics, pp. 1 - 34. *In* Schmutterer, H. (Eds.). 1995. **The Neem Tree**. VCH Weinheim, Germany.
- Singh, R. P. 1996. Monograph on Promising Pest Control Plant Species of Asia and the Pacific. **RAP Publication : 1996/24**. 81 - 82 pp.
- Snodderly, D. M. 1995. Evidence for protection against age-related macular degeneration by carotenoids and antioxidant vitamins. **Am. J. Clin. Nutr.** 62 : 1448 - 1461.
- Sombatsiri, K., K. Ermel, and H. Schmutterer. 1995. Other Meliaceae plants containing ingredients for Integrated Pest Management and further purposes, pp. 585 - 597. *In* Schmutterer, H. (Ed.). 1995. **The Neem Tree**. VCH Publishers. Weinheim, Germany.
- Sombatsiri, K., and A. Choetikamhaeng. 1997. Thai neem extracts from pilot (KU) for the control of beet armyworm (*Spodoptera exigua*) on asparagus. Biopesticides toxicity, safety, development and proper use. 165 - 167 pp.
- Srinivasan, K., P. N. Krishna-Moorthy, and T. N. Raviprasad. 1994. African marigold as a trap for the management of the fruit borer *Helicoverpa armigera* on tomato. **Int. J. Pest. Manag.** 40(1) : 56 - 63.
- Srivastava, B., and L. M. L. Mathur. 1964. Morphology and Musculature of the Head Capsule of Mature larvae of *Prodenia litura* (F.). **Indian J. Entomol.** 26 : 78 - 91.
- Srivastava, K. P., and B. S. Parmar. 1985. Evaluation of neem oil emulsifiable concentrates against sorghum aphids. **Neem Newsl.** 2(1) : 7 pp.
- Steffens, R., and H. Schmutterer. 1982. The effects of a crude methanolic extract from seed kernels of neem *Azadirachta indica* on the metamorphosis of the mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera : Tephritidae). **Z. Angew. Entomol.** 94 : 98 - 103.
- Still, S. M. 1980. Herbaceous Ornamental Plants. Stipes Publishing Company, Illinois. 224 pp.
- Synge, P. M. 1977. **The Royal Horticultural Society Dictionary of Gardening : A Practical and Scientific Encyclopaedia of Horticulture**. Vol. 5. Oxford university Press, London. 5096 pp.
- Tangchitsomkid, N., and S. Sontirat. 1998. Occurrence of entomopathogenic nematodes in Thailand. **Kasetsart J.** 32 : 359 - 366.
- Tozer, E. 1986. Marigolds. **Horticulture.** 114(3) : 24 - 30.

- Voellinger, M. 1995. Studies of the probability of development of resistance of *Plutella xylostella* to neem products, pp. 477 - 483. *In* Schmutterer, H. (Ed.). 1995. **The Neem Tree**, VCH Weinheim, Germany.
- Walton, L. C., J. W. Long, and J. A. Spivey. 1995. Use of confirm insecticide for control of beet armyworm in cotton, pp. 46 - 47. *In* Richter, D. A., and J. Armour (Eds.). **Proceedings Beltwide Cotton Conference**. National Cotton Council, Memphis.
- Wing, K. D., R. A. Slawecki, and G. R. Carlson. 1988. RH 5849, a nonsteroidal ecdysone agonist : effect on larval Lepidoptera. **Science**. 241 : 470 - 472.

ภาคผนวก

ภาคผนวก 1 แสดงค่าสูงสุด ต่ำสุดและค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพห้องปฏิบัติการอาคาร  
ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระหว่างวันที่ 1  
กุมภาพันธ์ - 30 มิถุนายน 2544

| มกราคม พ.ศ. 2544 |          |          | กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2544 |          |          | มีนาคม พ.ศ. 2544 |          |          |
|------------------|----------|----------|----------------------|----------|----------|------------------|----------|----------|
| วันที่           | อุณหภูมิ | ความชื้น | วันที่               | อุณหภูมิ | ความชื้น | วันที่           | อุณหภูมิ | ความชื้น |
| 1                | 24       | 70       | 1                    | 26       | 70       | 1                | 27       | 66       |
| 2                | 24       | 70       | 2                    | 26       | 70       | 2                | 27       | 66       |
| 3                | 24       | 70       | 3                    | 26       | 70       | 3                | 27       | 66       |
| 4                | 24       | 70       | 4                    | 26       | 70       | 4                | 26       | 68       |
| 5                | 24       | 72       | 5                    | 26       | 66       | 5                | 26       | 68       |
| 6                | 24       | 72       | 6                    | 26       | 66       | 6                | 26       | 68       |
| 7                | 25       | 72       | 7                    | 26       | 66       | 7                | 25       | 70       |
| 8                | 25       | 72       | 8                    | 26       | 68       | 8                | 27       | 70       |
| 9                | 25       | 70       | 9                    | 27       | 68       | 9                | 27       | 69       |
| 10               | 24       | 70       | 10                   | 27       | 68       | 10               | 25       | 69       |
| 11               | 24       | 70       | 11                   | 27       | 70       | 11               | 27       | 69       |
| 12               | 24       | 70       | 12                   | 27       | 70       | 12               | 27       | 70       |
| 13               | 24       | 70       | 13                   | 27       | 70       | 13               | 27       | 70       |
| 14               | 25       | 70       | 14                   | 27       | 69       | 14               | 27       | 70       |
| 15               | 25       | 70       | 15                   | 27       | 69       | 15               | 27       | 70       |
| 16               | 26       | 68       | 16                   | 27       | 67       | 16               | 27       | 68       |
| 17               | 26       | 68       | 17                   | 27       | 66       | 17               | 25       | 68       |
| 18               | 26       | 68       | 18                   | 27       | 65       | 18               | 25       | 68       |
| 19               | 24       | 70       | 19                   | 27       | 66       | 19               | 25       | 72       |
| 20               | 24       | 70       | 20                   | 25       | 70       | 20               | 25       | 72       |
| 21               | 24       | 72       | 21                   | 25       | 70       | 21               | 25       | 72       |
| 22               | 25       | 72       | 22                   | 25       | 70       | 22               | 25       | 74       |
| 23               | 25       | 74       | 23                   | 25       | 70       | 23               | 26       | 74       |
| 24               | 25       | 70       | 24                   | 25       | 68       | 24               | 26       | 74       |
| 25               | 25       | 70       | 25                   | 25       | 68       | 25               | 26       | 74       |
| 26               | 25       | 74       | 26                   | 25       | 68       | 26               | 26       | 75       |
| 27               | 25       | 72       | 27                   | 25       | 68       | 27               | 26       | 75       |
| 28               | 26       | 68       | 28                   | 25       | 68       | 28               | 26       | 75       |
| 29               | 26       | 66       |                      |          |          | 29               | 26       | 75       |
| 30               | 26       | 72       |                      |          |          | 30               | 27       | 75       |
| 31               | 26       | 72       |                      |          |          | 31               | 25       | 70       |
| เฉลี่ย           | 24.81    | 70.45    | เฉลี่ย               | 26.07    | 68.36    | เฉลี่ย           | 26.10    | 70.64    |
| สูงสุด           | 26.00    | 74.00    | สูงสุด               | 27.00    | 70.00    | สูงสุด           | 27.00    | 75.00    |
| ต่ำสุด           | 24.00    | 66.00    | ต่ำสุด               | 25.00    | 65.00    | ต่ำสุด           | 25.00    | 66.00    |

ภาคผนวก 1 (ต่อ)

| เมษายน พ.ศ. 2544 |          |          | พฤษภาคม พ.ศ. 2544 |          |          | มิถุนายน พ.ศ. 2544 |          |          |
|------------------|----------|----------|-------------------|----------|----------|--------------------|----------|----------|
| วันที่           | อุณหภูมิ | ความชื้น | วันที่            | อุณหภูมิ | ความชื้น | วันที่             | อุณหภูมิ | ความชื้น |
| 1                | 27       | 66       | 1                 | 25       | 70       | 1                  | 26       | 70       |
| 2                | 27       | 66       | 2                 | 25       | 70       | 2                  | 26       | 70       |
| 3                | 27       | 65       | 3                 | 25       | 72       | 3                  | 26       | 70       |
| 4                | 27       | 65       | 4                 | 25       | 72       | 4                  | 26       | 70       |
| 5                | 27       | 65       | 5                 | 26       | 72       | 5                  | 26       | 72       |
| 6                | 27       | 65       | 6                 | 26       | 70       | 6                  | 25       | 72       |
| 7                | 27       | 65       | 7                 | 26       | 70       | 7                  | 25       | 72       |
| 8                | 27       | 65       | 8                 | 26       | 70       | 8                  | 25       | 74       |
| 9                | 27       | 66       | 9                 | 26       | 74       | 9                  | 25       | 74       |
| 10               | 25       | 66       | 10                | 25       | 74       | 10                 | 25       | 74       |
| 11               | 25       | 66       | 11                | 25       | 70       | 11                 | 25       | 74       |
| 12               | 25       | 65       | 12                | 25       | 70       | 12                 | 27       | 68       |
| 13               | 25       | 65       | 13                | 25       | 70       | 13                 | 27       | 68       |
| 14               | 25       | 66       | 14                | 26       | 70       | 14                 | 27       | 68       |
| 15               | 25       | 70       | 15                | 26       | 68       | 15                 | 27       | 68       |
| 16               | 27       | 74       | 16                | 26       | 68       | 16                 | 27       | 66       |
| 17               | 27       | 74       | 17                | 27       | 68       | 17                 | 27       | 66       |
| 18               | 27       | 74       | 18                | 27       | 68       | 18                 | 27       | 68       |
| 19               | 27       | 74       | 19                | 27       | 66       | 19                 | 27       | 66       |
| 20               | 27       | 74       | 20                | 25       | 66       | 20                 | 26       | 68       |
| 21               | 27       | 74       | 21                | 25       | 66       | 21                 | 24       | 68       |
| 22               | 27       | 72       | 22                | 25       | 68       | 22                 | 24       | 75       |
| 23               | 27       | 72       | 23                | 27       | 74       | 23                 | 24       | 75       |
| 24               | 27       | 72       | 24                | 27       | 74       | 24                 | 24       | 75       |
| 25               | 26       | 72       | 25                | 27       | 72       | 25                 | 24       | 75       |
| 26               | 26       | 70       | 26                | 27       | 70       | 26                 | 24       | 70       |
| 27               | 26       | 70       | 27                | 27       | 66       | 27                 | 25       | 70       |
| 28               | 26       | 70       | 28                | 27       | 65       | 28                 | 25       | 72       |
| 29               | 26       | 74       | 29                | 26       | 65       | 29                 | 25       | 72       |
| 30               | 26       | 72       | 30                | 26       | 65       | 30                 | 25       | 74       |
|                  |          |          | 31                | 26       | 65       |                    |          |          |
| เฉลี่ย           | 26.40    | 69.13    | เฉลี่ย            | 25.93    | 69.29    | เฉลี่ย             | 25.53    | 70.80    |
| สูงสุด           | 27.00    | 74.00    | สูงสุด            | 27.00    | 74.00    | สูงสุด             | 27.00    | 75.00    |
| ต่ำสุด           | 25.00    | 65.00    | ต่ำสุด            | 25.00    | 65.00    | ต่ำสุด             | 24.00    | 66.00    |

ภาคผนวก 2 แสดงจำนวนหนอนกระทู้ผักตายโดยวิธี Broad Range Test แบบ feeding และ residue film test (กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการ ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70 \pm 5\% \text{RH}$ ) ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ - 30 เมษายน 2544

| สารฆ่าแมลง              | ความเข้มข้น   | เวลา | จำนวนหนอนกระทู้ผักตาย (ตัว/ซ้ำ) |       |       |       | ค่าเฉลี่ย $\pm$ sd |
|-------------------------|---------------|------|---------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|
|                         |               |      | ซ้ำ 1                           | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |                    |
| carbosulfan             | 0 ppm         | 24   | 0.00                            | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 100 ppm       | 24   | 2.00                            | 3.00  | 4.00  | 3.00  | $3.00 \pm 0.82$    |
|                         | 500 ppm       | 24   | 5.00                            | 4.00  | 5.00  | 2.00  | $4.00 \pm 1.41$    |
|                         | 1,000 ppm     | 24   | 5.00                            | 4.00  | 5.00  | 3.00  | $4.25 \pm 0.96$    |
|                         | 2,500 ppm     | 24   | 5.00                            | 5.00  | 4.00  | 5.00  | $4.75 \pm 0.50$    |
| azadirachtin            | 0 ppm         | 24   | 0.00                            | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 100 ppm       | 24   | 0.00                            | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 300 ppm       | 24   | 3.00                            | 1.00  | 2.00  | 0.00  | $1.50 \pm 1.29$    |
|                         | 500 ppm       | 24   | 4.00                            | 2.00  | 4.00  | 3.00  | $3.25 \pm 0.96$    |
|                         | 700 ppm       | 24   | 5.00                            | 5.00  | 5.00  | 5.00  | $5.00 \pm 0.00$    |
| tebufenozide            | 0 ppm         | 48   | 0.00                            | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 10 ppm        | 48   | 1.00                            | 1.00  | 0.00  | 0.00  | $0.50 \pm 0.58$    |
|                         | 100 ppm       | 48   | 2.00                            | 2.00  | 2.00  | 2.00  | $2.00 \pm 0.00$    |
|                         | 500 ppm       | 48   | 5.00                            | 5.00  | 5.00  | 5.00  | $5.00 \pm 0.00$    |
|                         | 1,000 ppm     | 48   | 5.00                            | 5.00  | 5.00  | 5.00  | $5.00 \pm 0.00$    |
| <i>S. carpocapsae</i>   | 0 ตัว/มล.     | 72   | 0.00                            | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 50 ตัว/มล.    | 72   | 0.00                            | 0.00  | 2.00  | 0.00  | $0.50 \pm 1.00$    |
|                         | 500 ตัว/มล.   | 72   | 4.00                            | 3.00  | 4.00  | 2.00  | $3.25 \pm 0.96$    |
|                         | 1,000 ตัว/มล. | 72   | 5.00                            | 5.00  | 5.00  | 5.00  | $5.00 \pm 0.00$    |
|                         | 1,500 ตัว/มล. | 72   | 5.00                            | 5.00  | 5.00  | 5.00  | $5.00 \pm 0.00$    |
| <i>B. thuringiensis</i> | 0 IU/ml       | 72   | 0.00                            | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 10,000 IU/ml  | 72   | 0.00                            | 1.00  | 1.00  | 1.00  | $0.75 \pm 0.50$    |
|                         | 30,000 IU/ml  | 72   | 4.00                            | 3.00  | 4.00  | 4.00  | $3.75 \pm 0.50$    |
|                         | 60,000 IU/ml  | 72   | 5.00                            | 5.00  | 5.00  | 5.00  | $5.00 \pm 0.00$    |
|                         | 90,000 IU/ml  | 72   | 5.00                            | 5.00  | 5.00  | 5.00  | $5.00 \pm 0.00$    |

ภาคผนวก 3 แสดงเปอร์เซ็นต์ตาย<sup>U</sup> ของหนอนกระทู้ผักโดยวิธี Broad Range Test แบบ feeding และ residue film test (กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการ ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70 \pm 5\% \text{RH}$ ) ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ - 30 เมษายน 2544

| สารฆ่าแมลง              | ความเข้มข้น   | เวลา | % ตายของหนอนกระทู้ผัก |        |        |        | ค่าเฉลี่ย $\pm$ sd |
|-------------------------|---------------|------|-----------------------|--------|--------|--------|--------------------|
|                         |               |      | ซ้ำ 1                 | ซ้ำ 2  | ซ้ำ 3  | ซ้ำ 4  |                    |
| carbosulfan             | 0 ppm         | 24   | 0.00                  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 100 ppm       | 24   | 40.00                 | 60.00  | 80.00  | 60.00  | $60.00 \pm 16.33$  |
|                         | 500 ppm       | 24   | 100.00                | 80.00  | 100.00 | 40.00  | $80.00 \pm 28.28$  |
|                         | 1,000 ppm     | 24   | 100.00                | 80.00  | 100.00 | 60.00  | $85.00 \pm 19.15$  |
|                         | 2,500 ppm     | 24   | 100.00                | 100.00 | 80.00  | 100.00 | $95.00 \pm 10.00$  |
| azadirachtin            | 0 ppm         | 24   | 0.00                  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 100 ppm       | 24   | 0.00                  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 300 ppm       | 24   | 60.00                 | 20.00  | 40.00  | 0.00   | $30.00 \pm 25.82$  |
|                         | 500 ppm       | 24   | 80.00                 | 40.00  | 80.00  | 60.00  | $65.00 \pm 19.15$  |
|                         | 700 ppm       | 24   | 100.00                | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |
| tebufenozide            | 0 ppm         | 48   | 0.00                  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 10 ppm        | 48   | 20.00                 | 20.00  | 0.00   | 0.00   | $10.00 \pm 11.55$  |
|                         | 100 ppm       | 48   | 40.00                 | 40.00  | 40.00  | 40.00  | $40.00 \pm 0.00$   |
|                         | 500 ppm       | 48   | 100.00                | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |
|                         | 1,000 ppm     | 48   | 100.00                | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |
| <i>S. carpocapsae</i>   | 0 ตัว/มล.     | 72   | 0.00                  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 50 ตัว/มล.    | 72   | 0.00                  | 0.00   | 40.00  | 0.00   | $10.00 \pm 20.00$  |
|                         | 500 ตัว/มล.   | 72   | 80.00                 | 60.00  | 80.00  | 40.00  | $65.00 \pm 19.15$  |
|                         | 1,000 ตัว/มล. | 72   | 100.00                | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |
|                         | 1,500 ตัว/มล. | 72   | 100.00                | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |
| <i>B. thuringiensis</i> | 0 IU/ml       | 72   | 0.00                  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 10,000 IU/ml  | 72   | 0.00                  | 20.00  | 20.00  | 20.00  | $15.00 \pm 10.00$  |
|                         | 30,000 IU/ml  | 72   | 80.00                 | 60.00  | 80.00  | 80.00  | $75.00 \pm 10.00$  |
|                         | 60,000 IU/ml  | 72   | 100.00                | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |
|                         | 90,000 IU/ml  | 72   | 100.00                | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |

<sup>U</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula



ภาคผนวก 4 แสดงเปอร์เซ็นต์ตาย<sup>u</sup> ของหนอนกระทู้ผักโดยวิธี Broad Range Test แบบ feeding และ residue film test (กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการ ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70 \pm 5\% \text{RH}$ ) ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ - 30 เมษายน 2544

| สารฆ่าแมลง              | ความเข้มข้น   | เวลา | % ตายหนอนกระทู้ผัก |        |        |        | ค่าเฉลี่ย $\pm$ sd |
|-------------------------|---------------|------|--------------------|--------|--------|--------|--------------------|
|                         |               |      | ซ้ำ 1              | ซ้ำ 2  | ซ้ำ 3  | ซ้ำ 4  |                    |
| carbosulfan             | 0 ppm         | 24   | 0.00               | 0.00   | 0.00   | 0.00   | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 100 ppm       | 24   | 39.23              | 50.76  | 63.43  | 50.77  | $51.05 \pm 9.88$   |
|                         | 500 ppm       | 24   | 90.00              | 63.43  | 90.00  | 39.23  | $70.67 \pm 24.41$  |
|                         | 1,000 ppm     | 24   | 90.00              | 63.43  | 90.00  | 50.77  | $73.55 \pm 19.69$  |
|                         | 2,500 ppm     | 24   | 90.00              | 90.00  | 63.43  | 90.00  | $83.36 \pm 13.29$  |
| azadirachtin            | 0 ppm         | 24   | 0.00               | 0.00   | 0.00   | 0.00   | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 100 ppm       | 24   | 0.00               | 0.00   | 0.00   | 0.00   | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 300 ppm       | 24   | 50.77              | 26.56  | 39.23  | 0.00   | $29.14 \pm 21.80$  |
|                         | 500 ppm       | 24   | 63.43              | 39.23  | 63.43  | 50.77  | $54.22 \pm 11.64$  |
|                         | 700 ppm       | 24   | 100.00             | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |
| tebufenozide            | 0 ppm         | 48   | 0.00               | 0.00   | 0.00   | 0.00   | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 10 ppm        | 48   | 26.56              | 26.56  | 0.00   | 0.00   | $13.28 \pm 15.33$  |
|                         | 100 ppm       | 48   | 40.00              | 40.00  | 40.00  | 40.00  | $40.00 \pm 0.00$   |
|                         | 500 ppm       | 48   | 100.00             | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |
|                         | 1,000 ppm     | 48   | 100.00             | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |
| <i>S. carpocapsae</i>   | 0 ตัว/มล.     | 72   | 0.00               | 0.00   | 0.00   | 0.00   | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 50 ตัว/มล.    | 72   | 0.00               | 0.00   | 39.23  | 0.00   | $9.81 \pm 19.62$   |
|                         | 500 ตัว/มล.   | 72   | 63.43              | 50.77  | 63.43  | 39.23  | $54.22 \pm 11.64$  |
|                         | 1,000 ตัว/มล. | 72   | 100.00             | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |
|                         | 1,500 ตัว/มล. | 72   | 100.00             | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |
| <i>B. thuringiensis</i> | 0 IU/ml       | 72   | 0.00               | 0.00   | 0.00   | 0.00   | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 10,000 IU/ml  | 72   | 0.00               | 26.56  | 26.56  | 26.56  | $19.92 \pm 13.28$  |
|                         | 30,000 IU/ml  | 72   | 63.43              | 50.77  | 63.43  | 63.43  | $60.27 \pm 6.33$   |
|                         | 60,000 IU/ml  | 72   | 100.00             | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |
|                         | 90,000 IU/ml  | 72   | 100.00             | 100.00 | 100.00 | 100.00 | $100.00 \pm 0.00$  |

<sup>u</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

ภาคผนวก 5 แสดงจำนวนหนอนกระทู้ผักตายโดยวิธี Narrow Range Test แบบ feeding และ residue film test (กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการ ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70 \pm 5\% \text{RH}$ )  
ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ - 30 มิถุนายน 2544

| สารฆ่าแมลง              | ความเข้มข้น   | เวลา | จำนวนหนอนกระทู้ผักตาย (ตัว/ซ้ำ) |       |       |       | ค่าเฉลี่ย $\pm$ sd |
|-------------------------|---------------|------|---------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|
|                         |               |      | ซ้ำ 1                           | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |                    |
| carbosulfan             | 0 ppm         | 24   | 0.00                            | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 100 ppm       | 24   | 2.00                            | 3.00  | 4.00  | 3.00  | $3.00 \pm 0.82$    |
|                         | 150 ppm       | 24   | 5.00                            | 4.00  | 5.00  | 2.00  | $4.00 \pm 1.41$    |
|                         | 200 ppm       | 24   | 5.00                            | 4.00  | 5.00  | 3.00  | $4.25 \pm 0.96$    |
|                         | 250 ppm       | 24   | 5.00                            | 5.00  | 4.00  | 5.00  | $4.75 \pm 0.50$    |
| azadirachtin            | 0 ppm         | 24   | 0.00                            | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 100 ppm       | 24   | 0.00                            | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 200 ppm       | 24   | 0.00                            | 1.00  | 1.00  | 0.00  | $0.50 \pm 0.58$    |
|                         | 300 ppm       | 24   | 3.00                            | 2.00  | 1.00  | 0.00  | $1.50 \pm 1.29$    |
|                         | 400 ppm       | 24   | 1.00                            | 3.00  | 3.00  | 5.00  | $3.00 \pm 1.63$    |
| tebufenozide            | 0 ppm         | 48   | 0.00                            | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 50 ppm        | 48   | 1.00                            | 1.00  | 0.00  | 1.00  | $0.75 \pm 0.50$    |
|                         | 100 ppm       | 48   | 4.00                            | 2.00  | 0.00  | 2.00  | $2.00 \pm 1.63$    |
|                         | 150 ppm       | 48   | 4.00                            | 2.00  | 2.00  | 2.00  | $2.50 \pm 1.00$    |
|                         | 200 ppm       | 48   | 2.00                            | 2.00  | 3.00  | 4.00  | $2.75 \pm 0.96$    |
| <i>S. carpocapsae</i>   | 0 ตัว/มล.     | 72   | 0.00                            | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 1 ตัว/มล.     | 72   | 0.00                            | 0.00  | 2.00  | 0.00  | $0.50 \pm 1.00$    |
|                         | 10 ตัว/มล.    | 72   | 0.00                            | 1.00  | 0.00  | 1.00  | $0.50 \pm 0.58$    |
|                         | 100 ตัว/มล.   | 72   | 4.00                            | 3.00  | 4.00  | 2.00  | $3.25 \pm 0.96$    |
|                         | 1,000 ตัว/มล. | 72   | 4.00                            | 5.00  | 5.00  | 5.00  | $4.75 \pm 0.50$    |
| <i>B. thuringiensis</i> | 0 IU/ml       | 72   | 0.00                            | 0.00  | 0.00  | 0.00  | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 10,000 IU/ml  | 72   | 0.00                            | 1.00  | 1.00  | 1.00  | $0.75 \pm 0.50$    |
|                         | 30,000 IU/ml  | 72   | 4.00                            | 3.00  | 4.00  | 4.00  | $3.75 \pm 0.50$    |
|                         | 50,000 IU/ml  | 72   | 5.00                            | 5.00  | 5.00  | 5.00  | $4.75 \pm 0.00$    |
|                         | 70,000 IU/ml  | 72   | 5.00                            | 5.00  | 5.00  | 5.00  | $5.00 \pm 0.00$    |

ภาคผนวก 6 แสดงเปอร์เซ็นต์ตาย<sup>u</sup> ของหนอนกระทู้ผักโดยวิธี Narrow Range Test แบบ feeding และ residue film test (กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการ ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70 \pm 5\% \text{RH}$ ) ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ - 30 มิถุนายน 2544

| สารฆ่าแมลง              | ความเข้มข้น   | เวลา | % ตายของหนอนกระทู้ผัก |          |          |          | ค่าเฉลี่ย $\pm$ sd |
|-------------------------|---------------|------|-----------------------|----------|----------|----------|--------------------|
|                         |               |      | ซ้ำที่ 1              | ซ้ำที่ 2 | ซ้ำที่ 3 | ซ้ำที่ 4 |                    |
| carbosulfan             | 0 ppm         | 24   | 0.00                  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 100 ppm       | 24   | 20.00                 | 20.00    | 20.00    | 20.00    | $20.00 \pm 0.00$   |
|                         | 150 ppm       | 24   | 0.00                  | 40.00    | 40.00    | 20.00    | $25.00 \pm 19.15$  |
|                         | 200 ppm       | 24   | 40.00                 | 0.00     | 40.00    | 40.00    | $30.00 \pm 20.00$  |
|                         | 250 ppm       | 24   | 80.00                 | 40.00    | 40.00    | 40.00    | $50.00 \pm 20.00$  |
| azadirachtin            | 0 ppm         | 24   | 0.00                  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 100 ppm       | 24   | 0.00                  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 200 ppm       | 24   | 0.00                  | 20.00    | 20.00    | 0.00     | $10.00 \pm 11.55$  |
|                         | 300 ppm       | 24   | 60.00                 | 40.00    | 20.00    | 0.00     | $30.00 \pm 25.82$  |
|                         | 400 ppm       | 24   | 20.00                 | 60.00    | 60.00    | 100.00   | $60.00 \pm 32.66$  |
| tebufenozide            | 0 ppm         | 48   | 0.00                  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 50 ppm        | 48   | 20.00                 | 20.00    | 0.00     | 20.00    | $15.00 \pm 10.00$  |
|                         | 100 ppm       | 48   | 80.00                 | 40.00    | 0.00     | 40.00    | $40.00 \pm 32.66$  |
|                         | 150 ppm       | 48   | 80.00                 | 40.00    | 40.00    | 40.00    | $50.00 \pm 20.00$  |
|                         | 200 ppm       | 48   | 40.00                 | 40.00    | 60.00    | 80.00    | $55.00 \pm 19.15$  |
| <i>S. carpocapsae</i>   | 0 ตัว/มล.     | 72   | 0.00                  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 1 ตัว/มล.     | 72   | 0.00                  | 0.00     | 40.00    | 0.00     | $10.00 \pm 20.00$  |
|                         | 10 ตัว/มล.    | 72   | 0.00                  | 20.00    | 0.00     | 20.00    | $10.00 \pm 11.55$  |
|                         | 100 ตัว/มล.   | 72   | 80.00                 | 60.00    | 80.00    | 40.00    | $65.00 \pm 19.15$  |
|                         | 1,000 ตัว/มล. | 72   | 80.00                 | 100.00   | 100.00   | 100.00   | $95.00 \pm 10.00$  |
| <i>B. thuringiensis</i> | 0 IU/ml       | 72   | 0.00                  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 10,000 IU/ml  | 72   | 0.00                  | 20.00    | 20.00    | 20.00    | $15.00 \pm 10.00$  |
|                         | 30,000 IU/ml  | 72   | 80.00                 | 60.00    | 80.00    | 80.00    | $75.00 \pm 10.00$  |
|                         | 50,000 IU/ml  | 72   | 100.00                | 100.00   | 100.00   | 80.00    | $95.00 \pm 0.00$   |
|                         | 70,000 IU/ml  | 72   | 100.00                | 100.00   | 100.00   | 100.00   | $100.00 \pm 0.00$  |

<sup>u</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula

ภาคผนวก 7 แสดงเปอร์เซ็นต์ตาย<sup>U</sup> ของหนอนกระทู้ผักโดยวิธี Narrow Range Test แบบ feeding และ residue film test (กินและสัมผัส) บนอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการ ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70 \pm 5\% \text{RH}$ ) ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ - 30 มิถุนายน 2544

| สารฆ่าแมลง              | ความเข้มข้น   | เวลา | % ตายของหนอนกระทู้ผัก |          |          |          | ค่าเฉลี่ย $\pm$ sd |
|-------------------------|---------------|------|-----------------------|----------|----------|----------|--------------------|
|                         |               |      | ซ้ำที่ 1              | ซ้ำที่ 2 | ซ้ำที่ 3 | ซ้ำที่ 4 |                    |
| carbosulfan             | 0 ppm         | 24   | 0.00                  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 100 ppm       | 24   | 20.00                 | 20.00    | 20.00    | 20.00    | $20.00 \pm 0.00$   |
|                         | 150 ppm       | 24   | 0.00                  | 39.23    | 39.23    | 26.56    | $26.26 \pm 18.49$  |
|                         | 200 ppm       | 24   | 39.23                 | 0.00     | 39.23    | 39.23    | $29.42 \pm 19.62$  |
|                         | 250 ppm       | 24   | 63.43                 | 39.23    | 39.23    | 39.23    | $45.28 \pm 12.10$  |
| azadirachtin            | 0 ppm         | 24   | 0.00                  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 100 ppm       | 24   | 0.00                  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 200 ppm       | 24   | 0.00                  | 26.56    | 26.56    | 0.00     | $13.28 \pm 15.33$  |
|                         | 300 ppm       | 24   | 50.77                 | 39.23    | 26.56    | 0.00     | $29.14 \pm 21.80$  |
|                         | 400 ppm       | 24   | 26.56                 | 50.77    | 50.77    | 90.00    | $54.53 \pm 26.26$  |
| tebufenozide            | 0 ppm         | 48   | 0.00                  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 50 ppm        | 48   | 26.56                 | 26.56    | 0.00     | 26.56    | $19.92 \pm 13.28$  |
|                         | 100 ppm       | 48   | 63.43                 | 39.23    | 0.00     | 39.23    | $35.47 \pm 26.26$  |
|                         | 150 ppm       | 48   | 63.43                 | 39.23    | 39.23    | 39.23    | $45.28 \pm 12.10$  |
|                         | 200 ppm       | 48   | 39.23                 | 39.23    | 50.77    | 63.43    | $48.17 \pm 11.54$  |
| <i>S. carpocapsae</i>   | 0 ตัว/มล.     | 72   | 0.00                  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 1 ตัว/มล.     | 72   | 0.00                  | 0.00     | 39.23    | 0.00     | $9.81 \pm 19.62$   |
|                         | 10 ตัว/มล.    | 72   | 0.00                  | 26.56    | 0.00     | 26.56    | $13.28 \pm 15.33$  |
|                         | 100 ตัว/มล.   | 72   | 63.43                 | 50.77    | 63.43    | 39.23    | $54.22 \pm 11.64$  |
|                         | 1,000 ตัว/มล. | 72   | 63.43                 | 90.00    | 90.00    | 90.00    | $83.36 \pm 13.29$  |
| <i>B. thuringiensis</i> | 0 IU/ml       | 72   | 0.00                  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | $0.00 \pm 0.00$    |
|                         | 10,000 IU/ml  | 72   | 0.00                  | 26.56    | 26.56    | 26.56    | $19.92 \pm 13.28$  |
|                         | 30,000 IU/ml  | 72   | 63.43                 | 50.77    | 63.43    | 63.43    | $60.27 \pm 6.33$   |
|                         | 50,000 IU/ml  | 72   | 90.00                 | 90.00    | 90.00    | 63.43    | $83.36 \pm 0.00$   |
|                         | 70,000 IU/ml  | 72   | 100.00                | 100.00   | 100.00   | 100.00   | $100.00 \pm 0.00$  |

<sup>U</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{x/100}$

ภาคผนวก 8 แสดงค่าสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ณ แปลงดาวเรืองอาหารสัตว์  
ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีระหว่างวันที่ 1 พฤศจิกายน 2544 ถึง 30 เมษายน 2545\*

| พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 |          |          | ธันวาคม พ.ศ. 2544 |          |          | มกราคม พ.ศ. 2545 |          |          |
|---------------------|----------|----------|-------------------|----------|----------|------------------|----------|----------|
| วันที่              | อุณหภูมิ | ความชื้น | วันที่            | อุณหภูมิ | ความชื้น | วันที่           | อุณหภูมิ | ความชื้น |
| 1                   | 26.55    | -        | 1                 | 25.15    | 68.50    | 1                | 20.29    | 68.50    |
| 2                   | 27.45    | -        | 2                 | 25.85    | 71.00    | 2                | 20.40    | 61.50    |
| 3                   | 27.45    | -        | 3                 | 25.95    | 69.25    | 3                | 19.25    | 72.00    |
| 4                   | 27.25    | -        | 4                 | 25.00    | 71.00    | 4                | 19.40    | 73.80    |
| 5                   | 26.55    | -        | 5                 | 23.05    | 70.50    | 5                | 20.00    | 72.80    |
| 6                   | 26.30    | -        | 6                 | 25.70    | 70.50    | 6                | 20.40    | 67.00    |
| 7                   | 26.10    | -        | 7                 | 25.30    | 72.00    | 7                | 20.65    | 72.50    |
| 8                   | 25.75    | 81.00    | 8                 | 24.15    | 71.75    | 8                | 21.10    | 70.80    |
| 9                   | 25.20    | 73.75    | 9                 | 23.65    | 72.25    | 9                | 20.90    | 74.00    |
| 10                  | 24.45    | 71.00    | 10                | 23.85    | 67.25    | 10               | 21.70    | 72.00    |
| 11                  | 23.05    | 72.75    | 11                | 22.25    | 82.25    | 11               | 23.00    | 69.50    |
| 12                  | 23.40    | 70.00    | 12                | 23.45    | 77.00    | 12               | 24.95    | 68.30    |
| 13                  | 21.15    | 91.50    | 13                | 26.65    | 64.00    | 13               | 24.60    | 70.50    |
| 14                  | 18.55    | 87.50    | 14                | 22.80    | 69.00    | 14               | 23.20    | 71.50    |
| 15                  | 19.00    | 79.50    | 15                | 22.60    | 68.00    | 15               | 23.90    | 67.50    |
| 16                  | 20.60    | 72.50    | 16                | 25.00    | 73.25    | 16               | 25.30    | 63.80    |
| 17                  | 21.65    | 70.75    | 17                | 25.10    | 70.50    | 17               | 25.20    | 67.00    |
| 18                  | 21.30    | 70.25    | 18                | 26.80    | 75.00    | 18               | 25.90    | 67.50    |
| 19                  | 20.45    | 72.00    | 19                | 25.40    | 72.25    | 19               | 26.40    | 62.50    |
| 20                  | 20.00    | 71.25    | 20                | 24.85    | 71.00    | 20               | 26.25    | 64.50    |
| 21                  | 19.30    | 70.00    | 21                | 21.60    | 65.50    | 21               | 24.30    | 74.00    |
| 22                  | 19.50    | 70.50    | 22                | 18.15    | 72.50    | 22               | 23.15    | 75.00    |
| 23                  | 20.35    | 72.50    | 23                | 18.75    | 62.75    | 23               | 23.35    | 76.50    |
| 24                  | 22.20    | 74.00    | 24                | 19.20    | 72.00    | 24               | 24.40    | 67.50    |
| 25                  | 21.15    | 70.00    | 25                | 19.45    | 73.00    | 25               | 26.00    | 63.30    |
| 26                  | 20.25    | 65.00    | 26                | 20.25    | 76.50    | 26               | 27.20    | 64.00    |
| 27                  | 20.60    | 72.50    | 27                | 21.50    | 74.00    | 27               | 27.15    | 72.00    |
| 28                  | 21.60    | 71.50    | 28                | 21.50    | 70.00    | 28               | 24.30    | 75.50    |
| 29                  | 23.00    | 70.00    | 29                | 19.20    | 77.50    | 29               | 22.95    | 66.00    |
| 30                  | 24.10    | 71.25    | 30                | 19.15    | 72.00    | 30               | 22.70    | 73.30    |
|                     |          |          | 31                | 20.25    | 68.50    | 31               | 22.70    | 73.00    |
| เฉลี่ย              | 22.81    | 73.52    | เฉลี่ย            | 22.95    | 71.31    | เฉลี่ย           | 23.26    | 69.60    |
| สูงสุด              | 27.45    | 91.50    | สูงสุด            | 26.80    | 77.50    | สูงสุด           | 27.20    | 76.50    |
| ต่ำสุด              | 18.55    | 65.00    | ต่ำสุด            | 18.15    | 64.00    | ต่ำสุด           | 19.25    | 61.50    |

\* ข้อมูลจากสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 3 ห้วยบ้านยาง

## ภาคผนวก 8 (ต่อ)

| กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 |          |          | มีนาคม พ.ศ. 2545 |          |          | เมษายน พ.ศ. 2545 |          |          |
|----------------------|----------|----------|------------------|----------|----------|------------------|----------|----------|
| วันที่               | อุณหภูมิ | ความชื้น | วันที่           | อุณหภูมิ | ความชื้น | วันที่           | อุณหภูมิ | ความชื้น |
| 1                    | 23.50    | 65.00    | 1                | 29.25    | 70.00    | 1                | 28.35    | 71.00    |
| 2                    | 23.55    | 71.00    | 2                | 28.70    | 70.00    | 2                | 28.80    | 67.00    |
| 3                    | 24.85    | 70.00    | 3                | 28.30    | 72.00    | 3                | 29.65    | 66.75    |
| 4                    | 25.50    | 67.50    | 4                | 26.65    | 80.50    | 4                | 29.85    | 62.25    |
| 5                    | 27.15    | 70.00    | 5                | 29.05    | 69.30    | 5                | 30.55    | 63.25    |
| 6                    | 26.10    | 74.50    | 6                | 24.45    | 64.00    | 6                | 29.95    | 59.50    |
| 7                    | 27.10    | 65.30    | 7                | 20.65    | 77.00    | 7                | 30.60    | 57.75    |
| 8                    | 28.00    | 67.50    | 8                | 19.80    | 73.50    | 8                | 31.15    | 58.50    |
| 9                    | 28.35    | 66.30    | 9                | 25.40    | 69.80    | 9                | 31.20    | 59.50    |
| 10                   | 28.35    | 60.50    | 10               | 27.00    | 68.50    | 10               | 31.85    | 65.50    |
| 11                   | 25.45    | 72.50    | 11               | 27.90    | 68.50    | 11               | 30.25    | 65.50    |
| 12                   | 25.45    | 69.30    | 12               | 28.80    | 67.00    | 12               | 26.15    | 74.00    |
| 13                   | 26.20    | 64.50    | 13               | 29.30    | 68.80    | 13               | 27.65    | 66.25    |
| 14                   | 27.00    | 62.00    | 14               | 30.00    | 66.00    | 14               | 30.00    | 66.50    |
| 15                   | 24.80    | 68.30    | 15               | 30.50    | 62.50    | 15               | 28.60    | 76.50    |
| 16                   | 24.35    | 69.50    | 16               | 31.15    | 63.00    | 16               | 29.35    | 69.50    |
| 17                   | 25.25    | 68.00    | 17               | 31.10    | 64.00    | 17               | 30.65    | 68.75    |
| 18                   | 25.25    | 67.80    | 18               | 25.30    | 78.00    | 18               | 30.60    | 67.50    |
| 19                   | 25.30    | 67.00    | 19               | 26.60    | 72.00    | 19               | 29.00    | 71.75    |
| 20                   | 24.65    | 68.50    | 20               | 28.05    | 64.50    | 20               | 29.35    | 71.75    |
| 21                   | 25.35    | 67.50    | 21               | 29.80    | 66.25    | 21               | 30.35    | 71.50    |
| 22                   | 26.95    | 69.50    | 22               | 29.80    | 68.00    | 22               | 30.15    | 66.25    |
| 23                   | 29.05    | 63.80    | 23               | 29.90    | 68.50    | 23               | 28.30    | 75.50    |
| 24                   | 29.80    | 71.00    | 24               | 26.70    | 74.50    | 24               | 29.15    | 70.75    |
| 25                   | 28.65    | 77.00    | 25               | 29.05    | 66.00    | 25               | 29.80    | 68.00    |
| 26                   | 26.00    | 75.00    | 26               | 30.15    | 66.50    | 26               | 28.50    | 80.00    |
| 27                   | 27.60    | 73.50    | 27               | 31.40    | 62.50    | 27               | 30.20    | 71.00    |
| 28                   | 28.70    | 65.30    | 28               | 30.50    | 65.00    | 28               | 30.50    | 67.00    |
|                      |          |          | 29               | 30.35    | 67.25    | 29               | 30.35    | 70.00    |
|                      |          |          | 30               | 30.70    | 65.75    | 30               | 29.20    | 75.00    |
|                      |          |          | 31               | 28.80    | 71.50    |                  |          |          |
| เฉลี่ย               | 26.37    | 68.49    | เฉลี่ย           | 28.23    | 68.73    | เฉลี่ย           | 29.67    | 68.13    |
| สูงสุด               | 29.80    | 77.00    | สูงสุด           | 31.40    | 80.50    | สูงสุด           | 31.85    | 75.00    |
| ต่ำสุด               | 23.50    | 60.50    | ต่ำสุด           | 19.80    | 62.50    | ต่ำสุด           | 26.15    | 57.75    |

\* ข้อมูลจากสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 3 ห้วยบ้านยาง

ภาคผนวก 9 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนในสภาพไร่ของแปลงดาวเรืองอาหารสัตว์ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2544 ถึง เมษายน 2545

| เดือน           | ปริมาณน้ำฝน (มม.) |        |
|-----------------|-------------------|--------|
|                 | รวม               | เฉลี่ย |
| พฤศจิกายน 2544  | 14.8              | 0.5    |
| ธันวาคม 2544    | -                 | -      |
| มกราคม 2545     | -                 | -      |
| กุมภาพันธ์ 2545 | 32.5              | 1.2    |
| มีนาคม 2545     | 52.1              | 1.7    |
| เมษายน 2545     | 60.9              | 2.0    |

หมายเหตุ - ไม่สามารถวัดปริมาณน้ำฝนได้ในเดือนธันวาคม 2544 และมกราคม 2545

ภาคผนวก 10 แสดงรายการสารฆ่าแมลงที่ใช้ทดสอบความเป็นพิษต่อหนอนกระทู้ผัก *S. litura* และอัตราความเข้มข้นแนะนำการใช้สารในสภาพไร่

| Compound group | Common name             | Trade name and<br>% active ingredient    | Application rate |                             |
|----------------|-------------------------|------------------------------------------|------------------|-----------------------------|
|                |                         |                                          | (/20 L water)    | conc.                       |
| Carbamate      | carbosulfan             | Posses 20%EC                             | 60 ml            | 600 ppm                     |
| Biopesticide   | azadirachtin            | Sadoa Thai 111 0.1%                      | 50 ml            | 2.5 ppm                     |
| IGR            | tebufenozide            | Mimic 20%F                               | 50 ml            | 500 ppm                     |
| Microbial      | <i>S. carpocapsae</i>   | Unema 16×10 <sup>6</sup> nematode        | 1 package        | 16×10 <sup>6</sup> nematode |
|                | <i>B. thuringiensis</i> | Bactospeine HPWP<br>potency 32,000 IU/mg | 60 g             | 9.6×10 <sup>4</sup> IU      |

\* อัตราแนะนำจากฉลากของสารฆ่าแมลงแต่ละชนิด

ภาคผนวก 11 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนหนอนกระทู้ผักตาย<sup>11</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทู้ผักตาย (ตัว) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1               |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                       | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| 0 (control)            | 0.87                        | 0.25  | 0.25  | 0.37  | 0.50          | 0.25  | 0.75  | 0.37  | 0.50          | 0.37  | 0.37  | 0.25  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.50                        | 0.37  | 0.62  | 0.50  | 0.62          | 0.50  | 0.50  | 0.62  | 0.75          | 0.37  | 0.87  | 0.25  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 1.00                        | 1.25  | 0.87  | 0.50  | 0.75          | 0.62  | 1.25  | 1.00  | 0.75          | 0.75  | 0.62  | 0.87  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 1.12                        | 1.37  | 0.87  | 1.00  | 0.87          | 1.00  | 1.25  | 1.12  | 1.00          | 1.25  | 0.62  | 1.00  |
| อัตราแนะนำ             | 1.12                        | 1.37  | 1.25  | 1.25  | 0.87          | 1.00  | 1.62  | 1.75  | 1.25          | 1.37  | 0.50  | 1.37  |

<sup>11</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ



ภาคผนวก 12 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์หนอนกระทุ้ผักตายน<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทุ้ผักตาย (%) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1             |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                     | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| อัตราความเข้มข้น       |                           |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
| 0 (control)            | 0.00                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.00                      | 7.14  | 21.43 | 7.69  | 8.33          | 14.29 | 0.00  | 15.38 | 16.67         | 0.00  | 7.69  | 0.00  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 11.11                     | 57.14 | 35.71 | 7.69  | 16.67         | 21.43 | 40.00 | 38.46 | 16.67         | 23.08 | 15.38 | 35.71 |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 22.22                     | 64.29 | 35.71 | 38.46 | 25.00         | 42.86 | 40.00 | 46.15 | 33.33         | 53.85 | 15.38 | 42.86 |
| อัตราแนะนำ             | 33.33                     | 64.29 | 57.14 | 53.85 | 25.00         | 42.86 | 70.00 | 84.61 | 50.00         | 61.54 | 30.77 | 64.29 |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula

ภาคผนวก 13 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์หนอนกระทุ้ผักตายน<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทุ้ผักตาย (%) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1             |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                     | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| อัตราความเข้มข้น       |                           |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
| 0 (control)            | 0.00                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.00                      | 15.50 | 27.58 | 16.10 | 16.77         | 22.21 | 0.00  | 23.09 | 24.10         | 0.00  | 16.10 | 0.00  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 19.47                     | 49.10 | 36.70 | 16.10 | 24.10         | 27.58 | 39.23 | 38.33 | 24.10         | 28.71 | 23.09 | 36.70 |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 28.12                     | 53.30 | 36.70 | 38.33 | 30.00         | 40.89 | 39.23 | 42.79 | 35.26         | 47.21 | 23.09 | 40.89 |
| อัตราแนะนำ             | 35.26                     | 53.30 | 49.10 | 47.21 | 30.00         | 40.89 | 56.79 | 66.90 | 50.00         | 51.67 | 33.69 | 53.30 |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

ภาคผนวก 14 ผลวิเคราะห์หว่านเวียนต์ค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์หนอนกระพุ่มักตาย<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| SV.          | df | F-value       |                    |               |
|--------------|----|---------------|--------------------|---------------|
|              |    | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2      | พ่นครั้งที่ 3 |
| Replications | 3  | 6.88 *        | 2.32 <sup>ns</sup> | <1            |
| Treatments   | 3  | 13.53 **      | 8.62 **            | 9.32 **       |
| Error        | 9  |               |                    |               |
| CV(%)        | 15 | 22.6          | 28.0               | 33.1          |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ \*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<sup>ns</sup> = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ภาคผนวก 15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์หนอนกระพุ่มักตาย<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| Treatments<br>(ppm)    | Means         |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |
| 0 (control)            | 0             | 0             | 0             |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 14.79 a       | 15.52 a       | 10.05 a       |
| 50% อัตราแนะนำ         | 30.34 b       | 32.31 b       | 28.15 b       |
| 75% อัตราแนะนำ         | 39.11 bc      | 38.23 bc      | 36.61 bc      |
| 100% อัตราแนะนำ        | 46.22 c       | 48.65 c       | 45.92 c       |
| Means                  | 32.62         | 33.68         | 30.18         |
| LSD(5%)                | 11.78         | 15.11         | 15.99         |
| CV(%)                  | 22.6          | 28.0          | 33.1          |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ภาคผนวก 16 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนหนอนกระทู้ผักตาย<sup>1/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารสกัดสะเดา (azadirachtin) สำเร็จรูป 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทู้ผักตาย (ตัว) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1               |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                       | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| 0 (control)            | 0.37                        | 0.75  | 0.75  | 0.37  | 0.37          | 0.75  | 0.75  | 0.37  | 0.37          | 1.12  | 0.37  | 0.50  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 1.62                        | 2.00  | 1.75  | 1.87  | 1.75          | 1.75  | 1.75  | 1.75  | 1.75          | 1.75  | 1.75  | 1.62  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 1.62                        | 1.25  | 0.87  | 1.12  | 1.50          | 1.37  | 1.25  | 1.00  | 0.75          | 1.62  | 1.12  | 1.25  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 1.25                        | 1.75  | 1.37  | 1.87  | 1.37          | 1.37  | 1.37  | 1.50  | 1.37          | 1.62  | 1.62  | 1.25  |
| อัตราแนะนำ             | 1.50                        | 1.75  | 2.00  | 2.00  | 1.50          | 1.87  | 1.62  | 1.87  | 1.50          | 1.75  | 1.75  | 1.87  |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

ภาคผนวก 17 แสดงค่าเฉลี่ย <sup>1/</sup> เปอร์เซนต์หนอนกระทุ้ฝักตาย <sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทุ้ฝักตาย (%) |        |        |        |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|---------------------------|--------|--------|--------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1             |        |        |        | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                     | ซ้ำ 2  | ซ้ำ 3  | ซ้ำ 4  | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| อัตราความเข้มข้น       |                           |        |        |        |               |       |       |       |               |       |       |       |
| 0 (control)            | 0.00                      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 76.92                     | 100.00 | 80.00  | 92.31  | 84.61         | 80.00 | 40.00 | 84.61 | 84.61         | 71.43 | 84.61 | 75.00 |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 76.92                     | 40.00  | 10.00  | 46.15  | 69.23         | 50.00 | 50.00 | 38.46 | 23.08         | 57.14 | 46.15 | 50.00 |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 53.85                     | 80.00  | 50.00  | 92.31  | 61.54         | 50.00 | 70.00 | 69.23 | 61.54         | 57.14 | 76.92 | 50.00 |
| อัตราแนะนำ             | 69.23                     | 80.00  | 100.00 | 100.00 | 69.23         | 90.00 | 80.00 | 92.31 | 69.23         | 71.43 | 84.61 | 91.67 |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula

ภาคผนวก 18 แสดงค่าเฉลี่ย <sup>1/</sup> เปอร์เซนต์หนอนกระทุ้ฝักตาย <sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทุ้ฝักตาย (%) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1             |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                     | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| อัตราความเข้มข้น       |                           |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
| 0 (control)            | 0.00                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 61.29                     | 90.00 | 63.43 | 73.90 | 66.90         | 63.43 | 63.43 | 66.90 | 66.90         | 57.69 | 66.90 | 60.00 |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 61.29                     | 39.23 | 18.43 | 42.79 | 56.31         | 45.00 | 39.23 | 38.33 | 28.71         | 49.10 | 72.79 | 45.00 |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 47.21                     | 63.43 | 45.00 | 73.90 | 51.67         | 45.00 | 45.00 | 56.31 | 51.67         | 49.10 | 61.29 | 45.00 |
| อัตราแนะนำ             | 56.31                     | 63.43 | 90.00 | 90.00 | 56.31         | 71.56 | 56.79 | 73.90 | 56.31         | 57.69 | 66.90 | 73.22 |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

ภาคผนวก 19 ผลวิเคราะห์หว่านเวียนต์ค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซนต์หนอนกระพุ่มักตาย<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| SV.          | df | F-value       |               |                    |
|--------------|----|---------------|---------------|--------------------|
|              |    | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3      |
| Replications | 3  | < 1           | < 1           | 1.00 <sup>ns</sup> |
| Treatments   | 3  | 3.92 *        | 9.11 **       | 8.29 **            |
| Error        | 9  |               |               |                    |
| CV(%)        | 15 | 26.1          | 12.4          | 13.3               |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซนต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ \*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<sup>ns</sup> = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ภาคผนวก 20 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซนต์หนอนกระพุ่มักตาย<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารสกัดสะเดา(azadirachtin) 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| Treatments<br>(ppm)    | Means         |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |
| 0 (control)            | 0             | 0             | 0             |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 72.16 b       | 65.17 b       | 62.87 b       |
| 50% อัตราแนะนำ         | 40.44 b       | 44.72 a       | 41.40 a       |
| 75% อัตราแนะนำ         | 57.39 ab      | 49.50 a       | 51.77 ab      |
| 100% อัตราแนะนำ        | 74.94 a       | 64.64 b       | 63.53 b       |
| Means                  | 61.23         | 56.00         | 54.89         |
| LSD(5%)                | 25.61         | 11.09         | 11.66         |
| CV(%)                  | 26.1          | 12.4          | 13.3          |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซนต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ภาคผนวก 21 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนหนอนกระทู้ผักตาย<sup>1/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลง tebufenozide 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทู้ผักตาย (ตัว) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1               |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                       | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| 0 (control)            | 0.87                        | 0.75  | 0.37  | 0.50  | 0.37          | 0.75  | 0.75  | 0.37  | 0.37          | 0.75  | 0.75  | 0.37  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 1.37                        | 1.25  | 1.00  | 0.75  | 1.62          | 0.87  | 0.50  | 1.50  | 1.25          | 1.12  | 1.62  | 1.00  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 1.62                        | 1.50  | 1.75  | 1.75  | 1.62          | 1.75  | 1.87  | 1.75  | 1.62          | 1.75  | 1.62  | 1.75  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 2.00                        | 2.00  | 1.87  | 1.87  | 2.00          | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00          | 2.00  | 1.87  | 2.00  |
| อัตราแนะนำ             | 1.87                        | 1.87  | 2.00  | 2.00  | 2.00          | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 1.87          | 2.00  | 2.00  | 2.00  |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

ภาคผนวก 22 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์หนอนกระทุ้ผักตายน<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลง tebufenozide 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทุ้ผักตาย (%) |        |        |        |               |        |        |        |               |        |        |        |
|------------------------|---------------------------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1             |        |        |        | พ่นครั้งที่ 2 |        |        |        | พ่นครั้งที่ 3 |        |        |        |
|                        | ซ้ำ 1                     | ซ้ำ 2  | ซ้ำ 3  | ซ้ำ 4  | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2  | ซ้ำ 3  | ซ้ำ 4  | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2  | ซ้ำ 3  | ซ้ำ 4  |
| อัตราความเข้มข้น       |                           |        |        |        |               |        |        |        |               |        |        |        |
| 0 (control)            | 0.00                      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00          | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00          | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 44.44                     | 40.00  | 38.46  | 16.67  | 76.92         | 10.00  | 0.00   | 69.23  | 53.85         | 30.00  | 70.00  | 38.46  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 66.67                     | 60.00  | 84.61  | 83.33  | 76.92         | 80.00  | 90.00  | 84.61  | 76.92         | 80.00  | 70.00  | 84.61  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 100.00                    | 100.00 | 92.31  | 91.67  | 100.00        | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00        | 100.00 | 90.00  | 100.00 |
| อัตราแนะนำ             | 88.89                     | 90.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00        | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 92.31         | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula

ภาคผนวก 23 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์หนอนกระทุ้ผักตายน<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลง tebufenozide 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทุ้ผักตาย (%) |       |       |       |               |        |        |        |               |       |       |       |
|------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|---------------|--------|--------|--------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1             |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |        |        |        | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                     | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2  | ซ้ำ 3  | ซ้ำ 4  | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| อัตราความเข้มข้น       |                           |       |       |       |               |        |        |        |               |       |       |       |
| 0 (control)            | 0.00                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 41.81                     | 39.23 | 38.33 | 24.10 | 61.29         | 18.43  | 0.00   | 56.31  | 47.21         | 33.21 | 56.79 | 38.33 |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 54.74                     | 50.77 | 66.90 | 65.90 | 61.29         | 63.43  | 71.56  | 66.90  | 61.29         | 63.43 | 56.79 | 66.90 |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 90.00                     | 90.00 | 73.90 | 73.22 | 100.00        | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 90.00         | 90.00 | 71.56 | 90.00 |
| อัตราแนะนำ             | 70.53                     | 71.56 | 90.00 | 90.00 | 100.00        | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 73.90         | 90.00 | 90.00 | 90.00 |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

ภาคผนวก 24 ผลวิเคราะห์หว่านเวียนค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์หนอนกระพุ่มักตาย<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลง tebufenozide 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| SV.          | df | F-value       |               |               |
|--------------|----|---------------|---------------|---------------|
|              |    | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |
| Replications | 3  | < 1           | -             | <1            |
| Treatments   | 3  | 17.33 **      | -             | 18.47 **      |
| Error        | 9  |               |               |               |
| CV(%)        | 15 | 16.1          | -             | 13.6          |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ \*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

<sup>ns</sup> = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ภาคผนวก 25 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์หนอนกระพุ่มักตาย<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลง tebufenozide 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| Treatments<br>(ppm)    | Means         |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |
| 0 (control)            | 0             | 0             | 0             |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 35.87 a       | 34.01 a       | 43.88 a       |
| 50% อัตราแนะนำ         | 59.58 b       | 65.80 b       | 62.10 b       |
| 75% อัตราแนะนำ         | 81.78 c       | 100.00 c      | 85.39 c       |
| 100% อัตราแนะนำ        | 80.52 c       | 100.00 c      | 85.98 c       |
| Means                  | 64.44         | 80.84         | 69.34         |
| LSD(5%)                | 16.60         | -             | 15.11         |
| CV(%)                  | 16.1          | -             | 13.6          |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test



ภาคผนวก 26 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนหนอนกระทู้ผักตาย<sup>1/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีวอินทรีย์  
ฆ่าแมลง *S. carpocapsae* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทู้ผักตาย (ตัว) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1               |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                       | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| 0 (control)            | 0.37                        | 0.75  | 0.75  | 0.37  | 0.37          | 1.12  | 0.37  | 0.50  | 0.37          | 0.62  | 0.50  | 0.50  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 1.25                        | 1.25  | 1.37  | 1.50  | 1.12          | 1.50  | 1.25  | 1.00  | 1.50          | 1.00  | 1.50  | 0.87  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 1.62                        | 1.62  | 1.62  | 1.37  | 1.50          | 1.37  | 1.62  | 1.37  | 1.50          | 1.62  | 1.62  | 1.62  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 1.75                        | 1.75  | 2.00  | 1.87  | 1.25          | 1.87  | 1.87  | 1.87  | 1.87          | 1.75  | 1.62  | 1.87  |
| อัตราแนะนำ             | 1.75                        | 1.87  | 1.87  | 2.00  | 1.62          | 1.75  | 1.87  | 1.87  | 1.87          | 1.87  | 1.87  | 2.00  |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

ภาคผนวก 27 แสดงค่าเฉลี่ย <sup>1/</sup> เปอร์เซนต์หนอนกระทุ้ฟักตาย <sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีววินทรีย์ฆ่าแมลง *S. carpocapsae* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทุ้ฟักตาย (%) |       |        |        |               |       |       |       |               |       |       |        |
|------------------------|---------------------------|-------|--------|--------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|--------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1             |       |        |        | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |        |
|                        | ซ้ำ 1                     | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3  | ซ้ำ 4  | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4  |
| อัตราความเข้มข้น       |                           |       |        |        |               |       |       |       |               |       |       |        |
| 0 (control)            | 0.00                      | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00   |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 53.85                     | 40.00 | 50.00  | 69.23  | 46.51         | 42.86 | 53.85 | 33.33 | 69.23         | 27.27 | 66.67 | 25.00  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 76.92                     | 70.00 | 70.00  | 61.54  | 69.23         | 28.57 | 76.92 | 58.33 | 69.23         | 72.73 | 75.00 | 75.00  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 84.61                     | 80.00 | 100.00 | 92.31  | 53.85         | 85.71 | 92.31 | 91.67 | 92.31         | 81.82 | 75.00 | 91.67  |
| อัตราแนะนำ             | 84.61                     | 90.00 | 90.00  | 100.00 | 76.92         | 71.46 | 92.31 | 91.67 | 92.31         | 90.91 | 91.67 | 100.00 |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซนต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula

ภาคผนวก 28 แสดงค่าเฉลี่ย <sup>1/</sup> เปอร์เซนต์หนอนกระทุ้ฟักตาย <sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีววินทรีย์ฆ่าแมลง *S. carpocapsae* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทุ้ฟักตาย (%) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1             |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                     | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| อัตราความเข้มข้น       |                           |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
| 0 (control)            | 0.00                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 47.21                     | 39.23 | 50.00 | 56.31 | 42.79         | 40.89 | 47.21 | 35.26 | 56.31         | 31.48 | 54.74 | 30.00 |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 61.29                     | 56.79 | 56.79 | 51.67 | 56.31         | 32.31 | 61.29 | 49.79 | 56.31         | 58.52 | 60.00 | 60.00 |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 66.90                     | 63.43 | 90.00 | 73.90 | 47.21         | 67.79 | 73.90 | 73.22 | 73.90         | 64.76 | 60.00 | 73.22 |
| อัตราแนะนำ             | 66.90                     | 71.56 | 71.56 | 90.00 | 61.29         | 57.69 | 73.90 | 73.22 | 73.90         | 72.45 | 73.22 | 90.00 |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซนต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

ภาคผนวก 29 ผลวิเคราะห์หว่านเวียนต์ค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์หนอนกระพุ่มักตาย<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *S. capocapsae* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| SV.          | df | F-value             |                    |                    |
|--------------|----|---------------------|--------------------|--------------------|
|              |    | พ่นครั้งที่ 1       | พ่นครั้งที่ 2      | พ่นครั้งที่ 3      |
| Replications | 3  | 1.19 <sup>ns</sup>  | 2.07 <sup>ns</sup> | <1                 |
| Treatments   | 3  | 10.01 <sup>**</sup> | 7.40 <sup>**</sup> | 9.33 <sup>**</sup> |
| Error        | 9  |                     |                    |                    |
| CV(%)        | 15 | 13.6                | 16.1               | 15.5               |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ \*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<sup>ns</sup> = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ภาคผนวก 30 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์หนอนกระพุ่มักตาย<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *S. capocapsae* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| Treatments<br>(ตัว/มล.) | Means         |               |               |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                         | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |
| 0 (control)             | 0             | 0             | 0             |
| อัตรา LC <sub>50</sub>  | 46.94 a       | 41.54 a       | 43.13 a       |
| 50% อัตราแนะนำ          | 56.63 a       | 49.92 a       | 58.71 b       |
| 75% อัตราแนะนำ          | 73.56 b       | 65.53 b       | 67.97 bc      |
| 100% อัตราแนะนำ         | 75.00 b       | 66.52 b       | 77.39 c       |
| Means                   | 63.03         | 55.88         | 61.80         |
| LSD(5%)                 | 13.74         | 14.37         | 15.29         |
| CV(%)                   | 13.6          | 16.1          | 15.5          |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ภาคผนวก 31 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนหนอนกระทู้ผักตาย<sup>1/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีวอินทรีย์  
ฆ่าแมลง *B. thuringiensis* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทู้ผักตาย (ตัว) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1               |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                       | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| 0 (control)            | 0.37                        | 1.12  | 0.37  | 0.50  | 0.37          | 0.62  | 0.50  | 0.50  | 0.25          | 0.50  | 0.62  | 0.87  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.75                        | 1.12  | 0.75  | 1.25  | 0.87          | 1.12  | 0.87  | 0.87  | 0.75          | 0.87  | 1.00  | 0.75  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 1.50                        | 1.00  | 0.87  | 1.00  | 1.00          | 1.12  | 1.12  | 1.00  | 0.75          | 1.12  | 1.12  | 0.62  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 1.50                        | 1.62  | 1.12  | 0.75  | 1.00          | 1.12  | 1.62  | 1.00  | 0.75          | 1.12  | 1.25  | 1.12  |
| อัตราแนะนำ             | 1.12                        | 1.50  | 1.37  | 1.37  | 1.12          | 1.62  | 1.12  | 1.12  | 1.12          | 0.87  | 1.37  | 1.00  |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

ภาคผนวก 32 แสดงค่าเฉลี่ย <sup>1/</sup>เปอร์เซ็นต์หนอนกระทุ้ฟักตาย <sup>2/</sup>ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีววินทรีย์ฆ่าแมลง *B. thuringiensis* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทุ้ฟักตาย (%) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1             |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
| อัตราความเข้มข้น       | ซ้ำ 1                     | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| 0 (control)            | 0.00                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 23.08                     | 0.00  | 23.08 | 50.00 | 30.77         | 36.36 | 25.00 | 25.00 | 28.57         | 25.00 | 27.27 | 0.00  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 69.23                     | 0.00  | 30.77 | 33.33 | 38.46         | 36.36 | 41.67 | 33.33 | 28.57         | 41.67 | 36.36 | 0.00  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 69.23                     | 57.14 | 46.15 | 16.67 | 38.46         | 36.36 | 75.00 | 33.33 | 28.57         | 41.67 | 45.45 | 22.22 |
| อัตราแนะนำ             | 46.15                     | 42.86 | 61.54 | 58.33 | 46.15         | 72.73 | 41.67 | 41.67 | 50.00         | 25.00 | 54.54 | 11.11 |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula

ภาคผนวก 33 แสดงค่าเฉลี่ย <sup>1/</sup>เปอร์เซ็นต์หนอนกระทุ้ฟักตาย <sup>2/</sup>ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีววินทรีย์ฆ่าแมลง *B. thuringiensis* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทุ้ฟักตาย (%) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1             |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
| อัตราความเข้มข้น       | ซ้ำ 1                     | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| 0 (control)            | 0.00                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 28.71                     | 0.00  | 28.71 | 45.00 | 33.69         | 37.08 | 30.00 | 30.00 | 32.31         | 30.00 | 31.48 | 0.00  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 56.31                     | 0.00  | 33.69 | 35.26 | 38.33         | 37.08 | 40.20 | 35.26 | 32.31         | 40.20 | 37.08 | 0.00  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 56.31                     | 49.10 | 42.79 | 24.10 | 38.33         | 37.08 | 60.00 | 35.26 | 32.31         | 40.20 | 42.39 | 28.12 |
| อัตราแนะนำ             | 42.79                     | 40.89 | 51.67 | 49.79 | 42.79         | 58.52 | 40.20 | 40.20 | 45.00         | 30.00 | 47.60 | 19.47 |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

ภาคผนวก 34 ผลวิเคราะห์หว่าเรียนต์ค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์หนอนกระพุ่มักตาย<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *B. thuringiensis* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| SV.          | df | F-value            |                    |                     |
|--------------|----|--------------------|--------------------|---------------------|
|              |    | พ่นครั้งที่ 1      | พ่นครั้งที่ 2      | พ่นครั้งที่ 3       |
| Replications | 3  | 1.67 <sup>ns</sup> | < 1                | 10.89 <sup>**</sup> |
| Treatments   | 3  | 1.60 <sup>ns</sup> | 2.13 <sup>ns</sup> | 2.57 <sup>**</sup>  |
| Error        | 9  |                    |                    |                     |
| CV(%)        | 15 | 42.1               | 19.4               | 25.0                |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ \*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<sup>ns</sup> = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ภาคผนวก 35 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> เปอร์เซ็นต์หนอนกระพุ่มักตาย<sup>2/</sup> ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| Treatments<br>(IU/ml)  | Means         |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |
| 0 (control)            | 0             | 0             | 0             |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 25.61 a       | 32.69 a       | 23.45 a       |
| 50% อัตราแนะนำ         | 31.32 a       | 37.72 a       | 27.40 a       |
| 75% อัตราแนะนำ         | 43.08 a       | 42.67 a       | 35.76 a       |
| 100% อัตราแนะนำ        | 46.29 a       | 45.43 a       | 35.52 a       |
| Means                  | 36.57         | 39.63         | 30.53         |
| LSD(5%)                | 20.69         | 12.75         | 12.32         |
| CV(%)                  | 42.1          | 19.4          | 25.0          |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

<sup>2/</sup> ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ตายโดยใช้สูตรของ Abbott's formula และปรับค่าข้อมูลโดย Arcsine สูตร  $\sqrt{(x/100)}$

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ภาคผนวก 36 แสดงจำนวนหนอนกระทุ้ผักตาย<sup>u</sup> ในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังทดสอบหาพิษตกค้างของสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทุ้ผักตาย (ตัว) |       |       |       |                   |       |       |       |                   |       |       |       |
|------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
|                        | หลังพ่นครั้งที่ 1           |       |       |       | หลังพ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | หลังพ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                       | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1             | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1             | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| อัตราความเข้มข้น       |                             |       |       |       |                   |       |       |       |                   |       |       |       |
| 0 (control)            | 0                           | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0                           | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 0                           | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 0                           | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     |
| อัตราแนะนำ             | 0                           | 0     | 0     | 1     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     |

<sup>u</sup> จากดอกดาวเรือง 1 ดอก/ซ้ำ

ภาคผนวก 37 แสดงจำนวนหนอนกระทุ้ผักตาย<sup>u</sup> ในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังทดสอบหาพิษตกค้างของสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป ที่อัตราความเข้มข้น ต่างๆ จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทุ้ผักตาย (ตัว) |       |       |       |                   |       |       |       |                   |       |       |       |
|------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
|                        | หลังพ่นครั้งที่ 1           |       |       |       | หลังพ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | หลังพ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                       | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1             | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1             | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| อัตราความเข้มข้น       |                             |       |       |       |                   |       |       |       |                   |       |       |       |
| 0 (control)            | 0                           | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0                           | 1     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 1                 | 0     | 0     | 0     |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 0                           | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 0                           | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     |
| อัตราแนะนำ             | 0                           | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     |

<sup>u</sup> จากดอกดาวเรือง 1 ดอก/ซ้ำ

ภาคผนวก 38 แสดงจำนวนหนอนกระทู้ผักตาย<sup>1/</sup> ในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังทดสอบ  
หาพิษตกค้างของสารฆ่าแมลง tebufenozide ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทู้ผักตาย (ตัว) |       |       |       |                   |       |       |       |                   |       |       |       |
|------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
|                        | หลังพ่นครั้งที่ 1           |       |       |       | หลังพ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | หลังพ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                       | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1             | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1             | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| 0 (control)            | 0                           | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0                           | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 1                           | 0     | 1     | 1     | 0                 | 1     | 1     | 0     | 1                 | 0     | 0     | 1     |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 0                           | 2     | 0     | 1     | 0                 | 1     | 0     | 1     | 1                 | 1     | 0     | 0     |
| อัตราแนะนำ             | 0                           | 1     | 1     | 1     | 1                 | 1     | 0     | 1     | 1                 | 0     | 0     | 1     |

<sup>1/</sup> จากดอกดาวเรือง 1 ดอก/ซ้ำ

ภาคผนวก 39 แสดงจำนวนหนอนกระทู้ผักตาย<sup>1/</sup> ในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังทดสอบ  
หาพิษตกค้างของสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *S.carpocapsae* ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทู้ผักตาย (ตัว) |       |       |       |                   |       |       |       |                   |       |       |       |
|------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
|                        | หลังพ่นครั้งที่ 1           |       |       |       | หลังพ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | หลังพ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                       | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1             | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1             | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| 0 (control)            | 0                           | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0                           | 1     | 1     | 0     | 1                 | 0     | 0     | 0     | 1                 | 1     | 0     | 0     |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 2                           | 1     | 0     | 1     | 0                 | 0     | 1     | 0     | 1                 | 1     | 0     | 0     |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 2                           | 1     | 1     | 0     | 1                 | 0     | 0     | 0     | 1                 | 0     | 1     | 0     |
| อัตราแนะนำ             | 2                           | 0     | 1     | 1     | 0                 | 1     | 1     | 0     | 1                 | 0     | 1     | 1     |

<sup>1/</sup> จากดอกดาวเรือง 1 ดอก/ซ้ำ



ภาคผนวก 40 แสดงจำนวนหนอนกระทู้ผักตาย<sup>1/</sup>ในดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราปล่อย 2 ตัว/ดอก หลังทดสอบหาพิษตกค้างของสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *B. thuringiensis* ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | จำนวนหนอนกระทู้ผักตาย (ตัว) |       |       |       |                   |       |       |       |                   |       |       |       |
|------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
|                        | หลังพ่นครั้งที่ 1           |       |       |       | หลังพ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | หลังพ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                       | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1             | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1             | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| อัตราความเข้มข้น       |                             |       |       |       |                   |       |       |       |                   |       |       |       |
| 0 (control)            | 0                           | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0                           | 1     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 1     |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 0                           | 1     | 0     | 1     | 0                 | 1     | 1     | 0     | 0                 | 1     | 0     | 0     |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 1                           | 0     | 1     | 0     | 0                 | 1     | 0     | 1     | 0                 | 1     | 0     | 0     |
| อัตราแนะนำ             | 1                           | 1     | 1     | 1     | 1                 | 1     | 1     | 0     | 0                 | 1     | 1     | 1     |

<sup>1/</sup> จากดอกดาวเรือง 1 ดอก/ซ้ำ

ภาคผนวก 41 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ (ชม.<sup>2</sup>) ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | พื้นที่ความเสียหายของกลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ (ชม. <sup>2</sup> ) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1                                                      |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                                                              | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| อัตราความเข้มข้น       |                                                                    |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
| 0 (control)            | 0.44                                                               | 1.72  | 1.61  | 1.07  | 0.70          | 1.93  | 0.17  | 0.28  | 0.24          | 0.48  | 0.44  | 0.33  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.88                                                               | 1.64  | 0.61  | 1.47  | 0.60          | 1.98  | 0.33  | 0.29  | 0.67          | 0.84  | 0.48  | 0.72  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 0.94                                                               | 0.50  | 0.75  | 1.24  | 1.49          | 1.17  | 0.26  | 0.23  | 0.56          | 0.80  | 0.63  | 0.39  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 0.49                                                               | 0.37  | 0.99  | 1.05  | 1.26          | 1.02  | 0.22  | 0.25  | 0.27          | 0.47  | 0.43  | 0.57  |
| อัตราแนะนำ             | 0.58                                                               | 0.42  | 0.75  | 0.43  | 0.69          | 1.22  | 0.22  | 0.32  | 0.27          | 0.31  | 0.27  | 0.39  |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

ภาคผนวก 42 ผลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย<sup>u</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| SV.          | df | F-value            |               |               |
|--------------|----|--------------------|---------------|---------------|
|              |    | พ่นครั้งที่ 1      | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |
| Replications | 3  | < 1                | 14.94 **      | 2.11 **       |
| Treatments   | 3  | 1.85 <sup>ns</sup> | < 1           | 7.07 **       |
| Error        | 9  |                    |               |               |
| CV(%)        | 15 | 46.2               | 46.4          | 24.2          |

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ \*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<sup>ns</sup> = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ภาคผนวก 43 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย<sup>u</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลง carbosulfan 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| Treatments<br>(ppm)    | Means         |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |
| 0 (control)            | 1.21 a        | 0.77 a        | 0.37 a        |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 1.15 a        | 0.80 a        | 0.68 a        |
| 50% อัตราแนะนำ         | 0.86 a        | 0.79 a        | 0.60 a        |
| 75% อัตราแนะนำ         | 0.73 a        | 0.69 a        | 0.43 a        |
| 100% อัตราแนะนำ        | 0.55 a        | 0.61 a        | 0.31 a        |
| Means                  | 0.90          | 0.73          | 0.48          |
| CV(%)                  | 46.1          | 46.4          | 24.2          |

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ภาคผนวก 44 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>u</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ (ชม.<sup>2</sup>) ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | พื้นที่ความเสียหายของกลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ (ชม. <sup>2</sup> ) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1                                                      |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
| อัตราความเข้มข้น       | ซ้ำ 1                                                              | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| 0 (control)            | 0.34                                                               | 0.31  | 0.57  | 0.26  | 0.30          | 0.32  | 0.29  | 0.42  | 0.32          | 0.23  | 0.31  | 0.37  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.09                                                               | 0.19  | 0.10  | 0.22  | 0.09          | 0.12  | 0.07  | 0.08  | 0.11          | 0.11  | 0.09  | 0.11  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 0.18                                                               | 0.19  | 0.18  | 0.35  | 0.37          | 0.24  | 0.19  | 0.15  | 0.29          | 0.16  | 0.19  | 0.41  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 0.19                                                               | 0.26  | 0.24  | 0.11  | 0.15          | 0.22  | 0.34  | 0.21  | 0.32          | 0.17  | 0.17  | 0.18  |
| อัตราแนะนำ             | 0.09                                                               | 0.13  | 0.22  | 0.19  | 0.11          | 0.12  | 0.19  | 0.14  | 0.18          | 0.09  | 0.15  | 0.14  |

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

ภาคผนวก 45 ผลวิเคราะห์ห้ำาเรียนต์ค่าเฉลี่ย<sup>u</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| SV.          | df | F-value       |               |                    |
|--------------|----|---------------|---------------|--------------------|
|              |    | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3      |
| Replications | 3  | < 1           | < 1           | 3.29 <sup>ns</sup> |
| Treatments   | 3  | 4.61 **       | 6.89 **       | 8.88 **            |
| Error        | 9  |               |               |                    |
| CV(%)        | 15 | 40.8          | 34.8          | 27.4               |

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ \*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

<sup>ns</sup> = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ภาคผนวก 46 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราความเข้มข้น  
ต่างๆ หลังฉีดพ่นสารสกัดสะเดา(azadirachtin)สำเร็จรูป 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| Treatments<br>(ppm)    | Means         |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |
| 0 (control)            | 0.37 b        | 0.33 c        | 0.31 d        |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.13 a        | 0.09 a        | 0.11 a        |
| 50% อัตราแนะนำ         | 0.23 a        | 0.24 bc       | 0.26 cd       |
| 75% อัตราแนะนำ         | 0.20 a        | 0.23 bc       | 0.21 bc       |
| 100% อัตราแนะนำ        | 0.16 a        | 0.14 ab       | 0.14 ab       |
| Means                  | 0.22          | 0.21          | 0.21          |
| CV(%)                  | 40.8          | 34.8          | 27.4          |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ภาคผนวก 47 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ (ชม.<sup>2</sup>) ที่อัตราความเข้มข้น  
ต่างๆ หลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลง tebufenozide 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | พื้นที่ความเสียหายของกลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ (ชม. <sup>2</sup> ) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1                                                      |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                                                              | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| อัตราความเข้มข้น       |                                                                    |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
| 0 (control)            | 0.33                                                               | 0.37  | 0.39  | 0.40  | 0.34          | 0.31  | 0.57  | 0.26  | 0.30          | 0.32  | 0.29  | 0.42  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.21                                                               | 0.21  | 0.21  | 0.29  | 0.15          | 0.20  | 0.15  | 0.23  | 0.39          | 0.25  | 0.25  | 0.23  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 0.10                                                               | 0.10  | 0.10  | 0.07  | 0.23          | 0.09  | 0.07  | 0.29  | 0.15          | 0.27  | 0.16  | 0.12  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 0.12                                                               | 0.10  | 0.10  | 0.07  | 0.10          | 0.12  | 0.12  | 0.16  | 0.11          | 0.14  | 0.10  | 0.11  |
| อัตราแนะนำ             | 0.12                                                               | 0.09  | 0.08  | 0.08  | 0.10          | 0.14  | 0.12  | 0.11  | 0.17          | 0.11  | 0.11  | 0.24  |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

ภาคผนวก 48 ผลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย<sup>u/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลง tebufenozide 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| SV.          | df | F-value       |               |               |
|--------------|----|---------------|---------------|---------------|
|              |    | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |
| Replications | 3  | < 1           | < 1           | < 1           |
| Treatments   | 3  | 70.30 **      | 5.43 **       | 8.54 **       |
| Error        | 9  |               |               |               |
| CV(%)        | 15 | 16.7          | 45.7          | 24.2          |

<sup>u/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ \*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<sup>m</sup> = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ภาคผนวก 49 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย<sup>u/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารฆ่าแมลง tebufenozide 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| Treatments<br>(ppm)    | Means         |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |
| 0 (control)            | 0.37 c        | 0.37 b        | 0.33 b        |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.23 b        | 0.18 a        | 0.28 b        |
| 50% อัตราแนะนำ         | 0.09 a        | 0.17 a        | 0.18 a        |
| 75% อัตราแนะนำ         | 0.10 a        | 0.13 a        | 0.12 a        |
| 100% อัตราแนะนำ        | 0.09 a        | 0.12 a        | 0.16 a        |
| Means                  | 0.18          | 0.19          | 0.21          |
| CV(%)                  | 16.7          | 45.7          | 29.3          |

<sup>u/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ภาคผนวก 50 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>u</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ (ชม.<sup>2</sup>) ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *S. carpocapsae* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | พื้นที่ความเสียหายของกลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ (ชม. <sup>2</sup> ) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1                                                      |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
| อัตราความเข้มข้น       | ซ้ำ 1                                                              | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| 0 (control)            | 1.65                                                               | 0.32  | 0.29  | 0.42  | 0.33          | 0.23  | 0.31  | 0.37  | 0.32          | 0.27  | 0.41  | 0.21  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.16                                                               | 0.29  | 0.23  | 0.28  | 0.16          | 0.19  | 0.18  | 0.17  | 0.13          | 0.13  | 0.15  | 0.17  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 0.26                                                               | 0.23  | 0.40  | 0.19  | 0.21          | 0.17  | 0.17  | 0.17  | 0.15          | 0.20  | 0.22  | 0.11  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 0.13                                                               | 0.16  | 0.11  | 0.14  | 0.09          | 0.12  | 0.13  | 0.11  | 0.09          | 0.09  | 0.12  | 0.12  |
| อัตราแนะนำ             | 0.13                                                               | 0.13  | 0.08  | 0.15  | 0.09          | 0.11  | 0.12  | 0.10  | 0.10          | 0.08  | 0.15  | 0.16  |

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

ภาคผนวก 51 ผลวิเคราะห์ห้ำวเรียนต์ค่าเฉลี่ย<sup>u</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *S. carpocapsae* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| SV.          | df | F-value            |               |                    |
|--------------|----|--------------------|---------------|--------------------|
|              |    | พ่นครั้งที่ 1      | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3      |
| Replications | 3  | < 1                | < 1           | 1.87 <sup>ns</sup> |
| Treatments   | 3  | 2.14 <sup>ns</sup> | 26.47 **      | 12.28 **           |
| Error        | 9  |                    |               |                    |
| CV(%)        | 15 | 106.1              | 18.1          | 26.5               |

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ \*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<sup>ns</sup> = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ภาคผนวก 52 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราความเข้มข้น  
ต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *S. carpocapsae* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| Treatments<br>(ตัว/มล.) | Means         |               |               |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                         | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |
| 0 (control)             | 0.67 b        | 0.31 c        | 0.30 b        |
| อัตรา LC <sub>50</sub>  | 0.24 ab       | 0.18 b        | 0.15 a        |
| 50% อัตราแนะนำ          | 0.27 ab       | 0.18 b        | 0.17 a        |
| 75% อัตราแนะนำ          | 0.14 a        | 0.11 a        | 0.11 a        |
| 100% อัตราแนะนำ         | 0.12 a        | 0.11 a        | 0.12 a        |
| Means                   | 0.29          | 0.18          | 0.17          |
| CV(%)                   | 106.1         | 18.1          | 26.5          |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

ภาคผนวก 53 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ (ชม.<sup>2</sup>) ที่อัตราความเข้มข้น  
ต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *B. thuringiensis* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| ค่าที่วัด              | พื้นที่ความเสียหายของกลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ (ชม. <sup>2</sup> ) |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1                                                      |       |       |       | พ่นครั้งที่ 2 |       |       |       | พ่นครั้งที่ 3 |       |       |       |
|                        | ซ้ำ 1                                                              | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 | ซ้ำ 1         | ซ้ำ 2 | ซ้ำ 3 | ซ้ำ 4 |
| อัตราความเข้มข้น       |                                                                    |       |       |       |               |       |       |       |               |       |       |       |
| 0 (control)            | 0.32                                                               | 0.23  | 0.31  | 0.37  | 0.32          | 0.30  | 0.41  | 0.21  | 0.49          | 0.42  | 0.33  | 0.29  |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.11                                                               | 0.15  | 0.14  | 0.16  | 0.24          | 0.33  | 0.14  | 0.11  | 0.14          | 0.16  | 0.11  | 0.15  |
| 1/2 อัตราแนะนำ         | 0.14                                                               | 0.18  | 0.18  | 0.16  | 0.16          | 0.24  | 0.10  | 0.05  | 0.18          | 0.14  | 0.14  | 0.18  |
| 3/4 อัตราแนะนำ         | 0.11                                                               | 0.14  | 0.15  | 0.13  | 0.13          | 0.07  | 0.13  | 0.10  | 0.15          | 0.13  | 0.11  | 0.14  |
| อัตราแนะนำ             | 0.10                                                               | 0.13  | 0.10  | 0.08  | 0.18          | 0.14  | 0.11  | 0.09  | 0.10          | 0.06  | 0.10  | 0.12  |

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากดอกดาวเรือง 8 ดอก/ซ้ำ

ภาคผนวก 54 ผลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย<sup>u</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *B. thuringiensis* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| SV.          | df | F-value       |                    |                    |
|--------------|----|---------------|--------------------|--------------------|
|              |    | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2      | พ่นครั้งที่ 3      |
| Replications | 3  | < 1           | 2.96 <sup>ns</sup> | 1.34 <sup>ns</sup> |
| Treatments   | 3  | 23.83 **      | 7.29 **            | 28.00 **           |
| Error        | 9  |               |                    |                    |
| CV(%)        | 15 | 19.4          | 34.2               | 23.8               |

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ \*\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<sup>ns</sup> = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ภาคผนวก 55 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย<sup>u</sup> ความเสียหายของพื้นที่กลีบดอกดาวเรืองอาหารสัตว์ที่อัตราความเข้มข้นต่างๆ หลังฉีดพ่นสารชีวอินทรีย์ฆ่าแมลง *B. thuringiensis* 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

| Treatments<br>(IU/ml)  | Means         |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                        | พ่นครั้งที่ 1 | พ่นครั้งที่ 2 | พ่นครั้งที่ 3 |
| 0 (control)            | 0.31 c        | 0.31 b        | 0.38 b        |
| อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.14 ab       | 0.21 ab       | 0.14 a        |
| 50% อัตราแนะนำ         | 0.17 b        | 0.14 a        | 0.16 a        |
| 75% อัตราแนะนำ         | 0.13 ab       | 0.11 a        | 0.13 a        |
| 100% อัตราแนะนำ        | 0.10 a        | 0.13 a        | 0.10 a        |
| Means                  | 0.17          | 0.18          | 0.18          |
| CV(%)                  | 19.4          | 34.2          | 23.8          |

<sup>u</sup> ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test



ภาคผนวก 56 แสดงปริมาณและค่าใช้จ่ายของสารฆ่าแมลงทดสอบจำนวน 1 ครั้ง/ไร่

| สารฆ่าแมลง              | อัตราความเข้มข้น       | ปริมาณที่ใช้       | ราคา/หน่วย   | รวม            |
|-------------------------|------------------------|--------------------|--------------|----------------|
|                         |                        | (a)<br>(หน่วย/ไร่) | (b)<br>(บาท) | (a+b)<br>(บาท) |
| carbosulfan             | 0 (น้ำเปล่า)           | 0 ลิตร             | 460          | 0.00           |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.000066 ลิตร      | 460          | 0.03           |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 0.156 ลิตร         | 460          | 71.76          |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 0.234 ลิตร         | 460          | 107.64         |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 0.312 ลิตร         | 460          | 143.52         |
| azadirachtin            | 0 (น้ำเปล่า)           | 0 ลิตร             | 600          | 0.00           |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 41.6 ลิตร          | 600          | 24,960.00      |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 0.130 ลิตร         | 600          | 78.00          |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 0.195 ลิตร         | 600          | 117.00         |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 0.260 ลิตร         | 600          | 156.00         |
| tebufenozide            | 0 (น้ำเปล่า)           | 0 ลิตร             | 2,200        | 0.00           |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.00004212 ลิตร    | 2,200        | 0.09           |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 0.026 ลิตร         | 2,200        | 57.20          |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 0.039 ลิตร         | 2,200        | 85.80          |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 0.052 ลิตร         | 2,200        | 114.40         |
| <i>S. carpocapsae</i>   | 0 (น้ำเปล่า)           | 0 ชอง              | 40           | 0.00           |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.10296 ชอง        | 40           | 4.12           |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 2.6 ชอง            | 40           | 104.00         |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 3.9 ชอง            | 40           | 156.00         |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 5.2 ชอง            | 40           | 208.00         |
| <i>B. thuringiensis</i> | 0 (น้ำเปล่า)           | 0 กก.              | 1,200        | 0.00           |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.00045552 กก.     | 1,200        | 0.55           |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 0.156 กก.          | 1,200        | 187.20         |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 0.234 กก.          | 1,200        | 280.80         |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 0.312 กก.          | 1,200        | 374.40         |

ภาคผนวก 57 แสดงค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงทดสอบจำนวน 1 ครั้ง/ไร่

| สารฆ่าแมลง              | อัตราความเข้มข้น       | ค่าสารฆ่าแมลง<br>(a)<br>(บาท) | ค่าแรงฉีดพ่น*<br>(b)<br>(บาท) | รวม<br>(a + b)<br>(บาท) |
|-------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| carbosulfan             | 0 (น้ำเปล่า)           | 0.00                          | 139                           | 139.00                  |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.03                          | 139                           | 139.03                  |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 71.76                         | 139                           | 210.76                  |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 107.64                        | 139                           | 246.64                  |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 143.52                        | 139                           | 282.52                  |
| azadirachtin            | 0 (น้ำเปล่า)           | 0.00                          | 139                           | 139.00                  |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 24,960.00                     | 139                           | 25,099.00               |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 78.00                         | 139                           | 217.00                  |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 117.00                        | 139                           | 256.00                  |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 156.00                        | 139                           | 295.00                  |
| tebufenozide            | 0 (น้ำเปล่า)           | 0.00                          | 139                           | 139.00                  |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.09                          | 139                           | 139.09                  |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 57.20                         | 139                           | 196.20                  |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 85.80                         | 139                           | 224.80                  |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 114.40                        | 139                           | 253.40                  |
| <i>S. carpocapsae</i>   | 0 (น้ำเปล่า)           | 0.00                          | 139                           | 139.00                  |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 4.12                          | 139                           | 143.12                  |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 104.00                        | 139                           | 243.00                  |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 156.00                        | 139                           | 295.00                  |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 208.00                        | 139                           | 503.00                  |
| <i>B. thuringiensis</i> | 0 (น้ำเปล่า)           | 0.00                          | 139                           | 139.00                  |
|                         | อัตรา LC <sub>50</sub> | 0.55                          | 139                           | 139.55                  |
|                         | 50% อัตราแนะนำ         | 187.20                        | 139                           | 326.20                  |
|                         | 75% อัตราแนะนำ         | 280.80                        | 139                           | 419.80                  |
|                         | 100% อัตราแนะนำ        | 374.40                        | 139                           | 513.40                  |

\* คัดจากค่าแรงงานขั้นต่ำ (บาท/วัน)

### ประวัติผู้เขียน

นางสาวอุษอร วรรณะ เกิดเมื่อวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2520 ที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในปี พ.ศ. 2533 - 2534 ได้ศึกษาและสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาต้นจากโรงเรียนอรุณวิทยา อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในปี พ.ศ. 2535 - 2537 ได้ศึกษาและสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปลายจากโรงเรียนนารีวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี ในปี พ.ศ. 2538 เข้าศึกษาระดับปริญญาตรีและปริญญาโทที่สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี