



## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (กัญชา)

ปริญญา

กัญชา

กัญชา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* และไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema siamkayai* เพื่อควบคุมด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata* Stephen) ในแปลงปลูกผักกาดหัว

Using *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* and Entomopathogenic Nematodes *Steinernema siamkayai* for Controlling Stripe Flea-Beetle (*Phyllotreta sinuata* Stephen) in Chinese radish Field

นามผู้วิจัย นางสาวนาพร วงษ์นิกง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

( รองศาสตราจารย์จรรยา จันทน์ไพแสง, Ph.D )

กรรมการ

( อาจารย์สุรเชษฐ จามรมาน, Ph.D )

กรรมการ

( อาจารย์นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด, Ph.D )

กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, Ph.D )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชัย คาวราช, Ph.D )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์วินัย อัจฉริยะ, M.A. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* และไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema siamkayai* เพื่อควบคุมด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata* Stephen) ในแปลงปลูกผักกาดหัว

Using *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* and Entomopathogenic Nematodes *Steinernema siamkayai* for Controlling Stripe Flea-Beetle (*Phyllotreta sinuata* Stephen) in Chinese radish Field

โดย

นางสาววนาพร วงษ์นิกง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อขอความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (กสิกรรม)

พ.ศ. 2550

วนาพร วงษ์นิกง 2550: การใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* และไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema siamkayai* เพื่อควบคุมด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata* Stephen) ในแปลงปลูกผักกาดหัว ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (กัญญา) สาขากัญญา ภาควิชากัญญา ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์รยา จันทรไพแสง, Ph.D. 118 หน้า

ศึกษาการใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* (Btt) และไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema siamkayai* KB Strain เพื่อควบคุมด้วงหมัดผักในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี โดยทำการสำรวจปริมาณและชนิดของแมลงในแปลงปลูกก่อนการฉีดพ่น พบว่าฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2548 และฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-ธันวาคม 2548 พบแมลงศัตรูสำคัญ 2 ชนิด คือ หนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) และด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata*) นอกจากนี้ยังพบแตนเบียนหนอน (*Cotesia plutellae*) ซึ่งเป็นศัตรูธรรมชาติของหนอนใยผัก เมื่อฉีดพ่น Btt และไส้เดือนฝอยเพื่อควบคุมด้วงหมัดผักในผักกาดหัว พบว่า ฤดูปลูกที่ 1 กรรมวิธีการฉีดพ่นสารเคมีร่วมกับการใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับ Btt มีเปอร์เซ็นต์การทำลายเท่ากับ 36.76 เปอร์เซ็นต์ การใช้ Btt หรือไส้เดือนฝอยเพียงอย่างเดียวมีเปอร์เซ็นต์การทำลายเท่ากับ 30.41 และ 38.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับกรรมวิธีฉีดพ่น Btt สลับกับไส้เดือนฝอยและกรรมวิธีฉีดพ่น Btt ผสมกับไส้เดือนฝอยมีเปอร์เซ็นต์การทำลายเท่ากับ 33.76 และ 33.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การทำลายต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การทำลายเท่ากับ 64.79 เมื่อนำมาแบ่งเกรดเพื่อดูจำนวนผักกาดหัวที่สามารถขายได้พบว่ากรรมวิธีฉีดพ่น Btt ผสมกับไส้เดือนฝอยมีจำนวนผักกาดหัวเกรด A มากที่สุดคือ 38.86 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ กรรมวิธีฉีดพ่น Btt เพียงอย่างเดียวและกรรมวิธีฉีดพ่น Btt สลับกับไส้เดือนฝอยเท่ากับ 34.10 และ 28.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ ไม่มีจำนวนผักกาดหัวในเกรด A ส่วนใหญ่พบผักกาดหัวเกรด C มากถึง 70.42 เปอร์เซ็นต์ สำหรับฤดูปลูกที่ 2 กรรมวิธีการฉีดพ่นสารเคมีร่วมกับการใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับ Btt มีเปอร์เซ็นต์การทำลายเท่ากับ 62.21 เปอร์เซ็นต์ การใช้ Btt หรือไส้เดือนฝอยเพียงอย่างเดียวมีเปอร์เซ็นต์การทำลายเท่ากับ 69.90 และ 73.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับกรรมวิธีฉีดพ่น Btt สลับกับไส้เดือนฝอยและกรรมวิธีฉีดพ่น Btt ผสมกับไส้เดือนฝอยมีเปอร์เซ็นต์การทำลายเท่ากับ 75.81 และ 76.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การทำลายต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ มีเปอร์เซ็นต์การทำลายเท่ากับ 89.48 เมื่อนำมาแบ่งเกรดพบว่าในทุกรรมวิธีไม่มีจำนวนผักกาดหัวเกรด A แต่พบว่าการฉีดพ่นสารเคมีร่วมกับการใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับ Btt มีจำนวนผักกาดหัวเกรด B มากที่สุดคือ 25.31 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่กรรมวิธีฉีดพ่น Btt หรือไส้เดือนฝอยเพียงอย่างเดียวเท่ากับ 14.86 และ 8.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ ซึ่งพบผักกาดหัวเกรด C มากถึง 99.17 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการตรวจสอบความอยู่รอดของ Btt และไส้เดือนฝอยในดิน พบว่ายังคงมีแบคทีเรีย Btt และไส้เดือนฝอยทั้งสองฤดูปลูก โดยเฉพาะในดินที่สุ่มจากแปลงที่มีการใช้บีทีและไส้เดือนฝอย

Wanaporn Wongnikong 2007: Using *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* and Entomopathogenic Nematodes *Steinernema siamkayai* for Controlling Stripe Flea-Beetle (*Phyllotreta sinuata* Stephen) in Chinese radish Field. Master of Science (Entomology), Major Field: Entomology, Department of Entomology. Thesis Advisor: Associate Professor Jariya Chanpaisaeng, Ph.D. 118 pages.

Efficacy of the Btt bacterium (*Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis*) and the entomopathogenic nematode (*Steinernema siamkayai* KB strain) in controlling the strip flea-beetle (*Phyllotreta sinuata*) in Chinese radish at Lad Lum Kaeo district, Pathum Thani province, was elucidated. A survey of insect pests in the field before the beginning of the experiment showed that two species of insect pests namely diamondback moth (*Plutella xylostella*) and stripe flea-beetle (*Phyllotreta sinuata*) and one species of natural enemies named parasitoid wasp (*Cotesia plutellae*) had been present in the field in the first (June to August 2005) and second (October to December 2005) growing seasons. Following the applications of chemical, Btt, or nematodes, the percentage of insect damage was reduced. In the first growing season, the insect damage was 36.76% in the treatment combining chemical, Btt, and nematodes as compared to 64.79% in control (without any application). Using Btt or nematodes alone, the damage was 30.41 or 38.39% respectively. An alternate application of Btt with nematodes or a mixed application of Btt with nematodes did not provide additive effects as the insect damage was 33.76 or 33.74% respectively. Damage assessment on radish was also made. The damage was graded as follows: A = no or trace damage, B = small or moderate damage, C = high damage and not marketable. Highest percentage of “A” graded radishes was obtained in the Btt plus nematode treatment (38.86%), followed by the only Btt or only nematode treatment (34.10 or 28.40% respectively). In control (without any application), however, no “A” graded radish was produced. The radishes designated as “B” and “C” grades were of 29.58% and 70.42% of the total harvested produce respectively. The insect damage in the second growing season was higher than that in the first season (89.48% in the treatment without any application). However, the combining treatment (chemical + Btt + nematodes) still rendered highest reduction in insect damage (62.21%), compared to Btt or nematodes alone (69.90 or 73.50%), alternate application of Btt with nematodes (69.90%) or mixed application of Btt with nematodes (73.50%). In this season, no “A” graded radish was produced in any treatment. Highest “B” graded radishes (25.31%) were harvested from the chemical plus Btt and nematode treatment; while the Btt or nematode alone produced 14.86 or 8.50% “B” graded radishes. In non application treatment, 99.17% of the harvested radishes were highly damaged and non marketable (grade C). Both Btt and nematodes demonstrated a high survival in the soil in both seasons.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

/ /

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. จริยา จันทรไพแสง ประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาที่ให้การอบรมสั่งสอน คำปรึกษา ตลอดจนคำแนะนำ รวมทั้งความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำการ ศึกษาวิจัยและการตรวจแก้วิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. สุรเชษฐ จามรมาน กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก อาจารย์ ดร. นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง ที่กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำตรวจแก้วิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ ทวีชัย ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บริษัท เทพวัฒนา จำกัด และบริษัท ที เอฟ ไอ กรีน ไบโอเทค ที่ให้ความอนุเคราะห์ผลิตภัณฑ์ *Bacillus thuringiensis* ในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณกลุ่มงานไส้เดือนฝอย สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทย สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำงานวิจัย ขอกราบขอบพระคุณ พันนิรมล (หมวย) โลหะกุลวิช และครอบครัว ที่เอื้อเฟื้อแปลงปลูกผักกาดหัวเพื่อใช้ในการงานวิจัย ตลอดจนการช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในเรื่องแปลงปลูกผักจนเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลประกอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ การอบรม ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำมาโดยตลอด ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในระหว่างที่ศึกษา ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณตา และบุคคลในครอบครัวทุกคน ที่ให้ความรัก ความห่วงใย คำแนะนำ คำปรึกษาและเป็นกำลังใจ คอยช่วยเหลือด้านการศึกษาของข้าพเจ้ามาโดยตลอด ขอขอบคุณ พี่ เพื่อนและน้องๆ นิสิตสาขากีฏวิทยาและนิสิตการจัดการศัตรูพืชทุกคน ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยตลอดระยะเวลาที่ศึกษาอยู่

วนาพร วงษ์นิลง

สิงหาคม 2550

## สารบัญ

### หน้า

|                      |     |
|----------------------|-----|
| สารบัญ               | (1) |
| สารบัญตาราง          | (2) |
| สารบัญภาพ            | (5) |
| คำนำ                 | 1   |
| วัตถุประสงค์         | 3   |
| การตรวจเอกสาร        | 4   |
| อุปกรณ์และวิธีการ    | 37  |
| อุปกรณ์              | 37  |
| วิธีการ              | 37  |
| ผลและวิจารณ์         | 47  |
| สรุปและข้อเสนอแนะ    | 75  |
| สรุป                 | 75  |
| ข้อเสนอแนะ           | 76  |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 77  |
| ภาคผนวก              | 95  |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | ผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงในยุโรปและสหรัฐอเมริกาในปี 2547 32                                                                                                                                                                                     |
| 2        | จำนวนผักกาดหัวเมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบลาย (Phyllotreta sinuata Stephen) ทำลายที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานีในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548 54                     |
| 3        | น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของผักกาดหัว เมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบลาย (Phyllotreta sinuata Stephen) ทำลายที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน- เดือนสิงหาคม 2548 55 |
| 4        | ปริมาณและคุณภาพผลผลิตของผักกาดหัวที่ถูกทำลายโดยหนอนด้วงหมัดผักที่แปลงปลูก อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน- เดือนสิงหาคม 2548 57                                                                   |
| 5        | ต้นทุนการควบคุมด้วงหมัดผักในแต่ละกรรมวิธีที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน- เดือนสิงหาคม 2548 61                                                                                                     |
| 6        | จำนวนผักกาดหัวเมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบลาย (Phyllotreta sinuata Stephen) ทำลายที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานีในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548 65                       |
| 7        | น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของผักกาดหัว เมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบลาย (Phyllotreta sinuata Stephen) ทำลายที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548 66    |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่                                                                                                                                                                                                                                          | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 8 ปริมาณและคุณภาพผลผลิตของผักกาดหัวที่ถูกทำลายโดยหนอนด้วงหมัดผัก<br>ที่แปลงปลูก อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ฤดูปลูก<br>ที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548                                                             | 68   |
| 9 ต้นทุนการควบคุมด้วงหมัดผักในแต่ละกรรมวิธีที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอ<br>ลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548                                                                                                   | 70   |
| <br>                                                                                                                                                                                                                                              |      |
| <b>ตารางผนวกที่</b>                                                                                                                                                                                                                               |      |
| 1 ผลการสำรวจตัวอ่อนด้วงหมัดผักแถบลาย ( <i>Phyllotreta sinuata</i> Stephen)<br>ก่อนการทดลองในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี<br>ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548                                                    | 96   |
| 2 ผลการสำรวจตัวอ่อนด้วงหมัดผักแถบลาย ( <i>Phyllotreta sinuata</i> Stephen)<br>ก่อนการทดลองในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี<br>ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548                                                      | 98   |
| 3 ชนิดและจำนวนของแมลงในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว<br>จังหวัดปทุมธานี ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548                                                                                                                         | 100  |
| 4 ชนิดและจำนวนของแมลงในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว<br>จังหวัดปทุมธานี ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548                                                                                                                           | 100  |
| 5 จำนวนผักกาดหัวเมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบลาย<br>( <i>Phyllotreta sinuata</i> Stephen) ทำลายที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว<br>จังหวัดปทุมธานี ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือน<br>สิงหาคม 2548 | 101  |



## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่                                                                                                                                                                                                                 | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 6 จำนวนผักกาดหัวเมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบลาย (Phyllotreta sinuata Stephen) ทำลายที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานีในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548 | 103  |
| 7 ปริมาณและคุณภาพผลผลิตของผักกาดหัวที่ถูกทำลายโดยหนอนด้วงหมัดผักที่แปลงปลูก อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548                                              | 105  |
| 8 ปริมาณและคุณภาพผลผลิตของผักกาดหัวที่ถูกทำลายโดยหนอนด้วงหมัดผักที่แปลงปลูก อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548                                                | 107  |
| 9 แสดงจำนวนโคโลนีของ <i>Bacillus thuringiensis</i> ที่พบในดินที่เก็บจากแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี                                                                                                    | 109  |
| 10 จำนวนหนอนเจาะสมอฝ้าย ( <i>Helicoverpa armigera</i> ) ที่ตายโดยไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทยที่เก็บจากแปลงปลูกผัก อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี                                                                      | 111  |
| 11 ต้นทุนคงที่ในการผลิตผักกาดหัวต่อพื้นที่ 1 ไร่                                                                                                                                                                             | 113  |
| 12 ผลผลิตและรายรับจากแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ทั้งสองฤดูปลูก                                                                                                                                       | 113  |
| 13 ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ปี 2548 สถานี: 419301 Pathum Thani Agromet.                                                                                                                                                       | 114  |
| 14 ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด (%) ปี 2548 สถานี: 419301 Pathum Thani Agromet.                                                                                                                                                    | 115  |
| 15 ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด (%) ปี 2548 สถานี: 419301 Pathum Thani Agromet.                                                                                                                                                    | 116  |
| 16 อุณหภูมิสูงสุด(องศาเซลเซียส) ปี 2548 สถานี: 419301 Pathum Thani Agromet.                                                                                                                                                  | 117  |
| 17 อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส) ปี 2548 สถานี: 419301 Pathum Thani Agromet.                                                                                                                                                 | 118  |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |                                                                                                                                                                                 | หน้า |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      | วงจรชีวิตของด้วงหมัดผักแถบลาย <i>Phyllotreta sinuata</i> Stephen                                                                                                                | 8    |
| 2      | ลักษณะโคโลนี เซลล์ สปอร์และผลึกโปรตีนของ <i>Bacillus thuringiensis</i> Berliner                                                                                                 | 13   |
| 3      | โครงสร้าง (Domain) ของ <i>Bacillus thuringiensis</i> Berliner ทั้ง 3 Domain                                                                                                     | 16   |
| 4      | การเตรียมแปลงปลูกผักกาดหัวในแปลงทดลอง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี                                                                                                          | 39   |
| 5      | การเตรียมไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทย <i>Steinernema siamkayai</i> KB strain                                                                                                | 41   |
| 6      | แสดงแผนผังการสำรวจแมลงโดยวิธีเก็บตัวอย่างอย่างมีระบบ (Systematic Sampling)                                                                                                      | 43   |
| 7      | ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผักกาดหัวในแปลงทดลอง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี                                                                                                       | 44   |
| 8      | ระดับความเสียหายของผักกาดหัวเมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบลาย <i>Phyllotreta sinuata</i> Stephen ทำลาย                                                        | 45   |
| 9      | จำนวนและชนิดแมลงที่พบในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548 ตั้งแต่วันที่ 7 ถึงวันที่ 63 หลังปลูก จากพื้นที่ 0.5 ไร่ | 49   |
| 10     | ชนิดแมลงที่สำรวจพบในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี                                                                                                          | 50   |
| 11     | ลักษณะการทำลายต้นกล้าผักกาดหัวของหนอนใยผัก <i>Plutella xylostella</i> (Linnaeus)                                                                                                | 51   |
| 12     | ลักษณะการทำลายของรากผักกาดหัว (อาการที่ถูกศรชี้) ของหนอนด้วงหมัดผัก แถบลาย <i>Phyllotreta sinuata</i> Stephen                                                                   | 51   |
| 13     | จำนวนและชนิดแมลงที่พบในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548 ตั้งแต่วันที่ 7 ถึงวันที่ 56 หลังปลูก จากพื้นที่ 0.5 ไร่   | 63   |
| 14     | ปัญหาและอุปสรรคที่พบในแปลงปลูก                                                                                                                                                  | 74   |

การใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* และไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง  
*Steinernema siamkayai* เพื่อควบคุมด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata* Stephen)  
 ในแปลงปลูกผักกาดหัว

Using *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* and Entomopathogenic Nematodes  
*Steinernema siamkayai* for Controlling Stripe Flea-Beetle (*Phyllotreta sinuata*  
 Stephen) in Chinese radish Field

คำนำ

ผักกาดหัวเป็นผักในตระกูลกะหล่ำที่นิยมรับประทานภายในประเทศเป็นจำนวนมากชนิดหนึ่ง แต่มีแมลงศัตรูหลายชนิดที่เข้าทำลายทั้งทางใบและราก ได้แก่ หนอนใยผัก (*Plutella xylostella*), ด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata*) หนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*) เป็นต้น ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งด้านผลผลิตและคุณภาพ ทำให้เกษตรกรต้องใช้สารเคมีในการควบคุมแมลงศัตรูพืชเป็นปริมาณมากเพื่อการรักษาผลผลิตเอาไว้ ส่งผลให้มีพิษตกค้างในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว และตกค้างในแปลงปลูก ซึ่งส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันมนุษย์เริ่มตระหนักถึงการปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ติดมากับผัก และเริ่มให้ความสนใจผลิตผักปลอดสารพิษเพื่อความปลอดภัยของมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดในการนำจุลินทรีย์มาใช้เพื่อลดการใช้สารเคมี โดยจุลินทรีย์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาและนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ได้แก่ แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง ไวรัส NPV (Nucleopolyhedrovirus หรือ Nuclear Polyhedrosis Virus) เชื้อราเขียว *Metharrizium anisopliae* และเชื้อราขาว *Beauveria bassiana*

*B. thuringiensis* เป็นแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูพืช พบได้ทั่วไปในดิน เศษซากพืชและซากสัตว์ รวมไปถึงบริเวณผิวใบพืช เป็นแบคทีเรียแกรมบวก สร้างเซลล์รูปแท่งต่อเป็นสายลูกโซ่ สร้างสปอร์และผลึกโปรตีนรูปปิรามิดคู่ รูปกลม รูปลูกบาศก์ ฯลฯ เข้าทำลายแมลงเฉพาะตัวอ่อนและออกฤทธิ์ได้ต่อเมื่อแมลงกิน *B. thuringiensis* เข้าไปในกระเพาะอาหาร ส่วนกลาง สภาพความเป็นด่างในกระเพาะส่วนกลางจะย่อยสลายผลึกโปรตีนได้ protoxin และน้ำย่อย protease จะช่วยกระตุ้นให้ protoxin เข้าทำลายเยื่อผนังกระเพาะอาหาร แมลงหยุดกิน

อาหาร เป็นอัมพาตและตาย หลังจากแมลงตายซากของแมลงจะแตกออก *B. thuringiensis* ก็จะกระจายตัวไปในธรรมชาติและขยายพันธุ์ต่อไปเรื่อยๆ *B. thuringiensis* ต่างสายพันธุ์จะมีฤทธิ์ทำลายแมลงต่างชนิดกันไป เช่น หนอนผีเสื้อ หนอนด้วง และหนอนแมลงวัน เป็นต้น

ไส้เดือนฝอยกลุ่มที่ทำให้เกิดโรคในแมลงจัดเป็นศัตรูธรรมชาติที่มีประโยชน์และสามารถนำมาใช้เป็น Biological control agent ไส้เดือนฝอยที่เข้าหลักเกณฑ์ดังกล่าวและมีศักยภาพสูงในการนำไปใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชได้นั้นเป็นไส้เดือนฝอยที่อยู่ในวงศ์ Steinernematidae และ Heterorhabditidae ซึ่งมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากไส้เดือนฝอยชนิดอื่นตรงที่ไส้เดือนฝอยทั้ง 2 วงศ์นี้ ดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับจุลินทรีย์ที่เป็น symbiotic bacteria ได้ ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงจะเข้าสู่ตัวแมลงโดยเข้าตามช่องเปิดต่างๆ เช่น ปาก รูหายใจ ทวาร จากนั้นจะไชผ่านผนังลำไส้เข้าสู่กระแสเลือดของแมลงแล้วจึงปล่อยแบคทีเรียออกมาแพร่กระจายอย่างรวดเร็วในเลือดของแมลง ทำให้แมลงตายเพราะเลือดเป็นพิษภายในเวลา 24 – 48 ชั่วโมง และไส้เดือนฝอยจะเจริญเติบโตอยู่ในตัวแมลงโดยได้รับอาหารจากแบคทีเรียและเซลล์เนื้อเยื่อของแมลงอาศัยนั้นจนเจริญเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งอาจอยู่ได้ถึง 2-3 ชั่วโมง จนกระทั่งอาหารหมดจึงออกไปหาแมลงอาศัยอื่น

จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปเกษตรกรมักจะใช้สารเคมีหรือจุลินทรีย์เพียงชนิดใดชนิดหนึ่งไปใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช เนื่องจากสะดวกกว่าการใช้จุลินทรีย์หลายๆชนิด เพราะต้องมีการศึกษาวิธีการใช้ที่ถูกต้องและเหมาะสม ต้องเลือกช่วงเวลาที่ใช้ในการฉีดพ่น ไม่สามารถทำการฉีดพ่นได้ตลอดเวลา จึงทำให้เกษตรกรหันไปใช้สารเคมีมากกว่าการใช้จุลินทรีย์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช แต่เนื่องจากพิษภัยของสารเคมีเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้เกษตรกรหันมาใช้สารทดแทนที่ปลอดภัย มีการนำจุลินทรีย์มาใช้มากขึ้นโดยนำไปผสมผสานกับวิธีอื่นๆ หรือร่วมกับจุลินทรีย์ชนิดอื่น ดังนั้นการนำแบคทีเรีย *B. thuringiensis* และไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงไปใช้ร่วมกันเพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการควบคุมแมลงศัตรูพืช อาจทำให้การควบคุมศัตรูพืชมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกทั้งยังปลอดภัยต่อเกษตรกรผู้ใช้ ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมด้วย

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* และไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema siamkayai* KB strain ในการควบคุมด้วงหมัดผักในสภาพแปลงปลูก

2. เพื่อศึกษารูปแบบการใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* ผสมผสานกับไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema siamkayai* KB strain ในการควบคุมแมลงศัตรูผักกาดหัวเพื่อเป็นแนวทางในการกำจัดแมลงศัตรูผักกาดหัวโดยใช้ชีววิธีอย่างเหมาะสม

## การตรวจเอกสาร

### 1. ผักกาดหัว (*Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus* Bailey)

ผักกาดหัว (Chinese radish) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus* Bailey เป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Brassicaceae (Bailey, 1971) มีชื่อสามัญว่าหัวไชเท้า หรือ ผักกาดหัวจีน (เต็ม, 2523) เป็นพืชผักอายุปีเดียว อายุตั้งแต่หยอดเมล็ดถึงระยะเก็บเกี่ยวประมาณ 42-60 วัน (วสันต์, 2544) ลำต้นอวบน้ำ มีรากแก้วและส่วนของลำต้นที่อยู่ใต้ใบเลี้ยง (Hypocotyl) เจริญเติบโตเป็นส่วนของสะสมอาหาร (Bailey, 1925) ผักกาดหัวสามารถเจริญเติบโตในดินทุกชนิด แต่ดินที่เหมาะสมที่สุดคือดินร่วนปนทราย pH ระหว่าง 5.0-6.0 (ไฉน, 2542) ต้องการความชื้นในดินที่สม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก ต้องการแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน ในประเทศไทยสามารถปลูกได้ตลอดปีแต่ช่วงเวลาที่เหมาะสมคืออุณหภูมิประมาณ 18-24 องศาเซลเซียส (วสันต์, 2544) ผักกาดหัวสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ (ไฉน, 2542) ได้แก่

ก. การแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. กลุ่มที่ใช้หัวหรือรากสะสมอาหารเป็นประโยชน์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 ชนิดที่มีหัวหรือรากขนาดเล็ก เช่น ผักกาดหัวแรดิช ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *R. sativus* var. *radicola* ปลูกมากในยุโรป หัวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-2.50 เซนติเมตร สีผิวภายนอกอาจมีสีขาวหรือแดง รูปกลมหรือกลมรี หรือยาวเล็กน้อย

1.2 ชนิดที่หัวหรือรากขนาดใหญ่ เช่น ผักกาดหัวจีน ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *R. sativus* var. *longipinnatus* มีแหล่งกำเนิดในเอเชีย หัวขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 5-10 เซนติเมตร ยาว 15-20 เซนติเมตร สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.2.1 ประเภทพันธุ์ญี่ปุ่น (Japanese type) ใบมีลักษณะเป็นหยักลึกเข้าไปในใบตลอดใบ ส่วนใหญ่เป็นพวกพันธุ์หนักและพันธุ์ปานกลาง มีอายุปีเดียวถึงสองปี เหมาะแก่การปลูกเพื่ออุตสาหกรรม

1.2.2 ประเภทพันธุ์จีน (Chinese type) ใบมีลักษณะขอบใบเรียบ ไม่มีรอยหยัก หรือมีหยักเล็กน้อย เป็นพันธุ์เบาและอายุปีเดียว (วสันต์, 2544)

2. กลุ่มที่ใช้ใบและผลเป็นอาหาร มีถิ่นกำเนิดในเอเชีย ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *R. sativus* var. *mouri* เป็นชนิดเดียวกับ *R. sativus* var. *cautatum* Yamaguchi (1983) เรียกว่า Rat-Tail Radish มีชื่อไทยว่า ผักขี้นหนู (กมล, 2532)

3. กลุ่มที่ใช้น้ำมันจากเมล็ดและต้นทำเป็นปุ๋ยพืชสด มีถิ่นกำเนิดในประเทศอียิปต์ เรียกผักชนิดนี้ว่า Oil seed radish ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *R. sativus* var. *eleifera* ในประเทศไต้หวันและยุโรปตอนเหนือปลูกเป็นปุ๋ยพืชสด ในประเทศฟิลิปปินส์เพื่อนำมาสกัดเอาน้ำมันจากเมล็ด

ข. การแบ่งตามแหล่งที่มีการพัฒนาพันธุ์กรรม สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1. กลุ่มยุโรป ได้แก่ กลุ่มที่เรียกว่า แรดิช (Radish) นิยมปลูกและบริโภคในเขตอบอุ่น เช่น ยุโรปและอเมริกา ส่วนของรากมีขนาดเล็ก อายุเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 18-25 วัน นิยมบริโภคเป็นผักสลัด ส่วนมากผิวของรากมีสีแดงเข้ม บางชนิดมีสีดำแต่เนื้อภายในเป็นสีขาว ลักษณะเนื้อและรสคล้ายผักกาดหัวในกลุ่มเอเชียเป็นผักประเภทอายุ 2 ปี (เมืองทอง และสุริรัตน์, 2525)

2. กลุ่มเอเชีย ได้แก่ กลุ่มที่เรียกว่าผักกาดหัว (Chinese radish หรือ Japanese radish) มีอายุเก็บเกี่ยวช้ากว่าในกลุ่มยุโรป มีลักษณะรากขนาดใหญ่ ผิวของรากสีขาว เนื้อภายในสีขาว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

2.1 Japanese type มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Raphanus sativus* L. var. *acanthiformis* Makino (Walker, 1976)

2.2 Chinese type มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus* Bailey (Bailey, 1971) เป็นผักที่นิยมปลูกเพื่อบริโภคทั่วไปในประเทศไทย (เมืองทอง และสุริรัตน์, 2525)

## 2. แมลงศัตรูสำคัญของผักกาดหัว

แมลงที่เข้าทำลายผักกาดหัวมีหลายชนิดได้แก่ หนอนใยผัก (Diamondback moth: *Plutella xylostella* (Linnaeus)) ซึ่งเมื่อหนอนฟักออกมาจากไข่ใหม่ๆ จะอาศัยกัดกินอยู่ภายในใบ หลังจากนั้นจะออกมากัดกินภายนอกทำให้ผักเป็นรูพรุน หนอนกระทู้หอม (Beet armyworm: *Spodoptera exigua* (Hübner)) เมื่อหนอนฟักออกมาจากไข่ในวัยแรกจะทำลายพืชโดยกัดกินบริเวณส่วนต่างๆ ของพืช การทำลายยังไม่ก่อให้เกิดความเสียหายมากนัก ความเสียหายมักพบรุนแรงเมื่อหนอนมีอายุตั้งแต่วัย 3 ขึ้นไป โดยหนอนจะแยกย้ายกัดกินทุกส่วนของพืช ทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหายและ

คุณภาพพืชผักไม่เป็นที่ต้องการของตลาด หนอนกระทู้ผัก (Common cutworm: *Spodoptera litura* (Fabricius)) ตัวหนอนเริ่มทำลายผักตั้งแต่เริ่มฟักออกมาจากไข่ใหม่ๆ โดยอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มในระยะแรกๆ ระยะต่อมาจะเริ่มทำลายยอดรุนแรง สามารถกัดกินใบ ก้าน ดอก หัว ได้ทุกส่วน ทำให้ความเสียหายให้กับพืชผัก เนื่องจากเป็นหนอนที่มีขนาดใหญ่และแพร่ระบาดได้รวดเร็วตลอดทั้งปี (กองกัญและสัตววิทยา, 2542)

แมลงศัตรูที่ได้กล่าวไปแล้วนั้นพบว่าทำความเสียหายให้แก่พืชผักอีกหลายชนิด โดยเฉพาะผักในตระกูลกะหล่ำ ซึ่งทำให้ผลผลิตลดลง ผักไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการ แต่แมลงศัตรูผักกาดหัวที่จะกล่าวต่อไปนี้คือ ค้างหมัดผักซึ่งเป็นแมลงที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ผักที่มีแมลงชนิดนี้ทำลายมากจะขายได้ราคาถูกเพราะมีกลิ่นและลักษณะเป็นที่น่าสนใจต่อผู้บริโภค (สิริวัฒน์, 2526) ค้างหมัดผักที่พบในธรรมชาติมี 2 ชนิด คือชนิดสีน้ำเงิน (*Phyllotreta chontanica*) และชนิดแถบลาย (*Phyllotreta sinuata*) ซึ่งเป็นชนิดศัตรูที่สำคัญของผักกาดหัว (กองกัญและสัตววิทยา, 2542)

#### ค้างหมัดผักแถบลาย

|                     |                                                                 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ชื่อวิทยาศาสตร์     | <i>Phyllotreta sinuata</i> Stephen                              |
| ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ | flea beetle, sinuate-striped flea-beetle,<br>leaf eating beetle |
| ชื่อสามัญไทย        | ค้างหมัดผักกาด, กะเจ้า                                          |
| ชื่อวงศ์            | Chrysomelidae                                                   |
| ชื่ออันดับ          | Coleoptera                                                      |

#### รูปร่างลักษณะและชีวประวัติ (กองกัญและสัตววิทยา, 2542)

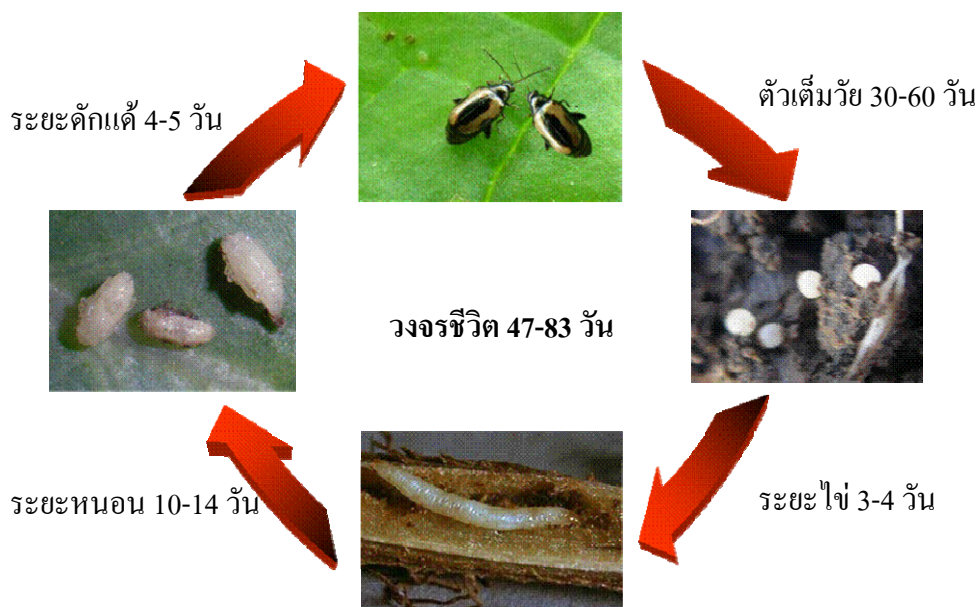
ค้างหมัดผักแถบลายวางไข่เป็นฟองเดี่ยว ๆ หรืออาจวางเป็นกลุ่ม ส่วนใหญ่วางไข่บริเวณโคนต้นพืช เส้นกลางใบของพืชและตามพื้นดิน ไข่มีขนาดเล็ก รูปร่างลักษณะคล้ายฟองไข่ไก่ ขนาดความยาวประมาณ 0.27 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 0.13 มิลลิเมตร ไข่มีสีขาวอมเขียว ผิวเรียบเป็นมัน แล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีเหลือง เมื่อใกล้ฟักออกเป็นตัว ไข่จะมีสีเหลืองเข้ม ระยะไข่ 3-4 วัน



ตัวอ่อนหรือหนอนที่ฟักออกจากไข่ใหม่ ๆ จะมีขนาดเล็ก หัวและ pronotum เป็นสีน้ำตาลกราม (mandible) มีสีน้ำตาลเข้ม ลำตัวสีขาวใส แบ่งออกเป็นปล้อง ๆ ไม่ชัดเจน ขาจริงมีสีเหลืองอ่อน จุดสีน้ำตาลที่ปรากฏบนลำตัวทำให้ผิวของตัวหนอนมีลักษณะเป็นตะปุ่มตะป่ำ แต่ละปล้องของลำตัวมีจุดสีน้ำตาลเป็นจำนวนมาก เมื่อตัวหนอนมีความยาวของลำตัวประมาณ 3 มิลลิเมตร จะมีขนสีขาวปกคลุมกระจายอยู่ทั่วไป มีแผ่นแข็งสีน้ำตาลอยู่ทางด้านบนของปล้องสุดท้ายของลำตัว เรียก anal plate ตัวหนอนเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีความยาวของลำตัวประมาณ 5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1) หนอนลอกคราบ 3 ครั้ง ระยะหนอน 10-14 วัน จากนั้นเข้าดักแด้ในดิน

ดักแด้เป็นแบบ exarate มีปีกและขาแยกออกจากลำตัวเป็นอิสระ เคลื่อนไหวได้ ลำตัวมีขนาดเล็ก ความยาวของดักแด้ประมาณ 2 มิลลิเมตร เมื่อเข้าดักแด้ใหม่ ๆ มีสีขาวใสเป็นมัน มีขนปกคลุมอยู่เล็กน้อย กระจายอยู่ทั่วไป เมื่อดักแด้ใกล้ฟักออกเป็นตัวเต็มวัย ส่วนที่เป็นหัว หนวด ขาและปีกจะมีสีค่อนข้างดำ ระยะดักแด้ 4-5 วัน

ตัวเต็มวัยของด้วงหมัดผักมีลำตัวขนาดเล็ก ความยาวประมาณ 2-2.5 มิลลิเมตร ปีกแข็งคู่หน้า (elytra) มีแถบสีเหลือง 2 แถบ ส่วนที่เหลือเป็นสีดำตลอด (ภาพที่ 1) ทางด้านบนของอกปล้องแรกและปีกคู่หน้ามีลักษณะเป็นรูเล็ก ๆ อยู่ทั่วไป ทางด้านล่างของลำตัวมีสีดำ ขาคู่หลังโดยเฉพาะส่วนของฟีเมอร์จะขยายใหญ่ขึ้น และโตกว่าฟีเมอร์ของขาคู่อื่น มีความแข็งแรงและเหมาะสมสำหรับใช้กระโดด ตัวเต็มวัยสามารถมีชีวิตอยู่ได้นาน 30-60 วัน สามารถผสมพันธุ์ได้หลายครั้ง เพศเมียตัวหนึ่ง ๆ สามารถวางไข่ได้ 80-200 ฟอง (ณรรฐพล, มปป.) เมื่อถูกกระทบกระเทือนจะกระโดดโดยอาศัยขาหลัง ส่วนโคนขาใหญ่จึงสามารถติดตัวได้ไกล ด้วงหมัดผักแพร่กระจายไปทั่วประเทศและทุกฤดูกาลโดยเฉพาะในฤดูฝนหรือแหล่งที่มีความชุ่มชื้น จะวนเวียนอยู่ในบริเวณใกล้เคียงแปลงผักเก่า และสวนผักที่ปลูกพืชหลายชนิดติดต่อกัน หรือมีวัชพืชขึ้นรก (สิริวัฒน์, 2526) เช่น พืชในตระกูลกะหล่ำ ได้แก่ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก กะหล่ำปม ผักคะน้า ผักกาดเขียวกวาวตุ้ง ผักกาดเขียวปลี ผักกาดหัว เป็นต้น (ณรรฐพล, มปป.)



ภาพที่ 1 วงจรชีวิตของด้วงหมัดผักแถบลาย *Phyllotreta sinuata* Stephen

#### ลักษณะการทำลาย

ตัวอ่อนและตัวเต็มวัย จะทำลายส่วนต่างๆ ของพืชผัก โดยเฉพาะตัวอ่อนที่ฟักออกจากไข่ใหม่ๆ จะกัดกินรากของผัก หรืออาจซ่อนไข่เข้าไปอยู่บริเวณโคนต้นของผัก แทนกินบริเวณผิวของราก เช่น หัวผักกาด หรือรากกล่ำผัก และรากวัชพืชที่อยู่ใกล้เคียง ทำให้พืชมีอาการเหี่ยวเฉา เมื่อรากถูกทำลายมากๆ จะทำให้พืชตาย สำหรับตัวเต็มวัยสามารถทำลายพืชผักให้เกิดความเสียหายมากมาย โดยการกัดกินผิวด้านล่างของใบจนทำให้ใบมีลักษณะเป็นรูพรุนทั่วไปทั้งใบ หรืออาจกัดกินผิวด้านและกลีบดอกด้วย ทำให้ผลผลิตลดลง แมลงชนิดนี้มีนิสัยชอบอยู่รวมกันเป็นกลุ่มๆ ตัวเต็มวัยค่อนข้างไว เวลาถูกรบกวนกระโดดขึ้นขอบกระโดดและสามารถบินได้ไกลๆ (ณรรฐพล, มปป.)

#### การป้องกันกำจัด

สิริวัฒน์ (2526) แนะนำให้ไถตากดินในฤดูแล้ง ช่วยทำลายตัวอ่อนหรือดักแด้ที่อยู่ในดิน และปลูกพืชที่ด้วงหมัดผักแถบลายไม่ชอบ ซึ่งเป็นวิธีการช่วยลดการระบาด หากมีการระบาด แนะนำให้ใช้ *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 50 มิลลิกรัม/น้ำ 20 ลิตร ราดเมื่อผักกาดหัวมีอายุ 10 20 30 และ 40 วันหลังจากหว่านเมล็ด (อนันต์, 2540) วัชรและคณะ (2534) ได้นำไส้เดือน

ฝอยศัตรูแมลง *Steinernema carpocapsae* มาใช้ควบคุมด้วงหมัดผักในผักกาดหัว อัตราการใช้ ไล่เดือนฝอย 320 ล้านตัว/พื้นที่ 1 ไร่/น้ำ 160 ลิตร พ่นหรือราดลงดินในแปลงปลูกผักกาดหัวหลัง การให้น้ำในแปลงผักกาดหัวในตอนเย็น โดยใช้เครื่องฉีดพ่นหรือบัวรดน้ำ เมื่อผักกาดหัวอายุ 0 10 20 และ 30 วัน หลังหว่าน สามารถลดปริมาณการทำลายของด้วงหมัดผักลงได้

การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง วินัย (2532) รายงานว่าการใช้สารฆ่าแมลงก่อนปลูกคือ Carbofuran 3G, Terbufos 3G อัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ ปลูกเมล็ดก่อนปลูกสามารถป้องกันกำจัดด้วง หมัดผักในระยะ 14-21 วันได้ และสารเคมีกลุ่ม organophosphate และ carbamate สามารถป้องกัน กำจัดด้วงหมัดผักได้ดี ส่วนวิภาดาและคณะ (2546) ทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วง หมัดผัก ได้แก่ สารฆ่าแมลง profenofos, prothiofos, carbosulfan และ fipronil ที่สวนผักเกษตรกร อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - เมษายน 2545 พบว่า สารฆ่าแมลงที่มี ประสิทธิภาพดีในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก คือ fipronil (Ascend 5% SC) อัตรา 30 และ 40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร หลังพ่นสารครั้งที่ 2-4 มีเปอร์เซ็นต์ต้นค่น้ำที่ไยยอดถูกด้วงหมัดผักทำลาย ระหว่าง 51.67-55.00 และ 21.67-40.00 % ตามลำดับ แปลงทดลองที่ 2 ระหว่างเดือนกรกฎาคม - กันยายน 2545 สารฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพดีในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก คือ สาร fipronil อัตรา 30 และ 40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร หลังพ่นสารครั้งที่ 1-4 พบเปอร์เซ็นต์ต้นค่น้ำที่ไยยอดถูกทำลาย 13.33-33.33 และ 3.33-23.33 % ตามลำดับ รองลงมา คือ profenofos อัตรา 40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร โดยหลังพ่นสารครั้งที่ 2-4 พบเปอร์เซ็นต์ต้นค่น้ำที่ไยยอดถูกทำลายระหว่าง 41.67- 53.33 % กองกัญ และสัตววิทยา (2547) ได้มีการแนะนำสำหรับบริเวณที่ไม่ค่อยได้ใช้สารเคมี และด้วงหมัดผักยังไม่ สร้างความต้านทาน สารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ได้แก่ carbaryl อัตราใช้ 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร พ่นทุก 3-5 วันเมื่อพบการระบาด ส่วนแหล่งที่ปลูกผักมานาน ด้วงหมัดมีความต้านทานต่อสารเคมีกำจัด แมลง จำเป็นต้องใช้สารเคมีที่มีประสิทธิภาพสูง การใช้สารบางชนิดในดิน โดยการราดให้ทั่วแปลง ก่อนปลูกจะเป็นวิธีการลดจำนวนตัวอ่อนในดินได้หากจำเป็นต้องปลูกซ้ำที่เดิม สารเคมีกำจัดแมลง ที่แนะนำให้ใช้ได้แก่ carbosulfan อัตราใช้ 50-75 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร profenofos อัตราใช้ 30-40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร prothiofos อัตราใช้ 30-40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร prothiofos และ fipronil อัตราใช้ 20-40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร

### 3. *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt หรือ บีที)

#### 3.1 ประวัติและการศึกษา *Bacillus thuringiensis*

*Bacillus thuringiensis* เป็นจุลินทรีย์ที่มีการศึกษาและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้อย่างแพร่หลายมานานกว่าหนึ่งศตวรรษ ซึ่ง Federici (2005) ได้แบ่งการศึกษา *B. thuringiensis* ออกเป็น 5 ยุคด้วยกันดังนี้

##### 1. ยุคแห่งการค้นพบและเหตุการณ์ตอนต้น (Discoveries and early events (1901-1941))

*B. thuringiensis* ถูกค้นพบครั้งแรกปี ค.ศ. 1901 โดย Ishiwata นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่น ซึ่งได้แยกเชื้อแบคทีเรียจากหนอนไหมที่เป็นโรค “sotto disease” และได้ตีพิมพ์ครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่น (Glare and O’Callaghan, 2000) หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1915 Berliner ได้แยกเชื้อแบคทีเรียจาก Mediterranean flour moth (*Anagasta kuehniella*) และตั้งชื่อตามชื่อเมืองที่พบคือเมือง Thuringia ในประเทศเยอรมนี (Glare and O’Callaghan, 2000) ต่อมาในช่วงทศวรรษที่ 1930 นักวิจัยชาวฝรั่งเศสพยายามพัฒนาเพื่อนำไปใช้ควบคุมหนอนผีเสื้อในแปลงผัก และได้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในปี ค.ศ. 1938 มีชื่อการค้าว่า Sporeine® (Lambert and Peferoen, 1992)

##### 2. ยุคกลาง-การพัฒนาสายพันธุ์ (The Middle Period-strain development (1941-1965))

ในปี ค.ศ. 1953 Hannay ได้ทำการศึกษาการเพาะเลี้ยงเชื้อนี้ในระยะเวลาที่กำลังสร้างสปอร์ และพบโครงสร้างอย่างหนึ่งในเซลล์แบคทีเรียเรียกว่า parasporal bodies จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1954 Angus พิสูจน์ว่าข้อสังเกตของ Hanney นั้นเป็นความจริง (Hannay, 1957) ปี ค.ศ. 1962 de Barjac and Bonnefoi ได้ศึกษาพบวิธีการวิเคราะห์แยกสายพันธุ์ *B. thuringiensis* โดยดูจากปฏิกิริยาของ antibody ที่มีผลต่อ flagella protein หรือที่เรียกว่า H-antigen และเรียกสายพันธุ์ต่างๆ ที่จำแนกโดยวิธีนี้เป็น H-serotype (de Barjac and Bonnefoi, 1968) ต่อมา Dulmage ได้แยกสายพันธุ์ HD-1 ซึ่งใช้เป็นสายพันธุ์มาตรฐานสำหรับศึกษา *B. thuringiensis* subsequent (Dulmage, 1970) และในช่วงระยะเวลานี้งานวิจัยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นวิจัยเรื่อง *B. thuringiensis* ในเรื่องของการพัฒนาสายพันธุ์เพื่อควบคุมแมลงได้หลายชนิดนอกจากควบคุมแมลงในอันดับ Lepidoptera จนกระทั่ง Dutky (1963) ได้พัฒนา *Bacillus popilliae* ในการควบคุมตัวอ่อนด้วง ซึ่งนำไปควบคุมด้วง Japanese beetle (*Popillia japonica*) ที่เป็นแมลงศัตรูสำคัญในสนามหญ้าและสวนผลไม้

### 3. ยุคคลาสสิก-สายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพและผลิตภัณฑ์ (The Classic Era-effective strains and Products (1965-1981))

ช่วงปี ค.ศ.1960 (1960s) มีบริษัทผลิต *B. thuringiensis* ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ Abbot Laboratories ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อการค้าว่า Dipel® ส่วน Sandoz Corporation ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อการค้าว่า Thuricide® ซึ่งผลิตจาก *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* สายพันธุ์ HD-1 (H3a3b) ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีและใช้อย่างแพร่หลายในการเกษตรและป่าไม้ เพื่อควบคุมหนอนผีเสื้อ เช่น หนอนคืบกะหล่ำ (cabbage looper: *Tricoplusia ni*) หนอนเจาะยาสูบ (tobacco bollworm: *Manduca sexta*) หนอนเจาะยอด (budworm) หนอนผีเสื้อยิปซี (gypsy moth: *Lymantria dispar*) หนอนใยผัก (diamondback moth: *Plutella xylostella*) และหนอนเจาะยอดสน (spruce budworm: *Choristoneura fumiferana*) เป็นต้น (Federici, 2005) ช่วงปี ค.ศ.1960 (1960s) ถึงปี ค.ศ. 1970 ได้มีการค้นพบสายพันธุ์ใหม่คือ *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* (H14) มีพิษต่อลูกน้ำยุงและริ้นดำ ค้นพบที่ทะเลทราย Negev ในประเทศอิสราเอล (Goldberg and Margalit, 1977) ปี ค.ศ. 1983 ค้นพบ *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* ค้นพบในประเทศเยอรมนี ซึ่งมีพิษต่อหนอนด้วงหลายๆ ชนิด (Krieg *et al.*, 1983) ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาจาก *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* ได้แก่ Teknar® ผลิตโดย Sandoz Corporation (ปัจจุบันคือ Valent BioSciences) และ VectoBac® ผลิตโดย Abbot Laboratories (ปัจจุบันคือ Valent BioSciences) ซึ่งควบคุมยุงที่เป็นพาหะนำโรคและควบคุมตัวอ่อนของริ้นดำ *Simulium damnosum* ซึ่งเป็นพาหะนำโรค filariasis ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจาก *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* ไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากในขณะนั้นมีสารเคมีชนิดใหม่ที่มีราคาถูกมาใช้ในการควบคุมหนอนด้วง ได้แก่ Imidacloprid (Federici, 2005)

### 4. ยุคใหม่-ชีวโมเลกุลและพืชตัดต่อพันธุกรรม (The Modern Era-molecular and transgenics (1981-2004))

ปี ค.ศ. 1981 Schnepf and Whiteley สามารถโคลนยีนที่ควบคุมการสร้างโปรตีนสารพิษ ซึ่งทำให้ได้รู้ว่า *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* สายพันธุ์ HD-1 มียีนควบคุมการสร้างโปรตีนสารพิษทั้งหมด 4 ยีน (Schnepf and Whiteley, 1981) ต่อมา มีการโคลนยีน endotoxin มากขึ้น ทำให้มีการพัฒนาระบบอนุกรมวิธานในการตั้งชื่อยีนที่สร้างโปรตีนของ *B. thuringiensis* เกิดขึ้น ซึ่ง Höfle and Whiteley (1989) ได้ตั้งชื่อออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ ยีน *cry* (crystal) และ ยีน *cyt* (cytolytic) ต่อมา Crickmore *et al.* (1998) ได้ปรับปรุงระบบการเรียกชื่อใหม่ ซึ่งยังคงใช้อยู่ ต่อมาได้มีการนำเทคโนโลยีชีวโมเลกุลมาใช้ในการตัดต่อพันธุกรรมมากขึ้น พืชตัดต่อพันธุกรรม ที่ประสบความสำเร็จได้แก่ ฝ้าย Bt และ ข้าวโพด Bt (Fischhoff *et al.*, 1987; Koziel *et al.*, 1993;

Perlak *et al.*, 1990) ซึ่งมีข้อดี คือ ลดการฉีดพ่น *B. thuringiensis* ป้องกันการสลายตัวของผลึกโปรตีนจากแสงแดดโดยการให้สังเคราะห์ผลึกโปรตีนในต้นพืช จึงทำให้มีปริมาณมากให้ความสนใจและพัฒนาพืชตัดต่อพันธุกรรม ให้ควบคุมแมลงศัตรูได้ โดยการผลิต Cry protein เฉพาะใส่เข้าไปในพืชโดยตรง แต่พบว่าการผลิต Cry protein ในระดับที่น้อย มีการแก้ปัญหาโดยเปลี่ยนลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *cry* (Perlak *et al.*, 1991) แต่ปัญหาที่ยังพบอยู่คืออาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมายรวมทั้งสัตว์มีกระดูกสันหลังและแมลงมีประโยชน์ การสร้างความต้านทานของแมลง เมื่อใช้พืช Bt ในระยะยาว และปัญหาด้านเศรษฐกิจ ถึงแม้ปัญหาที่กล่าวมาจะเป็นปัญหาที่ซับซ้อนและยากที่จะแก้ไข แต่ยังมีกรยอมรับการใช้พืช Bt มากขึ้นในหลายประเทศ (Carriere *et al.*, 2001) ส่วนปัญหาด้านความปลอดภัย O'Callaghan *et al.* (2005); Shelton *et al.* (2002) รายงานว่ามีความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมายมากกว่าการใช้สารเคมี พืชตัดต่อพันธุกรรมที่มีการปลูกได้แก่ ฝ้าย Bt ซึ่งมีการตัดแต่งยีนควบคุมการสร้างโปรตีน Cry1Ac เข้าไปในฝ้าย และข้าวโพด Bt มีการตัดแต่งยีนควบคุมการสร้างโปรตีน Cry1Ab เข้าไป เพื่อใช้ควบคุมหนอนผีเสื้อ ได้แก่ หนอนกระทู้กันยอด (*Heliothis virescens*) หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด (*Ostrinia nubilalis*) (Federici, 2005)

#### 5. อนาคต-ความหลากหลายของพืชตัดต่อพันธุกรรม (The Future-a diversity of transgenic crops (2005 and onward))

ในอนาคต Federici (2005) คาดการณ์ว่า อาจมีการนำวิธีตัดต่อพันธุกรรมมาใช้ในการทางด้านเทคโนโลยีการควบคุมแมลงศัตรูพืช พืชต่างๆอาจจะกลายเป็นพืชตัดต่อทางพันธุกรรมภายในระยะเวลาไม่กี่ปี เนื่องจากประสบความสำเร็จในเรื่องเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของการใช้พืช Bt ซึ่งอาจมีปัญหามานำไปประยุกต์ใช้ ดังนั้นควรมีการจัดการที่ดีเพื่อประโยชน์ในระยะยาว

#### 3.2 สันฐานวิทยาของ *Bacillus thuringiensis*

*B. thuringiensis* จัดอยู่ในวงศ์ Bacillaceae (Glare and O'Callaghan, 2000) เป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในดิน (soil bacterium) มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับ *Bacillus* สปีชีส์อื่นๆ เช่น *B. mycoides*, *B. anthracis* และ *B. cereus* โดยเฉพาะ *B. cereus* ที่มีลักษณะทางสันฐานวิทยา และชีวเคมีที่เหมือนกันกับ *B. thuringiensis* (Glare and O'Callaghan, 2000) เป็นแบคทีเรียแกรมบวก (gram positive) และเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีอากาศเพียงเล็กน้อย (facultative anaerobic)

bacteria) แต่ขณะสร้างสปอร์ต้องการสภาพที่มีอากาศเต็มที่ เป็นแบคทีเรียที่ใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงาน รูปร่างเซลล์เป็นท่อนตรง (ภาพที่ 2) ขนาด 1.0-1.2 x 3-5 ไมครอน (Boucias and Pendland, 1998) เคลื่อนที่ด้วยแฟลกเจลลา ถ้านำมาเลี้ยงบนจานเลี้ยงเชื้อจะมีโคโลนีสีขาวขุ่น ผิวไม่มัน โคโลนีค่อนข้างใหญ่ (ภาพที่ 2) ประมาณ 5-10 มิลลิเมตร (อัจฉรา, 2544)

แบคทีเรียชนิดนี้สร้างสปอร์ภายในเซลล์เรียกว่า เอนโดสปอร์ ซึ่งอยู่ที่ปลายข้างหนึ่งของเซลล์ ในขณะที่สร้างสปอร์จะสร้างผลึกโปรตีนที่เรียกว่า parasporal body หรือ crystal protein อยู่ด้านหนึ่งของเซลล์ (Boucias and Pendland, 1998) และส่วนใหญ่จะมีรูปร่างเหมือนปิรามิด 2 ด้านฐานชนกันหรือเรียกว่าปิรามิดคู่ (bipyramid) แต่ในบางสายพันธุ์จะสร้างผลึกโปรตีนรูปกลมหรือเหลี่ยมแล้วแต่สายพันธุ์ (Yamamoto and Powell, 1993) ผลึกโปรตีนชนิดนี้ไม่ละลายในน้ำ และสารละลายอินทรีย์แต่จะละลายในสารละลายที่มีคุณสมบัติเป็นด่างสูง (pH สูงกว่า 12) ในสภาพที่ pH ต่ำ จะต้องใช้ reducing agent เป็นตัวช่วยให้ละลาย เช่นในสภาพลำไส้ส่วนกลาง (midgut) ของแมลง (pH 10-11) จะมีเอนไซม์ proteolytic เป็นตัวช่วยให้ละลาย (Tanada and Kaya, 1993) และจะสร้างสารพิษเรียกว่า Bt Toxins, Delta endotoxins หรือ Insecticidal crystal proteins (ICPs) (Khetan, 2001)



ภาพที่ 2 ลักษณะโคโลนี เซลล์ สปอร์และผลึกโปรตีนของ *Bacillus thuringiensis* Berliner  
ที่มา: จริยา (2547)

### 3.3 วงจรชีวิตของ *Bacillus thuringiensis*

*B. thuringiensis* มีการเจริญเติบโต 2 ระยะ คือระยะงอก (vegetative growth) และระยะการสร้างสปอร์ (sporulation) ในขณะที่เซลล์อยู่ในระยะ vegetative เมื่อมีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์และสภาพแวดล้อมเหมาะสม (Lambert and Peferoen, 1992) สปอร์จะงอกเป็นเซลล์รูปแท่งภายในเวลา 12 ชั่วโมง จะมีการแบ่งตัวได้เซลล์ต่อกันเป็นสายลูกโซ่ (จิริยาและคณะ, 2547) และในขั้นตอนการสร้างสปอร์และผลิตโปรตีน จะเกิดเมื่อธาตุอาหารเริ่มน้อยลงหรือเมื่อสิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสม การสร้างสปอร์จะเกิดขึ้นภายในอับสปอร์ (sporangium) สปอร์ชนิดนี้จะทนต่อความร้อน ความแห้งแล้ง ซึ่งทำให้แบคทีเรียสามารถอยู่รอดได้ในสภาพที่ไม่เหมาะสม (Lambert and Peferoen, 1992) จากนั้นผนังเซลล์ซึ่งมีลักษณะบางจะสลายตัวไป ทำให้สปอร์และผลิตโปรตีนลอยอิสระอยู่ในอาหารหรือวัสดุที่อาศัยอยู่ เมื่อแมลงมากินสปอร์และผลิตโปรตีนเข้าไปในกระเพาะอาหาร สภาพความเป็นด่างในกระเพาะส่วนกลางจะย่อยสลายผลิตโปรตีนได้ protoxin และน้ำย่อย protease จะช่วยกระตุ้นให้ protoxin เข้าทำลายเยื่อผนังกระเพาะอาหาร แมลงหยุดกินอาหาร เป็นอัมพาตและตาย หลังจากแมลงตายซากของแมลงจะแตกออก *B. thuringiensis* จะกระจายตัวไปในธรรมชาติและขยายพันธุ์ต่อไปเรื่อยๆ (จิริยาและคณะ, 2547) ซึ่ง Martin and Travers (1989) ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อตรวจสอบ *B. thuringiensis* จาก 5 ทวีป ได้แก่ ทวีปแอฟริกา ทวีปเอเชีย ทวีปยุโรป ทวีปอเมริกาเหนือ และทวีปอเมริกาใต้ พบว่า *B. thuringiensis* พบได้ทั่วไป แม้กระทั่งทะเลทราย ขั้วภาค และ ที่ราบขนาดใหญ่ ที่มีอากาศหนาว (tundra) และพบว่ามีมากกว่า 60% ของสายพันธุ์ที่เป็นพิษกับแมลงในอันดับ Lepidoptera และแมลงในอันดับ Diptera

### 3.4 สารพิษที่สร้างโดย *Bacillus thuringiensis*

*B. thuringiensis* สร้างสารพิษได้หลายชนิด แบคทีเรียต่างสายพันธุ์สร้างสารพิษที่มีคุณสมบัติเฉพาะเจาะจงกับแมลงต่างชนิดกันไปและมีความเป็นพิษมากน้อยแตกต่างกัน สารพิษที่สร้างขึ้นได้แก่

1. Alpha ( $\alpha$ ) exotoxin หรือ lecithinase C หรือ phospholipase C เป็นสารซึ่งสร้างในเซลล์และปล่อยออกมาภายนอกเซลล์ พบโดย Toumanoff จึงเรียกว่า Toumanoff's factor นอกจากนี้ยังมีชื่อเรียกอื่นๆ อีก เช่น mouse factor thermosensitive exotoxin เป็นสารที่ไม่ทนต่อความร้อน ละลายในน้ำได้ มีคุณสมบัติพิเศษเป็น hemolysin คือ ทำลายเซลล์เม็ดเลือด และมีผลต่อ



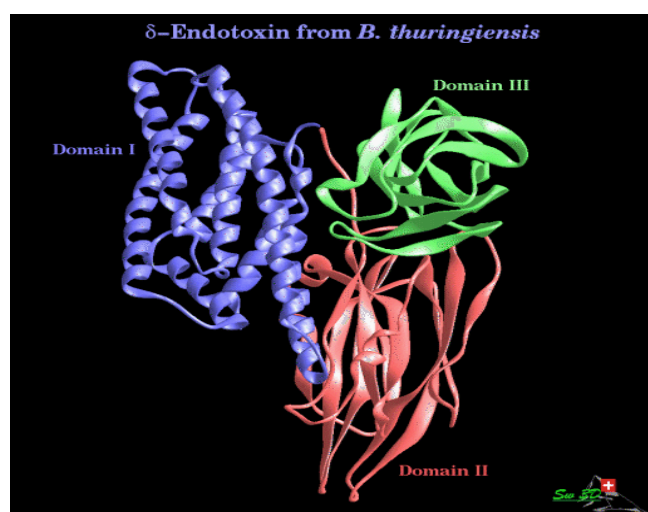
การจัดวางการทำงานในระบบสรีรวิทยาหลายอย่างในตัวแมลง (ทิพย์วดี, 2535)  $\alpha$ -exotoxin เป็นพิษกับแมลง หนู และสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดอื่นๆ (Krieg, 1971; Fluer *et al.* 1981) มีน้ำหนักโมเลกุล 40-50 กิโลดาลตัน (Beegle and Yamamoto, 1992)

2. Beta ( $\beta$ ) exotoxin (thuringiensin ,thermostable toxin, fly-toxin) Mc.Connell and Richards (1959) ได้ค้นพบสารพิษชนิดนี้ในอาหารของแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ที่เข้าตู้อบ (autoclave) เป็นเวลา 15 นาที เป็นสารพิษที่สร้างขึ้นระหว่าง vegetative growth phase (Khetan, 2001) มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำแต่ทนความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียสได้นาน 15 นาที มีความเป็นพิษต่อแมลงในอันดับ Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera, Hemiptera, Isoptera, Orthoptera, ไส้เดือนฝอยและไร (Beebe and Bond, 1973) Herbert and Harper (1986) รายงานว่า  $\beta$ -exotoxin มีพิษต่อตัวอ่อนมวนตัวหัว *Geocoris punctipes* โดยมวนที่กินหนอน *Heliothis zea* ที่มีพิษ  $\beta$ -exotoxin เข้าไปแล้วตาย ส่วนตัวอ่อนที่สามารถเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยจะมีชีวิตสั้นลง ทั้งนี้ยังพบว่าตัวอ่อนแมลงช่วงปีกใส (*Chrysopa carnea*) ที่กินหนอนผีเสื้อข้าวเปลือก (*Sitotroga cerealella*) ที่มีพิษ  $\beta$ -exotoxin เข้าไปแล้วตายเช่นเดียวกัน (Kiselev, 1975)  $\beta$ -exotoxin สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน คือ  $\beta$ -exotoxin type I ได้มาจาก *B. thuringiensis* serotype 1, 9 และ 10  $\beta$ -exotoxin ชนิดนี้จะยับยั้งการสังเคราะห์ RNA ส่วน  $\beta$ -exotoxin type II ได้มาจาก *B. thuringiensis* subsp. *morrisoni* serotype 8ab (Levenson *et al.*, 1990) แมลงที่กินสารพิษ  $\beta$ -exotoxin เข้าไปจะทำให้รูปร่างเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะส่วนปาก หนวด ปีก การเปลี่ยนแปลงพบในระยะลอกคราบ ดักแด้ (Tanada and Kaya, 1993) และในขณะที่มีการเจริญเติบโต เช่น ตัวอ่อนไม่เข้าดักแด้ ถ้าเป็นดักแด้จะมีรูปร่างบิดเบี้ยว และถ้าเป็นตัวเต็มวัยก็จะไม่สมบูรณ์ (อัจฉรา, 2544)

3. Delta ( $\delta$ ) endotoxin พบครั้งแรกโดย Hannay เมื่อปี ค.ศ.1953 ในหนอนไหม นอกจากนี้ยังพบใน *B. subtilis* *B. laterosporus* *B. popilliae* และ *Clostridium cochlearium* มีผลเฉพาะกับหนอนผีเสื้อบางชนิด ยุง ริ้น และ black flies เท่านั้น (ทิพย์วดี, 2535) สารพิษนี้ยังมีชื่อเรียกหลายชื่อเช่น crystal toxin หรือ parasporal inclusion body เป็นสารพิษที่ไม่ทนต่อความร้อน เป็น proteinoous crystal ซึ่งมีทั้งสารพิษและเอนไซม์เกาะกันเป็นรูปดัมเบลล์ (dumb-bell) และถูกกำหนดโดยพลาสมิด (plasmid) รูปร่างของผลึกโปรตีนสัมพันธ์กับความสามารถในการก่อให้เกิดโรคกับแมลง เช่น ปิรามิดคู่ด้านฐานชนกันมีผลในการควบคุมแมลงในอันดับ Lepidoptera รูปกลมและรูปลูกบาศก์มีผลในการควบคุมแมลงในอันดับ Lepidoptera และ Diptera (Tanada and Kaya, 1993) ผลึกโปรตีนมีน้ำหนักโมเลกุล 60-70 กิโลดาลตันเมื่ออยู่ในรูปของ active form (Khetan,

2001) ผลึกโปรตีนในรูปปริมาตรมีขนาด  $5 \times 15.5$  นาโนเมตร (Norris, 1971; Cooksey, 1971) ผลึกโปรตีนจะไม่ละลายในน้ำหรือในสารละลายที่เป็นกลางหรือกรด แต่สามารถละลายได้ในสารละลายที่เป็นด่าง ( $\text{pH} > 10.5$ ) หรือในสารละลาย thiol reagent ซึ่งจะไปทำลายพันธะ disulfide (Benoit *et al.*, 1995) แต่ Du *et al.* (1994) ได้รายงานว่าส่วนที่เป็นพิษของผลึกโปรตีนสามารถละลายได้ที่ความเป็นด่างระหว่าง 9.0-10.5 ในขณะที่ส่วนที่ไม่เป็นพิษจะละลายได้ที่ความเป็นด่างประมาณ 12 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีพันธะ disulfide 2 แบบ ด้วยกัน

Li *et al.* (1991) ได้อธิบายถึงความแตกต่างของโครงสร้าง (Domain) ทั้ง 3 Domain ได้แก่ Domain I บริเวณ N-terminal ประกอบด้วย amphiphilic seven-helix bundle ซึ่งเชื่อว่ามีหน้าที่ในการเข้าไปในผนังของกระเพาะอาหาร (membrane insertion) และทำให้เป็นรู (pore formation) Domain II ประกอบด้วยการรวมกันของ  $\beta$ -sheet ซึ่งเป็นบริเวณของ Cry toxins ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวจับสารพิษ Domain III ประกอบด้วย  $-\text{COOH}$ ,  $\beta$ -sandwich 2 อัน ซึ่งทำหน้าที่ในการรักษาระดับสารพิษให้คงที่ รวมทั้งยังมีหน้าที่ในการจับสารพิษ



ภาพที่ 3 โครงสร้าง (Domain) ของ *Bacillus thuringiensis* Berliner ทั้ง 3 Domain ที่มา: Anonymous (1997)

4. Gamma ( $\gamma$ ) exotoxin เป็นสารพิษที่ไม่ทนต่อความร้อน อ่อนแอต่ออากาศ ก๊าซ ออกซิเจนและแสงอาทิตย์ ที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส จะถูกทำลายภายใน 10 – 15 นาที กลไกในการเข้าทำลายแมลงนี้ยังไม่เป็นที่รู้กันแน่ชัด (ทิพย์วดี, 2535)

### 5. Louse factor พบโดย Gingrich ในเหา 4 ชนิด แสดงอาการผิดปกติเมื่อได้รับ

*B. thuringiensis* var. *kurstaki* (HD-1) เป็น *B. thuringiensis* ที่ไม่สร้าง exotoxin และพบว่าอาการผิดปกติไม่ได้เกิดจาก endotoxin จึงรายงานว่าเป็นสารพิษอีกชนิดหนึ่งที่สร้างขึ้น และให้ชื่อสารนี้ว่า louse factor (Heimpel, 1963) นอกจากนี้มีเอนไซม์ (exo-enzymes) ได้แก่ Phospholipids C Chitinases เป็นตัวช่วยส่งเสริมให้การเข้าทำลายดีขึ้น

### 6. Vegetative Insecticidal Proteins (VIPs) เป็นสารพิษที่สร้างขึ้นในระยะ vegetative

growth (log phase) (Nunez-Valdez, 1997) เช่น Vip3A เป็นสารพิษที่มีผลกับแมลงในกลุ่มของผีเสื้อ ได้แก่ black cutworm (*Agrotis ipsilon*) หนอนกระทู้ (fall armyworm: *Spodoptera frugiperda*) หนอนกระทู้หอม (beet armyworm: *Spodoptera exigua*) หนอนเจาะยอดยาสูบ (tobacco budworm: *Heliothis virescens*) และหนอนเจาะฝักข้าวโพด (corn earworm: *Helicoverpa zea*) เป็นต้น (Estruch *et al.*, 1996)

## 3.5 กลไกการทำให้เกิดโรคของ *Bacillus thuringiensis*

*B. thuringiensis* ทำให้เกิดโรคกับแมลงหลายชนิด โดยเฉพาะกับหนอนผีเสื้อ ซึ่งพบว่าหนอนผีเสื้อประมาณ 150 ชนิด ที่อ่อนแอต่อ *B. thuringiensis* ความอ่อนแอของแมลงต่อ *B. thuringiensis* นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของแมลง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ด้วยเช่น อายุของแมลง ความแข็งแรงของแมลง และสภาพแวดล้อมต่างๆ ส่วนความเป็นพิษของแบคทีเรียนั้นขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุ สภาพการเพาะเลี้ยง และอัตราส่วนระหว่างสปอร์กับผลึกโปรตีนที่แมลงได้รับเข้าไป แมลงจะเป็นโรค โดยการกินเข้าไป (ทิพย์วดี, 2535) *B. thuringiensis* มีกลไกในการทำลายแมลง 2 ประการหลัก คือ

1. ทำให้เกิดอัมพาตทั่วตัว (general paralysis) ซึ่งส่วนใหญ่จะทำให้แมลงตาย แมลงที่ได้รับ *B. thuringiensis* พบว่าจะเป็นอัมพาตอย่างรวดเร็วจนกระทั่งหยุดนิ่งเฉยภายใน 80 นาที เช่น หนอนไหม และจะเกิดควบคู่กับการเกิดสภาพความเป็นด่างในเลือด (Angus and Heimpel, 1959) ซึ่งเกิดจากที่ crystal protein หรือ endotoxin ไปทำลายผนังกระเพาะอาหาร ทำให้เกิดการซึมผ่านเข้าออกของสารในกระเพาะอาหารและเลือด สมดุลที่มีอยู่ในธรรมชาติถูกเปลี่ยนไป สภาพ pH ในกระเพาะอาหารปกติประมาณ 10.2 – 10.5 จะต่ำลง และในเลือดซึ่งปกติมี pH ประมาณ 6.8 จะเพิ่ม

มากขึ้น การเพิ่มขึ้นของ pH ในเลือดทำให้แมลงเกิดอาการเป็นอัมพาตและจะเป็นไปทั่วตัวอย่างรวดเร็วและรุนแรง (ทิพย์วดี, 2535)

2. ทำให้เกิดอัมพาตที่กระเพาะอาหาร (Gut paralysis) กระเพาะอาหารของแมลงจะถูกทำลายอย่างรวดเร็ว ทำให้แมลงหยุดกินอาหาร อาเจียนและท้องเสีย แมลงจะตายภายใน 24 – 48 ชั่วโมง แต่ถ้าได้รับพิษน้อย จะสามารถกลับมามีชีวิตปกติภายใน 1-2 วัน หลังจากได้รับผลึกโปรตีนเข้าไป (Burgess and Hussey, 1971)

แมลงบางชนิดอ่อนแอต่อ exotoxin ชนิดอื่นที่ *B. thuringiensis* สร้างขึ้นเช่น Thermostable exotoxin ซึ่งทำให้แมลงตายได้อย่างรวดเร็วด้วยอาการที่เรียกว่า “toxemia” และในแมลงบางชนิดเมื่อกิน *B. thuringiensis* เข้าไปผ่านผนังกระเพาะอาหารเข้าไปในเลือดและเจริญเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็ว จนทั่วตัวแมลง แมลงจะตายด้วยอาการที่เรียกว่า “septicemia” *B. thuringiensis* บางชนิดสามารถทำลายแมลงด้วยกลไกหลายๆ อย่างนี้ร่วมกัน เช่น นอกจากทำให้เป็นอัมพาตแล้ว *B. thuringiensis* ยังเข้าไปเพิ่มปริมาณในเลือดด้วย (ทิพย์วดี, 2535)

Heimpel and Angus (1959) ได้ทำการแบ่งประเภทหนอนผีเสื้อที่อ่อนแอต่อพิษของ *B. thuringiensis* ออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน ได้แก่

ประเภทที่ 1 ชนิดที่ตายจากการเกิดอัมพาตทั่วตัว เมื่อได้รับ Delta-endotoxin เข้าไปเพียง 2-3 นาติ จะเป็นอัมพาตที่กระเพาะอาหารก่อน มีสาเหตุจาก Delta-endotoxin เพียงอย่างเดียว จะทำให้ค่า pH ในเลือดเพิ่มขึ้น 1-1.5 ได้แก่ หนอนไหม (*Bombyx mori*), Chinese oak silkworm (*Anther pernyi*), tobacco hornworm (*Manduca sexta*), tomato hornworm (*M. quinquemaculatus*) (Heimpel and Angus, 1959) *Philosamia ricini* (Nishiitsutsuji-Uwo and Endo, 1980) *Simulium vittatum* (Lacey and Federici, 1979) และ ตัวอ่อนยุง (de Barjac, 1978) โดยมีลักษณะอาการดังนี้คือแมลงหยุดกินอาหาร ค่า pH และปริมาณ  $K^+$  ในเลือดสูง ทำให้เริ่มหยุดเคลื่อนไหว มีการอาเจียนและท้องร่วง จากนั้นหยุดการเคลื่อนไหว จะเคลื่อนไหวเฉพาะที่เป็นปฏิกิริยาตอบกลับอัตโนมัติ และเกิดอัมพาตทั่วตัว ไม่มีปฏิกิริยาตอบกลับอัตโนมัติ จากนั้นหัวใจจะหยุดเต้นและตาย การบีบรัดของลำไส้ส่วนหน้าหยุดชะงัก มีจุดสีดำเกิดขึ้นที่ผนังลำตัวและลำไส้ส่วนกลางของแมลง หลังจากนั้นการบีบรัดของลำไส้ส่วนหลังจะหยุดชะงักลงในที่สุด (Nishiitsutsuji-Uwo and Endo, 1980)

ประเภทที่ 2 ชนิดที่ตายจากการเกิดอัมพาตที่กระเพาะอาหาร (gut paralysis) เมื่อได้รับ Delta-endotoxin ไปเพียง 2-3 นาที โดยค่า pH ในเลือดไม่เปลี่ยนและไม่มีการเป็นอัมพาตทั่วตัว ได้แก่ *Nymphalis antiopa*

ประเภทที่ 3 ชนิดที่ไม่ได้ตายจากการเกิดอัมพาตทั่วตัว แมลงจะต้องได้รับสปอร์และผลึกโปรตีนของ *B. thuringiensis* ได้แก่ *Anagasta kuehniella* (Heimpel and Angus, 1959) และ *Galleria mellonella* (Burgess *et al.*, 1976) เนื่องจากในลำไส้มีค่า pH มากกว่า 7 เพียงเล็กน้อย ดังนั้นผลึกโปรตีนจึงไม่ละลาย แต่สปอร์ที่ได้รับเข้าไปจะเจริญเติบโตและสร้างสภาพที่เหมาะสมกับผลึกโปรตีนและเอนไซม์ชนิดอื่นๆ (Lüthy and Ebersold, 1981) เช่น หนอน *A. kuehniella* จะอ่อนแอต่อ Delta-endotoxin ก็ต่อเมื่อผลึกโปรตีนที่ได้รับเข้าไปละลายอยู่ก่อนแล้ว (Yamvriyas, 1962)

### 3.6 การใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ควบคุมแมลงศัตรูพืช

ในปัจจุบันได้มีการนำ *B. thuringiensis* มาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชเป็นจำนวนมากทั้งในเรื่องของการทำพืชตัดต่อพันธุกรรม โดยการนำยีนที่ผลิตสารพิษของ *B. thuringiensis* ใส่เข้าไปในต้นพืช เช่น การตัดต่อยีน *cry1Ab* หรือ *cry1Ac* ใส่เข้าไปในฝ้ายเพื่อควบคุมแมลงศัตรูฝ้าย เช่น หนอนกินดอกยาสูบ (*Heliothis virescens*), หนอนเจาะสมอฝ้าย (*Pectinophora gossypiella*) และหนอนเจาะสมอฝ้าย (*Heliothis zea*) (Perlak *et al.*, 1990) หรือการนำไปฉีดพ่นโดยตรงในแปลง ซึ่งมีรูปแบบต่าง ๆ กัน ได้แก่ รูปผงละลายน้ำ (wetable powder) รูปของเหลวเข้มข้น (suspension concentrate) รูปเม็ดละลายน้ำ (water dispersible granules) รูปเม็ด (granulars) ซึ่งเป็นรูปแบบที่มักใช้ในการควบคุมตัวอ่อนแมลงที่อยู่ในน้ำ เช่น ลูกน้ำยุง และรูปก้อนกลม ๆ (Briquet) ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในน้ำ (Khetan, 2001)

*B. thuringiensis* ที่นำมาใช้ในการควบคุมแมลงนั้นมีหลายสายพันธุ์ด้วยกันแต่สายพันธุ์ที่นำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงได้แก่ *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* และ *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* ใช้ควบคุมแมลงในอันดับ Lepidoptera ซึ่งผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ในการป้องกันแมลงศัตรูพืชในกลุ่มนี้ ส่วนใหญ่มาจาก *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* สายพันธุ์ HD-1 *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* สายพันธุ์ HD-112 และ HD-113 (Navon, 1993) Boncheva *et al.* (2006) ได้ทำการทดสอบพืชที่มีต่อหนอน *Cydia pomonella* โดยสกัด protoxin จาก  $\delta$ -endotoxin ของ *B. thuringiensis* พบว่า Cry1Da มีพิษมากที่สุด ตามด้วย Cry1Ab Cry1Ba

และ Cry1Ac ขณะที่ Cry1Aa Cry1Fa Cry1Ia และ SN19 มีพิษน้อย Cry1Ca และ Cry1Cb ไม่มีพิษกับหนอน

*B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* (san diego) ใช้ควบคุมแมลงในอันดับ Coleoptera เช่น Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) Alder leaf beetle (*Agelastica alni*) cotton wood leaf beetle (*Chrysomela scripta*) Eucalyptus tortoise beetle (*Paropsis charybdis*) เป็นต้น (Keller and Langenbruch, 1993) Morán *et al.* (1998) ผลิตมันฝรั่งซึ่งมีการตัดต่อยีน cryIIIA จาก *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* เพื่อใช้ในการควบคุม sweet potato weevil (*Cylas formicarius*)

*B. thuringiensis* subsp. *israelensis* ใช้ควบคุมแมลงในอันดับ Diptera ได้แก่ ระยะเวลาตัวอ่อนของ ยุง รินดำ แมลงวันตอมเขาสัตว์ และแมลงวันปากดำ ในแถบเขตร้อน *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* มีความสำคัญมากเพราะสามารถควบคุมแมลงพาหะนำโรคได้หลายชนิดได้แก่ ยุงในสกุล *Anopheles* *Aedes* *Culex* และรินดำ *Simulium damnosum* ซึ่งนำโรคมาลาเรีย yellow fever filariasis และ river blindness ตามลำดับ (Khetan, 2001) การทดลองของ Hughes *et al.* (2005) พบว่ายีน cry และยีน cyt1A ที่ได้จาก *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* มีผลต่อหนอน *Chironomus tepperi* ระยะที่ 4 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำงานร่วมกันระหว่างสารพิษของส่วนผสมทั้ง 2 ชนิด ยังพบว่าสารพิษทุกชนิดมีส่วนเกี่ยวข้องกัน ยกเว้น Cry10A ส่วน Cry11A และ Cry4B เป็นส่วนที่แสดงความเป็นพิษแต่มีพิษน้อยกว่าที่ได้จาก *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* โดยตรง

ในประเทศไทย อัจฉรา (2544) พบว่าสามารถใช้ *B. thuringiensis* ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ 21 ชนิด ที่ทำลายพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ 33 ชนิด ได้แก่ หนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) หนอนคืบกะหล่ำ (*Trichoplusia ni*) หนอนคืบกะหล่ำ (*Achaea janata*) หนอนร่านกินใบปลัม (*Darna furva* *D. diducta* *Thosia siamica* *T. sythoffi* และ *Parasa lepida*) หนอนปลอก (*Mahasena corbetti* และ *Metisa plana*) หนอนผีเสื้อขาว (*Pieris candida* และ *P. brassicae nepatensis*) หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด (*Ostrinia furnacalis*) หนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*) หนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa armigera*) หนอนบุ้งกินใบ (*Orgyia turbata*) หนอนกินใบบัว (*Nymphula crisonalis*) หนอนกินใบเฟือก (*Manduca quinquemaculata*) หนอนหนามหรือหนอน

กินใบสน (*Metanastria latipennis*) หนอนกินใบชมพู (*Trabala vishnou*) และหนอนห่อใบหรือแปะใบส้ม (*Archips* sp.)

จรรยาและคณะ (2544) ได้ทดลองใช้ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ที่แยกได้ในประเทศ มาควบคุมแมลงศัตรูผักในแปลงเกษตรกร อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า *B. thuringiensis* ที่มีค่า  $LC_{50}$  ต่ำคือที่  $1.140 \times 10^4$  และ  $4.470 \times 10^3$  CFU/ml. (CFU คือ หน่วยของค่าความแรงของสารออกฤทธิ์ มาจาก Colony Forming Unit) ให้ผลในการควบคุมหนอนใยผักได้ดี ส่วนสุภาณีและตั้งवाल (2541) ได้ทดลองใช้ *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* และ *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* ในการควบคุมหนอนใยผักในหึ่งปฏิบัติการพบว่าการใช้ *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* สามารถควบคุมหนอนใยผักได้ดีกว่า *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* ทั้งนี้เมื่อใช้ *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* อัตรา 80 กรัม/น้ำ 20 ลิตรผสมกับสารสกัดสะเดาสำเร็จรูป 60 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร และ *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* อัตรา 40 กรัม/น้ำ 20 ลิตรผสมกับสารสกัดสะเดาสำเร็จรูป 30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร สามารถควบคุมหนอนใยผักได้ดี จินตนา (2542) ได้นำ *B. thuringiensis* ควบคุมหนอนทึบละหุ่ง พบว่า การใช้ *B. thuringiensis* ความเข้มข้น 6 กรัม/น้ำ 1 ลิตร สามารถทำให้หนอนตาย 95 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร (2545ก) ได้แนะนำให้ใช้ *B. thuringiensis* ในผักกาดขาวตั้งและคะน้า อัตรา 40-80 กรัม, 60-100 มิลลิลิตร / น้ำ 20 ลิตร ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักโดยพ่นเมื่อพบหนอนเฉลี่ย 2 ตัว/ต้น และใช้อัตรา 60-80 กรัม / น้ำ 20 ลิตร ในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอมโดยพ่นเมื่อพบหนอนเฉลี่ย 0.1 ตัว/ต้น และได้แนะนำให้ใช้ *B. thuringiensis* ในกระเจี๊ยบเขียว อัตรา 40-60 กรัม / น้ำ 20 ลิตร ในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอม โดยพ่นเมื่อพบกลุ่มไข่มากกว่า 1 กลุ่ม หรือพบหนอนมากกว่า 1 ตัว/ต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2545ข) เพื่อเป็นการสอดคล้องกับโครงการเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (Good Agricultural Practice: GAP) และเป็นแนวทางการปฏิบัติทำให้ผลผลิตมีคุณภาพ และได้มาตรฐาน นอกจากนี้ได้มีการแนะนำให้ใช้ *B. thuringiensis* ชื่อการค้าโนโวคอร์ เอฟ ซี อัตรา 100 มิลลิลิตร / น้ำ 20 ลิตร ในการควบคุมตัวอ่อนด้วงหมัดผัก โดยพ่นหรือราดทุกๆ 7 วัน ถ้าการระบาดรุนแรงควรพ่นหรือราดให้ช่วงเวลาลึกขึ้น (กองกัญและสัตววิทยา, 2547) จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันเริ่มมีการนำจุลินทรีย์มาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูมากขึ้น และจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่จะกล่าวต่อไปคือ ไล่เดือนฝอยศัตรูแมลง ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคกับแมลงได้อย่างรวดเร็วและทำให้แมลงตายในระยะเวลาที่สั้น ไม่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น คน สัตว์ พืช ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและแมลงไม่สร้างความต้านทานหรือสร้างความต้านทานซ้ำมาก

#### 4. ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง (Entomopathogenic nematodes)

ไส้เดือนฝอยในกลุ่มที่ทำให้เกิดโรคกับแมลง (Entomopathogenic nematodes) ซึ่งจัดว่าเป็น ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงที่มีประโยชน์ สามารถนำมาใช้เป็น Biological control agent และได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางเนื่องจากมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ เข้าทำลายแมลงได้หลายชนิด (broad host range) ทำให้แมลงตายภายในระยะเวลาอันสั้น (48 ชั่วโมง) นำมาเลี้ยงขยายให้มีปริมาณมากได้ด้วยอาหารเทียม และไส้เดือนฝอยตัวอ่อนระยะที่ 3 (Infective juvenile, IJ) มีคุณสมบัติที่สามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อม อีกทั้งยังไม่เคยมีรายงานพบว่าแมลงสามารถสร้างความต้านทาน (Insect immunity) ต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย มีความปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตต่างๆ ซึ่งจะกล่าวถึงไส้เดือนฝอยที่อยู่ในวงศ์ Steinernematidae และ Heterorhabditidae เป็นหลัก การจัดลำดับของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงดังนี้ (Tanada and Kaya, 1993)

Phylum: Nemata (syn. Nematoda)

Class: Adenophorea (syn. Aphasmida)

Order: Stichosomida (Mermithida in part)

Family: Tetradonematidae

Family: Mermithidae

Class: Secernentea (syn. Phasmidia)

Order: Rhabditida

Family: Rhabditidae

**Family: Steinernematidae**

**Family: Heterorhabditidae**

Family: Oxyuridae

Order: Diplogasterida

Family: Diplogasteridae

Order: Tylenchida

Family: Allantonematidae

Family: Sphaerulariidae

Order: Aphelenchida

Family: Aphelenchoididae

Family: Enterphelenchidae



#### 4.1 ชีวิตวิทยาของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงพวก Steinernematid และ Heterorhabditid มีวงจรชีวิตเหมือนไส้เดือนฝอยอื่นๆ ทั่วไป คือ ประกอบด้วยระยะไข่ ระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย โดยตัวอ่อนของไส้เดือนฝอยมีการลอกคราบ 4 ครั้ง จนกลายเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งการลอกคราบอาจเกิดในไข่ ในสภาพแวดล้อม หรือในตัวแมลง (Tanada and Kaya, 1993) มี 2 เพศ ในสภาพธรรมชาติไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงทั้ง 2 กลุ่มนี้จัดว่าเป็น obligate pathogen (Bedding *et al.*, 1993) ตัวอ่อนระยะที่ 3 เป็นระยะเข้าทำลายแมลง (Infective Juvenile, IJ) เป็นระยะที่มีความสำคัญและเป็นระยะเดียวที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี เนื่องจากมีคุณสมบัติทางสรีรวิทยาที่พิเศษกว่าระยะอื่นๆ (Poinar and Himsworth, 1967) พฤติกรรมของไส้เดือนฝอยระยะเข้าทำลายแมลงจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของไส้เดือนฝอย เช่น *S. carpocapsae* จะหาแมลงอาศัยที่อยู่บนผิวดิน โดยที่หางของไส้เดือนฝอยจะติดพื้นดิน ส่ายไปมาหรือทำท่าโค้งงอคล้ายทำพร้อมกระโดดหรือสะพาน ส่วนไส้เดือนฝอย Heterorhabditid มักพบอยู่ใต้ผิวดินเพื่อเข้าทำลายตัวอ่อนของแมลงอาศัย (Poinar, 1990) และระยะนี้จะเข้าไปในแมลงอาศัยทางช่องเปิดธรรมชาติ ได้แก่ ปาก รูหายใจ (spiracles) ทวาร และแทงเข้าไปในช่องว่างลำตัวแมลง (Bedding *et al.*, 1993) การมีชีวิตอยู่รอดของไส้เดือนฝอยระยะเข้าทำลายแมลงขึ้นอยู่กับชนิดของไส้เดือนฝอยและลักษณะทางกายภาพของสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้น (Poinar, 1990) ระยะเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย Heterorhabditid สามารถแทงเข้าโดยตรงโดยผ่านผนังลำตัวแมลง เนื่องจากมีอวัยวะที่คล้ายฟันอยู่ที่ส่วนหัว ทำให้มันสามารถไชผ่านผนังลำตัวส่วนที่บางนุ่มของแมลงเข้าไปภายในตัวได้โดยตรง (directly penetrate) (Bedding and Molyneux, 1982) เมื่อเข้าไปในช่องว่างในลำตัวแมลงแล้วจะปล่อยแบคทีเรียออกมาและแพร่ขยายทำให้แมลงตายภายใน 48 ชั่วโมง จากนั้นไส้เดือนฝอยจะเจริญเติบโตอยู่ในตัวแมลงโดยได้รับอาหารจากแบคทีเรียและเซลล์เนื้อเยื่อของแมลงอาศัยนั้นจนเจริญเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งอาจอยู่ได้ถึง 2-3 รุ่น และออกไปหาแมลงอาศัยอื่น ในอุณหภูมิห้องวงจรชีวิตของไส้เดือนฝอย Steinernematid ตั้งแต่ระยะเข้าทำลายจนกระทั่งออกมามาหาแมลงอาศัยใช้เวลาประมาณ 7-10 วัน ในขณะที่ไส้เดือนฝอย Heterorhabditid ใช้เวลาประมาณ 12-15 วัน (Bedding *et al.*, 1993) ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง Steinernematid มีการขยายพันธุ์แบบ amphimictic คือการผสมพันธุ์ระหว่างเพศผู้และเพศเมีย ส่วนไส้เดือนฝอย Heterorhabditid จะมีการขยายพันธุ์แบบ hermaphroditic โดยตัวเมียสามารถสร้างไข่และเชื้อเพศผู้ภายในตัว และในรุ่นที่ 2 จะมีการขยายพันธุ์แบบ amphimictic (Poinar, 1990)

นอกจากนี้ ลักษณะการจับคู่ผสมพันธุ์ของไส้เดือนฝอยทั้ง 2 สกุลยังแตกต่างกัน กล่าวคือ การจับคู่ผสมพันธุ์ของไส้เดือนฝอยในสกุล *Steinernematid* เพศผู้จะรัดเพศเมียไว้เป็นวง แต่ใน *Heterorhabditid* เพศผู้และเพศเมียจะจับคู่ผสมพันธุ์ในลักษณะ y shape และลักษณะภายนอกของหนอนที่ตายด้วยไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* จะมีสีเหลืองครีม – น้ำตาล แต่ไส้เดือนฝอยที่ตายด้วย *Heterorhabditis* จะมีสีชมพูอมแดง – แดงอมน้ำตาล (วัชรวิ, 2544)

#### 4.2 แบคทีเรียที่อยู่อาศัยร่วมกับไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

ความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียกับไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงในวงศ์ *Steinernematidae* และ *Heterorhabditidae* เป็นการอยู่ร่วมกันแบบที่เรียกว่า symbiotic association (Poinar and Thomas, 1965) Forst and Neilson (1996); Forst *et al.* (1997) พบว่า แบคทีเรียที่อยู่อาศัยร่วมกับไส้เดือนฝอย คือแบคทีเรีย สกุล *Photorhabdus* และสกุล *Xenorhabdus* ซึ่งมีความสัมพันธ์กับไส้เดือนฝอย *Heterorhabditidae* และไส้เดือนฝอย *Steinernematidae* ตามลำดับ โดยแบคทีเรียจะได้ประโยชน์จากไส้เดือนฝอย โดยไส้เดือนฝอยทำหน้าที่ช่วยป้องกันอันตรายจากจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ และเป็นพาหะพาแบคทีเรียเข้าสู่ตัวแมลง ในขณะที่แบคทีเรียทำหน้าที่ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์อื่นที่อาศัยอยู่ในช่องว่างลำตัวแมลง (Götz *et al.*, 1981) ซึ่งสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ในกลุ่มกว้าง ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อรา (Akhurst, 1980) และเป็นแหล่งธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการสืบพันธุ์ของไส้เดือนฝอย (Poinar and Thomas, 1966) ดังนั้นความรุนแรงในการทำลายแมลงและอัตราการขยายพันธุ์ของไส้เดือนฝอยในกลุ่มนี้จึงมีมากและรวดเร็วกว่าไส้เดือนฝอยในกลุ่มอื่นๆ ที่ไม่มีการดำรงชีวิตร่วมกับแบคทีเรีย (บัญชา, 2540) ทั้งนี้ Akhurst and Boemare (1990) ยังพบว่าการเพิ่มปริมาณของไส้เดือนฝอยในแมลงขึ้นอยู่กับความสามารถในการแบ่งเซลล์ของแบคทีเรียในเลือดแมลง และระดับความอ่อนแอของแมลงแต่ละชนิดต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย

แบคทีเรียดังกล่าวจัดอยู่ในวงศ์ *Enterobacteriaceae* (Akhurst, 1980) มีลักษณะรูปร่างเป็นแท่ง (rod-shaped) ขนาดกว้าง 0.3-2.0  $\mu\text{m}$  ยาว 2-10  $\mu\text{m}$  เป็นแบคทีเรียแกรมลบ สามารถเคลื่อนที่โดยใช้แส้รอบตัว (peritrichous flagella) เป็นแบคทีเรียชนิด facultative anaerobes ไม่สร้างสปอร์ ทำให้ไม่ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Georgis, 1992) แบคทีเรีย *Xenorhabdus* จะแตกต่างจากแบคทีเรียสกุลอื่นๆ ในวงศ์เดียวกันคือ เซลล์มีขนาดใหญ่ ไม่สามารถ reduce ในเตรดไปเป็นไนโตรที่ได้อ (Thomas and Poinar, 1979) ปกติแบคทีเรีย *Xenorhabdus* spp. จะไม่มีชีวิตรอด

ได้เมื่ออยู่ในดินหรือน้ำ (Poinar, 1979) พบอาศัยอยู่ได้เฉพาะในลำไส้ของไส้เดือนฝอยเท่านั้น (Akhurst, 1980) และไม่เป็นพิษกับแมลงเมื่อได้รับเข้าไป (Poinar and Thomas, 1967; Milstead, 1979)

แบคทีเรีย *Xenorhabdus* spp. มี 2 ระยะ โดยระยะที่ 1 สามารถแยกได้จากไส้เดือนฝอยระยะเข้าทำลายแมลง จัดเป็นระยะที่ไม่คงที่ เนื่องจากสามารถเปลี่ยนเป็นระยะที่ 2 ได้เพื่อการอยู่รอด (Akhurst and Boemare, 1990) โดยจะเปลี่ยนเป็นระยะที่ 2 ก็ต่อเมื่อไม่มีอาหารเพียงพอ (Brehélin and Boemare, 1986) ทั้งนี้การเปลี่ยนระยะมีความเกี่ยวข้องกับการมีชีวิตอยู่ของแบคทีเรียด้วย (Poinar, 1990) แบคทีเรียระยะที่ 2 สามารถแยกได้จากหนอนที่ตายด้วยไส้เดือนฝอย ความแตกต่างของแบคทีเรียทั้ง 2 ระยะ สามารถดูได้จากการดูดซึมสีน้ำเงินของ bromthymol blue จากอาหารวุ้น โดยพบว่าแบคทีเรียระยะที่ 1 จะดูดซึมสีน้ำเงิน ส่วนแบคทีเรียระยะที่ 2 จะไม่ดูดซึม (Akhurst and Boemare, 1990) และความแตกต่างทางด้านชีวเคมี ได้แก่การสร้างสาร antibiotic โดยแบคทีเรียระยะที่ 1 สามารถสร้างสาร antibiotic (Nealson *et al.*, 1990) ซึ่งทำให้สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นไม่ย่อยสลายซากแมลงอาศัย (Boemare *et al.*, 1992) ไส้เดือนฝอยจึงสามารถเจริญอยู่ได้ในซากแมลงหลังจากแมลงตาย ส่วนแบคทีเรียระยะที่ 2 ไม่สร้างสาร antibiotic (Nealson *et al.*, 1990) Boemare and Akhurst (1988) รายงานว่า ระยะที่ 1 ของ *X. nematophilus*, *X. luminescens*, *X. bovienii* และ *X. beddingii* แตกต่างจากระยะที่ 2 ทั้งการดูดสี pigmentation การผลิตสาร antibiotic และ lecithinase รวมทั้งการมีผลึกโปรตีน (Couche *et al.*, 1987) ทั้งนี้ระยะที่ 1 ของ *X. nematophilus* ยังมีความแตกต่างจากระยะที่ 2 ในเรื่องของขนาดเซลล์ (Akhurst and Boemare, 1990) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใน ปฏิกริยากับ hemocytes (Dunphy and Webster, 1984; Brehélin and Boemare, 1986) และ fimbriae รวมทั้งผลตอบสนองต่อ bacteriophage (Poinar *et al.*, 1989) ทั้งนี้แบคทีเรียระยะที่ 1 ยังมีผลต่อการผลิตไส้เดือนฝอยอีกด้วย ซึ่งมีผลสำคัญในการผลิตเป็นการค้า (Akhurst and Boemare, 1990) ดังนั้น เมื่อเลี้ยงไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ด้วยอาหารเทียมต้องมีการเติมแบคทีเรีย *X. nematophilus* ในอาหารที่เป็น monoxenic culture จะสามารถทำให้ไส้เดือนฝอยเจริญเติบโตได้ดี (Bedding, 1981)

#### 4.3 กลไกการเข้าทำลาย (Mode of infection) ของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

พฤติกรรมในการเข้าทำลายมี 2 รูปแบบ คือ การหาแมลงอาศัย (host-finding) และการเข้าสู่ตัวแมลง (penetration)

### การหาแมลงอาศัย (Host-finding)

ไส้เดือนฝอยสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าต่างๆ โดยการเคลื่อนที่ตอบสนองต่อสารเคมี ในลักษณะ klinotactic ระยะเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* จะตอบสนองต่อคาร์บอนไดออกไซด์ในลักษณะ klinotactic และรวมตัวกันเพื่อเข้าสู่แหล่งอาหาร (Gaugler *et al.*, 1980) ดังนั้นคาร์บอนไดออกไซด์จึงมีความสำคัญในการหาแมลงอาศัย ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์อาจทำหน้าที่ในการใช้สังเกตกลุ่มของไส้เดือนฝอย *S. glaseri* ระยะเข้าทำลายที่รากพืชได้ (Bird and Bird, 1986) Schmidt and All (1978) รายงานว่าสิ่งขับถ่ายของแมลงอาศัยที่มีส่วนประกอบของกรดยูริก xanthine allantoin แอมโมเนีย และกรดอาร์จีนิก มีผลในการรวมตัวของไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ระยะเข้าทำลาย นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิมีส่วนช่วยในการหาแมลงอาศัยของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงอีกด้วย (Byers and Poinar, 1982)

### การเข้าสู่ตัวแมลง (Penetration)

ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงพวก Steinernematid และ Heterorhabditid จะเข้าสู่ตัวแมลงโดยผ่านทางรูเปิดทางธรรมชาติ ได้แก่ ปาก รูหายใจ ทวาร และอาจเข้าโดยทางบาดแผล (Ishibashi and Kondo, 1990) เนื่องจากไส้เดือนฝอย Heterorhabditid มีอวัยวะที่คล้ายฟันอยู่ที่ส่วนหัว ทำให้มันสามารถไชผ่านผนังลำตัวส่วนที่บางนุ่มของแมลงเข้าไปภายในตัวได้ (Bedding and Molyneux, 1982) ทั้งนี้การเข้าสู่แมลงอาศัยอาจขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตของแมลงอาศัยด้วย ได้แก่ การเข้าสู่แมลงอาศัยที่เป็นดักแด้จะเข้าโดยผ่านทางรูหายใจ ในระยะตัวอ่อนของหนอนด้วงมีการป้องกันเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงโดยที่รูหายใจจะมีแผ่นกรอง (sieve plates) (Gaugler, 1988) ไส้เดือนฝอยจะใช้ stylet ในการเข้าสู่ตัวแมลง ซึ่งขั้นตอนนี้อาจใช้ระยะเวลาประมาณ 10 นาที- 2 ชั่วโมง (Tanada and Kaya, 1993) เมื่อไส้เดือนฝอยแมลงศัตรูพืชเข้าสู่ทางเดินอาหารบริเวณกระเพาะส่วนกลาง หลังจากนั้นไส้เดือนฝอยจะไชเข้าสู่ช่องว่างในลำตัวและพัฒนาเป็นไส้เดือนฝอยระยะที่ 4 เซลล์แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ภายใน lumen ของทางเดินอาหารส่วนหลังจะผ่านออกทางทวารหนัก และเพิ่มปริมาณภายในช่องว่างลำตัวแมลงอย่างรวดเร็วเป็นสาเหตุทำให้โลหิตเป็นพิษ หลังจากแมลงอาศัยตายไส้เดือนฝอยจะแทรกตัวอยู่ตามชั้นไขมัน กล้ามเนื้อ เจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตภายในตัวแมลง (Poinar, 1990)

#### 4.4 สภาพทางนิเวศวิทยาของดินที่เหมาะสมต่อไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

ในที่นี้จะกล่าวถึงสภาพทางนิเวศวิทยาของดินที่เหมาะสมต่อการมีชีวิตหรือการคงอยู่ของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง ซึ่งได้แก่ ลักษณะของดินหรือชนิดของดิน ความชื้นและอุณหภูมิ ปริมาณอากาศในดิน และปริมาณสารเคมีในดิน

##### ลักษณะของดินหรือชนิดของดิน

มีผลต่อการแพร่กระจาย การเข้าทำลาย และการอยู่รอดของไส้เดือนฝอย ซึ่งจากการศึกษาชนิดของดิน ได้แก่ ดินทราย ดินร่วนปนทราย ดินเหนียวปนทรายหรือดินเหนียวที่มีผลต่อการอยู่รอดของไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* และ *S. glaseri* เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าไส้เดือนฝอยทั้ง 2 ชนิด มีการอยู่รอดดีในดินร่วนปนทรายและดินทราย ตามลำดับ โดยที่ *S. glaseri* มีอัตราการอยู่รอดต่ำกว่า *S. carpocapsae* ในดินทุกชนิด และมีอัตราการอยู่รอดต่ำเมื่ออยู่ในดินเหนียว เนื่องจากมีขนาดช่องว่างในดินและปริมาณอากาศน้อย ซึ่งปัจจัยทั้ง 2 อย่างนี้เป็นสาเหตุหลักต่อการมีชีวิตรอดของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง ทั้งนี้ *S. glaseri* ซึ่งมีการเคลื่อนที่มากกว่า *S. carpocapsae* ทำให้ใช้พลังงานมากกว่าจึงทำให้อัตราการอยู่รอดต่ำ (Kaya, 1990) Molyneux and Bedding (1984) รายงานว่าในสภาพห้องปฏิบัติการไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และ *S. glaseri* สามารถเข้าทำลายแมลงที่อาศัยในดินทรายได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าในดินร่วนเหนียว แต่ในสภาพธรรมชาติ พบว่าในดินร่วนเหนียวไส้เดือนฝอยสามารถเข้าทำลายแมลงได้ดีกว่าในดินทราย บัญชาและคณะ (2542ก) รายงานว่าระยะเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* (All strain) มีความสามารถอยู่รอดในดินร่วนปนทราย ได้สูงสุดคือ 59.3 % รองลงมาคือ ดินทราย 47.5 % ดินร่วนเหนียวปนทราย 7.2 % และดินร่วนเหนียว 6.6 % ในขณะที่ความสามารถในการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยในดินร่วนปนทรายและดินทรายมีค่าสูงสุด 100 % ส่วนในดินร่วนเหนียวปนทรายและดินร่วนเหนียวมีค่าเท่ากับ 14 และ 9 % ตามลำดับ ส่วน Koppenhöfer and Fuzy (2006) ได้ทำการทดลองความสามารถในการเข้าทำลายและการอยู่รอดของไส้เดือนฝอย *S. scarabaei* *S. glaseri* *Heterorhabditis zealandica* และ *H. bacteriophora* ในดินทรายปนดินร่วน (loamy sand) ดินร่วนปนทราย (sandy loam) ดินร่วน (loam) ดินร่วนปนดินตะกอน (silt loam) ดินร่วนเหนียว (clay loam) ดินทรายที่เป็นกรด (acidic sand) และวัสดุปลูกที่มีอินทรีย์วัตถุสูง (highly organic potting mix) พบว่าความสามารถในการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย *H. bacteriophora* และ *H. zealandica* มีค่าสูงสุดในวัสดุปลูกที่มีอินทรีย์วัตถุสูง และมีค่าต่ำสุดในดินทรายที่เป็นกรด ความสามารถในการ

เข้าทำลายของไส้เดือนฝอย *S. glaseri* ในห้องปฏิบัติการมีค่าต่ำในดินทรายที่เป็นกรด และดินทรายปนดินร่วน ความสามารถในการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย *S. scarabaei* มีค่าต่ำในดินร่วนปนดินตะกอน ดินร่วนเหนียว ดินทรายปนดินร่วน ส่วนการอยู่รอดของไส้เดือนฝอย *Heterorhabditis* spp. และ *S. glaseri* มีอัตราการอยู่รอดต่ำในวัสดุปลูกที่มีอินทรีย์วัตถุสูง ส่วนไส้เดือนฝอย *S. scarabaei* มีอัตราการอยู่รอดดีในดินทุกชนิด

### ความชื้นและอุณหภูมิ

ไส้เดือนฝอยทั่วไปมีการอยู่รอดได้ดีในดินที่มีความชื้นต่ำ และจากการทดลองเมื่อนำไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และ *S. glaseri* ไปใส่ในดินร่วนปนทรายที่มีความชื้นต่างกันพบว่า *S. carpocapsae* และ *S. glaseri* สามารถอยู่รอดได้ดีที่ความชื้นในดิน 2% และ 4% ตามลำดับ (Kaya, 1990) โดยทั่วไปดินที่มีความชื้นต่ำจะมีผลทำให้ความสามารถในการเคลื่อนที่เข้าหาแมลงอาศัยของไส้เดือนฝอยลดลง ในสภาพที่มีน้ำจับอยู่ระหว่างเม็ดดินในลักษณะของแผ่นฟิล์มบางๆ เป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเคลื่อนที่ของไส้เดือนฝอยเข้าหาแมลงอาศัยได้ดีที่สุด (บัญชา, 2540) บัญชาและคณะ (2542ก) รายงานว่าระดับความชื้นที่แตกต่างกันในดินร่วนปนทรายมีผลกระทบต่อความสามารถในการอยู่รอดของไส้เดือนฝอย ไส้เดือนฝอยมีการอยู่รอดได้ดีที่สุดที่ระดับความชื้น 6 % รองลงมาคือ 10 และ 1 % ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยพบว่ามีความเท่ากับ 100 % ที่ระดับความชื้น 6 และ 10 % ขณะที่ในดินระดับความชื้น 1 % มีความเท่ากับ 0 ภายในระยะเวลา 3 สัปดาห์ Koppenhöfer and Fuzy (2007) ได้ทำการทดสอบความชื้นในดินร่วนปนทราย ดินทรายปนดินร่วน และดินร่วนปนดินตะกอนกับไส้เดือนฝอย 4 ชนิดได้แก่ *H. bacteriophora* *H. zealandica* *S. scarabaei* และ *S. glaseri* พบว่าความสามารถในการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยสูงที่สุดในสภาพที่มีความชื้นในดินปานกลาง (-10 ถึง -100 kPa) (kPa คือหน่วยกิโปลาสดาล หากคิดลบมากแสดงว่าแห้งมาก) และมีแนวโน้มต่ำในสภาพดินเปียก (-1 kPa) และแห้งปานกลาง (-1000 kPa) ในขณะที่ดินแห้ง (-3000 kPa) มีเพียงแค่ไส้เดือนฝอย *S. scarabaei* เท่านั้น ที่มีการเคลื่อนไหวย่าง ขณะที่ *S. scarabaei* จะมีการเคลื่อนไหวกินที่สภาพดินเปียกถึงแห้งในดินทุกประเภท แต่จะมีการเคลื่อนไหวกินที่ต่ำที่ดินทรายปนดินร่วนสภาพดินเปียกถึงแห้งปานกลาง ตามด้วยดินทรายปนดินร่วนและดินร่วนปนดินตะกอนที่มีสภาพดินชื้นปานกลาง การอยู่รอดหรือการคงอยู่ของไส้เดือนฝอย *Heterorhabditis* spp. ทั้ง 2 ชนิดมีอัตราการอยู่รอดต่ำที่ความชื้นต่ำ อัตราการอยู่รอดปานกลางที่ความชื้นปานกลาง อัตราการอยู่รอดสูงที่สภาพดินแห้งปานกลาง และอัตราการอยู่รอดสูงที่สุดที่สภาพดินแห้ง ในขณะที่ไส้เดือนฝอย *Steinernema* spp. ทั้ง 2 ชนิดมีอัตราการ

อยู่รอดดีที่สภาพดินชั้นปานกลาง ส่วนไส้เดือนฝอย *S. glaseri* มีอัตราการอยู่รอดต่ำสุดที่สภาพดินชั้นปานกลางแต่ไม่แตกต่างกันที่ที่สภาพดินชั้นปานกลางถึงดินแห้ง ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าความชื้นในดินไม่มีผลต่อการอยู่รอดของไส้เดือนฝอย *S. glaseri* ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขนาด พฤติกรรม และการปรับตัวทางสรีรวิทยาของไส้เดือนฝอยแต่ละชนิด

อุณหภูมิมีผลต่อการอยู่รอดของไส้เดือนฝอยโดยตรง ดังจะเห็นได้ว่าไส้เดือนฝอย *S. glaseri* มากกว่า 90% สามารถมีชีวิตอยู่ได้นานถึง 32 สัปดาห์ในอุณหภูมิที่ 15 องศาเซลเซียส และพบว่าไส้เดือนฝอยส่วนใหญ่สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้เมื่ออยู่ในอุณหภูมิที่เย็น (Molyneux, 1985) แต่พบว่า *Heterorhabditis* sp. ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้เมื่ออุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นไส้เดือนฝอยที่ชอบอยู่ในเขตร้อน ส่วนดิน sandy loam ที่ความชื้น 12% ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* มีการอยู่รอดและความสามารถในการเข้าทำลายแมลงอาศัยได้ดีที่อุณหภูมิดินระหว่าง 5-25 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ความสามารถในการอยู่รอดและการเข้าทำลายลดลง ในทางตรงกันข้ามไส้เดือนฝอย *S. glaseri* มีความสามารถในการอยู่รอดและการเข้าทำลายได้ดีที่อุณหภูมิดินระหว่าง 15-35 องศาเซลเซียส และความสามารถในการอยู่รอดและการเข้าทำลายลดลงที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* มีแหล่งกำเนิดในเขตอบอุ่น จึงทำให้สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ในขณะที่ไส้เดือนฝอย *S. glaseri* มีแหล่งกำเนิดในเขตร้อนหรือเขตกึ่งร้อน จึงทำให้สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ดีในสภาพอุณหภูมิสูง (Kaya, 1990) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ บัญชาและคณะ (2542ข) ที่พบว่าความสามารถในการอยู่รอดและการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* (All strain) มีค่าเท่ากับ 0 ภายใน 6-8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิระหว่าง 5-25 องศาเซลเซียส ความสามารถในการอยู่รอดลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 3 สัปดาห์แรก แต่หลังจากนั้นมีค่าคงที่หรือลดลง ที่อุณหภูมิ 5 15 และ 25 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 39.8 32.1 และ 30.2 % ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการเข้าทำลายที่ 12 สัปดาห์ ของไส้เดือนฝอยที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 15 และ 25 องศาเซลเซียสพบว่ามีลักษณะใกล้เคียงเช่นกันคือเท่ากับ 89.3 79.3 และ 75.5 % ตามลำดับ

### ปริมาณอากาศในดิน

ปริมาณอากาศในดินขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ออกซิเจนและปริมาณการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ในดิน ออกซิเจนจะแพร่ผ่านช่องว่างในดินไปยังแผ่นฟิล์มน้ำทำให้ไส้เดือนฝอยได้รับออกซิเจนโดยดูดซึมเข้าทางผิวหนัง (คารารัตน์, 2543) Burman and Pye (1980) ได้

ทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณออกซิเจนในห้องปฏิบัติการ พบว่า ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* สามารถมีชีวิตอยู่ได้เมื่อปริมาณออกซิเจนต่ำที่ 0.5% ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ส่วน Lindegren *et al.* (1986) พบว่าอัตราการหายใจของไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และ ไส้เดือนฝอยจะตายเมื่อปริมาณออกซิเจนต่ำ ในดินร่วนปนทราย อัตราการอยู่รอดของไส้เดือนฝอย *S. glaseri* และ *S. carpocapsae* ลดลงเมื่อปริมาณออกซิเจนลดลงจาก 20% เหลือ 1% (Kaya, 1990)

### ปริมาณสารเคมีในดิน

จากการศึกษาพบว่าไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และ *H. bacteriophora* สามารถมีชีวิตอยู่ได้เมื่อสัมผัสกับสารเคมีหลายชนิด (Kaya, 1985) สาร femamiphos ไม่มีผลกระทบต่อการอยู่รอดและความสามารถในการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* (Kaya and Burlando, 1989) Head *et al.* (2000) ได้ทำการทดลองดูผลกระทบระหว่างไส้เดือนฝอย *Steinernema feltiae* กับสารเคมี 5 ชนิด ได้แก่ abamectin deltamethrin dimethoate heptenophos และ trichorfon เพื่อใช้ในการควบคุมหนอนม้วนใบ *Liriomyza huidobrensis* โดยการสัมผัสโดยตรงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทดสอบกับหนอนกินรังผึ้ง (*Galleria mellonella*) ใน sand tube พบว่า trichorfon และ dimethoate ไม่มีผลต่อไส้เดือนฝอยในการเข้าไปหาเหยื่อและเข้าทำลายหนอน *G. mellonella* แต่อย่างไรก็ตามการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยลดลงเมื่อได้สัมผัสกับ abamectin, deltamethrin และ heptenophos จากนั้นได้มีการทดลองกับหนอนม้วนใบกับสารเคมีที่ตกค้างบนใบพืช พบว่า ไม่มีผลต่อระดับการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการจัดการศัตรูพืชได้

### 4.5 ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทย *Steinernema siamkayai*

การสำรวจเพื่อค้นหาไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ในประเทศไทยเริ่มดำเนินการเป็นครั้งแรกในปี 2539 โดยกลุ่มงานไส้เดือนฝอย กองโรคพืชและจุลชีววิทยา และสามารถแยกได้ไส้เดือนฝอยจากดินในแปลงปลูกมะพร้าว จังหวัดกาญจนบุรี ที่ระดับความลึก 4-6 นิ้ว โดยใช้หนอนกินรังผึ้ง (*Galleria mellonella*) เป็นตัวล่อไส้เดือนฝอยจากดินตามวิธีการของ Bedding and Akhurst (1975)

ชีววิทยาและการทำให้เกิดโรคในแมลงของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทย พบว่ามีวงจรชีวิต 4 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมต่ออัตราการเจริญเติบโต



อัตราการเปลี่ยนเป็นเพศผู้หรือเพศเมีย และความสามารถในการเข้าทำลายแมลงทดสอบอยู่ระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส เมื่อทำการแยกแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยบนอาหาร NBTA พบว่า สามารถแยกได้แบคทีเรียสกุล *Xenorhabdus* sp. และจากการทดสอบความรุนแรงในการทำให้เกิดโรคโดยใช้หนอนกิ้งมั่งเป็นตัวทดสอบ พบว่าไส้เดือนฝอยอัตรา 10 ตัว ต่อหนอน 1 ตัว สามารถทำให้หนอนกิ้งมั่งตาย 53 % ในเวลา 24 ชม. และจัดเป็นไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ที่ทนร้อนที่มีศักยภาพในการฆ่าหนอนกิ้งมั่งตาย 100 % ในเวลา 22 ชม. ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส และคงศักยภาพในการเข้าทำลายแมลงได้สูงที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส การทดสอบศักยภาพของไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยในการกำจัดแมลง 11 ชนิด ได้แก่ หนอนกระทู้หอม (*Spodoptera litura*) หนอนกระทู้ผัก (*S. exigua*) หนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) หนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa armigera*) หนอนเจาะดอกมะลิ (*Henedecasis duplifacialia*) หนอนกิ้งมั่ง (*Galleria mellonella*) หนอนในถุงเห็ด (unidentified) ค้างหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata*) หนอนด้วงกินรากสตรอเบอร์รี่ (unidentified) เพลี้ยอ่อน (*Myzus persicae*) และปลวก (*Coptotermes* sp.) พบว่าไส้เดือนฝอย *Steinernema siamkayai* สามารถฆ่าแมลงได้ในเวลา 24 ชม. โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของแมลง 11 ชนิดที่นำมาทดลองข้างต้น เท่ากับ 56 60 89 92 100 100 100 33 20 44 และ 42 % ตามลำดับ และในแมลงสาบ (*Periplaneta americana*) เท่ากับ 57% ในเวลา 48 ชม. (Tangchitsomkid, 2000)

#### 4.6 การใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงควบคุมแมลงศัตรูพืช

ไส้เดือนฝอยสกุล *Steinernema* และ *Heterorhabditis* จัดว่าเป็นไส้เดือนฝอยที่มีศักยภาพสูงในการเข้าทำลายแมลง จึงได้มีการศึกษาและพัฒนาเพื่อนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืช ซึ่งมีการผลิตเป็นการค้าในต่างประเทศ ทั้งไส้เดือนฝอยสกุล *Steinernema* และ *Heterorhabditis* ดังแสดงในตารางที่ 2 การนำไปใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ในการฉีดพ่น แสงอัลตราไวโอเล็ต ความชื้นในดิน อุณหภูมิ ปุ๋ยและสารเคมี และปัจจัยสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในดิน ได้แก่ ไรกิ้นไส้เดือนฝอยและเชื้อรา ซึ่งอาจส่งผลต่อการอยู่รอดและความสามารถในการเข้าทำลายแมลงอาศัยลดลง (Shapiro-Ilan *et al.*, 2006)

ตารางที่ 1 ผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงในยุโรปและสหรัฐอเมริกาในปี 2547

| Company                                            | Nematode Species <sup>a</sup> | Formulations                                    | Markets/pests                                                          |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Andermatt Biocontrol,<br>Grossdietwil, Switzerland | Sc, Sf, Hm                    | Clay                                            | Greenhouse, home gardening                                             |
| Asa Jung Laboratory,<br>Oakland, California, USA   | Sc, Sf                        | Clay                                            | Varied                                                                 |
| BioLogic Willow Hill,<br>Pennsylvania, USA         | Sc, Sf                        | Bulk, dispersable, granule,<br>sponge, granular | Varied                                                                 |
| Bionema, Umea, Sweden                              | Sc, Sf                        | Polymer                                         | Home gardening                                                         |
| Becker Underwood Ames,<br>Iowa, USA                | Sc, Sf, Sg,<br>Sk, Ss, Hm     | Sprayable,<br>dispersable granule               | Greenhouse, mushrooms,<br>mole crickets, turfgrass                     |
| Certis Columbia, Maryland, USA                     | Sc, Sf, Sr                    | Bulk, dispersable granule                       | Varied                                                                 |
| e-nema GmbH, Raisdorf,<br>Germany                  | Sc, Sf, Hb                    | Clay, polymer                                   | Greenhouse, tree nurseries,<br>mushrooms, turfgrass, home<br>gardening |
| Hydrogardens, Colorado<br>Springs, Colorado, USA   | Sc, H sp.                     | Sponge                                          | Greenhouse                                                             |
| Integrated Biocontrol Greendale,<br>Indiana, USA   | Hb, Hi,<br>Hmar               | Paste, sponge                                   | Citrus, turfgrass, etc.                                                |
| Koppert, Berkel en Rodenrijs,<br>The Netherlands   | Sf, Hb                        | Clay                                            | Greenhouse, turfgrass                                                  |
| M & R Durango, Bayfield,<br>Colorado, USA          | Sc, Sf, Hb                    | Sponge                                          | Varied                                                                 |
| Nematec, San Ramon,<br>California, USA             | Hb                            | Nematode wool                                   | Nematec, San Ramon,<br>California, USA                                 |
| Owiplant, Owinska<br>K/Poznania, Poland            | Sf                            | Clay                                            | Greenhouse, mushrooms                                                  |

<sup>a</sup> Sc=*Steinernema carpocapsae*; Sf= *S. feltiae*; Sg= *S. glaseri*; Sk=*S. kraussei*; Sr= *S. riobrave*; Ss= *S. scapterisci*; Hb= *Heterorhabditis bacteriophora*; Hi=*H. indica*; Hm=*H. megidis*; Hmar= *H. marelatus*; H sp.= *Heterorhabditis* species.

ที่มา: Kaya *et al.* (2006)

ในประเทศไทยได้มีการนำไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงไปใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชที่ประสบผลสำเร็จได้แก่ การนำไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *S. carpocapsae* ควบคุมหนอนกินใต้ผิวเปลือกลองกอง ลางสาด (*Cossus* sp.) (วัชรและคณะ, 2529) อัตราความหนาแน่นของไส้เดือนฝอยที่เหมาะสมในการใช้ คือ 40 ล้านตัว/น้ำ 20 ลิตร (ประมาณต้นละ 3 ลิตร) โดยพ่นไส้เดือนฝอยในตอนเย็นตามกิ่งและลำต้นให้ทั่วที่มีหนอนระบาด ในกรณีที่อากาศแห้ง ควรพ่นน้ำให้ชื้นก่อนพ่นไส้เดือนฝอย ช่วงที่หนอนระบาดมากควรพ่นทุก 15 วัน พ่นประมาณ 2 ครั้ง สามารถลดปริมาณหนอนได้กว่า 80% ต่อมาวัชรและคณะ (2534ก) ได้มีการนำไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *S. carpocapsae* ควบคุมด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata*) ในผักกาดหัว อัตราการใช้คือ ไส้เดือนฝอย 320 ล้านตัว/พื้นที่ 1 ไร่/น้ำ 160 ลิตร พ่นหรือราดลงดินในแปลงปลูกผักกาดหัวหลังการให้น้ำในแปลงผักกาดหัวในตอนเย็น โดยใช้เครื่องพ่นหรือบัวรดน้ำ เริ่มใช้เมื่อผักกาดหัวอายุได้ 0, 10, 20 และ 30 วัน หลังหว่านสามารถลดปริมาณการทำลายของตัวอ่อนด้วงหมัดผัก และได้มีการนำไส้เดือนฝอยไปใช้ในการควบคุมด้วงงวงมันเทศ (*Cylas formicarius*) อัตราการใช้คือ ไส้เดือนฝอย 320 ล้านตัว/พื้นที่ 1 ไร่/น้ำ 160 ลิตร พ่นหรือราดลงดินในแปลงปลูกมันเทศตอนเย็นๆ เมื่อมันเทศอายุได้ 60 วันหลังปลูก โดยพ่นทุก 2 สัปดาห์ ในกรณีระบาดรุนแรงให้พ่นทุกสัปดาห์ จะสามารถลดปริมาณการทำลายของด้วงงวงมันเทศ (วัชรและคณะ, 2534ข) จากนั้นในปี 2537 ได้มีการนำไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ควบคุมหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*) ในดาวเรือง พ่นไส้เดือนฝอยอัตรา 2,000 ตัว/มิลลิลิตร หรือไส้เดือนฝอย 40 ล้านตัว/น้ำ 20 ลิตร พ่นบนยอดดาวเรืองหลังเพาะเมล็ดดาวเรือง 15 วัน ในตอนเย็นหลังการรดน้ำในแปลง ช่วงแรกๆ ที่มีปริมาณหนอนระบาดมาก ให้พ่นทุก 5 วัน หลังจากนั้นอาจพ่นทุก 7 หรือ 10 วัน สามารถลดปริมาณหนอนได้ถึง 80% (วัชรและคณะ, 2537) ต่อมา วัชร (2544) ได้ทำการทดสอบหาแมลงอาศัยในห้องปฏิบัติการกองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร พบว่า ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* สามารถเข้าทำลายแมลงหลายชนิดทั้งแมลงศัตรูผัก ได้แก่ หนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*) หนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*) หนอนคืบกะหล่ำ (*Trichoplusia ni*) หนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) หนอนเจาะยอดผัก (*Hellula undalis*) หนอนเจาะสมอฝ้าย (*Heliothis armigera*) หนอนกระทู้กินยอด (*Heliothis virescens*) ด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata*) เป็นต้น แมลงศัตรูไม้ผล ได้แก่ หนอนคืบลำไย (*Oxyodes serobiculata*) หนอนกินใต้ผิวเปลือก (*Cossus* sp.) หนอนกินใต้ผิวเปลือก (*Microchlora* sp.) หนอนเจาะผลชมพู (*Meridachis* sp.) หนอนกระทู้กัดต้น (*Agrotis ipsilon*) หนอนกอกกล้วย (*Cosmopolites sordidus*) ด้วงเจาะลำต้นกล้วย (*Odoiporus longicollis*) ด้วงงวงมันเทศ (*Cylas formicarius*) เป็นต้น แมลงศัตรูข้าว ได้แก่ หนอนกอสีชมพู (*Sesamia inferens*) หนอนห่อใบข้าว (*Cnaphalocrosis medinalis*) และแมลงศัตรูเหาะสถาน ได้แก่ ปลวก (*Microcerotermes crass*)

นุชนารถ และสาโรจน์ (2547) ทดลองใช้ไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยควบคุมแมลงศัตรูผักคะน้าที่อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ระหว่างเดือนมกราคม-มีนาคม พ.ศ. 2546 โดยฉีดพ่นไส้เดือนฝอย 3 อัตราคือ  $1 \times 10^5$ ,  $1 \times 10^6$  และ  $1.5 \times 10^6$  ตัว/5 ตารางเมตร จำนวน 5 ครั้ง พบว่าเมื่อทำการฉีดพ่นไส้เดือนฝอยที่อัตรา  $1 \times 10^6$  ตัว/5 ตารางเมตร (60 ต้น) ลดแมลงได้ 57.63 % และให้ผลผลิตกัสดังตลาดได้ 48 ต้น คิดเป็น 80.42 % ต่อมาระหว่างเดือนสิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2546 พบแมลงศัตรูเพิ่มมากขึ้น ทำให้ต้องใช้ไส้เดือนฝอยอัตราสูงขึ้นเป็น  $1.5 \times 10^6$  ตัว/5 ตารางเมตร (60 ต้น) แมลงศัตรูลดลง 46.94 % ให้ผลผลิตกัสดังขายตลาดได้ 47 ต้น คิดเป็น 78.46% นอกจากนี้ยังทดลองนำไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยมาใช้ในการควบคุมปลวก พบว่าทำให้ปลวกตาย 100 % ภายในเวลาไม่เกิน 48 ชั่วโมง และสามารถเข้าสู่ตัวปลวกได้ดินและปลวกชนิดสร้างจอมปลวกเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 และ 12 ตัว/ปลวก 1 ตัว ตามลำดับ ไส้เดือนฝอยสามารถขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนได้ในตัวปลวก เมื่อนำไส้เดือนฝอยอัตรา  $5 \times 10^5$  ตัว/น้ำ 1 ลิตร ไปฉีดพ่นในหลุมที่ขุดต่อปลวกพบว่า สามารถควบคุมปลวกชนิดได้ดินได้ 41.45% ในเวลา 48 ชั่วโมง และการใช้ไส้เดือนฝอยควบคุมปลวกชนิดสร้างจอมปลวกที่สะดวกและมีประสิทธิภาพ คือ วิธีทะลายยอดจอมปลวกและรดไส้เดือนฝอยด้วยบัวรดน้ำลงในรังปลวก ในอัตรา  $1 \times 10^6$  ตัว/น้ำ 1 ลิตร สามารถฆ่าปลวกได้ 83.33 % ในเวลา 48 ชั่วโมง (นุชนารถ, 2547)

## 5. การนำจุลินทรีย์มาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช

โดยทั่วไปเกษตรกรมักจะใช้สารเคมีหรือนำจุลินทรีย์เพียงชนิดใดชนิดหนึ่งไปใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช เพราะสะดวกกว่าการใช้จุลินทรีย์หลายๆชนิด เนื่องจากจุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตจึงต้องมีการศึกษาวิธีการใช้ที่ถูกต้อง และต้องเลือกช่วงเวลาที่ใช้ในการฉีดพ่นให้เหมาะสม ไม่สามารถทำการฉีดพ่นได้ตลอดเวลา จึงทำให้เกษตรกรหันไปใช้สารเคมีมากกว่าการใช้จุลินทรีย์ แต่เนื่องจากพิษภัยของสารเคมีเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้มีการนำจุลินทรีย์มาใช้มากขึ้นทั้งในด้านนำไปผสมผสานใช้กับวิธีอื่น ๆ หรือร่วมกับจุลินทรีย์ชนิดอื่น

Ansari et al. (2004) ได้ทำการทดลองโดยใช้ราเขียว *Metarhizium anisopliae* CLO 53 และไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Heterorhabditis megidis* และ *Steinernema glaseri* ในการป้องกันหนอนด้วง *Hoplia philanthus* ระยะวัยที่ 3 ทดลองใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงทั้ง 2 ชนิดฉีดพ่นตามในช่วง 2 3 และ 4 สัปดาห์หลังจากฉีดพ่นด้วยราเขียว พบว่าทำให้หนอนตายเพิ่มมากขึ้น Baur et al. (1998) ได้ทำการทดลองโดยใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema carpocapsae* และ

*B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* ในการควบคุมหนอนใยผักพบว่าเมื่อทดสอบในแปลงการใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงอย่างเดียวสามารถควบคุมหนอนใยผักได้ 41 % และเมื่อใช้ *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* อย่างเดียวควบคุมหนอนใยผักได้ 44 % แต่ถ้าใช้ จุลินทรีย์ 2 ชนิดร่วมกันพบว่าควบคุมหนอนใยผักได้ 58 % โดยแนะนำให้ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงในการควบคุมหนอนใยผักในประชากรที่ต้านทานต่อ *B. thuringiensis* Kaya et al. (1995) ได้ทำการทดลองโดยใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงร่วมกับ *B. thuringiensis* หรือ pesticidal soap (อยู่ในรูปของเหลวเข้มข้นประกอบด้วยเกลือโพแทสเซียม ซึ่งมีผลต่อผนังลำตัวและผนังเซลล์ของแมลงหรือไร) ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช พบว่าไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Heterorhabditis bacteriophora* สามารถควบคุมหนอนด้วง *Cyclocephala hirta* และด้วงงวง *Otiorhynchus sulcatus* ได้ ส่วน *B. thuringiensis* สามารถควบคุมหนอนกิบกะหล่ำ (*Trichoplusia ni*) ได้ และในการผสม *H. bacteriophora* หรือ *S. carpocapsae* ร่วมกับ pesticidal soap สามารถควบคุม spotted cucumber beetle (*Diabrotica undecimpunctata undecimpunctata*) ในดินได้ ส่วนการผสมไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงร่วมกับ *B. thuringiensis* หรือ pesticidal soap และใช้ทันทีก็สามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชได้เช่นกัน Koppenhöfer and Kaya (1997) ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยการใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง และ *B. thuringiensis* subsp. *japonensis* ในการควบคุมหนอนด้วงสคาแรบ (*Cyclocephala hirta* และ *C. pasadenae*) ในระยะวัยที่ 3 ซึ่งจะได้ผลดีเมื่อมีการใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Heterorhabditis bacteriophora* หรือ *Steinernema glaseri* อย่างน้อย 7 วันหลังจากฉีดพ่นด้วย *B. thuringiensis* subsp. *japonensis* ต่อมา Koppenhöfer et al. (1999) ได้ทำการทดลองในแปลงโดยการใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงร่วมกับ *B. thuringiensis* subsp. *japonensis* ในการควบคุมหนอนด้วงสคาแรบ พบว่าสามารถใช้ร่วมกันได้ และควบคุมหนอนด้วง สคาแรบ ได้ดี Schroer et al. (2005) ได้ทำการทดลองใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงที่อยู่ในรูปโพลิเมอร์ร่วมกับ *B. thuringiensis* ในการควบคุมหนอนใยผัก โดยใช้ไส้เดือนฝอยที่อยู่ในรูปโพลิเมอร์ ซึ่งประกอบด้วย xanthan 0.3 % และ Rimulgan® 0.3 % หลังฉีดพ่น 7 วัน พบว่าสามารถควบคุมหนอนใยผักได้มากกว่า 50 % และหลังฉีดพ่น 14 วัน สามารถควบคุมหนอนใยผักได้ 45 % ซึ่งต้องใช้ความชื้นสูงในสภาพแห้งแล้ง การใช้ *B. thuringiensis* (Turex®) ทุกสัปดาห์ หรือการใช้ *B. thuringiensis* สลับกับการใช้ไส้เดือนฝอย สามารถควบคุมหนอนใยผักได้ 80 % และการใช้ไส้เดือนฝอยร่วมกับการใช้ *B. thuringiensis* ทุกๆ 2 สัปดาห์ พบว่าประสิทธิภาพลดลงเหลือ 70 % ทั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันการต้านทานของหนอนใยผักต่อ *B. thuringiensis* ได้ ส่วนผลจากการใช้เชื้อราศัตรูแมลง หรือแบคทีเรียร่วมกับไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงต่อด้วง *Curculio caryae* พบว่า การใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Heterorhabditis indica* หรือ *Steinernema carpocapsae* ร่วมกับเชื้อราขาว *Beauveria bassiana* เชื้อราเขียว *Metarhizium*

*anisopliae* หรือเชื้อรา *Paecilomyces fumosoroseus* หรือแบคทีเรีย *Serratia marcescens* พบว่า จุลินทรีย์ที่ใช้ร่วมกันมีผลเป็นปฏิปักษ์กัน ยกเว้น *H. indica* และ *M. anisopliae* ซึ่งพบว่าสามารถใช้ร่วมกันได้ ทั้งนี้จุลินทรีย์ที่ขึ้นอยู่กับอัตราการใช้ เช่น *S. carpocapsae* ใช้ร่วมกับ *B. bassiana* หรือ *S. marcescens* ก็ให้ผลดีเช่นกัน ส่วนการใช้ *P. fumosoroseus* และ *S. marcescens* เพียงอย่างเดียวไม่มีผลต่อการตายของด้วง *C. caryae* (Shapiro-Ilan *et al.*, 2004) Wraight and Ramos (2005) ได้ทำการทดลองใช้เชื้อราขาว *Beauveria bassiana* (Mycotrol®) และแบคทีเรีย *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* (Novodor®) ทั้งใช้เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกันในการควบคุมด้วง Colorado potato beetle (*Leptiotarsa decemlineata*) พบว่า เชื้อราอัตรา 1.25 และ  $2.5 \times 10^{13}$  conidia/ha และ *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 40.3 และ  $120.8 \times 10^6$  Leptiotarsa units/ha (หน่วยความแรงของสารออกฤทธิ์โดยที่มีการทดสอบประสิทธิภาพกับหนอนด้วง *Leptiotarsa decemlineata* ค่าที่ได้จึงมีหน่วยเป็น Leptiotarsa) หลังจากฉีดพ่น 2 สัปดาห์ สามารถควบคุมด้วงได้ 50-85 % และหลังจากใช้เชื้อราเพียงอย่างเดียว 14 วัน สามารถควบคุมด้วงได้น้อยกว่า 25 % และเมื่อใช้จุลินทรีย์สองชนิดร่วมกันสามารถควบคุมด้วงได้มากกว่า 6-35 %

ส่วนในประเทศไทยได้มีการนำจุลินทรีย์ไปใช้ในแปลงผสมผสาน เช่น ในค่น้ำได้มีการนำ *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* ร่วมกับการใช้กับดักกาวเหนียว โดยเมื่อสำรวจพบหนอนใยผัก 1.25 ตัว หนอนกระทู้หอม 1 ตัว ฉีดพ่น *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* อัตรา 80 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (มาลีและคณะ, 2545) สุภาณีและสังวาล (2541) ได้ทดลองนำ *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* อัตรา 80 กรัม/น้ำ 20 ลิตรผสมกับสารสกัดสะเดาสู่รูป 60 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร และ *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* อัตรา 40 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ผสมกับสารสกัดสะเดาสู่รูป 30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร สามารถควบคุมหนอนใยผักได้ดี และจินตนา (2542) ได้นำ *B. thuringiensis* และไส้เดือนฝอยควบคุมหนอนกิบะหุ้มในห่อปฏิบัติการ พบว่าการใช้ *B. thuringiensis* ความเข้มข้น 6 กรัม/น้ำ 1 ลิตร สามารถทำให้หนอนตาย 95 % ส่วนการใช้ไส้เดือนฝอยความเข้มข้นครึ่งซอง/น้ำ 1 ลิตร ทำให้หนอนตาย 85 % และเมื่อนำมาใช้ในแปลงปลูกมะขามพบว่า *B. thuringiensis* มีประสิทธิภาพทำให้หนอนตาย 92.79 % แต่การใช้ไส้เดือนฝอยทำให้หนอนตาย 60.15 % และตายช้า เนื่องจากในสวนมะขามมีความชื้นต่ำและแสงแดดส่องเข้าได้ทั่วถึง จึงทำให้ไส้เดือนฝอยมีอัตราการอยู่รอดลดลง

จะเห็นได้ว่าจุลินทรีย์บางชนิดอาจจะมีประสิทธิภาพดีเมื่อใช้ร่วมกัน บางชนิดอาจเป็นปฏิปักษ์ต่อกัน ดังนั้นการนำจุลินทรีย์ไปใช้ หรือการนำวิธีต่างๆมาใช้ร่วมกันนั้นต้องมีการศึกษาเป็นอย่างดี เพื่อที่จะได้มีการนำไปใช้อย่างถูกวิธี มีประสิทธิภาพ ประหยัดและปลอดภัย

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. แปลงปลูปลูกผักกาดหัวที่ ตำบลหน้าไม้ อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี
2. เมล็ดพันธุ์ผักกาดหัวพันธุ์เอฟเวอร์เรส
3. ผลิตภัณฑ์ *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* (Btt) สายพันธุ์ทางการค้า
4. ผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema siamkayai* KB strain จาก

### กรมวิชาการเกษตร

5. ชีวอินทรีย์ชนิดอื่นหรือสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* สายพันธุ์ทางการค้า อะบาเม็กติน (1.8% EC) คลอร์ฟิโนเพอร์ (10%SC) และคาร์บาริล (85%WP)
6. เครื่องฉีดพ่นสารแบบสะพายหลัง 2 ตัว เป็นเครื่องฉีดพ่นสำหรับสารเคมี 1 ตัวและเครื่องฉีดพ่นสำหรับฉีดพ่น Btt หรือไส้เดือนฝอย 1 ตัว
7. ฝักบัวรดน้ำ 2 อัน สำหรับรดไส้เดือนฝอยในระยะที่ผักกาดหัวยังไม่ลงหัว

### วิธีการ

#### 1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomize Complete Block Design) ขนาดแปลงย่อย 15 ตารางเมตร มี 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีคาร์บาริล (85% WP) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก เนื่องจากมีพืชผักค้างน้อยและราคาถูก เมื่อสำรวจพบด้วงหมัดผักระบาด 5 ตัว/ต้น จำนวน 1-2 ครั้ง ตามคำแนะนำของเกษตรกร เนื่องจากไม่มีระดับเศรษฐกิจในการตัดสินใจฉีดพ่นสารเคมี และหลังจากนั้นใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema siamkayai* KB strain 5 ล้านตัว (1ซอง) /น้ำ 4 ลิตร ผสมกับการใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร พ่นหรือรดหลังหว่านเมล็ด หลังจากนั้นฉีดพ่นทุก 7 วัน หลังจากผักกาดหัวงอก รวมการใช้จำนวน 9 ครั้ง

กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มิลลิลิตร/ น้ำ 20 ลิตร พ่นหรือราดหลังหว่านเมล็ด หลังจากนั้นฉีดพ่นทุก 7 วัน หลังจากผักกาดห้วงอก รวมการใช้จำนวน 9 ครั้ง

กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema siamkayai* KB strain 10 ล้านตัว (2ซอง)/ น้ำ 4 ลิตร ราดไส้เดือนฝอยหลังหว่านเมล็ดและหลังจากนั้นฉีดพ่นทุก 7 วัน หลังจากผักกาดห้วงอก รวมการใช้ไส้เดือนฝอยจำนวน 9 ครั้ง

กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema siamkayai* KB strain 10 ล้านตัว (2 ซอง)/ น้ำ 4 ลิตร สลับกับการใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มิลลิลิตร/ น้ำ 20 ลิตร พ่นหรือราดหลังหว่านเมล็ด หลังจากนั้นฉีดพ่นทุก 7 วัน หลังจากผักกาดห้วงอก รวมการใช้ จำนวน 9 ครั้ง (ไส้เดือนฝอย 5 ครั้ง Btt 4 ครั้ง)

กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema siamkayai* KB strain 5 ล้านตัว (1ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ผสมกับการใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 50 มิลลิลิตร/ น้ำ 20 ลิตร พ่นหรือราดหลังหว่านเมล็ด หลังจากนั้นฉีดพ่นทุก 7 วัน หลังจากผักกาดห้วงอก รวมการใช้จำนวน 9 ครั้ง

กรรมวิธีที่ 6 แปลงควบคุม (Control) ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ

## 2. การเตรียมแปลงปลูก การปลูกผักกาดหัวและการบำรุงรักษา

เตรียมแปลงขนาด 15 ตารางเมตร จำนวน 24 แปลง โดยขุดไถดินลึกประมาณ 25-30 เซนติเมตร จากนั้นตากดินไว้ประมาณ 7-10 วัน ใส่ปุ๋ยขาว 100 กิโลกรัม กากถั่วเหลือง 140 กิโลกรัม และปุ๋ยชีวภาพ 100 กิโลกรัม ต่อ 1 ไร่ (เพื่อเป็นการปรับปรุงและบำรุงดิน) แล้วพรวนให้ละเอียด เก็บเศษวัชพืชหรือเศษไม้อื่น ๆ ออกให้หมด ใช้ไม้ไผ่ปักในการแบ่งขนาดแปลงและใช้เชือกฟางผูกล้อมรอบแปลงย่อยเพื่อให้เห็นแต่ละแปลงย่อยชัดเจนขึ้น เมื่อเตรียมดินเรียบร้อยแล้ว รดน้ำบนแปลงปลูกให้ชุ่ม จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์เอพื้เวอร์สมาหว่านให้เมล็ดกระจายทั่วทั้งแปลง อัตรา 1-2 กิโลกรัม/1 ไร่ เมื่อหว่านแล้วใช้ดินกลบ เสร็จแล้วคลุมดินด้วยหญ้าแห้งหรือฟางข้าวบาง ๆ เพื่อรักษาความชุ่มชื้นและควบคุมวัชพืช จากนั้นรดน้ำให้ชุ่ม ถอนแยกต้นกล้าเมื่อ มีใบจริง



2-3 ใบ ให้ถอนจัดระยะห่างระหว่างต้นให้ได้ระยะประมาณ 25x25 เซนติเมตร รวมจำนวนต้นประมาณ 240-300 ต้น/แปลง/ 15 ตารางเมตร การถอนกล้าทิ้งควรกระทำในระยะแรกและให้ถอนด้วยความระมัดระวัง อย่าให้กระทบกระเทือนต้นกล้าที่อยู่ข้างเคียง เพราะอาจจะทำให้ต้นกล้าได้รับการกระทบกระเทือนและลงหัวได้ไม่ดี ให้น้ำอย่างสม่ำเสมอและเพียงพอทั้งเช้าและเย็น ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50-100 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อต้นกล้าอายุ 20-25 วัน ใส่แบบโรยข้างต้น



ก.



ข.



ค.



ง.

**ภาพที่ 4** การเตรียมแปลงปลูกผักกาดหัวในแปลงทดลอง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

- ก. สภาพแปลงที่ขุดไถและตากดินไว้ประมาณ 1 เดือน
- ข.- ค. เตรียมแปลงปลูกขนาดแปลงย่อย 15 ตารางเมตร โดยใช้ไม้ไผ่ปักในการแบ่งขนาดแปลงและใช้เชือกฟางผูกล้อมรอบแปลงย่อย
- ง. สภาพแปลงปลูกที่เตรียมเรียบร้อยแล้ว

### 3. เก็บตัวอย่างดินเพื่อสำรวจตัวอ่อนด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata*) ก่อนการทดลองในฤดูปลูกที่ 1 และฤดูปลูกที่ 2

เก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาสำรวจตัวอ่อนด้วงหมัดผักโดยดินเป็นแนวทแยงมุมให้ทั่วแปลงแปลงละ 5 จุด รวมทั้งหมด 120 จุด ขจัดเศษขึ้นส่วนอื่นๆที่ไม่ต้องการ และใช้ช้อนตักดินประมาณ 200 กรัม ต่อ 1 จุด จุดละ 30 x 30 เซนติเมตร ความลึกจากผิวดิน 10-20 เซนติเมตร ใส่กล่องพลาสติก จากนั้นนำไปส่องใต้กล้องเพื่อบันทึกจำนวนตัวอ่อนด้วงหมัดผัก

### 4. การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* สายพันธุ์ทางการค้าและไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema siamkayai* KB strain ในการควบคุมด้วงหมัดผัก

ดำเนินการทดลองตามกรรมวิธีที่กำหนดข้างต้นโดยการใช้ไส้เดือนฝอยในแต่ละกรรมวิธีปฏิบัติตามภาพที่ 5 ใช้ฝักบัวรดน้ำรดไส้เดือนฝอยในขณะที่พืชยังมีขนาดเล็ก จากนั้นฉีดพ่นโดยใช้เครื่องฉีดพ่นสารแบบสะพายหลัง การใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* และไส้เดือนฝอยในแต่ละกรรมวิธี ฉีดพ่นในช่วงเวลาเย็นเพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนและรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากแสงแดด

ในการปลูกผักกาดหัว ถ้ามีแมลงศัตรูกลุ่มหนอนผีเสื้อเข้าทำลาย ได้แก่ หนอนใยผัก ใช้แบคทีเรีย *B.thuringiensis* subsp. *aizawai* สายพันธุ์ทางการค้าอัตรา 60-100 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร หรือสารเคมีอะบาเม็กติน (1.8% EC) อัตรา 40-60 มิลลิลิตร/ น้ำ 20 ลิตร หรือ คลอร์ฟิโนเพอร์ (10% SC) อัตรา 20-40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร



ภาพที่ 5 การเตรียมไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทย (*Steinernema siamkayai* KB strain)

- ก. ผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทย
- ข. เทผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงที่อยู่ในสารอุ้มความชื้นใส่ในภาชนะและเติมน้ำสะอาด ใช้มือกวนให้ไส้เดือนฝอยหลุดอยู่ในน้ำ
- ค.-ง. ใช้ตะแกรงกรองแยกสารอุ้มความชื้นทิ้งไป ได้ไส้เดือนฝอยในน้ำสะอาด
- จ.-ฉ. นำน้ำที่มีไส้เดือนฝอยไปใส่ในฝักบัวรดน้ำหรือเครื่องฉีดพ่น

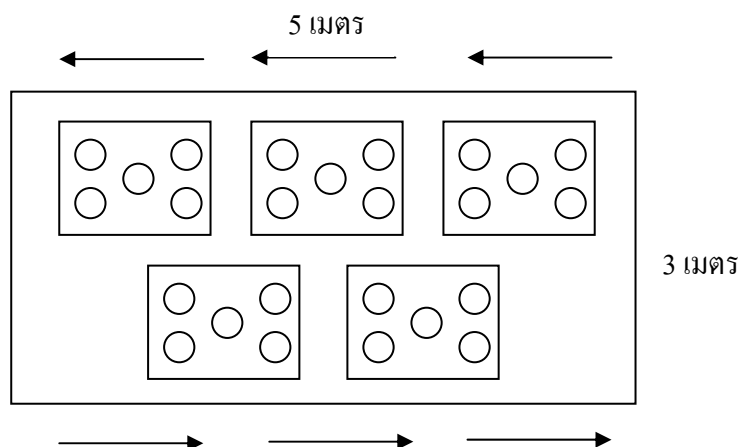
## 5. ตรวจสอบความอยู่รอดของ *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* และไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema siamkayai* KB strain ในดิน หลังการปลูกผักกาดหัว

5.1 ตรวจสอบความอยู่รอดของ Btt ทำโดยนำตัวอย่างดินที่เก็บมาจากแปลงปลูก (ใช้ซัอน ตักดินประมาณ 5-10 กรัม ความลึกจากผิวดิน 1 นิ้ว ใส่ถุงพลาสติกปิดให้สนิท) ในแต่ละแปลงมา แยกหา Btt ในห้องปฏิบัติการภาควิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ใช้ ตัวอย่างดิน 0.5 กรัม เติมน้ำที่กลั่นฆ่าเชื้อ 4.5 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันและเจือจางโดยการทำให้ serial dilution จนมีความเจือจางที่ 10000 และ 100000 เท่า จากนั้นนำส่วนผสมที่เตรียมได้ 100 ไมโครลิตรเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (Nutrient Agar, NA) โดยใช้แท่งแก้วรูปตัวแอลที่ฆ่าเชื้อแล้ว เกลี่ยให้ทั่วจนผิวน้ำแห้ง จากนั้นบ่มเชื้อทิ้งไว้ข้ามคืน (24 ชั่วโมง) ที่อุณหภูมิห้อง คัดเลือกโคโลนี ที่คล้าย *Bacillus* คือ โคโลนีสีขาวขุ่น ไม่มันวาว ขอบไม่เรียบ นับจำนวนโคโลนีที่ปรากฏบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นย้ายโคโลนีลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยวิธี streak plate (ภาควิชาจุลชีววิทยา, 2547) ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำไปย้อมแกรม เพื่อดูเซลล์ การสร้างสปอร์และผลึกโปรตีน

5.2 ตรวจสอบความอยู่รอดของไส้เดือนฝอย โดยสุ่มเก็บดินในแต่ละแปลงปลูกนำมา แยกไส้เดือนฝอยออกจากดินด้วยเทคนิคของ Bedding and Akhurst (1975) คือ นำตัวอย่างดินที่เก็บ มา (พื้นที่แต่ละจุดกว้าง 20 ตารางเซนติเมตร ลึกจากพื้นดิน 10-15 เซนติเมตร ปริมาณดิน 500 กรัม ใส่ถุงพลาสติกและบันทึก) จากนั้นนำมาใส่กล่องพลาสติก นำหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 3-4 ใส่ใน กล่องดิน กล่องละ 2-3 ตัว ตรวจสอบและเก็บหนอนที่ตาย (ลักษณะลำตัวไม่แตก และอ่อนนุ่ม) ทำความ สะอาดด้วยฟอมาลีน 0.1% หลังจากนั้นมาวางบนกระดาษกรองที่หล่อน้ำไว้รอบๆ ไส้เดือนฝอยจะ ออกจากตัวแมลงไปอยู่ในน้ำ (จะเห็นน้ำขุ่นๆ) หรืออาจนำมาดูใต้กล้องจุลทรรศน์ว่ามีไส้เดือนฝอย หรือไม่

## 6. การบันทึกผล

6.1 บันทึกจำนวนและชนิดของแมลงศัตรูพืชตลอดจนแมลงศัตรูธรรมชาติในแปลงปลูก ผักกาดหัวในฤดูปลูกที่ 1 และฤดูปลูกที่ 2 นับจำนวนแมลงแต่ละชนิดในแปลงปลูกก่อนการฉีดพ่น ทุก 7 วันจนเก็บผลผลิต โดยวิธีเก็บตัวอย่างอย่างมีระบบ (Systematic Sampling) ในแปลงย่อยขนาด 15 ตารางเมตร แปลงย่อยละ 5 จุด จุดละ 5 ต้น รวมทั้งหมด 600 ต้น



ภาพที่ 6 แสดงแผนผังการสำรวจแมลงโดยวิธีเก็บตัวอย่างอย่างมีระบบ (Systematic Sampling)

6.2 บันทึกจำนวนฟักกาดหัวที่ได้คุณภาพและจำนวนที่ถูกทำลาย นำมาหาเปอร์เซ็นต์การทำลายของด้วงหมัดผัก และเปรียบเทียบผลผลิตในแต่ละวิธีการ โดยเก็บผลผลิตฟักกาดหัวในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ในแปลงทดลองแต่ละกรรมวิธี (ภาพที่ 7) ทำการบันทึกน้ำหนักผลผลิต โดยแบ่งเกรดเป็นระดับความเสียหาย (ภาพที่ 8) และให้คะแนนดังนี้ (วัชรและคณะ, 2534ก)

ระดับความเสียหายระดับ 0 คะแนน 0 = ไม่พบการทำลาย

ระดับความเสียหายระดับ 1 คะแนน 1 = พบการทำลาย 1-10 % บนพื้นที่ผิวของหัวฟักกาดหัว

ระดับความเสียหายระดับ 3 คะแนน 3 = พบการทำลาย 11-25 % บนพื้นที่ผิวของหัวฟักกาดหัว

ระดับความเสียหายระดับ 5 คะแนน 5 = พบการทำลาย 26-50 % บนพื้นที่ผิวของหัวฟักกาดหัว

ระดับความเสียหายระดับ 7 คะแนน 7 = พบการทำลายมากกว่า 50 % ของพื้นที่ผิวหรือไม่เกิดหัว

แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การทำลาย โดยใช้สูตร (วินัย, 2533)

$$\% \text{ Infestation} = \left[ \frac{\sum_0^i (n.v)}{iN} \right] \times 100$$

เมื่อ  $n$  = จำนวนต้นที่ถูกทำลายในแต่ละระดับ  $v$  = ระดับคะแนนแต่ละระดับ

$i$  = ระดับคะแนนของระดับการทำลายสูงสุด  $N$  = จำนวนต้นทั้งหมดที่ตรวจนับ





ภาพที่ 7 ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผักกาดหัวในแปลงทดลอง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

- ก. ถอนผักกาดหัวด้วยมือขึ้นมาตรง ๆ
- ข. นำดินที่ติดผักกาดหัวออก
- ค. นำมาตัดใบออกให้เหลือก้านใบยาวประมาณ 5 เซนติเมตร
- ง. นำผักกาดหัวไปล้างน้ำให้สะอาด
- จ. คัดเลือกเฉพาะผักกาดหัวที่มีคุณภาพไปจำหน่าย
- ฉ. ลักษณะผักกาดหัวที่นำไปจำหน่ายที่ท้องตลาด



ภาพที่ 8 ระดับความเสียหายของผักกาดหัวเมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผัก  
แถบลาย (*Phyllostreta sinuata* Stephen) ทำลาย

0 = ไม่พบการทำลาย

1 = พบการทำลาย 1.0-10 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

3 = พบการทำลาย 11-25 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

5 = พบการทำลาย 26-50 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

7 = พบการทำลายมากกว่า 50 % ของพื้นที่ผิวหรือไม่เกิดหัว

6.3 ตรวจสอบจำนวนฝักกาดหัวที่สามารถขายได้ (Marketable Yield) แบ่งออกเป็น 3 เกรด คือ

เกรด A = ฝักกาดหัวที่ไม่พบรอยการทำลายหรือพบเพียงเล็กน้อย และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหนึ่งนิ้วครึ่ง (ระดับความเสียหายระดับ 0 หรือระดับ 1 ในกรณีที่ฝักกาดหัวมีหัวสวยแต่มีการทำลายเพียงเล็กน้อย)

เกรด B = ฝักกาดหัวที่พบรอยการทำลายเล็กน้อยหรือปานกลาง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหนึ่งนิ้วครึ่ง (ระดับความเสียหายระดับ 1 และ 3)

เกรด C = ฝักกาดหัวที่มีรอยการทำลายมากจนไม่สามารถขายได้ (ระดับความเสียหายระดับ 5 และ 7)

## 7. การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนการผลิตและรายได้

เพื่อนำมาวิเคราะห์ต้นทุนและรายได้เปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีต่าง ๆ

## 8. วิเคราะห์ผล

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

## 9. สถานที่

แปลงปลูกฝักกาดหัวที่ ตำบลหน้าไม้ อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

## 10. ระยะเวลา

ปลูกครั้งที่ 1 เริ่มดำเนินการเมื่อวันที่ 23 มิถุนายน ถึง 28 สิงหาคม 2548 และปลูกครั้งที่ 2 เริ่มวันที่ 11 ตุลาคม ถึง 11 ธันวาคม 2548



## ผลและวิจารณ์

การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis subsp. tenebrionis* สายพันธุ์ทางการค้าและไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema siamkayai* KB strain ในการควบคุมด้วงหมัดผักทั้ง 2 ฤดูปลูก

### 1. การปลูกผักกาดหัวในฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548

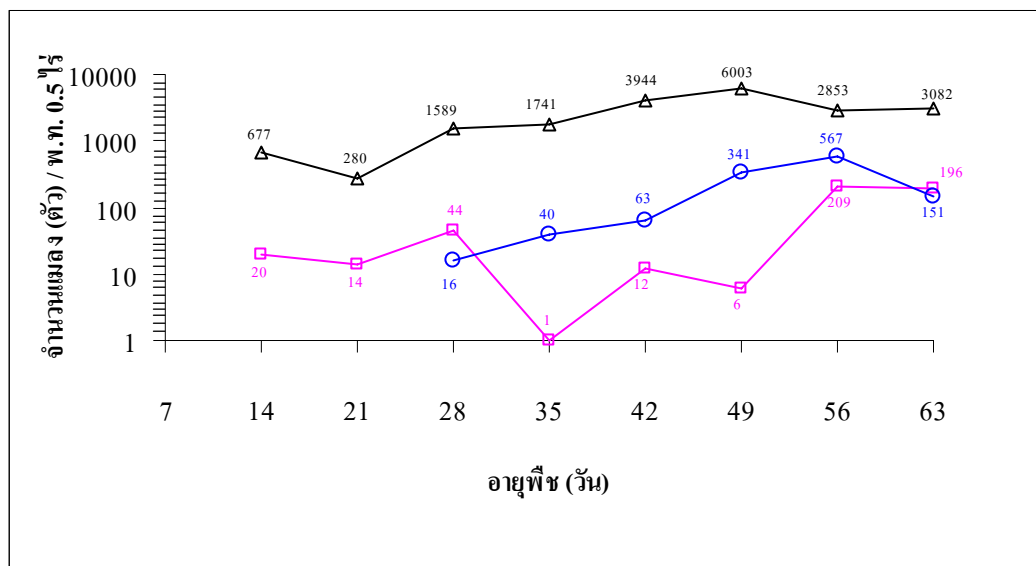
จากการเก็บตัวอย่างดินเพื่อสำรวจคูตัวอ่อนด้วงหมัดผักก่อนการเพาะปลูก ในฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548 (ตารางผนวกที่ 1) พบตัวอ่อนหนอนแมลงวันบ้านเฉลี่ย 0.54 ตัว/ แปลงย่อย และไม่พบตัวอ่อนด้วงหมัดผักในดิน การพบหนอนแมลงวันในดิน เนื่องมาจากในขั้นตอนการเตรียมดิน มีการใส่กากถั่วเหลืองเพื่อบำรุงดิน ทำให้มีแมลงวันมาวางไข่ในกากถั่วเหลือง ทำให้เมื่อสำรวจจึงพบหนอนแมลงวัน และสาเหตุที่ไม่พบตัวอ่อนด้วงหมัดผัก เนื่องมาจากในขั้นตอนการเตรียมดิน มีการไถดินและตากดินเป็นระยะเวลา 1 เดือน จึงเป็นการช่วยทำลายตัวอ่อนหรือดักแด้ที่อยู่ในดิน ซึ่งสอดคล้องกับ สิริวัฒน์ (2526) ที่ได้มีการแนะนำให้ไถตากดินก่อนการเพาะปลูกเพื่อเป็นการลดจำนวนแมลงในดิน

จากการสำรวจชนิดและจำนวนของแมลงในแปลงปลูกทดลองผักกาดหัว พบแมลงศัตรูสำคัญ 2 ชนิด ได้แก่ หนอนใยผัก และด้วงหมัดผัก ดังแสดงในตารางผนวกที่ 3 และภาพที่ 9 ตลอดฤดูปลูกพบหนอนใยผัก 20,169 ตัว โดยเริ่มพบไข่หนอนใยผักตั้งแต่พืชอายุ 7 วัน และเมื่อพืชอายุ 14 วัน พบหนอนใยผัก 677 ตัว ซึ่งอยู่ในระยะวัย 1-2 เมื่อพืชอายุ 21 วัน พบหนอนใยผักลดลงโดยหนอนส่วนมากอยู่ในระยะวัย 4 และเริ่มเข้าดักแด้ ระยะหนอนใช้เวลาประมาณ 7-10 วัน เมื่อพืชอายุ 28 วัน หนอนใยผักมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ส่วนใหญ่พบหนอนระยะวัย 1 หนอนใยผักมีจำนวนมากที่สุดเมื่อพืชอายุ 49 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผักกาดหัวมีจำนวนใบมากขึ้น ซึ่งหนอนใยผักเพิ่มจำนวนมากขึ้นตามพืชอาหาร รวมทั้งหนอนใยผักเป็นหนอนที่มีวงจรชีวิตสั้น วงจรชีวิตประมาณ 20-30 วัน ช่วงอายุในแต่ละวัยไม่แน่นอน โดยจะผันแปรไปตามสภาพแวดล้อม เช่น พืชอาหาร อุณหภูมิ และความชื้น เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับ กองกิจและสัตววิทยา (2542) ได้รายงานว่า การเจริญเติบโตของหนอนใยผักมีอายุแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เช่น ในเขตเกษตรที่สูงเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ หนอนใยผักมีวงจรชีวิต 17-18 วัน ในช่วงเดือนเมษายน- พฤษภาคม และ 28 วัน

ในช่วงเดือนพฤศจิกายน- ธันวาคม โดยมี 17 ชั่วโมงต่อปี ส่วนในเขตที่ราบทั่วไป เช่น อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม พบหนอนใยผักมีวงจรชีวิต 14-18 วัน มี 25 ชั่วโมงขั้วต่อปี โดยในระยะแรกหนอนจะกัดกินใบอ่อนหรือกัดกินใบด้านล่างจนเหลือเฉพาะผิวใบและกัดกินจนเป็นรูพรุน อาจกินจนเหลือแต่ก้านใบทำให้ใบผักเป็นรูพรุน (ภาพที่ 11) และพบว่ามีการทำลายมากขึ้นเมื่อหนอนมีอายุมาก ทำให้ผักขาดหัวหยุดการเจริญเติบโต

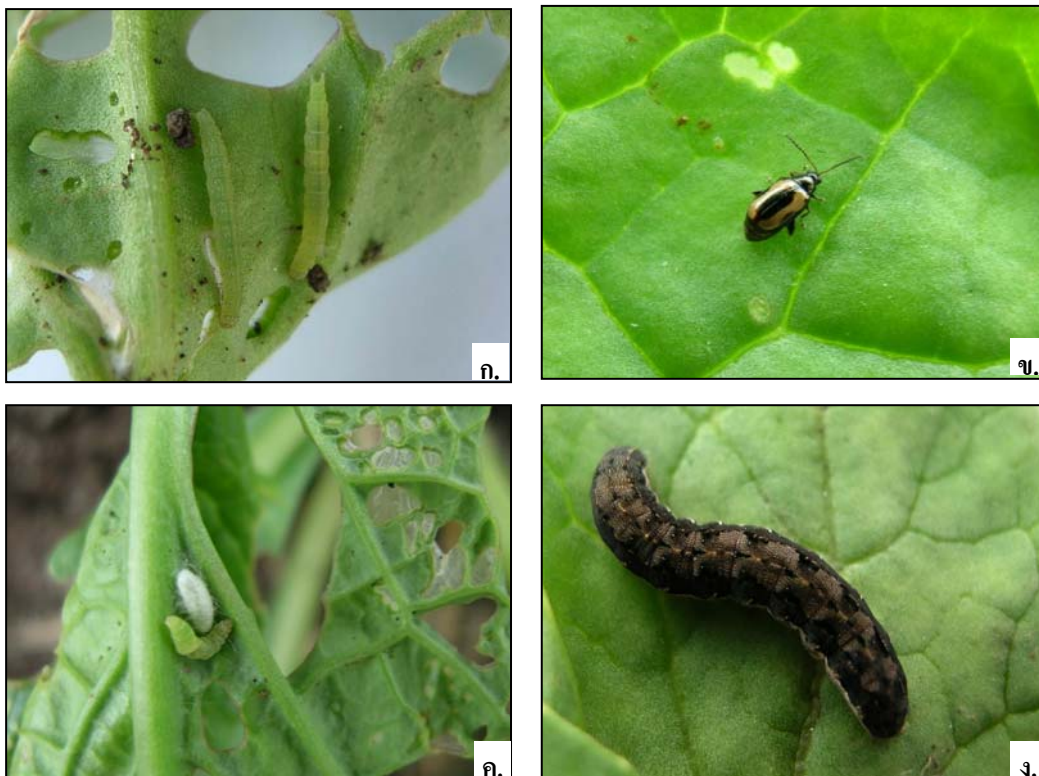
นอกจากนี้ยังพบแตนเบียนหนอน *Cotesia plutellae* เป็นหนอนใยผัก ส่วนมากจะพบเห็นปลอกคอกด้สึขาวขนาดเล็กติดอยู่ตามใบผักกาดหัว บางครั้งพบอยู่ใกล้ ๆ กับซากหนอนใยผัก ดังที่แสดงในภาพที่ 10-ค ซึ่งในแปลงปลูกพบปลอกคอกด้สึของแตนเบียนหนอน *C. plutellae* ประมาณ 1,178 ตัว กองกัญและสัตววิทยา (2542) ได้รายงานว่ายแตนเบียน *C. plutellae* สามารถทำลายหนอนของหนอนใยผักตลอดทั้งปีในเขตเกษตรที่ราบและที่สูง ช่วงอุณหภูมิ 18-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60-90 % สำหรับในเขตเกษตรที่สูงพบสูงถึง 69.23 % ในช่วงเดือนกรกฎาคม และเขตที่ราบสูง 32.4 % ส่วน เบรนท์ (2549) รายงานว่าเกิดการเบียนได้สูงถึง 88% แต่โดยปกติแล้วจะอยู่ที่ 20-40 % ซึ่งการเข้าทำลายดังกล่าวนี้จะพบได้ในภาคเหนือของประเทศไทยที่มีการปลูกพืชตระกูลกะหล่ำตลอดปี และยังพบการเบียนในบางพื้นที่ทางภาคเหนือของประเทศไทยที่มีการใช้สารเคมีพวกออร์การ์โนฟอสเฟตอีกด้วย

แมลงศัตรูที่พบรองลงมาได้แก่ ค้างหมัดผัก โดยตลอดฤดูปลูกพบตัวเต็มวัยค้างหมัดผักประมาณ 502 ตัว จะพบมากเมื่อผักกาดหัวเริ่มลงหัว แต่ในช่วงก่อนผักกาดลงหัว พบตัวเต็มวัยค้างหมัดผัก อาจเนื่องมาจากค้างหมัดผักมีการย้ายมาจากแปลงปลูกข้างเคียง ซึ่งค้างหมัดผักเป็นแมลงที่สามารถบินได้ในระยะไกล ตัวหนอนค้างหมัดผักจะแทะกินบริเวณผิวของหัวทำให้ผักกาดหัวเสียหาย (ภาพที่ 12) จนไม่สามารถขายในท้องตลาดได้ ต้องนำไปขายในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อผลิตผักกาดหัวดองเค็มและหวาน ซึ่งขายได้ในราคาต่ำ ส่วนตัวเต็มวัยทำลายพืชผักโดยการกัดกินผิวด้านล่างของใบจนทำให้ใบมีลักษณะเป็นรูพรุน และสามารถก่อให้เกิดความเสียหายอย่างต่อเนื่อง เพราะตัวเต็มวัยของค้างหมัดผักสามารถมีชีวิตอยู่ได้นานถึง 30-60 วัน



- ด้วงหมัดผัก *Phyllotreta sinuata* Stephen
- △— หนอนใยผัก *Plutella xylostella* (Linnaeus)
- คักแค้เตนเบียนหนอนใยผัก *Cotesia plutella* (Kurdjumov)

ภาพที่ 9 จำนวนและชนิดแมลงที่พบในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี  
ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548 ตั้งแต่วันที่ 7 ถึงวันที่ 63 หลังปลูก จาก  
พื้นที่ 0.5 ไร่



ภาพที่ 10 ชนิดแมลงที่สำรวจพบในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

ก. หนอนใยผัก *Plutella xylostella* (Linnaeus)

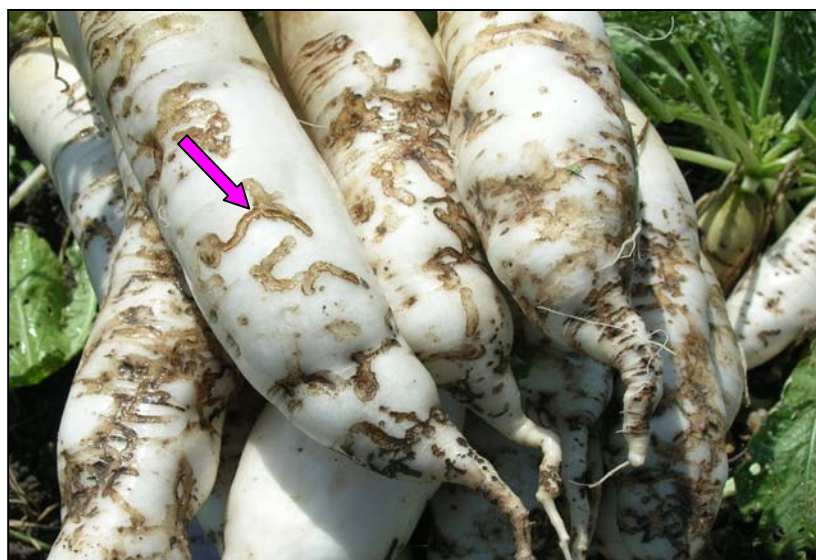
ข. ตัวงมดผัก *Phyllotreta sinuata* Stephen

ค. ดักแด้เตนเบียนหนอนใยผัก *Cotesia plutella* (Kurdjumov)

ง. หนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (Fabricius)



ภาพที่ 11 ลักษณะการทำลายต้นกล้าผักกาดหัวของหนอนใยผัก *Plutella xylostella* (Linnaeus)



ภาพที่ 12 ลักษณะการทำลายของรากผักกาดหัว (อาการที่หัวถูกสรชี้) ของหนอนด้วงหมัดผักแถบ  
ลาย *Phyllotreta sinuata* Stephen

จากการตรวจนับจำนวนฟักกาดหัวที่ได้คุณภาพและที่ถูกทำลาย เปรียบเทียบผลผลิตในแต่ละกรรมวิธี โดยแบ่งเกรดตามระดับความเสียหาย (ตารางที่ 2) พบว่า ไม่มีฟักกาดหัวที่ไม่พบการทำลาย ในกรรมวิธีที่ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ (กรรมวิธีที่ 6) ส่วนกรรมวิธีที่ 1-5 มีฟักกาดหัวระหว่าง 7.5-11.25 หัว ซึ่งในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ความเสียหายระดับ 1 (พบการทำลาย 1-10 % บนพื้นที่ผิวของหัวฟักกาดหัว) มีจำนวนฟักกาดหัวระหว่าง 6.25-10.50 หัว โดยที่กรรมวิธีที่ 4 พบจำนวนหัวมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการฉีดพ่นสารใด ๆ ความเสียหายระดับ 3 (พบการทำลาย 11-25 % บนพื้นที่ผิวของหัวฟักกาดหัว) มีจำนวนฟักกาดหัวระหว่าง 4.25-7.00 หัว ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ความเสียหายระดับ 5 (พบการทำลาย 26-50 % บนพื้นที่ผิวของหัวฟักกาดหัว) มีจำนวนฟักกาดหัวระหว่าง 1.75-6.00 หัว ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ฉีดพ่นสารใด ๆ และความเสียหายระดับ 7 (พบการทำลายมากกว่า 50 % ของพื้นที่ผิวหรือไม่เกิดหัว) มีจำนวนฟักกาดหัวระหว่าง 5.00-11.75 หัว โดยที่กรรมวิธีที่ 6 เป็นกรรมวิธีที่ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ พบจำนวนหัวมากที่สุด และมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น

นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การทำลายของด้วงหมัดผัก (ตารางที่ 2) พบว่า กรรมวิธีที่ 1 (การใช้สารเคมีร่วมกับ *B.thuringiensis* subsp. *tenebrionis* (Btt) และไส้เดือนฝอย) กรรมวิธีที่ 2 (ใช้แบคทีเรีย Btt เพียงอย่างเดียวตลอดฤดูปลูก) กรรมวิธีที่ 3 (ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain เพียงอย่างเดียวตลอดฤดูปลูก) กรรมวิธีที่ 4 (ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสลับกับการใช้แบคทีเรีย Btt ) กรรมวิธีที่ 5 (ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงผสมกับการใช้แบคทีเรีย Btt) มีเปอร์เซ็นต์การทำลายของด้วงหมัดผัก 36.76 30.41 38.39 33.76 และ 33.74 % ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ 6 (ไม่มีการการฉีดพ่นสารใด ๆ ) พบเปอร์เซ็นต์การทำลายมากที่สุดคือ 64.79 % และมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น

เมื่อนำน้ำหนักฟักกาดหัวเฉลี่ยต่อหัว (ตารางที่ 3) มาพิจารณาตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบลายทำลายพบว่า ความเสียหายระดับ 0 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของฟักกาดหัว ในกรรมวิธีที่ 1-5 มีน้ำหนักระหว่าง 0.38-0.43 กิโลกรัม ซึ่งในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ความเสียหายระดับ 1 มีน้ำหนักระหว่าง 0.36-0.43 กิโลกรัม ความเสียหายระดับ 3 มีน้ำหนักระหว่าง 0.24-0.40 กิโลกรัม ความเสียหายระดับ 5 มีน้ำหนักระหว่าง 0.15-0.34 กิโลกรัม โดยความเสียหายระดับ 1 3 และ 5 พบว่าไม่มีความแตกต่างมางสถิติในทุกกรรมวิธี ความเสียหายระดับ 7 มีน้ำหนักระหว่าง 0.25-0.36 กิโลกรัม โดยกรรมวิธีที่ 6 มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับ

กรรมวิธีอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะว่าผักกาดหัวที่พบเป็นผักกาดหัวที่มีขนาดใหญ่ หัวตรง สวย แต่เมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายพบว่าการเข้าทำลายของด้วงหมัดผักมากจนไม่สามารถขายได้ จึงจัดเป็นความเสียหายระดับ 7 จึงทำให้มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวเมื่อเทียบกับระดับอื่น ส่วนในกรรมวิธีอื่น ๆ ที่พบว่ามีน้ำหนักน้อยเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 6 (ไม่คิดพันธุ์ใด ๆ) ทั้งนี้ เป็นเพราะว่ามีการเข้าไปรบกวน เหยียบย่ำ ทำให้ผักกาดหัวลงหัวไม่ดี หัวไม่ตรง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีน้ำหนักน้อย

**ตารางที่ 2** จำนวนผักกาดหัวเมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบลาย  
(*Phyllotreta sinuata* Stephen) ทำลายที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว  
จังหวัดปทุมธานีในพื้นที่ 2 ตารางเมตร **ฤดูปลูกที่ 1** เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548

| กรรมวิธี        | จำนวนผักกาดหัวที่ระดับความเสียหายระดับต่างๆ <sup>8/,9/</sup> |         |       |         |         | % หัวถูกทำลาย <sup>8/</sup> |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|---------|-------|---------|---------|-----------------------------|
|                 | 0                                                            | 1       | 3     | 5       | 7       |                             |
| 1 <sup>1/</sup> | 7.50                                                         | 9.25 ab | 7.00  | 2.25    | 5.75 a  | 36.76 a                     |
| 2 <sup>2/</sup> | 10.00                                                        | 9.50 ab | 4.25  | 2.00    | 5.00 a  | 30.41 a                     |
| 3 <sup>3/</sup> | 8.00                                                         | 8.00 ab | 5.50  | 6.00    | 5.25 a  | 38.39 a                     |
| 4 <sup>4/</sup> | 9.50                                                         | 10.50 b | 5.50  | 2.50    | 5.75 a  | 33.76 a                     |
| 5 <sup>5/</sup> | 11.25                                                        | 6.25 a  | 4.25  | 1.75    | 6.25 a  | 33.74 a                     |
| 6 <sup>6/</sup> | - <sup>7/</sup>                                              | 6.50 a  | 5.75  | 6.00    | 11.75 b | 64.79 b                     |
| F-test (R)      | 3.26 ns                                                      | 5.79 ** | <1    | <1      | <1      | <1                          |
| F-test (T)      | 1.32 ns                                                      | 2.06 ns | <1    | 2.06 ns | 3.69 *  | 9.60 **                     |
| C.V. (%)        | 28.60                                                        | 28.60   | 41.50 | 82.20   | 40.10   | 20.60                       |

ns = not significant

\* = significant at 5% level

\*\* = significant at 1% level

<sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย <sup>2/</sup>กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว

<sup>3/</sup>กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอยอย่างเดียว <sup>4/</sup>กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอยสลับกับการใช้แบคทีเรีย

<sup>5/</sup>กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับการใช้แบคทีเรีย <sup>6/</sup>กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ

<sup>7/</sup>ไม่ได้นำมาคิดค่าทางสถิติ <sup>8/</sup>ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกัน

ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ทดสอบโดยใช้ DMRT) <sup>9/</sup> ความเสียหายระดับ 0 = ไม่พบ

การทำลาย ความเสียหายระดับ 1 = พบการทำลาย 1-10 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 3 = พบการทำลาย 11-25 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 5 = พบการทำลาย 26-50 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 7 = พบการทำลายมากกว่า 50 % ของพื้นที่ผิวหรือไม่เกิดหัว

- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

- ไส้เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ของ) / น้ำ 4 ลิตร  
ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1ของ) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

- แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ใน  
กรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มิลลิลิตร / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5



**ตารางที่ 3** น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของผักกาดหัว เมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบ  
ลาย (*Phyllotreta sinuata* Stephen) ทำลายที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว  
จังหวัดปทุมธานี ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร **ฤดูปลูกที่ 1** เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548

| กรรมวิธี        | น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของผักกาดหัว (กิโลกรัม) ที่ระดับความเสียหายระดับต่างๆ <sup>8/, 9/</sup> |         |         |         |         |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                 | 0                                                                                          | 1       | 3       | 5       | 7       |
| 1 <sup>1/</sup> | 0.43                                                                                       | 0.42    | 0.34    | 0.20    | 0.25 a  |
| 2 <sup>2/</sup> | 0.43                                                                                       | 0.40    | 0.40    | 0.26    | 0.26 ab |
| 3 <sup>3/</sup> | 0.38                                                                                       | 0.36    | 0.38    | 0.32    | 0.28 ab |
| 4 <sup>4/</sup> | 0.40                                                                                       | 0.38    | 0.35    | 0.28    | 0.30 ab |
| 5 <sup>5/</sup> | 0.43                                                                                       | 0.39    | 0.25    | 0.15    | 0.29 ab |
| 6 <sup>6/</sup> | 0 <sup>7/</sup>                                                                            | 0.43    | 0.39    | 0.34    | 0.36 b  |
| F-test (R)      | 1.75 ns                                                                                    | 1.51 ns | <1      | 1.48 ns | <1      |
| F-test (T)      | <1                                                                                         | <1      | 1.42 ns | <1      | 1.40 ns |
| C.V. (%)        | 27.9                                                                                       | 18.4    | 27.5    | 56.4    | 22.3    |

ns = not significant

<sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย <sup>2/</sup>กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว

<sup>3/</sup>กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอยอย่างเดียว <sup>4/</sup>กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอยสลับกับการใช้แบคทีเรีย

<sup>5/</sup>กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับการใช้แบคทีเรีย <sup>6/</sup>กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ

<sup>7/</sup>ไม่ได้นำมาคิดค่าทางสถิติ <sup>8/</sup>ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกัน

ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ทดสอบโดยใช้ DMRT) <sup>9/</sup> ความเสียหายระดับ 0 = ไม่พบ

การทำลาย ความเสียหายระดับ 1 = พบการทำลาย 1-10 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 3 = พบการทำลาย 11-25 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 5 = พบการทำลาย 26-50 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 7 = พบการทำลายมากกว่า 50 % ของพื้นที่ผิวหรือไม่เกิดหัว

- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

- ไส้เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ของ) / น้ำ 4 ลิตร  
ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1ของ) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

- แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มิลลิลิตร / น้ำ 20 ลิตร ใน  
กรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มิลลิลิตร/ น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

จำนวนผักกาดหัวที่สามารถขายได้ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร (ตารางที่ 4) แบ่งออกเป็น 3 เกรด คือเกรด A ไม่พบรอยการทำลายหรือพบเพียงเล็กน้อย และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหนึ่งนิ้วครึ่ง เกรด B พบรอยการทำลายเล็กน้อยหรือปานกลาง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหนึ่งนิ้วครึ่ง และเกรด C มีรอยการทำลายมากจนไม่สามารถขายได้

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีที่ใช้สารเคมีร่วมด้วยกับการใช้ *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* (Btt) และใช้เดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคมในประเทศไทยในการควบคุมด้วงหมัดผัก แบ่งเป็นเกรด A ได้ 7.50 หัว เกรด B 10.50 หัว เกรด C 13.75 หัว และเมื่อนำมาคิดสัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัวในแต่ละระดับ พบสัดส่วนของเกรด A, B และ C เป็น 24.55, 32.55 และ 42.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ใช้ Btt ควบคุมด้วงหมัดผักเพียงอย่างเดียวตลอดฤดูปลูก แบ่งเป็นเกรด A ได้ 10.00 หัว เกรด B 9.75 หัว และเกรด C 11.00 หัว สัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัวเกรด A, B และ C เป็น 34.10 30.55 และ 35.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ใช้เดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคมในประเทศไทยควบคุมด้วงหมัดผักเพียงอย่างเดียวตลอดฤดูปลูก แบ่งเป็นเกรด A ได้ 8 หัว เกรด B 9.50 หัว และเกรด C 15.25 หัว สัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัวเกรด A, B และ C เป็น 26.23 29.89 และ 43.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ใช้ Btt สลับกับการใช้ใช้เดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคมในประเทศไทยควบคุมด้วงหมัดผัก สามารถแบ่งเป็นเกรด A ได้ 9 หัว เกรด B 11 หัว และเกรด C 13.25 หัว สัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัวเกรด A, B และ C เป็น 28.20 32.36 และ 39.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ใช้ Btt ผสมกับการใช้ใช้เดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคมในประเทศไทยควบคุมด้วงหมัดผัก สามารถแบ่งเป็นเกรด A ได้ 11.25 หัว เกรด B 8.25 หัว และเกรด C 10.25 หัว สัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัวเกรด A, B และ C เป็น 38.86 27.31 และ 33.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และกรรมวิธีที่ 6 กรรมวิธีที่ไม่มีการควบคุมด้วงหมัด สามารถแบ่งเป็นเกรด B 8.75 หัว และเกรด C 21.25 หัว และเมื่อนำมาคิดสัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัวในแต่ละระดับ พบเกรด B และ C เป็น 29.58 และ 70.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

**ตารางที่ 4** ปริมาณและคุณภาพผลผลิตของผักกาดหัวที่ถูกทำลายโดยหนอนด้วงหมัดผักที่แปลงปลูก อ. ลาดหลุมแก้ว จ. ปทุมธานี ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร  
ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548

| กรรมวิธี        | หัวผักกาดถูกทำลาย <sup>8/</sup> | จำนวนผักกาดหัวในเกรดต่างๆ <sup>8/9/</sup> |        |          | น.น. ผลผลิตในเกรดต่างๆ <sup>8/9/</sup> |         |        | สัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัว (%) <sup>8/9/</sup> |         |         |
|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------------|--------|----------|----------------------------------------|---------|--------|-----------------------------------------------|---------|---------|
|                 | (%)                             | A                                         | B      | C        | A                                      | B       | C      | A                                             | B       | C       |
| 1 <sup>1/</sup> | 36.76 a                         | 7.50                                      | 10.50  | 13.75 ab | 3.25                                   | 4.175   | 3.98 a | 24.55                                         | 32.55   | 42.90 a |
| 2 <sup>2/</sup> | 30.41 a                         | 10.00                                     | 9.75   | 11.00 a  | 4.325                                  | 3.825   | 3.80 a | 34.10                                         | 30.55   | 35.35 a |
| 3 <sup>3/</sup> | 38.39 a                         | 8.00                                      | 9.50   | 15.25 ab | 3.45                                   | 3.90    | 4.52 a | 26.23                                         | 29.89   | 43.88 a |
| 4 <sup>4/</sup> | 33.76 a                         | 9.00                                      | 11.00  | 13.25 ab | 3.675                                  | 4.35    | 4.2 a  | 28.20                                         | 32.36   | 39.45 a |
| 5 <sup>5/</sup> | 33.74 a                         | 11.25                                     | 8.25   | 10.25 ab | 4.80                                   | 2.90    | 3.15 a | 38.86                                         | 27.31   | 33.83 a |
| 6 <sup>6/</sup> | 64.79 b                         | 0 <sup>7/</sup>                           | 8.75   | 21.25 b  | 0 <sup>7/</sup>                        | 3.20    | 7.82 b | 0 <sup>7/</sup>                               | 29.58   | 70.42 b |
| F-test (R)      | <1                              | 3.26 ns                                   | 3.76 * | <1       | 4.45 *                                 | 7.57 ** | <1     | 1.83 ns                                       | 2.04 ns | <1      |
| F-test (T)      | 9.60 **                         | 1.32 ns                                   | <1     | 1.66 ns  | 1.46 ns                                | 1.09 ns | 3.72*  | 1.32 ns                                       | <1      | 4.57 ** |
| C.V. (%)        | 20.60                           | 28.60                                     | 35.70  | 43.30    | 27.40                                  | 29.00   | 37.50  | 34.10                                         | 33.80   | 28.30   |

ns = not significant \* = significant at 5% level \*\* = significant at 1% level <sup>1/</sup>ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย <sup>2/</sup>ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว <sup>3/</sup>ใช้ไส้เดือนฝอยอย่างเดียว <sup>4/</sup>ใช้ไส้เดือนฝอยสลับกับการใช้แบคทีเรีย <sup>5/</sup>ใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับการใช้แบคทีเรีย <sup>6/</sup>ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ <sup>7/</sup>ไม่ได้นำมาคิดค่าทางสถิติ <sup>8/</sup>ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ทดสอบโดยใช้ DMRT) <sup>9/</sup>เกรด A ไม่พบความเสียหายและความเสียหายเล็กน้อย เกรด B พบความเสียหายเล็กน้อยถึงปานกลาง เกรด C ผักกาดหัวมีรอยถูกทำลายมากจนขายไม่ได้ สารเคมีคือคาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 ลิตร/น้ำ 20 ลิตร ไส้เดือนฝอยชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ของ) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1ของ) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5 แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มิลลิลิตร./น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

จากการนำตัวอย่างดินมาแยกหา *B. thuringiensis* และไส้เดือนฝอยในห้องปฏิบัติการพบว่าตัวอย่างดินที่เก็บจากฤดูปลูกที่ 1 พบ *B. thuringiensis* ในตัวอย่างดิน 22 ตัวอย่าง จำนวน 56 โคโลนี โดยโคโลนีมีสีขาวขุ่น ไม่มันวาว ขอบไม่เรียบ ตัวอย่างดินที่ไม่พบ *B. thuringiensis* ได้แก่ ตัวอย่างดินที่เก็บจากแปลงที่ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย ( $T_1R_4$ ) และแปลงที่ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ ( $T_0R_4$ ) ส่วนการแยกหาไส้เดือนฝอยจากดินโดยนำหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 3-4 ใส่ในกล่องดิน กล่องละ 1 ตัว พบว่ามีจำนวนหนอนตาย 16 ตัว โดยส่วนใหญ่จะพบในตัวอย่างดินจากแปลงที่มีการใช้ไส้เดือนฝอย และพบว่าหนอนที่ตายนั้นเป็นหนอนที่ตายด้วยไส้เดือนฝอยจริง สังเกตจากน้ำที่มีลักษณะขุ่น เพราะไส้เดือนฝอยออกจากตัวแมลงไปอยู่ในน้ำ (ตารางผนวกที่ 9 และ 10 )

จะเห็นว่าตัวอย่างดินส่วนใหญ่แม้จะเป็นตัวอย่างดินที่ไม่ได้มีการใช้ *B. thuringiensis* แต่เมื่อนำมาแยกแล้วพบ *B. thuringiensis* ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าเกษตรกรได้มีการใช้ *B. thuringiensis* อยู่ก่อนแล้ว ซึ่งสปอร์ของ *B. thuringiensis* สามารถมีชีวิตได้ในดินประมาณ 100-200 วัน (Hansen *et al.*, 1996) Pedersen *et al.* (1995) พบว่าจำนวนสปอร์ของ *B. thuringiensis* บนผิวใบพืชจะมีครึ่งชีวิตเท่ากับ 16 ชั่วโมง ขณะที่บนผิวดินมีครึ่งชีวิตเท่ากับ 100 วัน รวมทั้ง *B. thuringiensis* มีการกระจายตัวอย่างกว้างขวางในหลายพื้นที่และสามารถพบได้ทั่วไปแม้กระทั่งทะเลทราย ชายหาด และที่ราบขนาดใหญ่ ที่มีอากาศหนาว (Matin and Travers, 1989)

ส่วนการแยกหาไส้เดือนฝอยพบว่าไส้เดือนฝอยในปริมาณที่น้อยอาจเนื่องมาจากสภาพทางนิเวศวิทยาของดินที่ไม่เหมาะสมต่อการมีชีวิตหรือการคงอยู่ของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง ซึ่งได้แก่ ลักษณะของดินหรือชนิดของดิน เนื่องจากดินที่ใช้ปลูกผักกาดหัวเป็นดินเหนียว ซึ่งไส้เดือนฝอยจะมีอัตราการอยู่รอดต่ำเมื่ออยู่ในดินเหนียว เนื่องจากมีขนาดช่องว่างในดินและปริมาณออกซิเจนน้อย (Kaya, 1990) และอาจเป็นเพราะมีการใช้สารเคมีในการควบคุมหนอนใยผัก ซึ่ง Head *et al.* (2000) ได้ทำการทดลองดูผลกระทบระหว่างไส้เดือนฝอย *Steinernema feltiae* กับสารเคมี 5 ชนิด ได้แก่ abamectin deltamethrin dimethoate heptenophos และ trichorfon การเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยลดลงเมื่อได้สัมผัสกับ abamectin deltamethrin และ heptenophos แต่ไม่มีผลต่อระดับการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยเมื่อสัมผัสกับสารที่ตกค้างบนใบพืช ซึ่งในแปลงปลูกนี้มีการใช้สารเคมี abamectin ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช อีกทั้งอาจมีปัจจัยต่างๆที่ทำให้ไส้เดือนฝอยเกิดการเคลื่อนย้ายได้ เช่น น้ำ ลม แมลงอาศัย ซึ่ง Kaya (1990) รายงานว่าไส้เดือนฝอย

*S. arpopocapsae* ถูกพัฒนาไปตามร่องน้ำได้ถึง 46 เซนติเมตร ภายใน 2 สัปดาห์หลังจากฝนตก จึงอาจทำให้มีแนวโน้มในการถูกพัฒนาไปได้ง่าย

เมื่อพิจารณาต้นทุนในการควบคุมด้วงหมัดผัก ประกอบด้วยต้นทุน 2 ส่วน คือ ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร ต้นทุนคงที่ประกอบด้วย ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าแรงถอนหญ้าและแยกต้น ค่าน้ำมันรดน้ำ ค่าปุ๋ยรองพื้น ค่าปูนขาว ค่ากากถั่ว ค่าปุ๋ยเคมี ค่าแรงทำดิน ไถดิน ปูฟาง และค่าเก็บเกี่ยว คิดเป็นเงิน 6,600 บาท (ตารางผนวกที่ 11) ส่วนต้นทุนผันแปรในแต่ละกรรมวิธีประกอบด้วย ค่าสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง ค่าแบคทีเรีย *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* (Btt) และค่าไล่เดือนฝอยศัตรูแมลง

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่า กรรมวิธีที่ใช้ Btt ฉีดพ่นเพียงอย่างเดียวมีต้นทุนต่ำสุด คิดเป็นเงิน 2,925 บาท รองลงมาได้แก่ กรรมวิธีฉีดพ่นสารเคมีร่วมกับใช้ไล่เดือนฝอยผสมกับ Btt คิดเป็นเงิน 6,575 บาท กรรมวิธีที่ใช้ไล่เดือนฝอยผสมกับ Btt คิดเป็นเงิน 7,087.50 บาท กรรมวิธีที่ใช้ไล่เดือนฝอยสลับกับ Btt คิดเป็นเงิน 7,550 บาท ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ใช้ไล่เดือนฝอยในการควบคุมด้วงหมัดผักมีต้นทุนการผลิตสูงคิดเป็นเงิน 11,250 บาท ทั้งนี้เนื่องมาจากราคาของไล่เดือนฝอยมีราคาสูงประมาณ 25 บาทต่อซอง (5 ล้านตัว) แต่หากเกษตรกรสามารถผลิตใช้เองจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง ซึ่งกระบวนการเพาะเลี้ยงได้ประดิษฐ์คิดค้น วัสดุอุปกรณ์ที่มีราคาถูกหาง่าย ได้แก่ ถังพลาสติกทนร้อนที่ใส่ขวดพลาสติกเป็นวงสปริงเพื่อให้ถังคงรูปร่างเป็นภาชนะบรรจุ ใช้อาหารเพาะเลี้ยงสูตรโปรตีนจากไข่ไก่หรือไข่เป็ดผสมน้ำมันหมูและน้ำ ในอัตราส่วน 5: 2: 3 นำไปคลุกกับขุยมะพร้าวหรือกากเส้นใยมะพร้าวที่ใช้เป็นวัสดุปลูกอาหารแทนการใช้ฟองน้ำสังเคราะห์ โดยใช้น้ำหนักอาหาร 30 กรัมต่อวัสดุปลูกอาหาร 10 กรัม บรรจุใส่ในภาชนะเพาะสวมคอขวดที่ปากถังและอุดจุกสำลี นำไปอบนึ่งฆ่าเชื้ออาหารด้วยหม้อนึ่งลูกทุ่งที่ได้รับความร้อนจากฟืนหรือแก๊ส อุณหภูมิประมาณ 90-100 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบนึ่ง 2 ชั่วโมง 30 นาที เมื่ออาหารเย็น ใส่หัวเชื้อไล่เดือนฝอยจำนวน 20,000±5,000 ตัวต่อถัง นำไปตั้งบ่มเพาะที่อุณหภูมิห้องปกติ (27-30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10-15 วัน ได้ผลผลิตไล่เดือนฝอยประมาณ 10-15 ล้านตัว ซึ่งคิดเป็นต้นทุนการผลิตเท่ากับ 4 บาทต่อถัง หรือเตรียมอาหาร 1 ลิตร ผลิตไล่เดือนฝอยได้ประมาณ 300-500 ล้านตัว ต้นทุนเท่ากับ 155 บาท (รวมค่าอาหาร วัสดุสิ้นเปลือง และแรงงาน) สามารถนำไปฉีดพ่นกำจัดแมลงได้ในพื้นที่ 0.5-1 ไร่ ขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนแมลงที่มีการระบาดในแต่ละพืช (นุชนารถ, 2547)

ส่วนรายได้จากการปลูกผักกาดหัว ขึ้นกับราคาตามสถานะของตลาดและเกรดของผักกาดหัว ได้แก่ ผักกาดหัวเกรด A ผักกาดหัวที่ไม่พบรอยการทำลายหรือพบเพียงเล็กน้อย และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหนึ่งนิ้วครึ่ง (ระดับความเสียหายระดับ 0 และ 1) ราคาอยู่ระหว่าง 5-6 บาทต่อกิโลกรัม เกรด B ผักกาดหัวที่พบรอยการทำลายเล็กน้อยหรือปานกลาง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหนึ่งนิ้วครึ่ง (ระดับความเสียหายระดับ 3) ราคาประมาณ 3 บาทต่อกิโลกรัม และเกรด C ราคาที่มีรอยการทำลายมากจนไม่สามารถขายได้ ทำการจำหน่ายแก่โรงงานอุตสาหกรรมเพื่อผลิตผักกาดดองเค็มและหวาน (ระดับความเสียหายระดับ 5 และ 7) ราคาประมาณ 1-2 บาทต่อกิโลกรัม

ในฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548 เมื่อเก็บเกี่ยวทั้งแปลงปลูก (0.5 ไร่) สามารถขายผักกาดหัวเกรด A ได้ 1,710 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 5 บาท คิดเป็นเงิน 8,550 บาท ผักกาดหัวเกรด B และ C 1,000 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 2 บาท คิดเป็นเงิน 2,000 บาท สาเหตุที่ขายได้ในราคา กิโลกรัมละ 2 บาทเนื่องจากคุณภาพผักกาดหัวของเกรด B และ C ไม่ตรงตามคุณภาพที่ตั้งไว้ เพราะผักกาดหัวรูปร่างไม่ตรง จึงเป็นเหตุให้ได้ราคาที่ต่ำกว่าปกติ (ตารางผนวกที่ 12)

จะเห็นว่าในฤดูปลูกที่ 1 กรรมวิธีที่ดีที่สุดในการควบคุมด้วงหมัดผักได้แก่กรรมวิธีที่ใช้ *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* เพียงอย่างเดียวซึ่งควบคุมด้วงหมัดผักได้ มีการทำลายเพียง 30.41 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น สัดส่วนคุณภาพหัวที่สามารถขายได้ในเกรด A B และ C คิดเป็น 30.39 30.37 และ 44.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำไปขายพบว่าขาดทุนทั้งนี้เนื่องจากมีต้นทุนสูง และตลาดที่รับซื้อไม่ใช่ตลาดที่รับซื้อผักปลอดสารพิษ จึงได้ราคาต่ำ ซึ่งควรหาตลาดรับซื้อผักปลอดภัยมารองรับ จะทำให้มีกำไรเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งการใช้จุลินทรีย์ในการควบคุมด้วงหมัดผักมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพของผู้ผลิตและผู้บริโภค

ตารางที่ 5 ต้นทุนการควบคุมด้วงหมัดผักในแต่ละกรรมวิธีที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน- เดือนสิงหาคม 2548

|                         | ต้นทุนการควบคุมด้วงหมัดผักในแต่ละกรรมวิธี (บาท/ 9 ครั้ง/น้ำ 100 ลิตร/ไร่) |                 |                 |                 |                 |                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                         | 1 <sup>1/</sup>                                                           | 2 <sup>2/</sup> | 3 <sup>3/</sup> | 4 <sup>4/</sup> | 5 <sup>5/</sup> | 6 <sup>6/</sup> |
| ต้นทุนผันแปร            |                                                                           |                 |                 |                 |                 |                 |
| ค่าเบคทีเรีย Btt        | 1,300.00                                                                  | 2,925.00        | 0.00            | 1,300.00        | 1,462.50        | 0.00            |
| ค่าไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง | 5,000.00                                                                  | 0.00            | 11,250.00       | 6,250.00        | 5,625.00        | 0.00            |
| ค่าสารเคมีป้องกันกำจัด  | 275.00                                                                    | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            |
| ด้วงหมัดผัก             |                                                                           |                 |                 |                 |                 |                 |
| รวม                     | 6,575.00                                                                  | 2,925.00        | 11,250.00       | 7,550.00        | 7,087.50        | 0.00            |

<sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับเบคทีเรียและไส้เดือนฝอย

<sup>2/</sup>กรรมวิธีที่ 2 ใช้เบคทีเรียอย่างเดียว

<sup>3/</sup>กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงอย่างเดียว

<sup>4/</sup>กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสลับกับการใช้เบคทีเรีย

<sup>5/</sup>กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงผสมกับการใช้เบคทีเรีย

<sup>6/</sup>กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ

<sup>7/</sup>ไม่ได้นำมาคิดค่าทางสถิติ

- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- ไส้เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5
- เบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มิลลิลิตร / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มิลลิลิตร/ น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

## 2. การปลูกผักกาดหัวในฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548

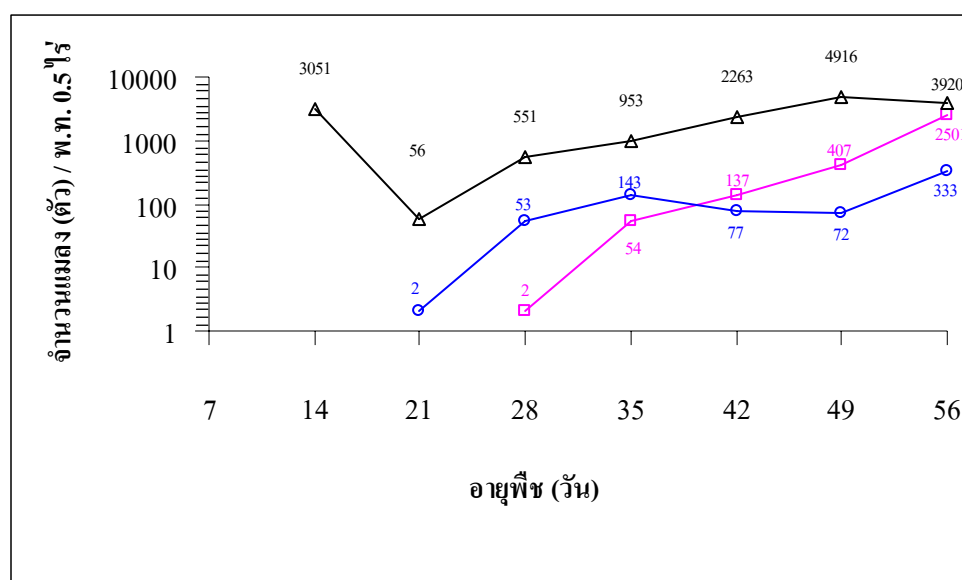
จากการเก็บตัวอย่างดินเพื่อสำรวจตัวอ่อนด้วงหมัดผักก่อนการเพาะปลูก ในฤดูปลูกที่ 2 (ตารางผนวกที่ 2) พบตัวอ่อนหนอนแมลงวันเจ็ล 0.38 ตัว/ แปลงย่อย (15 ตารางเมตร) และไม่พบตัวอ่อนด้วงหมัดผัก อาจเนื่องมาจากมีการไถดินและตากดินเป็นระยะเวลา 1 เดือนและแปลงปลูกฤดูปลูกที่ 2 เป็นแปลงปลูกคนละแปลงกับฤดูปลูกที่ 1 เนื่องจากแปลงปลูกเดิมมีการเปลี่ยนพืชปลูกไปปลูกผักชนิดอื่น

การนับชนิดและจำนวนของแมลงในแปลงปลูก (ภาพที่ 13 ) พบแมลงศัตรูสำคัญ 3 ชนิด ได้แก่ หนอนใยผัก ด้วงหมัดผักและหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*) พบแมลงศัตรูธรรมชาติ 1 ชนิดได้แก่ แตนเบียน (*Cotesia plutellae*) โดยหนอนใยผักพบมากเป็นอันดับ 1 ตลอดฤดูปลูกพบหนอนใยผัก 15,710 ตัว เมื่อพืชอายุ 14 วันพบหนอนระยะวัย 1-2 ประมาณ 3,051 ตัว พบหนอนใยผักน้อยที่สุดเมื่อพืชอายุ 21 วัน ทั้งนี้เนื่องมาจากมีการใช้สารเคมีและ *Bacillus thuringiensis* ในการควบคุมหนอนใยผัก โดยระยะแรกหนอนใยผักลงทำลายผักกาดหัวเป็นจำนวนมาก และพบหนอนใยผักมากที่สุดเมื่อพืชอายุ 49 วัน จำนวน 4,916 ตัว เนื่องจากช่วงที่พืชอายุประมาณ 42 วัน เป็นช่วงที่ผีเสื้อสามารถวางไข่ได้เป็นจำนวนมาก จึงทำให้พบหนอนใยผักในเวลาต่อมา เริ่มพบแตนเบียนเมื่อพืชอายุ 21 วัน และมีจำนวนเพิ่มขึ้นและลดลง แมลงศัตรูที่พบรองลงมาได้แก่ ด้วงหมัดผัก โดยตลอดฤดูปลูกพบตัวเต็มวัยด้วงหมัดผักประมาณ 3,101 ตัว โดยมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามลำดับการเจริญเติบโตของพืช และพบตัวเต็มวัยด้วงหมัดผักมากที่สุดเมื่อพืชอายุ 56 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่พืชใกล้เก็บเกี่ยว ส่วนแมลงศัตรูพืชที่พบน้อยที่สุดได้แก่ หนอนกระทู้ผัก ซึ่งตลอดฤดูปลูกพบจำนวน 8 ตัว

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูปลูกที่ 1 และฤดูปลูกที่ 2 พบว่ามีแมลงศัตรูสำคัญเหมือนกัน มีเพียงหนอนกระทู้ผักที่พบในฤดูปลูกที่ 2 และทั้งสองฤดูปลูกพบว่าหนอนใยผักเป็นแมลงศัตรูที่พบมากอันดับหนึ่ง ซึ่งทำความเสียหายโดยการกัดกินใบและเกิดเป็นรูพรุน โดยเฉพาะเมื่อลงทำลายกับผักกาดหัว อายุ 10-14 วัน ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต แต่เมื่อพืชมีการเจริญเติบโตมากขึ้นจะทำให้มีความเสียหายไม่มากนัก ในขณะที่ด้วงหมัดผักสำรวจพบในจำนวนที่น้อยกว่า แต่พบว่ามีผลกระทบต่อผลผลิตของผักกาดหัว เนื่องจากตัวอ่อนด้วงหมัดผักอาศัยอยู่ในดินและกัดกินทำลายรากหรือหัวของผักกาดหัว ทำให้หัวเป็นรอยและไม่สามารถขายได้ จึงจัดว่าเป็นแมลงศัตรูสำคัญเมื่อผักกาดหัวเริ่มลงหัว ในช่วงพืชอายุประมาณ 21-25 วันเป็นต้นไป แต่ในฤดูปลูกที่ 2 พบจำนวน



ตัวเต็มวัยด้วงหมัดผักจำนวนมากกว่าฤดูปลูกที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าเป็นช่วงแล้ง (ปลายฝน) ซึ่งด้วงหมัดผักจะแพร่ระบาดอย่างรุนแรง



- ด้วงหมัดผัก *Phyllotreta sinuata* Stephen
- △— หนอนใยผัก *Plutella xylostella* (Linnaeus)
- คักแค้แตนเบียนหนอนใยผัก *Cotesia plutella* (Kurdjumov)

**ภาพที่ 13** จำนวนและชนิดแมลงที่พบในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548 ตั้งแต่วันที่ 7 ถึงวันที่ 56 หลังปลูก จากพื้นที่ 0.5 ไร่

จากตารางที่ 6 เมื่อนำผักกาดหัวที่สุ่มเก็บในพื้นที่ 2 ตารางเมตร มาแบ่งตามระดับความเสียหาย พบว่า ความเสียหายระดับ 0 ไม่มีผักกาดหัวในทุกกรรมวิธี ความเสียหายระดับ 1 มีจำนวนผักกาดหัวระหว่าง 0.25-7.50 หัว โดยที่กรรมวิธีที่ 1 มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่นและพบจำนวนหัวมากที่สุด 7.50 หัว ส่วนกรรมวิธีที่ 6 พบน้อยที่สุด 0.25 หัว ความเสียหายระดับ 3 มีจำนวนผักกาดหัวระหว่าง 1.75-7.25 หัว ความเสียหายระดับ 5 มีจำนวนผักกาดหัวระหว่าง 5.25-7.25 หัว และความเสียหายระดับ 7 มีจำนวนผักกาดหัวระหว่าง 10.50-19.50 หัว โดยที่กรรมวิธีที่ 6 พบจำนวนหัวมากที่สุดและมีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การทำลายของด้วงหมัดผักพบว่ากรรมวิธีที่ 1 (กรรมวิธีที่ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย) มีเปอร์เซ็นต์การทำลายน้อยที่สุดคือ 62.21 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีที่ 2 (ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว) กรรมวิธีที่ 3 (ใช้ไส้เดือนฝอยอย่างเดียว) กรรมวิธีที่ 4 (ใช้ไส้เดือนฝอยสลับกับแบคทีเรีย) และกรรมวิธีที่ 5 (ใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับแบคทีเรีย) มีเปอร์เซ็นต์การทำลายของด้วงหมัดผักเป็น 69.90 73.50 75.81 และ 76.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ 6 (ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ) พบเปอร์เซ็นต์การทำลายมากที่สุดคือ 89.48 เปอร์เซ็นต์

จะเห็นว่าในฤดูปลูกที่ 2 ซึ่งเป็นฤดูที่มีด้วงหมัดผักระบาดมาก กรรมวิธีที่ใช้สารเคมีร่วมด้วยมีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงหมัดผักมากที่สุด แต่การทำลายของด้วงหมัดผักยังพบถึง 62.21 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสะสมของด้วงหมัดผักจากการปลูกครั้งก่อนหรือมีการอพยพจากแปลงข้างเคียง ตลอดจนเมื่อมีพืชอาหารมาก ด้วงหมัดผักก็มีจำนวนมากตาม รวมทั้งตัวเต็มวัยของด้วงหมัดผักสามารถมีชีวิตอยู่ได้นาน 30-60 วัน สามารถผสมพันธุ์ได้หลายครั้ง เพศเมียตัวหนึ่ง ๆ สามารถวางไข่ได้ 80-200 ฟอง จึงอาจทำให้ไม่สามารถควบคุมด้วงหมัดผักได้

เมื่อนำน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของผักกาดหัว (ตารางที่ 7) มาพิจารณาตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบลายทำลายพบว่า ระดับความเสียหายระดับ 1 มีน้ำหนักระหว่าง 0.10-0.52 กิโลกรัม โดยกรรมวิธีที่ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวน้อยที่สุด ระดับความเสียหายระดับ 3 มีน้ำหนักระหว่าง 0.35-0.47 กิโลกรัม ระดับความเสียหายระดับ 5 มีน้ำหนักระหว่าง 0.42-0.49 กิโลกรัม และระดับความเสียหายระดับ 7 มีน้ำหนักระหว่าง 0.37-0.51 กิโลกรัม จะเห็นว่ากรรมวิธีต่างๆ มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าจะเป็นระดับความเสียหายระดับ 7 ก็ตาม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าไม่มีการขึ้นไปรบกวน หรือเหยียบย่ำจนแปลงเหมือนอย่างฤดูปลูกที่ 1 จึงทำให้ผักกาดหัวลงหัวได้ดี

**ตารางที่ 6** จำนวนผักกาดหัวเมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบลาย  
(*Phyllotreta sinuata* Stephen) ทำลายที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว  
จังหวัดปทุมธานีในพื้นที่ 2 ตารางเมตร **ฤดูปลูกที่ 2** เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548

| กรรมวิธี        | จำนวนผักกาดหัวที่ระดับความเสียหายระดับต่างๆ <sup>8/,9/</sup> |         |         |       |         | % รากถูก <sup>8/</sup> |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|---------|---------|-------|---------|------------------------|
|                 | 0 <sup>7/</sup>                                              | 1       | 3       | 5     | 7       | ทำลาย                  |
| 1 <sup>1/</sup> | -                                                            | 7.50 c  | 5.00 a  | 7.00  | 10.50 b | 62.21 a                |
| 2 <sup>2/</sup> | -                                                            | 4.75 bc | 5.75 a  | 7.25  | 13.25 b | 69.90 ab               |
| 3 <sup>3/</sup> | -                                                            | 2.50 ab | 5.75 a  | 6.50  | 12.00 b | 73.50 b                |
| 4 <sup>4/</sup> | -                                                            | 2.25 ab | 6.00 a  | 5.25  | 14.75 b | 75.81 b                |
| 5 <sup>5/</sup> | -                                                            | 0.75 a  | 7.25 a  | 6.25  | 14.50 b | 76.74 b                |
| 6 <sup>6/</sup> | -                                                            | 0.25 a  | 1.75 b  | 6.25  | 19.50 a | 89.48 b                |
| F-test (R)      | -                                                            | 7.07 ** | 2.96 ns | <1    | <1      | 3.93 *                 |
| F-test (T)      | -                                                            | 6.45 ** | 4.00 *  | <1    | 5.47 ** | 9.76 **                |
| C.V. (%)        | -                                                            | 71.10   | 35.50   | 28.80 | 18.80   | 7.7%                   |

ns = not significant

\* = significant at 5% level

\*\* = significant at 1% level

<sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย <sup>2/</sup>กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว

<sup>3/</sup>กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอยอย่างเดียว <sup>4/</sup>กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอยสลับกับการใช้แบคทีเรีย

<sup>5/</sup>กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับการใช้แบคทีเรีย <sup>6/</sup>กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ

<sup>7/</sup>ไม่ได้นำมาคิดค่าทางสถิติ <sup>8/</sup>ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกัน

ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ทดสอบโดยใช้ DMRT) <sup>9/</sup> ความเสียหายระดับ 0 = ไม่พบ

การทำลาย ความเสียหายระดับ 1 = พบการทำลาย 1-10 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 3 = พบการทำลาย 11-25 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 5 = พบการทำลาย 26-50 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 7 = พบการทำลายมากกว่า 50 % ของพื้นที่ผิวหรือไม่เกิดหัว

- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

- ไส้เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ของ) / น้ำ 4 ลิตร  
ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1ของ) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

- แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มิลลิลิตร / น้ำ 20 ลิตร ใน  
กรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มิลลิลิตร / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

**ตารางที่ 7** น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของผักกาดหัว เมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วง  
หมัดผักแถบลาย (*Phyllotreta sinuata* Stephen) ทำลายที่แปลงปลูกผักกาดหัว  
อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร **ฤดูปลูกที่ 2** เดือนตุลาคม-  
เดือนธันวาคม 2548

| กรรมวิธี        | น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของผักกาดหัว (กิโลกรัม) ที่ระดับความเสียหายระดับต่างๆ <sup>8/, 9/</sup> |         |         |         |         |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                 | 0 <sup>7/</sup>                                                                            | 1       | 3       | 5       | 7       |
| 1 <sup>1/</sup> | 0                                                                                          | 0.52 b  | 0.45    | 0.46 ab | 0.48 cd |
| 2 <sup>2/</sup> | 0                                                                                          | 0.35 ab | 0.45    | 0.44 ab | 0.40 ab |
| 3 <sup>3/</sup> | 0                                                                                          | 0.42 b  | 0.46    | 0.42 a  | 0.51 d  |
| 4 <sup>4/</sup> | 0                                                                                          | 0.42 b  | 0.47    | 0.47 b  | 0.47 cd |
| 5 <sup>5/</sup> | 0                                                                                          | 0.24 ab | 0.47    | 0.48 b  | 0.37 a  |
| 6 <sup>6/</sup> | 0                                                                                          | 0.10 a  | 0.35    | 0.49 b  | 0.44 bc |
| F-test (R)      | -                                                                                          | 6.47 ** | 1.94 ns | 3.70 *  | 4.08 *  |
| F-test (T)      | -                                                                                          | 3.07 *  | <1      | 2.55 ns | 7.40 ** |
| C.V. (%)        | -                                                                                          | 50.4    | 21.9    | 7.0     | 8.3     |

ns = not significant      \* = significant at 5% level      \*\* = significant at 1% level

<sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย    <sup>2/</sup>กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว

<sup>3/</sup>กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอยอย่างเดียว    <sup>4/</sup>กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอยสลับกับการใช้แบคทีเรีย

<sup>5/</sup>กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับการใช้แบคทีเรีย    <sup>6/</sup>กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ

<sup>7/</sup>ไม่ได้นำมาคิดค่าทางสถิติ    <sup>8/</sup>ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกัน

ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ทดสอบโดยใช้ DMRT)    <sup>9/</sup> ความเสียหายระดับ 0 = ไม่พบ

การทำลาย ความเสียหายระดับ 1 = พบการทำลาย 1-10 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 3 = พบการทำลาย 11-25 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 5 = พบการทำลาย 26-50 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 7 = พบการทำลายมากกว่า 50 % ของพื้นที่ผิวหรือไม่เกิดหัว

- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

- ไส้เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ของ) / น้ำ 4 ลิตร  
ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1ของ) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

- แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มิลลิลิตร / น้ำ 20 ลิตร ใน  
กรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มิลลิลิตร / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

จากการนับจำนวนผักกาดหัวที่ขายได้ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร (ตารางที่ 8) โดยทุกกรรมวิธีไม่มีผักกาดหัวในเกรด A ส่วนกรรมวิธีที่ 1 มีเกรด B 7.50 หัว เกรด C 22.50 หัว สัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัว เกรด B และ C เป็น 25.31 และ 74.69 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 2 มีเกรด B 4.75 หัว เกรด C 26.25 หัว สัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัว แบ่งเป็นเกรด B 14.86 เปอร์เซนต์ และเกรด C 85.14 เปอร์เซนต์ กรรมวิธีที่ 3 มีเกรด B 2.50 หัว เกรด C 24.25 หัว สัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัว เกรด B และ C เป็น 8.50 และ 91.50 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 4 มีเกรด B 2.25 หัว เกรด C 26 หัว สัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัวคือ เกรด B 8.09 เปอร์เซนต์ เกรด C 91.91 เปอร์เซนต์ กรรมวิธีที่ 5 มีเกรด B 0.75 หัว เกรด C 28 หัว สัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัว เกรด B และ C เป็น 2.22 และ 97.76 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และกรรมวิธีที่ 6 มีเกรด B 0.25 หัว เกรด C 27.50 หัว สัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัวเกรด B และ C เป็น 0.83 และ 99.17 เปอร์เซนต์

เห็นได้ว่าทุกกรรมวิธีไม่มีผักกาดหัวที่มีคุณภาพในระดับเกรด A และกรรมวิธีที่ 1 ที่ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย สามารถขายผักกาดหัว เกรด B มากที่สุดคือ 7.50 หัว ส่วนกรรมวิธีที่ 2-5 มีจำนวนผักกาดหัวที่สามารถขายได้ใกล้เคียงกัน แต่กรรมวิธีที่ 6 กรรมวิธีที่ไม่มีการฉีดพ่นสารใด ๆ พบว่าแทบจะไม่มีผักกาดหัวที่สามารถขายได้เลยและเมื่อแบ่งเกรดแล้วพบว่าเป็นเกรด C ถึง 99.17 เปอร์เซนต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าถึงแม้ว่าการใช้จุลินทรีย์ในการควบคุมด้วงหมัดผักจะมีประสิทธิภาพน้อยแต่เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ฉีดพ่นสารใดเลยพบว่ามีประสิทธิภาพที่ดีกว่า

**ตารางที่ 8** ปริมาณและคุณภาพผลผลิตของผักกาดหัวที่ถูกทำลายโดยหนอนด้วงหมัดผักที่แปลงปลูก อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัด ปทุมธานี ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม- เดือนธันวาคม 2548

| กรรมวิธี        | หัวผักกาดถูกทำลาย <sup>8</sup><br>(%) | จำนวนผักกาดหัวในเกรดต่างๆ <sup>8/9/</sup> |         |       | น.น. ผลผลิตในเกรดต่างๆ <sup>8/9/</sup> |          |        | สัดส่วนของคุณภาพผักกาดหัว (%) <sup>8/9/</sup> |         |          |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|---------|-------|----------------------------------------|----------|--------|-----------------------------------------------|---------|----------|
|                 |                                       | A <sup>7/</sup>                           | B       | C     | A <sup>7/</sup>                        | B        | C      | A <sup>7/</sup>                               | B       | C        |
| 1 <sup>1/</sup> | 62.21 a                               | 0                                         | 7.50 c  | 22.50 | 0                                      | 3.875 c  | 10.475 | 0                                             | 25.31 c | 74.69 a  |
| 2 <sup>2/</sup> | 69.90 ab                              | 0                                         | 4.75 bc | 26.25 | 0                                      | 2.225 b  | 11.050 | 0                                             | 14.86 b | 85.14 b  |
| 3 <sup>3/</sup> | 73.50 b                               | 0                                         | 2.5 ab  | 24.25 | 0                                      | 1.40 ab  | 11.45  | 0                                             | 8.50 ab | 91.50 bc |
| 4 <sup>4/</sup> | 75.81 b                               | 0                                         | 2.25 ab | 26.00 | 0                                      | 1.225 ab | 12.075 | 0                                             | 8.09 ab | 91.91 bc |
| 5 <sup>5/</sup> | 76.74 b                               | 0                                         | 0.75 a  | 28.00 | 0                                      | 0.0375 a | 11.775 | 0                                             | 2.22 a  | 97.76 c  |
| 6 <sup>6/</sup> | 89.48 b                               | 0                                         | 0.25 a  | 27.50 | 0                                      | 0.10 a   | 12.40  | 0                                             | 0.83 a  | 99.17 c  |
| F-test (R)      | 3.93 *                                | -                                         | 7.07 ** | <1    | -                                      | 6.66 **  | <1     | -                                             | 7.75 ** | 7.75 **  |
| F-test (T)      | 9.76 **                               | -                                         | 6.45 ** | <1    | -                                      | 6.38 **  | <1     | -                                             | 6.93 ** | 6.93 **  |
| C.V. (%)        | 7.70                                  | -                                         | 71.10   | 16.10 | -                                      | 71.00    | 16.30  | -                                             | 68.90   | 7.60     |

ns = not significant \* = significant at 5% level \*\* = significant at 1% level <sup>1/</sup>ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย <sup>2/</sup>ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว <sup>3/</sup>ใช้ไส้เดือนฝอยอย่างเดียว <sup>4/</sup>ใช้ไส้เดือนฝอยสลับกับการใช้แบคทีเรีย <sup>5/</sup>ใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับการใช้แบคทีเรีย <sup>6/</sup>ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ <sup>7/</sup>ไม่ได้นำมาคิดค่าทางสถิติ <sup>8/</sup>ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ทดสอบโดยใช้ DMRT) <sup>9/</sup>เกรด A ไม่พบความเสียหายและความเสียหายเล็กน้อย เกรด B พบความเสียหายเล็กน้อยถึงปานกลาง เกรด C ผักกาดหัวมีรอยถูกทำลายมากจนขายไม่ได้ สารเคมีคือคาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 ลิตร/น้ำ 20 ลิตร ไส้เดือนฝอยชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ของ) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1ของ) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5 แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มิลลิลิตร./น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

จากการนำตัวอย่างดินมาแยกหา *B. thuringiensis* และไส้เดือนฝอยในห้องปฏิบัติการพบว่าตัวอย่างดินที่เก็บจากฤดูปลูกที่ 2 พบ *B. thuringiensis* ในตัวอย่างดิน 18 ตัวอย่าง จำนวน 28 โคโลนี ตัวอย่างดินที่ไม่พบ *B. thuringiensis* ได้แก่ตัวอย่างดินที่เก็บจากแปลงที่ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย ( $T_1R_1$ ) แปลงที่ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ ( $T_6R_1$ ) และแปลงที่ใช้ไส้เดือนฝอยสลับกับการใช้แบคทีเรีย ( $T_4R_2$ ) ส่วนการแยกหาไส้เดือนฝอยจากดินโดยนำหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 3-4 ไส้ในกล่องดิน กล่องละ 1-2 ตัว พบว่ามีจำนวนหนอนตาย 13 ตัว โดยส่วนใหญ่จะพบในตัวอย่างดินจากแปลงที่มีการใช้ไส้เดือนฝอย และพบว่าหนอนที่ตายนั้นเป็นหนอนที่ตายด้วยไส้เดือนฝอยจริง สังเกตจากน้ำที่มีลักษณะขุ่น เพราะไส้เดือนฝอยออกจากตัวแมลงไปอยู่ในน้ำ

ตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่า กรรมวิธีที่ใช้ Bt ฉีดพ่นเพียงอย่างเดียวมีต้นทุนต่ำสุด คิดเป็นเงิน 2,925 บาท รองลงมาได้แก่ กรรมวิธีฉีดพ่นสารเคมีร่วมกับใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับ Bt คิดเป็นเงิน 6,062.50 บาท กรรมวิธีที่ใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับ Bt คิดเป็นเงิน 7,087.50 บาท กรรมวิธีที่ใช้ไส้เดือนฝอยสลับกับ Bt คิดเป็นเงิน 7,550 บาท ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ใช้ไส้เดือนฝอยในการควบคุมด้วงหมัดผักมีต้นทุนการผลิตสูงคิดเป็นเงิน 11,250 บาท ทั้งนี้เนื่องมาจากราคาของไส้เดือนฝอยมีราคาสูงประมาณ 25 บาทต่อซอง (5 ล้านตัว) แต่หากเกษตรกรสามารถผลิตใช้เองจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง

ส่วนรายได้จากการปลูกผักกาดหัว ในฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548 พบว่าขายผักกาดหัวเกรด B ได้ 1,000 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 3 บาท คิดเป็น เงิน 3,000 บาท ผักกาดหัวเกรด C เท่ากับ 1,700 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 1 บาท คิดเป็นเงิน 1,700 บาท (ภาคผนวกที่ 12)

ฤดูปลูกที่ 2 กรรมวิธีที่ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย มีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงหมัดผักมากที่สุด แต่การทำลายของด้วงหมัดผักยังพบถึง 62.21 % จำนวนผักกาดหัวที่สามารถขายได้เฉลี่ยเกรด B 9.97 และเกรด C 90.03 % ตามลำดับ เมื่อนำไปขายพบว่าขาดทุน ทั้งนี้เนื่องจากมีต้นทุนสูง

ตารางที่ 9 ต้นทุนการควบคุมด้วงหมัดผักในแต่ละกรรมวิธีที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม - เดือนธันวาคม 2548

|                        | ต้นทุนการควบคุมด้วงหมัดผักในแต่ละกรรมวิธี (บาท/ 9 ครั้ง/น้ำ 100 ลิตร/ไร่) |                 |                 |                 |                 |                 |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                        | 1 <sup>1/</sup>                                                           | 2 <sup>2/</sup> | 3 <sup>3/</sup> | 4 <sup>4/</sup> | 5 <sup>5/</sup> | 6 <sup>6/</sup> |
| <b>ต้นทุนผันแปร</b>    |                                                                           |                 |                 |                 |                 |                 |
| ค่าแบคทีเรีย Btt       | 1,137.50                                                                  | 2,925.00        | 0.00            | 1,300.00        | 1,462.50        | 0.00            |
| ค่าไล่เดือนฝอยศัตรู    | 4,375.00                                                                  | 0.00            | 11,250.00       | 6,250.00        | 5,625.00        | 0.00            |
| <b>แมลง</b>            |                                                                           |                 |                 |                 |                 |                 |
| ค่าสารเคมีป้องกันกำจัด | 550.00                                                                    | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            |
| ด้วงหมัดผัก            |                                                                           |                 |                 |                 |                 |                 |
| รวม                    | 6,062.50                                                                  | 2,925.00        | 11,250.00       | 7,550.00        | 7,087.50        | 0.00            |

<sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไล่เดือนฝอย

<sup>2/</sup>กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว

<sup>3/</sup>กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไล่เดือนฝอยศัตรูแมลงอย่างเดียว

<sup>4/</sup>กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไล่เดือนฝอยศัตรูแมลงสลับกับการใช้แบคทีเรีย

<sup>5/</sup>กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไล่เดือนฝอยศัตรูแมลงผสมกับการใช้แบคทีเรีย

<sup>6/</sup>กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ

<sup>7/</sup> ไม่ได้นำมาคิดค่าทางสถิติ

- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- ไล่เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5
- แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มล. /น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มล. / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5



จากการปลูกผักกาดหัวที่อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ทั้ง 2 ฤดูปลูก โดยฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548 (ช่วงฤดูฝน) ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548 (ช่วงปลายฝนและเข้าหน้าหนาว) พบว่าการใช้แบคทีเรีย *B.thuringiensis* subsp. *tenebrionis* และไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทย ไม่ว่าจะเป็นการใช้เพียงอย่างเดียว ผสมกัน สลับกัน หรือใช้ร่วมกับสารเคมี มีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงหมัดผักใกล้เคียงกัน แต่ให้ผลผลิตดีกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการฉีดพ่นสารใด ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนด้วงหมัดผักที่ระบาด ในฤดูปลูกที่ 1 ด้วงหมัดผักระบาดน้อย เป็นเพราะด้วงหมัดผักไม่ชอบความชื้น อาจทำให้ ไข่หรือดักแด้โดนเชื้อราในดินทำลาย ดังนั้นในฤดูปลูกที่ 1 การใช้ *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* เพียงอย่างเดียวจึงสามารถควบคุมด้วงหมัดผักได้ซึ่งมีการทำลายเพียง 30.41 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น แต่ในฤดูปลูกที่ 2 พบว่าด้วงหมัดผักระบาดมาก ทั้งนี้เพราะความชื้นในดินลดลง ซึ่งเหมาะในการขยายพันธุ์ รวมทั้งมีพืชอาหาร ทำให้ด้วงหมัดผักระบาดอย่างรวดเร็ว สิ่งที่ตามมาพบว่าทำให้ผลผลิตเสียหาย เนื่องจากไม่สามารถควบคุมด้วงหมัดผักได้ ในฤดูปลูกที่ 2 กรรมวิธีที่ใช้สารเคมีร่วมด้วยจึงมีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงหมัดผักมากที่สุด แต่การทำลายของด้วงหมัดผักยังพบถึง 62.21 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้มีระยะเวลาในการฉีดทุก 7 วัน หรือมีการฉีดพ่นสารเคมีเมื่อพบตัวเต็มวัยจำนวนมาก (5 ตัว/ต้น) ซึ่งบางครั้งอาจซ้ำเกินไปเพราะมีการทำลายผลผลิตไปแล้ว ซึ่งโดยปกติเกษตรกรจะมีการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักบ่อยโดยมีการฉีดพ่นทุกครั้งที่พบตัวเต็มวัยบนแปลงปลูก เพราะถ้าพบตัวเต็มวัยแสดงว่ามีการระบาดแล้ว ถ้าพบตัวเต็มวัยมากจนเท่าใดแสดงว่ามีการระบาดมากเท่านั้น เนื่องจากไม่สามารถประเมินความเสียหายที่อยู่ใต้ดินได้ จึงทำให้ต้องฉีดพ่นบ่อยครั้ง หนักร้อน (แล้ง) พบว่ามีการฉีดพ่นด้วงหมัดผักประมาณ 10-12 ครั้ง/1 ฤดูปลูก โดยฉีดพ่นทุก 6 วัน หรือถ้าหากพบว่าการระบาดของด้วงหมัดผักมากอาจต้องฉีดพ่นทุก 3 วัน จนกระทั่งตัวเต็มวัยปริมาณลดลง ทุกครั้งที่ฉีดพ่นจะผสมสารเคมีถึง 3 ชนิด ด้วยกัน ได้แก่ Fipronil อัตรา 240 มิลลิลิตร/น้ำ 100 ลิตร/ไร่ Dichotophos อัตรา 500 มิลลิลิตร/น้ำ 100 ลิตร/ไร่ และ Methamidophos อัตรา 240 มิลลิลิตร/น้ำ 100 ลิตร/ไร่ ซึ่งทำให้ในการฉีดพ่นแต่ละครั้งมีค่าต้นทุนประมาณ 600 บาท/ไร่ ทุกครั้งที่ฉีดพ่นจะฉีดพ่นตอนบ่าย และรดน้ำให้ชุ่ม เพื่อให้ยาซึมไปตามรากพืช ส่วนในฤดูฝนมีการควบคุมด้วงหมัดผักง่ายเนื่องจากด้วงหมัดผักแถบเลยมีการระบาดน้อย จะทำการฉีดพ่นสารเคมีเพียง 6-7 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของด้วงหมัดผักด้วย ซึ่งจะทำให้ต้นทุนลดลงตามไปด้วย โดยทั่วไปแล้วเมื่อเก็บผลผลิตพบว่าแบ่งผักกาดหัวผักกาดหัวเกรด A ได้ 3000 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 6 บาท คิดเป็นเงิน 18,000 บาท ส่วนผักเกรด B-C กิโลกรัม กิโลกรัมละ 1 บาท คิดเป็นเงิน 500 บาท ซึ่งบางครั้งเกษตรกรได้กำไร บางครั้งขาดทุน ขึ้นอยู่กับผลผลิตที่ได้ราคาผลผลิตในขณะนั้น

การทดลองครั้งนี้พบว่า การใช้ *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* เพียงอย่างเดียว สามารถควบคุมด้วงหมัดผักได้ ดังจะเห็นในฤดูปลูกที่ 1 ซึ่งให้ประสิทธิภาพดีที่สุด และสอดคล้องกับการทดลองของ Wraight and Ramos (2005) ที่ได้ทำการทดลองใช้เชื้อราขาว *Beauveria bassiana* (Mycotrol®) และแบคทีเรีย *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* (Novodor®) ทั้งใช้เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกันในการควบคุมด้วง Colorado potato beetle (*Leptiotarsa decemlineata*) พบว่า เชื้อราอัตรา 1.25 และ  $2.5 \times 10^{13}$  conidia/ha และ *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 40.3 และ  $120.8 \times 10^6$  Leptiotarsa units/ha หลังจากฉีดพ่น 2 สัปดาห์ พบว่าสามารถควบคุมด้วงได้ 50-85 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใช้จุลินทรีย์สองชนิดร่วมกันสามารถควบคุมด้วงได้มากกว่า 6-35 เปอร์เซ็นต์

ส่วนกรรมวิธีการใช้ไส้เดือนฝอยเพียงอย่างเดียว ให้ผลสอดคล้องกับวัชรและคณะ (2534) ได้มีการนำไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *S. carpocapsae* ควบคุมด้วงหมัดผักในผักกาดหัว อัตราการใช้คือ  $2 \times 10^6$  และ  $4 \times 10^6$  ตัว/10 ตารางเมตร พ่นหรือราดลงดินในแปลงปลูกผักกาดหัวทุก 10 วันหลังเพาะปลูก สามารถลดปริมาณการทำลายของตัวอ่อนด้วงหมัดผักได้ ซึ่งเป็นหัวสมบูรณ์ถึง 33-57 % และผักกาดหัวที่มีรอยทำลายเล็กน้อย 35-55 %

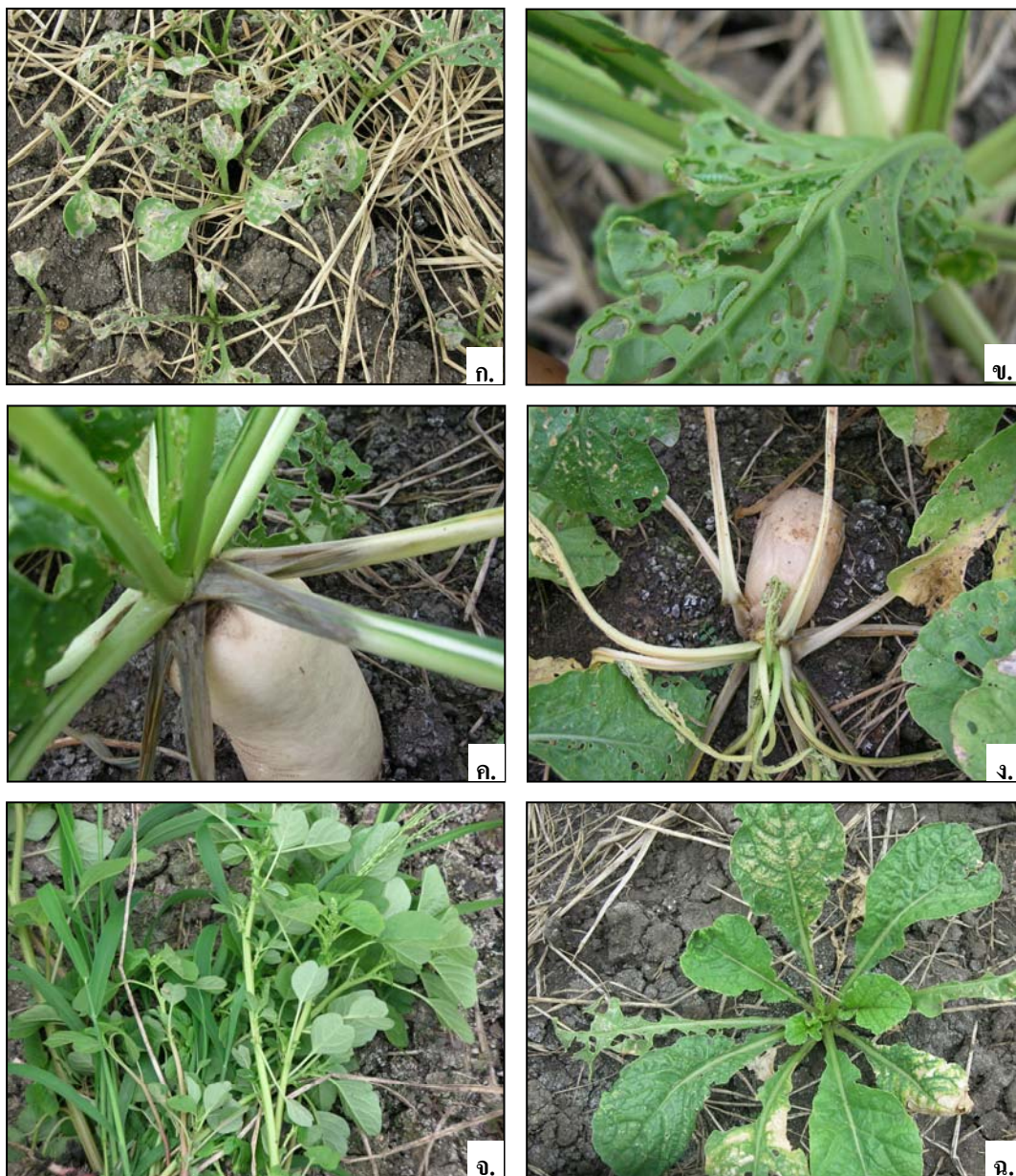
การใช้ไส้เดือนฝอยสลับกับการใช้ *B. thuringiensis* และการใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับการใช้ *B. thuringiensis* พบว่าทั้ง 2 ฤดูปลูกให้ผลใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Koppenhöfer and Kaya (1997) ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยการใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง และ *B. thuringiensis* subsp. *japonensis* ในการควบคุมหนอนด้วงสคาแรบ (*Cyclocephala hirta* และ *C. pasadenae*) ในระยะวัยที่ 3 ซึ่งจะได้ผลดีเมื่อมีการใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Heterorhabditis bacteriophora* หรือ *Steinernema glaseri* อย่างน้อย 7 วันหลังจากฉีดพ่นด้วย *B. thuringiensis* subsp. *japonensis* ต่อมา Koppenhöfer et al. (1999) ได้ทำการทดลองในแปลงโดยการใช้อำนาจผสมผสานไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงร่วมกับ *B. thuringiensis* subsp. *japonensis* ในการควบคุมหนอนด้วงสคาแรบพบว่าสามารถใช้ร่วมกันได้และควบคุมหนอนด้วงสคาแรบได้ดี ส่วน Yi and Ehlers (2006) ได้นำไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และ *B. thuringiensis* มาควบคุมหนอนใยผัก พบว่าการนำมาผสมกันไม่ส่งผลให้หนอนใยผักตายมากขึ้น แต่สามารถนำมาใช้สลับกันเพื่อป้องกันหนอนใยผักด้านทานต่อ *B. thuringiensis* ได้

ส่วนกรรมวิธีที่ใช้สารเคมีร่วมด้วยมีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงหมัดผักได้ดี โดยเฉพาะเมื่อมีการระบาดของด้วงหมัดผัก ซึ่งเห็นได้ชัดในฤดูปลูกที่ 2 ที่พบว่ามีกระบาดของ

ด้วงหมัดผักสูงมาก และเมื่อมีการใช้สารเคมีร่วมด้วยจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงหมัดผักมากที่สุด แต่การทำลายของด้วงหมัดผักยังพบถึง 62.21 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงอาจต้องมีการใช้สารเคมีมาใช้ในการควบคุมด้วงหมัดผัก ซึ่งวิภาดาและคณะ (2546) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงหมัดผัก พบว่า สารฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพดีในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักคือ fipronil อัตรา 30 และ 40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร หลังพ่นสารครั้งที่ 1-4 พบเปอร์เซ็นต์ด้วงที่ใบยอดถูกทำลาย 13.33-33.33 และ 3.33-23.33 % ตามลำดับ รองลงมา คือ profenofos อัตรา 40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร โดยหลังพ่นสารครั้งที่ 2-4 พบเปอร์เซ็นต์ด้วงที่ใบยอดถูกทำลายระหว่าง 41.67- 53.33 %

ด้านความปลอดภัยพบว่าการใช้ไส้เดือนฝอยและบีทีที่มีพิษตกค้าง มีความปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตต่างๆ รวมทั้งสัตว์เลื้อยคลาน มีความปลอดภัยต่อพืชรวมถึงผู้ใช้ อีกทั้งยังไม่เคยมีรายงานพบว่าแมลงสามารถสร้างความต้านทาน ต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย

จากการปลูกผักกาดหัวทั้ง 2 ฤดูปลูกพบว่าปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ได้แก่ การระบาดของหนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) ซึ่งระบาดและทำความเสียหายอย่างมากเมื่อพืชอายุ 7-14 วัน จึงทำให้ต้องมีการใช้สารเคมีในการควบคุมหนอนใยผักจำนวนหลายครั้งซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต ปัญหาที่พบต่อมาคือผักกาดหัวมีอาการเน่า และ ทั้งนี้เป็นเพราะการเพาะปลูกทั้ง 2 ฤดูปลูก ทำการปลูกในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเน่า ทำให้ต้องมีการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช ปัญหาที่พบอีกอย่างได้แก่ วัชพืชที่พบในแปลงปลูกได้แก่ ผักโขม หญ้าโขย่ง และหญ้าตีนกา ที่ขึ้นในขณะที่ผักกาดหัวเริ่มลงหัว ทำให้มีการกำจัดยากขึ้น เนื่องจากต้องขึ้นไปบนแปลงปลูกเพื่อถอนวัชพืชตั้งแต่หากขึ้นบนแปลงปลูกบ่อยๆ อาจทำให้ผักกาดหัวลงหัวไม่ดี อาจทำให้ผักกาดหัวมีรูปร่างบิดเบี้ยวได้ ปัญหาสุดท้ายที่พบได้แก่ใบผักกาดหัวไหม้ เนื่องจากการฉีดพ่นสารเคมีในขณะที่มีอากาศร้อน (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 ปัญหาและอุปสรรคที่พบในแปลงปลูก

ก.- ข. ลักษณะการทำลายของหนอนใยผัก *Plutella xylostella* (Linnaeus)

ค.- ง. ลักษณะอาการหัวเน่าที่เกิดจากดินขึ้น

จ. วัชพืชที่พบในแปลงปลูก

ฉ. ลักษณะใบไหม้ที่เกิดจากการฉีดสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

ผลการสำรวจชนิดและจำนวนของแมลงในแปลงปลูก พบว่า ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548 และฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548 พบแมลงศัตรูสำคัญ 2 ชนิด ได้แก่ หนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) และด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata*) นอกจากนี้ยังพบแตนเบียนหนอน *Cotesia plutellae* ซึ่งเป็นศัตรูธรรมชาติของหนอนใยผัก

การใช้ *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* และไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทย *Steinernema siamkayai* KB strain ไม่ว่าจะเป็นการใช้เพียงอย่างเดียว ผสมกัน หรือใช้สลับกัน มีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงหมัดผักใกล้เคียงกัน ในฤดูปลูกที่ 1 การใช้ *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* เพียงอย่างเดียวก็สามารถควบคุมด้วงหมัดผักได้ซึ่งมีการทำลายเพียง 30.41 % เท่านั้น ส่วนคุณภาพหั่วที่สามารถขายได้ในเกรด A B และ C คิดเป็น 30.39 30.37 และ 44.42 % ตามลำดับ ส่วนในฤดูปลูกที่ 2 กรรมวิธีที่ใช้สารเคมีร่วมด้วยมีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงหมัดผักมากที่สุด แต่การทำลายของด้วงหมัดผักยังพบถึง 62.21 % จำนวนรากที่สามารถขายได้เฉลี่ยเกรด B 9.97 และเกรด C 90.03 %

ความอยู่รอดของ *Bacillus thuringiensis* และไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema siamkayai* KB strain ในดิน พบว่าตัวอย่างดินที่เก็บจากฤดูปลูกที่ 1 พบ *B. thuringiensis* ในตัวอย่างดิน 22 ตัวอย่าง จำนวน 56 โคโลนี ส่วนการแยกหาไส้เดือนฝอยจากดิน พบว่ามีจำนวนหนอนตาย 16 ตัว โดยส่วนใหญ่จะพบในตัวอย่างดินจากแปลงที่มีการใช้ไส้เดือนฝอย ส่วนตัวอย่างดินที่เก็บจากฤดูปลูกที่ 2 พบ *B. thuringiensis* ในตัวอย่างดิน 18 ตัวอย่าง จำนวน 28 โคโลนี การแยกหาไส้เดือนฝอยพบว่ามีจำนวนหนอนตาย 13 ตัว

การนำจุลินทรีย์และสารเคมีไปใช้ในการควบคุมด้วงหมัดผัก พบว่า กรรมวิธีที่ใช้ *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* นีดพ่นเพียงอย่างเดียวมีต้นทุนต่ำสุด รองลงมาได้แก่กรรมวิธีที่ใช้ไส้เดือนฝอยสลับกับ *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* กรรมวิธีนีดพ่นสารเคมีและใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับ *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* กรรมวิธีที่ใช้ไส้เดือนฝอยผสมกับ *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ใช้ไส้เดือนฝอยในการควบคุมด้วง

หมัดผักมีต้นทุนการผลิตสูงทั้งนี้เนื่องมาจากราคาของไส้เดือนฝอยมีราคาสูง แต่หากมีการผลิตเองได้จะทำให้ต้นทุนต่ำลง

### ข้อเสนอแนะ

1. การใช้ *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* หรือไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema* *Steinernema siamkayai* KB strain เพียงอย่างเดียวในการควบคุมด้วงหมัดผักในแหล่งที่มีการระบาดมาก ควรมีการเพิ่มความเข้มข้นและฉีดพ่นถี่ขึ้น เช่น 3 วัน/ครั้ง เนื่องจากการใช้จุลินทรีย์ต้องมีการใช้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ
2. หากพบว่าด้วงหมัดผักมีการระบาดมากอาจใช้สารเคมีเข้ามาช่วยในการลดการระบาดของด้วงหมัดผัก เช่น fipronil (Ascend 5% SC) หรือ carbaryl (Sevin 85% WP)
3. ควรมีระดับเศรษฐกิจของด้วงหมัดผักที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์เพื่อเป็นการช่วยตัดสินใจในการฉีดพ่นสารเคมี เช่น หากพบด้วงหมัดผัก 1 ตัว/ต้น ควรมีการฉีดพ่นสารเคมีทันที
4. ทำการกำจัดวัชพืชในแปลงหรือบริเวณร่องผัก เพราะด้วงหมัดผักอาศัยเป็นแหล่งกำเนิดและเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณอยู่ตลอดเวลา และรวมทั้งการกำจัดดินพืชที่เก็บเกี่ยวไม่หมดออกไป
5. มีการไถ พรวน หรือตากดินหลังไถ จะช่วยทำลายตัวอ่อนและดักแด้ที่อยู่ในดินได้
6. มีการปลูกพืชชนิดอื่นที่ไม่ใช่พืชอาหารของด้วงหมัดผัก เพื่อเป็นการตัดวงจรของด้วงหมัดผัก หรือหยุดปลูกพืชชั่วคราวเพื่อเป็นการลดประชากรด้วงหมัดผัก

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมล เลิศรัตน์. 2532. เทคนิคการผสมพันธุ์ผัก. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

กรมวิชาการเกษตร. 2545ก. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับกวางตุ้งและคะน้า. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2545ข. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับกระเจี๊ยบเขียว. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

กองกัญและสัตววิทยา. 2542. เอกสารวิชาการแมลงศัตรูผัก. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2547. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2547. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพฯ.

จริยา จันทรไพแสง, พัฒนา ศรีฟ้า และปทุมพร นิมนเณก. 2544. การควบคุมหนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) ด้วย *Bacillus thuringiensis* สายพันธุ์ไทย, น. 179-184. ใน การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ อารักขาพืช: ผลิตอาหารเพื่อประชากรโลก ภาคบรรยาย ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_, ยุพา มงคลสุข, สุทธิพันธุ์ แก้วสมพงษ์ และประสิทธิ์ ดีวัฒนวงศ์. 2547. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้แบคทีเรียบีทีจากงานวิจัยสู่เกษตรกร. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

จินตนา สานามชัยกุล. 2542. ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียและไส้เดือนฝอยที่มีต่อหนอนคืบคูนในห่อปฏิบัติการและในสวนมะขามหวาน.

ไฉน ยอดเพชร. 2542. พืชผักในตระกูล crucifer. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์สินคอร์น, กรุงเทพฯ.

ณรรฐพล วลัยลักษณ์. มปป. แมลงศัตรูพืชของประเทศไทย. ภาควิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คารารัตน์ โอตาก้า. 2543. การใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสำหรับควบคุมแมลงสาบพันธุ์เยอรมัน *Blattella germanica* (L.) (Orthoptera : Blattidae) โดยการผสมกับอาหารในรูปของเหยื่อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เต็ม สมิตินันท์. 2523. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (ชื่อพฤกษศาสตร์-ชื่อพื้นเมือง). กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ทิพย์วดี อรรถธรรม. 2535. โรควิทยาของแมลง. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด. 2547. การพัฒนากระบวนการผลิตไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงอย่างง่ายเพื่อถ่ายทอดสู่เกษตรกร. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ 2547. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ. 182 หน้า.

\_\_\_\_\_, สาโรจน์ ประชาศรีสรเดช. 2547. การใช้ไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยกำจัดแมลงศัตรูผักคะน้า. วารสารวิชาการเกษตร. 22 (2): 145-156.

ปัญญา ชินศรี. 2540. ความสำเร็จของการใช้ไส้เดือนฝอยควบคุมแมลงทางดิน. ว. กัญ. สัตว. 19 (3): 177-182.

\_\_\_\_\_, นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด, วัชรีย์ สมสุข และ พิมลพร นันทะ. 2542ก. อิทธิพลของเนื้อดินและความชื้นต่อการอยู่รอดและการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* (All Strain), น. 326-332. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.



ปัญญา ชินศรี, นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด, วัชรีย์ สมสุข และ พิมลพร นันทะ. 2542ข. อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการอยู่รอดและการเข้าทำลายแมลงของไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* (All strain), น. 333-337. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มาลี ชวนะพงศ์, วิภาดา ปลอดครบุรี, ดำรง เวชกิจ, จิรนุช เอกอำนาจ, อรพรรณ วิเศษสังข์, เสริมศิริ คงแสงดาว, จินตนา ภู่มงกุฏชัย และสมเกียรติ ขำเอี่ยม. 2545. ทดสอบการป้องกันกำจัดศัตรูคะน้ำโดยวิธีผสมผสาน. ว. เกษ. สัตว. 24(2): 85-99.

เมืองทอง ทวนทวี และสุริรัตน์ ปัญญาโตนะ. 2525. สวนผัก. กลุ่มหนังสือเกษตรกร, กรุงเทพฯ.

เบรนท์ โรเวลล์. 2549. แมลงตัวเบียนของหนอนใยผัก (Diamondback Moth) ในประเทศไทย.

แนวทาง IPM. แหล่งที่มา:

[http://www.doa.go.th/fieldcrops/ipm/th/Natural\\_enemies/Parasitoids/DBM/DBM\\_parasitoids.htm](http://www.doa.go.th/fieldcrops/ipm/th/Natural_enemies/Parasitoids/DBM/DBM_parasitoids.htm), 28 กุมภาพันธ์ 2550.

ภาควิชาจุลชีววิทยา. 2547. จุลชีววิทยาปฏิบัติการ. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วสันต์ กฤษณารักษ์. 2544. การปลูกผัก. สำนักพิมพ์เกษตรสาส์น, นนทบุรี.

วัชรีย์ สมสุข. 2544. ไส้เดือนฝอยควบคุมแมลงศัตรูพืช, น. 209-244. ใน เอกสารวิชาการการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีเพื่อการเกษตรยั่งยืน. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_, พิมลพร นันทะ และเอนก บุตรรักษ์. 2537. การควบคุมหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* ในดาวเรืองด้วยไส้เดือนฝอย. การประชุมสัมมนาทางวิชาการแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ครั้งที่ 9. กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_, วินัย รัชตปกรณชัย และพิมลพร นันทะ. 2534ก. การใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* (Weiser) . ควบคุมด้วงหมัดผักในผักกาดหัว. ว. เกษ. สัตว. 13: 183-188.

วัชรีย์ สมสุข, สุรชน สุวรรณบุตร และพิมลพร นันทะ. 2534ข. ศึกษาการไล่เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* (Weiser) . ในการควบคุมด้วงงวงมันเทศในสภาพธรรมชาติ. 10 หน้า.

วัชรีย์ สมสุข, อัจฉรา ตันติโชค และอุทัย เกตุนิติ. 2529. ไล่เดือนฝอยควบคุมหนอนกินใต้ผิวเปลือกไม้สกุลกลางสาค. ว. กิจ. สัตว. 8(3): 115-119.

วินัย รัชตปกรณชัย. 2532. การป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักในผักกาดเขียวปลี. ว. กิจ. สัตว 11 (1): 3-11.

\_\_\_\_\_. 2533. การป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักในผักกาดหัว. ว. กิจ. สัตว 12 (1): 4-10.

วิภาดา ปลอดครบุรี, มาลี ชวนะพงศ์ และ วัชรวิรา ชุณหวงศ์. 2546. ศึกษาประสิทธิภาพและระยะเวลาที่เหมาะสมในการพ่นสารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักในคะน้าและผลต่อศัตรูธรรมชาติ. ห้องสมุดกรมวิชาการเกษตร. แหล่งที่มา: [www.doa.go.th/web-itc/library/libarary/plant\\_protect46/1493.pdf](http://www.doa.go.th/web-itc/library/libarary/plant_protect46/1493.pdf), 28 กุมภาพันธ์ 2550.

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2526. แมลงศัตรูพืชทางการเกษตรของประเทศไทย. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สุภาณี พิมพ์สมาน และ สังวาล สมบูรณ์. 2541. ศักยภาพในการใช้สารสกัดสะเดาร่วมกับแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* (Bt) ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก. 28 หน้า.

อัจฉรา ตันติโชค. 2544. ปีที่ การควบคุมแมลงศัตรูพืช, น. 183-208. ใน เอกสารวิชาการการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีเพื่อการเกษตรยั่งยืน. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

อนันต์ สกุลกิม. 2540. เอกสารคำสอน รายวิชาแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจ. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

Akhurst, R.J. 1980. Morphological and functional dimorphism in *Xenorhabdus* sp., bacteria symbiotically associated with insect pathogenic nematodes *Neoaplectana* and *Heterorhabditis*. **J. Gen. Microbial.** 121: 303-309.

\_\_\_\_\_ and N.E. Boemare. 1990. Biology and taxonomy of *Xenorhabdus*, pp. 75-90. In R. Gaugler and H.K. Kaya, eds. **Entomopathogenic Nematodes in Biological Control**. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Angus, T.A. and A.M. Heimpel. 1959. Inhibition of feeding, and blood pH changes, in lepidopterous larvae infected with crystal-forming bacteria. **Can. Entomol.** 91: 352-358.

Anonymous. 1997. BT (*Bacillus thuringiensis*) Toxin Resources. Available Source: <http://www.nal.usda.gov/bic/BTTOX/bttox.htm>, June 8, 2007.

Ansari, M.A., L. Tirry and M. Moens. 2004. Interaction between *Metarhizium anisopliae* CLO 53 and entomopathogenic nematodes for the control of *Hoplia philanthus*. **Biol. Control** 31: 172-180.

Bailey, L.H. 1925. **The Standard Cyclopedia of Horticulture. Vol.3.** The Macmillan Company, New York.

\_\_\_\_\_. 1971. **Manual of Cultivated Plants.** The Macmillan Company, New York.

Baur, M.E., H.K. Kaya, B.E. Tabashnik and C.F. Chilcutt. 1998. Suppression of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) with an entomopathogenic nematode (Rhabditida: Steinernematidae) and *Bacillus thuringiensis* Berliner. **J. Econ. Entomol.** 91 (5): 1089-1095.

Bedding, R.A. 1981. Low cost *In Vitro* mass production of *Neoaplectana* and *Heterorhabditis* species (Nematoda) for field control of insect pests. **Nematologica** 27: 109-114.

- Bedding, R.A. and A.S. Molyneux. 1982. Penetration of insect cuticle by infective juveniles of *Heterorhabditis* spp. (Heterorhabditidae : Nematoda). **Nematologica** 28: 354-359.
- \_\_\_\_\_ and R.J.Akhurst. 1975. A Simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. **Nematologica** 21: 109-110.
- \_\_\_\_\_, R.J. Akhurst and H.K. Kaya. 1993. **Nematodes and the Biological Control of Insect Pests**. CSIRO Publications, Victoria.
- Beebee, T.J.C. and R.P.M. Bond. 1973. Effect of the exotoxin of *Bacillus thuringiensis* on normal and ecdyson-stimulated ribonucleic acid polymerase activity in intact nuclei from the fat body of *Sarcophaga bullata* larvae. **Biochem. J.** 136: 1-7.
- Beegle, C.C. and T. Yamamoto. 1992. History of *Bacillus thuringiensis* Berliner research and development. **Can. Entomol.** 124: 587-616.
- Benoit, T.G., K.A. Newman and G.R. Wilson. 1995. Correlation between alkaline activation of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* spores and crystal production. **Curr. Microbiol.** 31: 301-303.
- Bird, A.F. and J. Bird. 1986. Observations on the use of insect parasitic nematodes as a means of biological control of root-knot nematodes. **Int. J. Parasitol.** 16: 511.
- Boemare, N. E. and R. J. Akhurst. 1988. Biochemical and physiological characterization of colony form variants in *Xenorhabdus* spp. (Enterobacteriaceae). **J. Gen. Microbiol.** 134: 751.
- \_\_\_\_\_, M.-H. Boyer-Giglio, J.-O. Thaler, R. J. Akhurst and M. Brehelin. 1992. Lysogeny and bacteriocinogeny in *Xenorhabdus nematophilus* and other *Xenorhabdus* spp. **Appl. Environ. Microbiol.** 58: 3032-3037.

- Boncheva, R., S. Dukiandjiev, I. Minkov, R. A. de Maagd and S. Naimov. 2006. Activity of *Bacillus thuringiensis*  $\delta$ -endotoxins against codling moth (*Cydia pomonella* L.) larvae. **J. Invert. Pathol.** 92: 96–99.
- Boucias, D.G. and J.C. Pendland. 1998. **Principles of Insect Pathology**. Kluwer academic publishers, Massachusetts.
- Brehélin, M.A. and N.E. Boemare. 1986. Recognition of particulate material by haemocytes in *Locusta migratoria*. **Dev. Comp. Immunol.** 10: 639.
- Burges, H.D. and N.W. Hussey. 1971. **Microbial Control of Insects and Mites**. Academic Press, London.
- \_\_\_\_\_, E.M. Thomson and R.A. Latchford. 1976. Importance of spores and  $\delta$ -endotoxin protein crystals of *Bacillus thuringiensis* in *Galleria mellonella*. **J. Invert. Pathol.** 27: 87-94.
- Burman, M. and A.E. Pye. 1980. *Neoaplectana carpocapsae*: movements of nematode populations on a thermal gradient. **Exp. Parasitol.** 49: 258.
- Byers, J.A. and G.O.Jr. Poinar. 1982. Location of insect hosts by the nematode, *Neoaplectana carpocapsae*, in response to temperature. **Behaviour** 79: 1.
- Carriere, Y., C. Ellers-Kirk, Y.B. Liu, M.A. Sims, A.L. Patin, T.J. Dennehy and B.E. Tabashnik. 2001. Fitness costs and maternal effects associated with resistance to transgenic cotton in the pink bollworm. **J. Econ. Entomol.** 94: 1571–1576.
- Cooksey, K.E. 1971. The protein crystal toxin of *Bacillus thuringiensis*: biochemistry and mode of action, pp. 247-274. In H.D. Burges and N.W. Hussey, eds. **Microbial control of Insects and Mites**. Academic Press, London.

- Couche, G.A., P.R. Lehrbach, R.G. Forage, G.C. Cooney, D.R. Smith and R.P. Gregson. 1987. Occurrence of intracellular inclusions and plasmids in *Xenorhabdus* spp.. **J. Gen. Microbiol** 133: 967.
- Crickmore, N., D.R. Zeigler, J. Feitelson, E. Schnepf, J. Van Rie, D. Lereclus, J. Baum, and D.H. Dean. 1998. Revision of the nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* pesticidal crystal proteins. **Microbiol. Mol. Biol. Rev.** 62: 807-813.
- de Barjac, H. 1978. Une nouvelle variété de *Bacillus thuringiensis* très toxique pour les Moustiques: *B. thuringiensis* var. israelensis serotype 14. **C.R. Acad. Sci. Paris Ser. D** 286: 797-800.
- \_\_\_\_\_ and A. Bonnefoi. 1968. A classification of strains of *Bacillus thuringiensis* Berliner with a key to their differentiation. **J. Invert. Pathol.** 11: 335-347.
- Du, C., P.A.W. Martin and K.W. Nickerson. 1994. Comparison of disulfide contents and solubility at alkaline pH of insecticidal and noninsecticidal *Bacillus thuringiensis* protein crystals. **Appl. Environ. Microbiol.** 60: 3847-3853.
- Dulmage, H.T. 1970. Insecticide activity of HD-1, a new isolate of *Bacillus thuringiensis* var. *alesti*. **J. Invert. Pathol.** 15: 232-239.
- Dunphy, G.B. and J.M. Webster. 1984. Interaction of *Xenorhabdus nematophilus* subsp. *nematophilus* with the haemolymph of *Galleria mellonella*. **J. Insect Physiol.** 30: 883.
- Dutky, S.R. 1963. The milky disease, pp. 75-115. In E.A. Steinhaus, ed. **Insect Pathology: An Advanced Treatise Vol. 2.** Academic Press, New York.

- Estruch, J. J., G.W. Warren, M.A. Mullins, G.J. Nye, J.A. Craig and M.G. Koziel. 1996. Vip 3A, a novel *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein with a wide spectrum of activities against lepidopteran insects. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA.** 93: 5389-5394.
- Federici, B.A. 2005. Insecticidal bacteria: an overwhelming success for invertebrate pathology. **J. Invert. Pathol.** 89: 30-38.
- Fischhoff, D.A., K.S. Bowdish, F.J. Perlak, P.G. Marrone, S.H. McCormick, J.G. Neidermeyer, D.A. Dean, R.T. Kusano-Kretzmer, E.J. Mayer, D.E. Rochester, S.G. Rogers and R.T. Fraley. 1987. Insect tolerant tomato plants. **Bio/Technology** 5: 807–813.
- Fluer, F.S., V.L. Ivinskene and P.A. Zajačkas. 1981. Detection of thermolabile *Bacillus thuringiensis* exotoxin and its separation from phospholipase C. **Zh. Mikrobiol. Epidermol. Immunobiol.** 8: 81-85.
- Forst, S. and K. Neilson. 1996. Molecular biology of the symbiotic-pathogenic bacteria *Xenorhabdus* spp. And *Photorhabdus* spp. **J. Microbiol. Rev.** 60: 21-43.
- \_\_\_\_\_, B. Dowds, N. Boemare and E. Stackebrandt. 1997. *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* spp. : Bugs that kill bugs. **Annu. Rev. Microbiol.** 51: 47 – 72.
- Gaugler, R. 1988. Ecological considerations in the biological control of soil-inhabiting insect pests with entomopathogenic nematodes. **Agric. Ecosystems Environ.** 24: 351.
- \_\_\_\_\_, L. LeBeck, B. Nakagaki and G. M. Boush. 1980. Orientation of the entomogenous nematode, *Neoplectana carpocapsae*, to carbon dioxide. **Environ. Entomol.** 8: 658.
- Georgis, R. 1992. Present and future prospects for entomopathogenic nematode products. **Bio. Sci. Technol.** 2: 83 – 99.

Glare, T.R. and M.O'Callaghan. 2000. ***Bacillus thuringiensis: Biology, Ecology and Safety.***

John Wiley & Sons, Ltd., United Kingdom.

Goldberg, L.J. and J.Margalit. 1977. A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against *Anopheles sergentii*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univittatus*, *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. **Mosq. News** 37: 355-358.

Götz, P., A. Boman and H.G. Boman. 1981. Interactions between insect immunity and an insect-pathogenic nematode with symbiotic bacteria. **Proc. Roy. Soc.Ser. B.** 212: 333.

Hannay, C.L. 1957. The parasporal body of *Bacillus laterosporus* var. *laubach*. **J. Biophys. Biochem. Cytol.** 3: 1001-1010.

Hansen, B.M., P.H Damgaard, J. Eilenberg and J.C. Pedersen. 1996. ***Bacillus thuringiensis Ecology and Environmental Effect of its Use for Microbial Pest Control.*** Ministry of Environment and Energy, Denmark.

Head, J., K.F.A. Walters and S. Langton. 2000. The compatibility of the entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae*, and chemical insecticides for the control of the South American leafminer, *Liriomyza huidobrensis*. **Biol. Control** 45: 345-353.

Heimpel, A.M. 1963. Disease cause by certain spore forming bacteria, pp.21-73. In E.A. SteinhausEdxc. **Insect Pathology**; An Advance Treatise. Vol. 2. Academic Press, Newyork.

\_\_\_\_\_ and T.A. Angus. 1959. The site of action of crystalliferous bacteria in Lepidoptera larvae. **J.Insect Pathol.** 1:152-170.



- Herbert, D.A. and J.D. Harper. 1986. Bioassay of beta-exotoxin of *Bacillus thuringiensis* against *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). **J. Econ. Entomol.** 79: 592-595.
- Höfte, H. and H. R. Whiteley. 1989. Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. **Microbiol. Rev.** 53: 242-255.
- Hughes, P. A., M. M. Stevens, H. Park, B. A. Federici, E. S. Dennis and R. Akhurst. 2005. Response of larval *Chironomus tepperi* (Diptera: Chironomidae) to individual *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* toxins and toxin mixtures. **J. Invert. Pathol.** 88: 34-39.
- Ishibashi, N. and E. Kondo. 1990. Behavior of Infective Juveniles, pp. 139-150. In R. Gaugler and H.K. Kaya, eds. **Entomopathogenic Nematodes in Biological Control**. CRC Press, Boca Raton.
- Kaya, H.K. 1985. Susceptibility of early larva stages of *Pseudaletia unipuncta* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) to the entomogenous nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae). **J. Invert. Pathol.** 46: 58-62.
- \_\_\_\_\_. 1990. Soil Ecology, pp. 93-115. In R. Gaugler and H.K. Kaya, eds. **Entomopathogenic Nematodes in Biological Control**. CRC Press, Boca Raton.
- \_\_\_\_\_, M.M. Aguilera, A. Alumai, H.Y. Choo, M. de la Torre, A. Fodor, S. Ganguly, S. Hazir, T. Lakatos, A. Pye, M. Wilson, S. Yamanaka, H. Yang and R.-U. Ehlers. 2006. Status of entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria from selected countries or regions of the world. **Biol. Control** 38: 134-155.
- \_\_\_\_\_ and T.M. Burlando. 1989. Development of *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) in diseased insect hosts. **J. Invert. Pathol.** 53: 164-168.

- Kaya, H.K., T. M. Burlando, H. Y. Choo and G. S. Thurston. 1995. Integration of entomopathogenic nematodes with *Bacillus thuringiensis* or pesticidal Soap for control of insect pests. **Biol. Control** 5: 432-441.
- Keller, B. and G.-A. Langenbruch. 1993. Control of Coleopteran pests by *Bacillus thuringiensis*, pp. 171-191. In P.E. Entwistle, J.S. Cory, M.J. Bailey and S. Higgs, eds. ***Bacillus thuringiensis* an Environmental Biopesticide: Theory and Practice**. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester.
- Khetan, S.K. 2001. **Microbial Pest Control**. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Kiselev, E. V. 1975. The effect of biopreparations on insect parasites and predators. **Zash. Rast.** 12: 23.
- Koppenhöfer, A.M. and H. K. Kaya. 1997. Additive and synergistic interaction between entomopathogenic nematodes and *Bacillus thuringiensis* for scarab grub control. **Biol. Control** 8: 131-137.
- \_\_\_\_\_ and E.M. Fuzy. 2006. Effect of soil type on infectivity and persistence of the entomopathogenic nematodes *Steinernema scarabaei*, *Steinernema glaseri*, *Heterorhabditis zealandica*, and *Heterorhabditis bacteriophora*. **J. Invert. Pathol.** 92: 11-22.
- \_\_\_\_\_. 2007. Soil moisture effects on infectivity and persistence of the entomopathogenic nematodes *Steinernema scarabaei*, *S. glaseri*, *Heterorhabditis zealandica*, and *H. bacteriophora*. **Applied Soil Ecology** 35: 128-139.
- \_\_\_\_\_, H.Y. Choo, H.K. Kaya, D.W. Lee. and W.D. Gelernter. 1999. Increased field and greenhouse efficacy against scarab grubs with a combination of an entomopathogenic nematodes and *Bacillus thuringiensis*. **Biol. Control** 14: 37-44.

- Koziel, M.G., G.L. Beland, C. Bowman, N. Carozzi and R. Crenshaw. 1993. Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein gene derived from *Bacillus thuringiensis*. **Bio/Technology** 11: 195–200.
- Krieg, A. 1971. Is the potential pathogenicity of bacilli for insects related to production of alpha-exotoxin?. **J. Invert. Pathol.** 18: 425-426.
- \_\_\_\_\_, A.M. Huger, G.A. Langenbruch and W. Schnetter. 1983. *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*: a new pathotype effective against larvae of Coleoptera. **J. Appl. Entomol.** 96: 500-508.
- Lacey, L.A. and B.A. Federici. 1979. Pathogenesis and midgut histopathology of *Bacillus thuringiensis* in *Simulium vittatum* (Diptera: Simuliidae). **J. Invert. Pathol.** 33: 171-182.
- Lambert, B. and M. Peferone. 1992. Insecticidal promise of *Bacillus thuringiensis* . **Bioscience** 42: 112-122.
- Levenson, B. L., K. J. Kasyan, S. S. Chiu, T. C. Currier and J.M. Gonzalez, Jr. 1990. Identification of  $\beta$ -exotoxin, and a new exotoxin in *Bacillus thuringiensis* by using high performance liquid chromatography. **J. Bacteriol.** 172: 3172-3179.
- Li, J., J. Carroll and D.J. Ellar. 1991. Crystal structure of insecticidal  $\delta$ -endotoxin from *Bacillus thuringiensis* at 2.5 Å resolution. **Nature** 353: 815-821.
- Lindergren, J.E., R.E. Rij, S.R. Ross and D.C. Fouse. 1986. Respiration rate of *Steinernema feltiae* infective juveniles at several constant temperatures. **J. Nematol.** 18: 221-224.

- Lüthy, P. and H.R. Ebersold. 1981. *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin: Histopathology and molecular mode of action, pp. 235-267. In E.W.Davidson, ed. **Pathogenesis of Invertebrate Microbial Disease**. Allanheld, Osman; Totowa, New Jersey.
- \_\_\_\_\_. 1991. Nematoda: higher classification, pp. 147-187. In W.R. Nickle, ed. **Manual of Agricultural Nematology**. Marcel Dekker, New York.
- Martin, P.A.W. and R.S. Travers. 1989. Worldwide abundance and distribution of *Bacillus thuringiensis* isolates. **Appl. Environ. Microbiol.** 55: 2437-2442.
- McConnell, E. and A.G. Richards. 1959. The Production by *Bacillus thuringiensis* (Berliner) a heat-stable substance toxic for insect. **Can. J. Microbiol.** 1: 161-168.
- Milstead, J.E. 1979. *Heterorhabditis bacteriophora* as a vector for introducing its associated bacterium into the hemocoel of *Galleria mellonella* larvae. **J. Invert. Pathol.** 33: 324.
- Molyneux, A.S. 1985. Survival of infective juveniles of *Heterorhabditis* spp., and *Steinernema* spp.(Nematoda : Rhabditida) at various temperatures and their subsequent infectivity of insects. **Revue Nematol.** 8: 165-170.
- \_\_\_\_\_ and R.A. Bedding. 1984. Influence soil texture and moisture on the infectivity of *Heterorhabditis* sp. D1 and *Steinernema glaseri* larvae of the sheep blow fly, *Lucilia cuprina*. **Nematologica.** 30: 358-365.
- Morán, R., R. García, A. López, Z. Zaldúa, J. Mena, M. García, R. Armas, D. Somonte, J. Rodríguez, M. Gómez and E. Pimentel. 1998. Transgenic sweet potato plants carrying the delta-endotoxin gene from *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*. **Plant Science** 139: 175-184.

- Navon, A. 1993. Control of Lepidopteran pests with *Bacillus thuringiensis*, pp. 125-144. In P.E. Entwistle, J.S. Cory, M.J. Bailey and S. Higgs, eds. ***Bacillus thuringiensis* an Environmental Biopesticide: Theory and Practice**. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester.
- Nealson, K.H., T.M. Schmidt and B. Bleakley. 1990. Physiology and biochemistry of *Xenorhabdus*, pp. 271-284. In R.A. Gaugler and H.K. Kaya, eds. **Entomopathogenic Nematodes in Biological Control**. CRC. Press, Boca Raton.
- Nishiitsutsuji-Uwo, J. and Y. Endo. 1980. Mode of action of *Bacillus thuringiensis*  $\delta$ -endotoxin: General characteristics of intoxicated *Bombyx* larvae. **J. Invert. Pathol.** 35: 219-228.
- Norris, J.R. 1971. The protein crystal toxin of *Bacillus thuringiensis*: Biosynthesis and physical structure, pp. 229-246. In H.D. Burges and N.W. Hussey, eds. **Microbial control of Insects and Mites**. Academic Press, London.
- Nunez-Valdez., E. 1997. *Bacillus thuringiensis* conference in Thailand: A widening “umbrella”. **Nature Biotechnol.** 15: 225-226.
- O’Callaghan, M., T.R. Glare, E.P.J. Burgess and L.A. Malone. 2005. Effects of plants genetically modified for insect resistance on nontarget organisms. **Annu. Rev. Entomol.** 50: 271-292.
- Pedersen, T.C., P.H. Damgaard, J. Eilenberg and B.M. Hansen. 1995. Dispersal of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* in an experiment cabbage field. **Can. J. Microbiol.** 41: 118-125.

- Perlak, F. J, R.L. Fuchs, D.A. Dean, S.L. McPherson and D.A. Fischhoff. 1991. Modification of coding sequence enhances plant expression of insect control protein genes. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.** 88: 3325–3328.
- \_\_\_\_\_, R.W. Dealton, T.A. Armstrong, R.I. Fuchs, S.R. Sims, J.T. Grreenplate and D.A. Fischhoff. 1990. Insect-resistant cotton plants. **Bio. Technology.** 8: 939-943.
- Poinar, G.O.Jr. 1979. **Nematodes for Biological Control of Insect.** CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- \_\_\_\_\_. 1990. Taxonomy and Biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae, pp. 23-61 *In* R. Gaugler and H. K. Kaya, eds. **Entomopathogenic Nematodes in Biological Control.** CRC Press. Boca Raton, Fl. USA.
- \_\_\_\_\_ and G.M. Thomas. 1965. A new bacterium *Achromobacter nematophilus* sp. Nov. (Achromobacteriaceae-Eubacteriales) associated with a nematode. **Int. Bull. Bacteriol of Nomen Taxon.** 15: 249-252.
- \_\_\_\_\_ and G.M. Thomas. 1966. Significance of *Achromobacter nematophilus* (Achromobacteriaceae : Eubacteriales) in the development of the nematode, DD 136 (*Neoplectana* sp., Steinernematidae). **Parasitology** 56: 385 - 390.
- \_\_\_\_\_ and G.M. Thomas 1967. The Nature of *Achromobacter nematophilus* as an insect pathogen. **J. Invert. Pathol.** 9: 510.
- \_\_\_\_\_ and P.T. Himsworth. 1967. *Neoplectana* parasitism of larvae of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. **J. Invert. Pathol.** 9: 241-246.

- Poinar, G.O.Jr., R.T. Hess., W. Lanier, S. Kinney and J.H. White. 1989. Preliminary observations of a bacteriophage infecting *Xenorhabdus luminescens* (Enterobacteriaceae). **Experientia** 45: 191.
- Schmidt, J. and J.N. All. 1978. Chemical attraction of *Neoaplectana carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae) to insect larvae. **Environ. Entomol.** 7: 605.
- Schnepf, H.E. and H.R. Whiteley. 1981. Cloning and expression of the *Bacillus thuringiensis* crystal protein gene in *Escherichia coli*. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.** 78: 2893-2897.
- Schroer, S., D. Sulistyanto and R.-U. Ehlers. 2005. Control of *Plutella xylostella* using polymer-formulated *Steinernema carpocapsae* and *Bacillus thuringiensis* in cabbage fields. **J. Appl. Entomol.** 129(4): 198-204.
- Shapiro-Ilan, D.I, H. Gouge, S.J. Piggott and J.P. Fife. 2006. Application technology and environmental considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control. **Biol.Control** 38: 124-133.
- \_\_\_\_\_, M. Jackson, C.C. Reilly and M.W. Hotchkiss. 2004. Effects of combining an entomopathogenic fungi or bacterium with entomopathogenic nematodes on mortality of *Curculio caryae* (Coleoptera: Curculionidae). **Biol. Control** 30: 119-126.
- Shelton, A.M., J.-Z., Zhao and R.T., Roush. 2002. Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. **Annu. Rev. Entomol.** 47: 845–881.
- Tanada, Y. and H. K. Kaya. 1993. **Insect Pathology**. Academic Press Inc., London.

- Tangchitsomkid, N. 2000. **A New Entomopathogenic Nematode (Rhabditida: Steinernematidae) in Thailand: Taxonomy, Biology and Its Potential for Biological Control.** Dr. thesis, Kasetsart University.
- Thomas, G.M. and G.O.Jr. Poinar. 1979. *Xenorhabdus* gen. nov., a genus of entomopathogenic nematophilic bacteria of the family Enterobacteriaceae. **Int. J. Syst. Bacteriol.** 29: 352.
- Walker, E.H. 1976. **Flora of Okinawa and the Southern Ryukyu Islands.** Smithsonian Institution Press, Washington DC.
- Wraight, S.P. and M.E. Ramos. 2005. Synergistic interaction between *Beauveria bassiana* and *Bacillus thuringiensis tenebrionis* based biopesticide applied against field population of Colorado potato beetle larvae. **J. Invert. Pathol.** 90: 139-150.
- Yamaguchi, M. 1983. **World vegetables, principle, production and nutritive value.** Van Nostrand Reinhold Company.
- Yamamoto, T. and G.K. Powell. 1993. *Bacillus thuringiensis* crystal protein : Recent advanced in understanding its insecticidal activity, pp. 3-41. In L. Kim, ed. **Advanced Engineering Pesticides.** Marcel Dekker, Inc., New York.
- Yamvrias, C. 1962. Contribution à l'étude du mode d' action de *Bacillus thuringiensis* Berliner vis-à-vis de la teigne de la farine *Anagasta (Ephestia) kühniella* Zeller (Lépidoptère). **Entomophaga** 7: 101-159.
- Yi, X. and R.U. Ehlers. 2006. Combining *Steinernema carpocapsae* and *Bacillus thuringiensis* strains for control of diamondback moth (*Plutella xylostella*). **Communications in agricultural and applied biological sciences** 71 (3): 633-636.



### ภาคผนวก

**ตารางผนวกที่ 1** ผลการสำรวจตัวอ่อนด้วงหมัดผักแถบลาย (*Phyllotreta sinuata* Stephen) ก่อนการทดลองในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548

| กรรมวิธี <sup>1/</sup>        | ตัวอ่อนด้วงหมัดผัก | ตัวอ่อนไส้เดือนดิน | ตัวอ่อนหนอนอนแมลงวันบ้าน |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| T <sub>1</sub> R <sub>1</sub> | 0                  | 0                  | 0                        |
| T <sub>2</sub> R <sub>1</sub> | 0                  | 0                  | 0                        |
| T <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | 0                  | 1                  | 1                        |
| T <sub>4</sub> R <sub>1</sub> | 0                  | 1                  | 0                        |
| T <sub>5</sub> R <sub>1</sub> | 0                  | 0                  | 0                        |
| T <sub>6</sub> R <sub>1</sub> | 0                  | 1                  | 0                        |
| T <sub>1</sub> R <sub>2</sub> | 0                  | 0                  | 0                        |
| T <sub>2</sub> R <sub>2</sub> | 0                  | 0                  | 1                        |
| T <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | 0                  | 2                  | 1                        |
| T <sub>4</sub> R <sub>2</sub> | 0                  | 0                  | 1                        |
| T <sub>5</sub> R <sub>2</sub> | 0                  | 0                  | 1                        |
| T <sub>6</sub> R <sub>2</sub> | 0                  | 0                  | 0                        |
| T <sub>1</sub> R <sub>3</sub> | 0                  | 1                  | 0                        |
| T <sub>2</sub> R <sub>3</sub> | 0                  | 2                  | 0                        |
| T <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | 0                  | 0                  | 2                        |
| T <sub>4</sub> R <sub>3</sub> | 0                  | 0                  | 1                        |
| T <sub>5</sub> R <sub>3</sub> | 0                  | 1                  | 0                        |
| T <sub>6</sub> R <sub>3</sub> | 0                  | 2                  | 0                        |
| T <sub>1</sub> R <sub>4</sub> | 0                  | 0                  | 0                        |
| T <sub>2</sub> R <sub>4</sub> | 0                  | 0                  | 1                        |
| T <sub>3</sub> R <sub>4</sub> | 0                  | 0                  | 1                        |
| T <sub>4</sub> R <sub>4</sub> | 0                  | 0                  | 0                        |
| T <sub>5</sub> R <sub>4</sub> | 0                  | 1                  | 1                        |
| T <sub>6</sub> R <sub>4</sub> | 0                  | 0                  | 2                        |
| รวม                           | 0                  | 12                 | 13                       |
| ค่าเฉลี่ย                     | 0                  | 0.50               | 0.54                     |

## ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

- <sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย
- กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว
- กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงอย่างเดียว
- กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสลับกับการใช้แบคทีเรีย
- กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงผสมกับการใช้แบคทีเรีย
- กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ
- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
  - ไส้เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ของ) / น้ำ 4 ลิตร  
ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1 ของ) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5
  - แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มล. / น้ำ 20 ลิตร ใน  
กรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มล. / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

**ตารางผนวกที่ 2** ผลการสำรวจตัวอ่อนด้วงหมัดผักแถบลาย (*Phyllotreta sinuata* Stephen) ก่อนการทดลองในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548

| กรรมวิธี <sup>1/</sup>        | ตัวอ่อนด้วงหมัดผัก | ตัวอ่อนไส้เดือน | ตัวอ่อนหนอนแมลงวัน |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| T <sub>1</sub> R <sub>1</sub> | 0                  | 0               | 1                  |
| T <sub>2</sub> R <sub>1</sub> | 0                  | 1               | 0                  |
| T <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | 0                  | 0               | 1                  |
| T <sub>4</sub> R <sub>1</sub> | 0                  | 0               | 0                  |
| T <sub>5</sub> R <sub>1</sub> | 0                  | 0               | 0                  |
| T <sub>6</sub> R <sub>1</sub> | 0                  | 0               | 0                  |
| T <sub>1</sub> R <sub>2</sub> | 0                  | 0               | 0                  |
| T <sub>2</sub> R <sub>2</sub> | 0                  | 1               | 1                  |
| T <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | 0                  | 2               | 0                  |
| T <sub>4</sub> R <sub>2</sub> | 0                  | 0               | 0                  |
| T <sub>5</sub> R <sub>2</sub> | 0                  | 0               | 0                  |
| T <sub>6</sub> R <sub>2</sub> | 0                  | 0               | 0                  |
| T <sub>1</sub> R <sub>3</sub> | 0                  | 0               | 0                  |
| T <sub>2</sub> R <sub>3</sub> | 0                  | 2               | 0                  |
| T <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | 0                  | 0               | 2                  |
| T <sub>4</sub> R <sub>3</sub> | 0                  | 0               | 0                  |
| T <sub>5</sub> R <sub>3</sub> | 0                  | 0               | 0                  |
| T <sub>6</sub> R <sub>3</sub> | 0                  | 2               | 0                  |
| T <sub>1</sub> R <sub>4</sub> | 0                  | 0               | 0                  |
| T <sub>2</sub> R <sub>4</sub> | 0                  | 2               | 0                  |
| T <sub>3</sub> R <sub>4</sub> | 0                  | 0               | 1                  |
| T <sub>4</sub> R <sub>4</sub> | 0                  | 0               | 0                  |
| T <sub>5</sub> R <sub>4</sub> | 0                  | 1               | 1                  |
| T <sub>6</sub> R <sub>4</sub> | 0                  | 0               | 2                  |
| รวม                           | 0                  | 11              | 9                  |
| ค่าเฉลี่ย                     | 0.00               | 0.46            | 0.38               |

## ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

- <sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย
- กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว
- กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงอย่างเดียว
- กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสลับกับการใช้แบคทีเรีย
- กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงผสมกับการใช้แบคทีเรีย
- กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ
- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
  - ไส้เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ของ) / น้ำ 4 ลิตร  
ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1 ของ) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5
  - แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มล. / น้ำ 20 ลิตร ใน  
กรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มล. / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

**ตารางผนวกที่ 3** ชนิดและจำนวนของแมลงในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัด  
ปทุมธานี ฤดูปลูกที่ 1 เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548

| ชนิดแมลง                              | จำนวนแมลง ที่อายุพืชช่วงต่างๆ (วัน)/ 0.5 ไร่ |     |     |       |       |       |       |       |       | รวม    |
|---------------------------------------|----------------------------------------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                       | 7                                            | 14  | 21  | 28    | 35    | 42    | 49    | 56    | 63    |        |
| ด้วงหมัดผัก                           |                                              |     |     |       |       |       |       |       |       |        |
| <i>Phyllotreta sinuata</i> Stephen    | 0                                            | 20  | 14  | 44    | 1     | 12    | 6     | 209   | 196   | 502    |
| หนอนใยผัก                             |                                              |     |     |       |       |       |       |       |       |        |
| <i>Plutella xylostella</i> (Linnaeus) | 0                                            | 677 | 280 | 1,589 | 1,741 | 3,944 | 6,003 | 2,853 | 3,082 | 20,169 |
| หนอนกระทู้ผัก                         |                                              |     |     |       |       |       |       |       |       |        |
| <i>Spodoptera litura</i> (Fabricius)  | 0                                            | 0   | 0   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      |
| ดักแด้เตนเบียนหนอนใยผัก               |                                              |     |     |       |       |       |       |       |       |        |
| <i>Cotesia plutella</i> (Kurdjumov)   | 0                                            | 0   | 0   | 16    | 40    | 63    | 341   | 567   | 151   | 1,178  |

**ตารางผนวกที่ 4** ชนิดและจำนวนของแมลงในแปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัด  
ปทุมธานี ฤดูปลูกที่ 2 เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2548

| ชนิดแมลง                              | จำนวนแมลง ที่อายุพืชช่วงต่างๆ (วัน)/ 0.5 ไร่ |       |    |     |     |       |       |       |  | รวม    |
|---------------------------------------|----------------------------------------------|-------|----|-----|-----|-------|-------|-------|--|--------|
|                                       | 7                                            | 14    | 21 | 28  | 35  | 42    | 49    | 56    |  |        |
| ด้วงหมัดผัก                           |                                              |       |    |     |     |       |       |       |  |        |
| <i>Phyllotreta sinuata</i> Stephen    | 0                                            | 0     | 0  | 2   | 54  | 137   | 407   | 2,501 |  | 3,101  |
| หนอนใยผัก                             |                                              |       |    |     |     |       |       |       |  |        |
| <i>Plutella xylostella</i> (Linnaeus) | 0                                            | 3,051 | 56 | 551 | 953 | 2,263 | 4,916 | 3,920 |  | 15,710 |
| หนอนกระทู้ผัก                         |                                              |       |    |     |     |       |       |       |  |        |
| <i>Spodoptera litura</i> (Fabricius)  | 0                                            | 3     | 0  | 0   | 0   | 5     | 0     | 0     |  | 8      |
| ดักแด้เตนเบียนหนอนใยผัก               |                                              |       |    |     |     |       |       |       |  |        |
| <i>Cotesia plutella</i> (Kurdjumov)   | 0                                            | 0     | 2  | 53  | 143 | 77    | 72    | 333   |  | 680    |

**ตารางผนวกที่ 5** จำนวนผักกาดหัวเมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบลาย  
(*Phyllotreta sinuata* Stephen) ทำลายที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว  
จังหวัดปทุมธานีในพื้นที่ 2 ตารางเมตร **ฤดูปลูกที่ 1** เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม  
2548

| กรรมวิธี <sup>1/</sup>        | จำนวนหัว                                 |     |     |    |     | น้ำหนัก (กก.) |       |       |       |       | รวม<br>(หัว) | % การ<br>ทำลาย <sup>3/</sup> |
|-------------------------------|------------------------------------------|-----|-----|----|-----|---------------|-------|-------|-------|-------|--------------|------------------------------|
|                               | ที่ระดับการทำลายระดับต่างๆ <sup>2/</sup> |     |     |    |     |               |       |       |       |       |              |                              |
|                               | 0                                        | 1   | 3   | 5  | 7   | 0             | 1     | 3     | 5     | 7     |              |                              |
| T <sub>1</sub> R <sub>1</sub> | 8                                        | 10  | 6   | 3  | 2   | 3.10          | 3.70  | 1.50  | 0.90  | 0.50  | 29           | 28.08                        |
| T <sub>2</sub> R <sub>1</sub> | 9                                        | 6   | 4   | 0  | 2   | 3.60          | 1.90  | 1.80  | 0.00  | 0.40  | 21           | 21.77                        |
| T <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | 0                                        | 9   | 10  | 12 | 9   | 0.00          | 2.80  | 3.30  | 3.20  | 2.20  | 40           | 57.86                        |
| T <sub>4</sub> R <sub>1</sub> | 7                                        | 9   | 5   | 0  | 5   | 2.90          | 3.80  | 1.90  | 0.00  | 1.40  | 26           | 32.42                        |
| T <sub>5</sub> R <sub>1</sub> | 9                                        | 6   | 0   | 1  | 5   | 3.50          | 2.30  | 0.00  | 0.30  | 1.60  | 21           | 31.29                        |
| T <sub>6</sub> R <sub>1</sub> | 0                                        | 8   | 4   | 4  | 10  | 0.00          | 2.90  | 1.80  | 1.60  | 3.50  | 26           | 60.44                        |
| T <sub>1</sub> R <sub>2</sub> | 10                                       | 5   | 5   | 0  | 9   | 4.64          | 2.90  | 2.10  | 0.00  | 2.40  | 29           | 40.89                        |
| T <sub>2</sub> R <sub>2</sub> | 10                                       | 5   | 3   | 2  | 7   | 4.70          | 2.50  | 1.00  | 0.60  | 1.90  | 27           | 38.62                        |
| T <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | 13                                       | 7   | 4   | 5  | 4   | 4.80          | 2.20  | 1.10  | 1.20  | 1.00  | 33           | 31.17                        |
| T <sub>4</sub> R <sub>2</sub> | 11                                       | 7   | 5   | 5  | 5   | 4.40          | 2.90  | 1.70  | 1.60  | 1.10  | 33           | 35.50                        |
| T <sub>5</sub> R <sub>2</sub> | 15                                       | 4   | 5   | 0  | 5   | 6.40          | 1.80  | 1.90  | 0.00  | 1.60  | 29           | 26.60                        |
| T <sub>6</sub> R <sub>2</sub> | 0                                        | 7   | 7   | 8  | 10  | 0.00          | 3.00  | 2.50  | 2.20  | 2.80  | 32           | 61.61                        |
| T <sub>1</sub> R <sub>3</sub> | 5                                        | 15  | 10  | 4  | 5   | 2.20          | 5.90  | 3.50  | 1.00  | 0.80  | 39           | 36.63                        |
| T <sub>2</sub> R <sub>3</sub> | 11                                       | 15  | 4   | 3  | 9   | 5.00          | 6.50  | 2.00  | 1.00  | 2.50  | 42           | 35.71                        |
| T <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | 7                                        | 10  | 5   | 4  | 3   | 4.50          | 3.40  | 2.50  | 1.20  | 1.00  | 29           | 32.51                        |
| T <sub>4</sub> R <sub>3</sub> | 11                                       | 13  | 8   | 2  | 5   | 4.50          | 4.20  | 3.10  | 1.00  | 2.00  | 39           | 30.04                        |
| T <sub>5</sub> R <sub>3</sub> | 11                                       | 9   | 6   | 0  | 9   | 4.82          | 3.50  | 1.70  | 0.00  | 2.30  | 35           | 36.73                        |
| T <sub>6</sub> R <sub>3</sub> | 0                                        | 7   | 7   | 8  | 15  | 0.00          | 3.02  | 2.50  | 2.30  | 4.50  | 37           | 66.80                        |
| T <sub>1</sub> R <sub>4</sub> | 7                                        | 7   | 7   | 2  | 7   | 3.10          | 2.40  | 2.30  | 0.50  | 2.20  | 30           | 41.43                        |
| T <sub>2</sub> R <sub>4</sub> | 10                                       | 12  | 6   | 3  | 2   | 4.50          | 4.20  | 1.90  | 1.20  | 0.60  | 33           | 25.54                        |
| T <sub>3</sub> R <sub>4</sub> | 12                                       | 6   | 3   | 3  | 5   | 5.90          | 3.02  | 1.30  | 1.40  | 1.50  | 29           | 32.02                        |
| T <sub>4</sub> R <sub>4</sub> | 9                                        | 13  | 4   | 3  | 8   | 3.50          | 4.50  | 1.20  | 0.90  | 2.30  | 37           | 37.07                        |
| T <sub>5</sub> R <sub>4</sub> | 10                                       | 6   | 6   | 6  | 6   | 4.50          | 2.00  | 1.90  | 1.80  | 1.50  | 34           | 40.34                        |
| T <sub>6</sub> R <sub>4</sub> | 0                                        | 4   | 5   | 4  | 12  | 0.00          | 2.00  | 2.00  | 1.50  | 6.00  | 25           | 75.96                        |
| รวม                           | 185                                      | 200 | 129 | 82 | 159 | 80.56         | 77.34 | 46.50 | 25.40 | 47.60 | 755          | -                            |

## ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

<sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย

กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว

กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงอย่างเดียว

กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสลับกับการใช้แบคทีเรีย

กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงผสมกับการใช้แบคทีเรีย

กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ

- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- ไส้เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5
- แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มล. / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มล. / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

<sup>2/</sup> ความเสียหายระดับ 0 คะแนน 0 = ไม่พบการทำลาย

ความเสียหายระดับ 1 คะแนน 1 = พบการทำลาย 1-10 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 3 คะแนน 3 = พบการทำลาย 11-25 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 5 คะแนน 5 = พบการทำลาย 26-50 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 7 คะแนน 7 = พบการทำลายมากกว่า 50 % ของพื้นที่ผิวหรือไม่เกิดหัว

<sup>3/</sup> คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การทำลาย โดยใช้สูตร

$$\% \text{ Infestation} = \left[ \frac{\sum_0^i (n.v)}{iN} \right] \times 100$$

เมื่อ n = จำนวนต้นที่ถูกทำลายในแต่ละระดับ      v = ระดับคะแนนแต่ละระดับ

i = ระดับคะแนนของระดับการทำลายสูงสุด      N = จำนวนต้นทั้งหมดที่ตรวจนับ



**ตารางผนวกที่ 6** จำนวนผักกาดหัวเมื่อแบ่งตามระดับความเสียหายที่ถูกด้วงหมัดผักแถบลาย  
(*Phyllotreta sinuata* Stephen) ทำลายที่แปลงปลูกผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว  
จังหวัดปทุมธานีในพื้นที่ 2 ตารางเมตร **ฤดูปลูกที่ 2** เดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม  
2548

| กรรมวิธี <sup>1/</sup>        | จำนวนหัว<br>ที่ระดับการทำลายระดับต่างๆ <sup>2/</sup> |    |     |     |     | น้ำหนัก (กก.) |       |       |       |        | รวม<br>(หัว) | % การ<br>ทำลาย <sup>3/</sup> |
|-------------------------------|------------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|---------------|-------|-------|-------|--------|--------------|------------------------------|
|                               | 0                                                    | 1  | 3   | 5   | 7   | 0             | 1     | 3     | 5     | 7      |              |                              |
| T <sub>1</sub> R <sub>1</sub> | 0                                                    | 3  | 6   | 9   | 12  | 0.00          | 1.60  | 2.60  | 4.00  | 6.00   | 30           | 71.43                        |
| T <sub>2</sub> R <sub>1</sub> | 0                                                    | 1  | 6   | 8   | 15  | 0.00          | 0.50  | 2.50  | 3.00  | 6.50   | 30           | 78.10                        |
| T <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | 0                                                    | 1  | 9   | 6   | 10  | 0.00          | 0.50  | 4.30  | 2.00  | 5.00   | 26           | 70.33                        |
| T <sub>4</sub> R <sub>1</sub> | 0                                                    | 2  | 10  | 5   | 14  | 0.00          | 1.20  | 4.70  | 2.40  | 6.80   | 31           | 71.43                        |
| T <sub>5</sub> R <sub>1</sub> | 0                                                    | 0  | 9   | 5   | 9   | 0.00          | 0.00  | 4.40  | 2.20  | 3.50   | 23           | 71.43                        |
| T <sub>6</sub> R <sub>1</sub> | 0                                                    | 0  | 2   | 9   | 20  | 0.00          | 0.00  | 1.00  | 4.40  | 8.60   | 31           | 88.02                        |
| T <sub>1</sub> R <sub>2</sub> | 0                                                    | 10 | 5   | 8   | 8   | 0.00          | 5.10  | 2.20  | 3.70  | 3.90   | 31           | 55.76                        |
| T <sub>2</sub> R <sub>2</sub> | 0                                                    | 10 | 5   | 7   | 11  | 0.00          | 5.30  | 2.70  | 3.20  | 4.00   | 33           | 59.31                        |
| T <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | 0                                                    | 6  | 7   | 7   | 14  | 0.00          | 3.10  | 3.20  | 3.10  | 6.00   | 34           | 67.23                        |
| T <sub>4</sub> R <sub>2</sub> | 0                                                    | 2  | 4   | 8   | 16  | 0.00          | 1.10  | 1.90  | 3.40  | 7.00   | 30           | 79.05                        |
| T <sub>5</sub> R <sub>2</sub> | 0                                                    | 1  | 9   | 4   | 15  | 0.00          | 0.40  | 4.20  | 2.00  | 4.50   | 29           | 75.37                        |
| T <sub>6</sub> R <sub>2</sub> | 0                                                    | 0  | 1   | 6   | 18  | 0.00          | 0.00  | 0.50  | 2.80  | 6.70   | 25           | 90.86                        |
| T <sub>1</sub> R <sub>3</sub> | 0                                                    | 12 | 3   | 5   | 8   | 0.00          | 6.10  | 1.30  | 2.40  | 3.50   | 28           | 52.04                        |
| T <sub>2</sub> R <sub>3</sub> | 0                                                    | 8  | 5   | 6   | 12  | 0.00          | 3.10  | 2.10  | 2.90  | 5.40   | 31           | 63.13                        |
| T <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | 0                                                    | 3  | 3   | 7   | 11  | 0.00          | 2.00  | 1.50  | 3.50  | 6.20   | 24           | 73.81                        |
| T <sub>4</sub> R <sub>3</sub> | 0                                                    | 5  | 3   | 4   | 14  | 0.00          | 2.60  | 1.50  | 2.00  | 6.20   | 26           | 72.53                        |
| T <sub>5</sub> R <sub>3</sub> | 0                                                    | 2  | 5   | 10  | 20  | 0.00          | 1.10  | 2.40  | 4.90  | 8.10   | 37           | 79.92                        |
| T <sub>6</sub> R <sub>3</sub> | 0                                                    | 1  | 4   | 5   | 20  | 0.00          | 0.40  | 1.60  | 2.40  | 9.60   | 30           | 84.76                        |
| T <sub>1</sub> R <sub>4</sub> | 0                                                    | 5  | 6   | 6   | 14  | 0.00          | 2.70  | 2.90  | 2.80  | 6.60   | 31           | 69.59                        |
| T <sub>2</sub> R <sub>4</sub> | 0                                                    | 0  | 7   | 8   | 15  | 0.00          | 0.00  | 3.00  | 3.50  | 5.40   | 30           | 79.05                        |
| T <sub>3</sub> R <sub>4</sub> | 0                                                    | 0  | 4   | 6   | 13  | 0.00          | 0.00  | 1.60  | 2.40  | 7.00   | 23           | 82.61                        |
| T <sub>4</sub> R <sub>4</sub> | 0                                                    | 0  | 7   | 4   | 15  | 0.00          | 0.00  | 3.00  | 1.90  | 7.50   | 26           | 80.22                        |
| T <sub>5</sub> R <sub>4</sub> | 0                                                    | 0  | 6   | 6   | 14  | 0.00          | 0.00  | 2.50  | 2.90  | 5.50   | 26           | 80.22                        |
| T <sub>6</sub> R <sub>4</sub> | 0                                                    | 0  | 0   | 5   | 20  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 2.50  | 9.50   | 25           | 94.29                        |
| รวม                           | 0                                                    | 72 | 126 | 154 | 338 | 0.00          | 36.80 | 57.60 | 70.30 | 149.00 | 690          |                              |

## ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

<sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย

กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว

กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงอย่างเดียว

กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสลับกับการใช้แบคทีเรีย

กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงผสมกับการใช้แบคทีเรีย

กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ

- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- ไส้เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5
- แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มล. / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มล. / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

<sup>2/</sup> ความเสียหายระดับ 0 คะแนน 0 = ไม่พบการทำลาย

ความเสียหายระดับ 1 คะแนน 1 = พบการทำลาย 1-10 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 3 คะแนน 3 = พบการทำลาย 11-25 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 5 คะแนน 5 = พบการทำลาย 26-50 % บนพื้นที่ผิวของหัวผักกาดหัว

ความเสียหายระดับ 7 คะแนน 7 = พบการทำลายมากกว่า 50 % ของพื้นที่ผิวหรือไม่เกิดหัว

<sup>3/</sup> คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การทำลาย โดยใช้สูตร

$$\% \text{ Infestation} = \left[ \frac{\sum_0^i (n.v)}{iN} \right] \times 100$$

เมื่อ n = จำนวนต้นที่ถูกทำลายในแต่ละระดับ      v = ระดับคะแนนแต่ละระดับ

i = ระดับคะแนนของระดับการทำลายสูงสุด      N = จำนวนต้นทั้งหมดที่ตรวจนับ

ตารางผนวกที่ 7 ปริมาณและคุณภาพผลผลิตของผักกาดหัวที่ถูกทำลายโดยหนอนด้วงหมัดผัก  
ที่แปลงปลูก อ. ลาดหลุมแก้ว จ. ปทุมธานี ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ฤดูปลูกที่ 1  
เดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2548

| กรรมวิธี <sup>1/</sup>        | จำนวนหัวในระดับเกรดต่างๆ <sup>2/</sup> |     |     | น.น. ผลผลิตในระดับเกรดต่างๆ <sup>2/</sup> |       |        | รวม(หัว) |
|-------------------------------|----------------------------------------|-----|-----|-------------------------------------------|-------|--------|----------|
|                               | A                                      | B   | C   | A                                         | B     | C      |          |
| T <sub>1</sub> R <sub>1</sub> | 8                                      | 10  | 11  | 3.10                                      | 3.70  | 2.90   | 29       |
| T <sub>2</sub> R <sub>1</sub> | 9                                      | 6   | 6   | 3.60                                      | 1.90  | 2.20   | 21       |
| T <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | 0                                      | 9   | 31  | 0.00                                      | 2.80  | 8.70   | 40       |
| T <sub>4</sub> R <sub>1</sub> | 7                                      | 9   | 10  | 2.90                                      | 3.80  | 3.30   | 26       |
| T <sub>5</sub> R <sub>1</sub> | 9                                      | 6   | 6   | 3.50                                      | 2.30  | 1.90   | 21       |
| T <sub>6</sub> R <sub>1</sub> | 0                                      | 8   | 18  | 0.00                                      | 2.90  | 6.90   | 26       |
| T <sub>1</sub> R <sub>2</sub> | 10                                     | 5   | 14  | 4.60                                      | 2.90  | 4.50   | 29       |
| T <sub>2</sub> R <sub>2</sub> | 10                                     | 5   | 12  | 4.70                                      | 2.50  | 3.50   | 27       |
| T <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | 13                                     | 7   | 13  | 4.80                                      | 2.20  | 3.30   | 33       |
| T <sub>4</sub> R <sub>2</sub> | 11                                     | 7   | 15  | 4.40                                      | 2.90  | 4.40   | 33       |
| T <sub>5</sub> R <sub>2</sub> | 15                                     | 4   | 10  | 6.40                                      | 1.80  | 3.50   | 29       |
| T <sub>6</sub> R <sub>2</sub> | 0                                      | 13  | 19  | 0.00                                      | 3.90  | 6.60   | 32       |
| T <sub>1</sub> R <sub>3</sub> | 5                                      | 15  | 19  | 2.20                                      | 5.90  | 5.30   | 39       |
| T <sub>2</sub> R <sub>3</sub> | 11                                     | 15  | 16  | 4.50                                      | 6.10  | 6.40   | 42       |
| T <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | 7                                      | 16  | 6   | 3.10                                      | 7.60  | 1.90   | 29       |
| T <sub>4</sub> R <sub>3</sub> | 11                                     | 15  | 13  | 3.70                                      | 6.00  | 5.10   | 39       |
| T <sub>5</sub> R <sub>3</sub> | 11                                     | 9   | 15  | 4.80                                      | 3.50  | 4.00   | 35       |
| T <sub>6</sub> R <sub>3</sub> | 0                                      | 7   | 30  | 0.00                                      | 3.00  | 9.30   | 37       |
| T <sub>1</sub> R <sub>4</sub> | 7                                      | 12  | 11  | 3.10                                      | 4.20  | 3.20   | 30       |
| T <sub>2</sub> R <sub>4</sub> | 10                                     | 13  | 10  | 4.50                                      | 4.80  | 3.10   | 33       |
| T <sub>3</sub> R <sub>4</sub> | 12                                     | 6   | 11  | 5.90                                      | 3.00  | 4.20   | 29       |
| T <sub>4</sub> R <sub>4</sub> | 9                                      | 13  | 15  | 3.70                                      | 4.70  | 4.00   | 37       |
| T <sub>5</sub> R <sub>4</sub> | 10                                     | 14  | 10  | 4.50                                      | 4.00  | 3.20   | 34       |
| T <sub>6</sub> R <sub>4</sub> | 0                                      | 7   | 18  | 0.00                                      | 3.00  | 8.50   | 25       |
| รวม                           | 185                                    | 231 | 339 | 78.00                                     | 89.40 | 109.90 | 755      |

## ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

- <sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย
- กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว
- กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงอย่างเดียว
- กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสลับกับการใช้แบคทีเรีย
- กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงผสมกับการใช้แบคทีเรีย
- กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ
- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
  - ไส้เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5
  - แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มล. /น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มล. / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5
- <sup>2/</sup>เกรด A ผักกาดหัวที่ไม่พบรอยการทำลายหรือพบเพียงเล็กน้อย และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหนึ่งนิ้วครึ่ง (ระดับความเสียหายระดับ 0 หรือ ระดับ 1 ในกรณีที่ผักกาดหัวมีหัวสวยแต่มีการทำลายเพียงเล็กน้อย)
- เกรด B ผักกาดหัวที่พบรอยการทำลายเล็กน้อยหรือปานกลาง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหนึ่งนิ้วครึ่ง (ระดับความเสียหายระดับ 1 และ 3)
- เกรด C ผักกาดหัวที่มีรอยการทำลายมากจนไม่สามารถขายได้ (ระดับความเสียหายระดับ 5 และ 7)

**ตารางผนวกที่ 8** ปริมาณและคุณภาพผลผลิตของผักกาดหัวที่ถูกทำลายโดยหนอนด้วงหมัดผัก  
ที่แปลงปลูก อ. ลาดหลุมแก้ว จ. ปทุมธานี ในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ฤดูปลูกที่ 2  
เดือนตุลาคม- เดือนธันวาคม 2548

| กรรมวิธี <sup>1/</sup>        | จำนวนหัวในระดับเกรดต่างๆ <sup>2/</sup> |    |     | น.น. ผลผลิตในระดับเกรดต่างๆ <sup>2/</sup> |       |        | รวม(หัว) |
|-------------------------------|----------------------------------------|----|-----|-------------------------------------------|-------|--------|----------|
|                               | A                                      | B  | C   | A                                         | B     | C      |          |
| T <sub>1</sub> R <sub>1</sub> | 0                                      | 3  | 27  | 0.00                                      | 1.60  | 12.60  | 30       |
| T <sub>2</sub> R <sub>1</sub> | 0                                      | 1  | 29  | 0.00                                      | 0.50  | 12.00  | 30       |
| T <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | 0                                      | 1  | 25  | 0.00                                      | 0.50  | 11.30  | 26       |
| T <sub>4</sub> R <sub>1</sub> | 0                                      | 2  | 29  | 0.00                                      | 1.20  | 13.90  | 31       |
| T <sub>5</sub> R <sub>1</sub> | 0                                      | 0  | 23  | 0.00                                      | 0.00  | 10.10  | 23       |
| T <sub>6</sub> R <sub>1</sub> | 0                                      | 0  | 31  | 0.00                                      | 0.00  | 14.00  | 31       |
| T <sub>1</sub> R <sub>2</sub> | 0                                      | 10 | 21  | 0.00                                      | 5.10  | 9.80   | 31       |
| T <sub>2</sub> R <sub>2</sub> | 0                                      | 10 | 23  | 0.00                                      | 5.30  | 9.90   | 33       |
| T <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | 0                                      | 6  | 28  | 0.00                                      | 3.10  | 12.30  | 34       |
| T <sub>4</sub> R <sub>2</sub> | 0                                      | 2  | 28  | 0.00                                      | 1.10  | 12.30  | 30       |
| T <sub>5</sub> R <sub>2</sub> | 0                                      | 1  | 28  | 0.00                                      | 0.40  | 10.70  | 29       |
| T <sub>6</sub> R <sub>2</sub> | 0                                      | 0  | 25  | 0.00                                      | 0.00  | 10.00  | 25       |
| T <sub>1</sub> R <sub>3</sub> | 0                                      | 12 | 16  | 0.00                                      | 6.10  | 7.20   | 28       |
| T <sub>2</sub> R <sub>3</sub> | 0                                      | 8  | 23  | 0.00                                      | 3.10  | 10.40  | 31       |
| T <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | 0                                      | 3  | 21  | 0.00                                      | 2.00  | 11.20  | 24       |
| T <sub>4</sub> R <sub>3</sub> | 0                                      | 5  | 21  | 0.00                                      | 2.60  | 9.70   | 26       |
| T <sub>5</sub> R <sub>3</sub> | 0                                      | 2  | 35  | 0.00                                      | 1.10  | 15.40  | 37       |
| T <sub>6</sub> R <sub>3</sub> | 0                                      | 1  | 29  | 0.00                                      | 0.40  | 13.60  | 30       |
| T <sub>1</sub> R <sub>4</sub> | 0                                      | 5  | 26  | 0.00                                      | 2.70  | 12.30  | 31       |
| T <sub>2</sub> R <sub>4</sub> | 0                                      | 0  | 30  | 0.00                                      | 0.00  | 11.90  | 30       |
| T <sub>3</sub> R <sub>4</sub> | 0                                      | 0  | 23  | 0.00                                      | 0.00  | 11.00  | 23       |
| T <sub>4</sub> R <sub>4</sub> | 0                                      | 0  | 26  | 0.00                                      | 0.00  | 12.40  | 26       |
| T <sub>5</sub> R <sub>4</sub> | 0                                      | 0  | 26  | 0.00                                      | 0.00  | 10.90  | 26       |
| T <sub>6</sub> R <sub>4</sub> | 0                                      | 0  | 25  | 0.00                                      | 0.00  | 12.00  | 25       |
| รวม                           | 0                                      | 72 | 618 | 0.00                                      | 36.80 | 276.90 | 690      |

### ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

- <sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย
- กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว
- กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงอย่างเดียว
- กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสลับกับการใช้แบคทีเรีย
- กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงผสมกับการใช้แบคทีเรีย
- กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ
- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
  - ไส้เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5
  - แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มล. /น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มล. / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5
- <sup>2/</sup>เกรด A ผักกาดหัวที่ไม่พบรอยการทำลายหรือพบเพียงเล็กน้อย และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหนึ่งนิ้วครึ่ง (ระดับความเสียหายระดับ 0 หรือ ระดับ 1 ในกรณีที่ผักกาดหัวมีหัวสวยแต่มีการทำลายเพียงเล็กน้อย)
- เกรด B ผักกาดหัวที่พบรอยการทำลายเล็กน้อยหรือปานกลาง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหนึ่งนิ้วครึ่ง (ระดับความเสียหายระดับ 1 และ 3)
- เกรด C ผักกาดหัวที่มีรอยการทำลายมากจนไม่สามารถขายได้ (ระดับความเสียหายระดับ 5 และ 7)

**ตารางผนวกที่ 9** แสดงจำนวนโคโลนีของ *Bacillus thuringiensis* ที่พบในดินที่เก็บจากแปลงปลูก  
ผักกาดหัว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

| กรรมวิธี <sup>1/</sup>        | จำนวน โคโลนีที่ความเจือจาง 10,000 เท่า |              | จำนวน โคโลนีที่ความเจือจาง 100,000 เท่า |              |
|-------------------------------|----------------------------------------|--------------|-----------------------------------------|--------------|
|                               | ฤดูปลูกที่ 1                           | ฤดูปลูกที่ 2 | ฤดูปลูกที่ 1                            | ฤดูปลูกที่ 2 |
| T <sub>1</sub> R <sub>1</sub> | 0                                      | 0            | 1                                       | 0            |
| T <sub>2</sub> R <sub>1</sub> | 0                                      | 1            | 2                                       | 0            |
| T <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | 2                                      | 1            | 4                                       | 0            |
| T <sub>4</sub> R <sub>1</sub> | 1                                      | 1            | 0                                       | 1            |
| T <sub>5</sub> R <sub>1</sub> | 1                                      | 1            | 2                                       | 1            |
| T <sub>6</sub> R <sub>1</sub> | 2                                      | 0            | 1                                       | 0            |
| T <sub>1</sub> R <sub>2</sub> | 2                                      | 1            | 2                                       | 1            |
| T <sub>2</sub> R <sub>2</sub> | 4                                      | 1            | 1                                       | 0            |
| T <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | 1                                      | 0            | 2                                       | 1            |
| T <sub>4</sub> R <sub>2</sub> | 1                                      | 0            | 1                                       | 0            |
| T <sub>5</sub> R <sub>2</sub> | 1                                      | 1            | 1                                       | 0            |
| T <sub>6</sub> R <sub>2</sub> | 0                                      | 1            | 1                                       | 0            |
| T <sub>1</sub> R <sub>3</sub> | 1                                      | 0            | 0                                       | 1            |
| T <sub>2</sub> R <sub>3</sub> | 1                                      | 2            | 2                                       | 2            |
| T <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | 0                                      | 0            | 1                                       | 1            |
| T <sub>4</sub> R <sub>3</sub> | 2                                      | 0            | 2                                       | 1            |
| T <sub>5</sub> R <sub>3</sub> | 1                                      | 0            | 1                                       | 0            |
| T <sub>6</sub> R <sub>3</sub> | 0                                      | 1            | 1                                       | 0            |
| T <sub>1</sub> R <sub>4</sub> | 0                                      | 0            | 0                                       | 1            |
| T <sub>2</sub> R <sub>4</sub> | 3                                      | 0            | 1                                       | 2            |
| T <sub>3</sub> R <sub>4</sub> | 1                                      | 1            | 2                                       | 0            |
| T <sub>4</sub> R <sub>4</sub> | 2                                      | 1            | 1                                       | 0            |
| T <sub>5</sub> R <sub>4</sub> | 0                                      | 0            | 1                                       | 1            |
| T <sub>6</sub> R <sub>4</sub> | 0                                      | 1            | 0                                       | 1            |
| รวม                           | 26                                     | 14           | 30                                      | 14           |

## ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

- <sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย
- กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว
- กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงอย่างเดียว
- กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสลับกับการใช้แบคทีเรีย
- กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงผสมกับการใช้แบคทีเรีย
- กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ

- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- ไส้เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ของ) / น้ำ 4 ลิตร  
ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1 ของ) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5
- แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มล. / น้ำ 20 ลิตร ใน  
กรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มล. / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5



ตารางผนวกที่ 10 จำนวนหนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa armigera*) ที่ตายด้วยไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทยที่เก็บจากแปลงปลูกผัก อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

| กรรมวิธี <sup>1/</sup>        | จำนวนหนอนตายที่ชั่วโมงต่างๆ ในฤดูปลูกที่ 1 |    |    |    | จำนวนหนอนตายที่ชั่วโมงต่างๆ ใน ฤดูปลูกที่ 2 |    |    |    |
|-------------------------------|--------------------------------------------|----|----|----|---------------------------------------------|----|----|----|
|                               | 24                                         | 48 | 72 | 96 | 24                                          | 48 | 72 | 96 |
| T <sub>1</sub> R <sub>1</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 0  | 0                                           | 0  | 0  | 1  |
| T <sub>2</sub> R <sub>1</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 0  | 0                                           | 0  | 0  | 0  |
| T <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | 0                                          | 0  | 1  | 0  | 0                                           | 0  | 2  | 0  |
| T <sub>4</sub> R <sub>1</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 1  | 0                                           | 0  | 0  | 0  |
| T <sub>5</sub> R <sub>1</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 1  | 0                                           | 0  | 0  | 0  |
| T <sub>6</sub> R <sub>1</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 0  | 0                                           | 0  | 1  | 0  |
| T <sub>1</sub> R <sub>2</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 1  | 0                                           | 0  | 1  | 0  |
| T <sub>2</sub> R <sub>2</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 1  | 0                                           | 0  | 0  | 0  |
| T <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | 0                                          | 0  | 1  | 0  | 0                                           | 0  | 0  | 1  |
| T <sub>4</sub> R <sub>2</sub> | 0                                          | 0  | 1  | 0  | 0                                           | 0  | 0  | 0  |
| T <sub>5</sub> R <sub>2</sub> | 0                                          | 0  | 1  | 0  | 0                                           | 0  | 1  | 0  |
| T <sub>6</sub> R <sub>2</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 0  | 0                                           | 0  | 0  | 0  |
| T <sub>1</sub> R <sub>3</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 1  | 0                                           | 0  | 0  | 0  |
| T <sub>2</sub> R <sub>3</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 0  | 0                                           | 0  | 0  | 0  |
| T <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | 0                                          | 1  | 0  | 0  | 0                                           | 0  | 2  | 0  |
| T <sub>4</sub> R <sub>3</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 1  | 0                                           | 0  | 0  | 0  |
| T <sub>5</sub> R <sub>3</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 1  | 0                                           | 0  | 0  | 1  |
| T <sub>6</sub> R <sub>3</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 0  | 0                                           | 0  | 0  | 0  |
| T <sub>1</sub> R <sub>4</sub> | 0                                          | 0  | 1  | 0  | 0                                           | 0  | 1  | 0  |
| T <sub>2</sub> R <sub>4</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 0  | 0                                           | 0  | 0  | 0  |
| T <sub>3</sub> R <sub>4</sub> | 0                                          | 0  | 1  | 0  | 0                                           | 0  | 1  | 0  |
| T <sub>4</sub> R <sub>4</sub> | 0                                          | 0  | 1  | 0  | 0                                           | 0  | 0  | 0  |
| T <sub>5</sub> R <sub>4</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 1  | 0                                           | 0  | 1  | 0  |
| T <sub>6</sub> R <sub>4</sub> | 0                                          | 0  | 0  | 0  | 0                                           | 0  | 0  | 0  |
| รวม                           | 0                                          | 1  | 7  | 8  | 0                                           | 0  | 10 | 3  |

### ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

- <sup>1/</sup>กรรมวิธีที่ 1 ใช้สารเคมีร่วมกับแบคทีเรียและไส้เดือนฝอย
- กรรมวิธีที่ 2 ใช้แบคทีเรียอย่างเดียว
- กรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงอย่างเดียว
- กรรมวิธีที่ 4 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสลับกับการใช้แบคทีเรีย
- กรรมวิธีที่ 5 ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงผสมกับการใช้แบคทีเรีย
- กรรมวิธีที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่นสารใดๆ

- สารเคมีที่ใช้คือ คาร์บาริล (85%) อัตรา 40-60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- ไส้เดือนฝอยใช้ชนิด *Steinernema siamkayai* KB strain อัตรา 10 ล้านตัว (2 ซอง) / น้ำ 4 ลิตร  
ในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 และใช้อัตรา 5 ล้านตัว (1ซอง) / น้ำ 4 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5
- แบคทีเรียใช้ชนิด *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* อัตรา 100 มล. /น้ำ 20 ลิตร ใน  
กรรมวิธีที่ 2 และ 4 และใช้อัตรา 50 มล. / น้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่ 1 และ 5

ตารางผนวกที่ 11 ต้นทุนคงที่ในการผลิตผักกาดหัวต่อพื้นที่ 1 ไร่

| รายการ                      | ราคา (บาท)    |
|-----------------------------|---------------|
| เมล็ดพันธุ์ 1 ปอนด์         | 2,600         |
| ค่าแรงเก็บหญ้า-แยกดิน       | 3,000         |
| ค่าน้ำมันรดน้ำ              | 800           |
| ปุ๋ยรองพื้น ปุ๋นขาว กากถั่ว | 2,000         |
| ปุ๋ย 15-15-15, 16-16-16     | 1,400         |
| ค่าแรงทำดิน ไถดิน ปูฟาง     | 1,400         |
| ค่าเก็บเกี่ยว               | 2,000         |
| <b>รวม</b>                  | <b>13,200</b> |

ตารางผนวกที่ 12 ผลผลิตและรายรับจากแปลงปลูกผักกาดหัวอำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ทั้งสองฤดูปลูก

|                 | ฤดูปลูกที่ 1              |                      |                      | ฤดูปลูกที่ 2         |                      |                      |
|-----------------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                 | น้ำหนัก<br>ผักกาดหัว (กก) | กิโลกรัม<br>ละ (บาท) | คิดเป็น<br>เงิน(บาท) | น้ำหนักผักกาด<br>หัว | กิโลกรัม<br>ละ (บาท) | คิดเป็น<br>เงิน(บาท) |
| ผักกาดหัวเกรด A | 1710                      | 5                    | 8,550                | 0                    | 0                    | 0                    |
| ผักกาดหัวเกรด B | 1000                      | 2                    | 2,000                | 1000                 | 3                    | 3,000                |
| ผักกาดหัวเกรด C |                           |                      |                      | 1700                 | 1                    | 1,700                |
| <b>รวม</b>      | <b>2710</b>               |                      | <b>10550</b>         | <b>2700</b>          |                      | <b>4,700</b>         |

ตารางผนวกที่ 13 ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ปี 2548 สถานี: 419301 Pathum Thani Agromet.

| วันที่ | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค. |
|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 1      | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 20.0  | 0.1  | 3.2  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 2      | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 15.9 | 12.9  | 24.6  | 0.0   | 0.0  |
| 3      | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 38.4  | 0.0   | 45.7  | 10.2 | 0.0  | 52.1  | 8.0   | 0.2   | 0.0  |
| 4      | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 39.7  | 6.6   | 0.0   | 18.0 | 0.0  | 54.5  | 0.0   | 12.7  | 0.0  |
| 5      | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 6.9   | 0.1  | T    | 0.0   | 0.0   | 17.8  | 0.0  |
| 6      | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 2.8   | 0.0   | 0.0  | T    | 0.5   | 0.0   | 2.0   | 0.1  |
| 7      | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 7.5   | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 11.8  | 4.4   | 0.5   | 0.0  |
| 8      | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 9.1  | 16.0  | 0.0   | 5.7   | 0.0  |
| 9      | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.6   | 0.0  | 0.0  | 52.6  | 12.8  | 0.0   | 0.0  |
| 10     | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 3.2   | 0.0  | 0.0  | 4.3   | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 11     | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 8.3   | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 29.2  | 0.0  |
| 12     | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.5   | 0.0   | 14.9 | 0.2  | 38.3  | 0.0   | 5.3   | 0.0  |
| 13     | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.4   | 2.3   | 6.4   | 28.8 | 0.2  | 85.1  | 4.8   | 6.5   | 0.0  |
| 14     | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 33.3  | 0.0   | 0.0  | 2.5  | 106.1 | 20.4  | 0.0   | 0.0  |
| 15     | 0.1  | 0.0  | 0.0   | 20.8  | 2.4   | T     | 0.5  | 2.4  | 0.2   | 23.9  | 36.8  | 0.0  |
| 16     | 0.0  | 0.0  | 6.8   | 0.0   | T     | 20.8  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 18.2  | 1.0   | 0.0  |
| 17     | 0.0  | 0.0  | 0.1   | 0.0   | 0.0   | 0.5   | 0.0  | 0.1  | 8.3   | 0.2   | 0.0   | 0.0  |
| 18     | 1.1  | 0.0  | 0.0   | T     | 0.5   | 0.2   | 0.0  | 8.6  | 2.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 19     | 2.4  | 0.0  | 0.0   | 0.6   | 44.2  | 18.8  | 0.0  | 0.2  | 2.7   | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 20     | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.2   | 2.3   | T    | 0.5  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 21     | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 17.6  | 0.0   | 0.5  | 2.0  | 3.3   | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 22     | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.8   | 0.0   | 1.4  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 23     | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 28.4  | 9.9  | 0.0  | 0.1   | 3.4   | 0.0   | 0.0  |
| 24     | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.6   | 6.0  | 0.0  | 0.0   | 5.8   | 0.0   | 0.0  |
| 25     | 0.0  | 0.0  | 7.8   | 0.0   | 0.0   | 8.8   | 0.9  | 0.0  | 0.0   | 1.5   | 0.0   | 0.0  |
| 26     | 0.0  | 0.0  | 36.8  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.5  | 0.0  | 0.0   | 1.1   | 0.0   | 5.4  |
| 27     | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.1   | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 0.1  | 12.5  | 0.4   | 0.0   | 0.0  |
| 28     | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.5   | 1.5   | 2.9   | 0.3  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 29     | 0.0  |      | 0.0   | 0.0   | 4.8   | T     | 0.0  | 3.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 30     | 0.0  |      | 0.0   | 0.0   | 7.9   | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 31     | 0.0  |      | 0.0   |       | 0.8   |       | 0.6  | 0.0  |       | 0.0   |       | 0.0  |
| N      | 31   | 28   | 31    | 30    | 31    | 30    | 31   | 31   | 30    | 31    | 30    | 31   |
| Total  | 3.6  | 0.0  | 51.5  | 108.0 | 134.5 | 166.1 | 92.7 | 48.0 | 463.3 | 129.5 | 117.7 | 5.5  |

Annual rainfall = 1320.4 mm. Total NO. of days with rainfall = 120

Daily Maximum Rainfall = 106.1 mm. On 14 SEP "T" is trace rainfall, rainfall amount less than 0.1 mm.

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2549)

ตารางผนวกที่ 14 ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด (%) ปี 2548 สถานี: 419301 Pathum Thani Agromet.

| วันที่ | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|--------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 1      | 74   | 90   | 90    | 87    | 85   | 87    | 76   | 90   | 84   | 86   | 82   | 85   |
| 2      | 76   | 90   | 88    | 87    | 88   | 87    | 72   | 87   | 88   | 86   | 86   | 74   |
| 3      | 91   | 88   | 88    | 88    | 87   | 88    | 86   | 87   | 87   | 90   | 86   | 84   |
| 4      | 88   | 90   | 82    | 87    | 94   | 88    | 80   | 86   | 88   | 87   | 86   | 86   |
| 5      | 86   | 90   | 71    | 80    | 86   | 86    | 87   | 80   | 92   | 86   | 86   | 90   |
| 6      | 82   | 90   | 59    | 86    | 87   | 84    | 79   | 84   | 88   | 87   | 87   | 87   |
| 7      | 87   | 90   | 83    | 90    | 87   | 85    | 78   | 78   | 87   | 86   | 92   | 76   |
| 8      | 86   | 92   | 87    | 91    | 87   | 80    | 75   | 84   | 88   | 86   | 87   | 76   |
| 9      | 88   | 92   | 89    | 90    | 88   | 86    | 83   | 86   | 90   | 86   | 87   | 77   |
| 10     | 82   | 90   | 90    | 90    | 83   | 80    | 80   | 86   | 88   | 80   | 86   | 82   |
| 11     | 83   | 91   | 89    | 90    | 84   | 85    | 85   | 84   | 90   | 80   | 87   | 80   |
| 12     | 88   | 91   | 90    | 88    | 87   | 82    | 87   | 85   | 85   | 84   | 87   | 83   |
| 13     | 90   | 91   | 89    | 88    | 87   | 90    | 87   | 83   | 88   | 82   | 87   | 73   |
| 14     | 88   | 91   | 88    | 88    | 88   | 87    | 88   | 85   | 87   | 87   | 88   | 65   |
| 15     | 87   | 88   | 88    | 87    | 87   | 86    | 87   | 90   | 87   | 86   | 87   | 60   |
| 16     | 85   | 90   | 90    | 88    | 88   | 87    | 88   | 83   | 88   | 88   | 86   | 60   |
| 17     | 82   | 90   | 90    | 88    | 90   | 87    | 85   | 81   | 86   | 93   | 87   | 65   |
| 18     | 87   | 91   | 90    | 88    | 88   | 86    | 83   | 86   | 83   | 86   | 82   | 65   |
| 19     | 88   | 90   | 89    | 88    | 88   | 88    | 85   | 86   | 86   | 86   | 80   | 74   |
| 20     | 90   | 92   | 87    | 88    | 89   | 88    | 80   | 86   | 88   | 83   | 74   | 68   |
| 21     | 92   | 87   | 87    | 86    | 88   | 87    | 81   | 86   | 86   | 85   | 74   | 65   |
| 22     | 90   | 90   | 88    | 87    | 88   | 81    | 86   | 93   | 86   | 80   | 73   | 59   |
| 23     | 91   | 88   | 88    | 87    | 87   | 87    | 86   | 85   | 85   | 82   | 75   | 58   |
| 24     | 91   | 90   | 90    | 88    | 88   | 88    | 85   | 83   | 79   | 88   | 73   | 69   |
| 25     | 88   | 88   | 89    | 84    | 86   | 88    | 86   | 81   | 84   | 87   | 75   | 76   |
| 26     | 88   | 90   | 90    | 88    | -    | 88    | 86   | 78   | 80   | 87   | 75   | 87   |
| 27     | 89   | 91   | 90    | 87    | 80   | 85    | 85   | 87   | 87   | 87   | 80   | 87   |
| 28     | 88   | 90   | 90    | 86    | 87   | 86    | 85   | 86   | 87   | 87   | 82   | 87   |
| 29     | 89   |      | 88    | 86    | 88   | 87    | 85   | 87   | 87   | 87   | 82   | 84   |
| 30     | 88   |      | 88    | 88    | 88   | 82    | 85   | 85   | 86   | 87   | 85   | 84   |
| 31     | 90   |      | 88    |       | 88   |       | 85   | 86   |      | 87   |      | 83   |
| N      | 31   | 28   | 31    | 30    | 30*  | 30    | 31   | 31   | 30   | 31   | 30   | 31   |
| Mean   | 87   | 90   | 87    | 88    | 87   | 86    | 84   | 85   | 87   | 86   | 83   | 76   |

- = IS MISSING DATA OR NO OBSERVATION

\* = MEANS INCOMPLETE DATA IN THE SPECIFIED MONTH OR ANNUAL VALUES

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2549)

ตารางผนวกที่ 15 ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด (%) ปี 2548 สถานี: 419301 Pathum Thani Agromet.

| วันที่ | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|--------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 1      | 43   | 56   | 44    | 47    | 47   | 53    | 53   | 76   | 53   | 53   | 52   | 46   |
| 2      | 38   | 55   | 52    | 50    | 48   | 55    | 53   | 65   | 46   | 56   | 52   | 52   |
| 3      | 37   | 48   | 44    | 50    | 33   | 50    | 53   | 56   | 54   | 53   | 54   | 56   |
| 4      | 34   | 52   | 49    | 69    | 47   | 55    | 48   | 59   | 74   | 55   | 48   | 50   |
| 5      | 35   | 48   | 37    | 53    | 38   | 56    | 58   | 57   | 61   | 66   | 71   | 60   |
| 6      | 42   | 42   | 34    | 44    | 40   | 54    | 51   | 60   | 57   | 58   | 68   | 64   |
| 7      | 37   | 50   | 33    | 48    | 40   | 54    | 54   | 59   | 64   | 55   | 55   | 56   |
| 8      | 45   | 47   | 33    | 50    | 64   | 52    | 55   | 56   | 72   | 54   | 65   | 52   |
| 9      | 43   | 55   | 44    | 49    | 45   | 54    | 52   | 54   | 4    | 67   | 59   | 49   |
| 10     | 38   | 55   | 38    | 42    | 46   | 60    | 54   | 54   | 7    | 52   | 55   | 47   |
| 11     | 37   | 54   | 50    | 55    | 44   | 54    | 48   | 55   | 58   | 51   | 56   | 47   |
| 12     | 40   | 47   | 38    | 54    | 50   | 55    | 65   | 63   | 64   | 60   | 64   | 50   |
| 13     | 50   | 48   | 38    | 52    | 50   | 55    | 87   | 56   | 62   | 54   | 60   | 48   |
| 14     | 50   | 47   | 48    | 46    | 47   | 55    | 54   | 60   | 68   | 62   | 52   | 48   |
| 15     | 66   | 40   | 55    | 63    | 52   | 60    | 48   | 54   | 85   | 50   | 59   | 54   |
| 16     | 48   | 44   | 55    | 62    | 54   | 55    | 52   | 53   | 64   | 60   | 60   | 50   |
| 17     | 46   | 27   | 52    | 59    | 63   | 63    | 43   | 49   | 64   | 56   | 58   | 50   |
| 18     | 48   | 47   | 53    | 61    | 58   | 57    | 51   | 50   | 57   | 54   | 63   | 44   |
| 19     | 58   | 37   | 42    | 53    | 60   | 62    | 48   | 55   | 70   | 53   | 60   | 43   |
| 20     | 63   | 45   | 41    | 52    | 68   | 62    | 55   | 54   | 52   | 54   | 52   | 46   |
| 21     | 52   | 43   | 46    | 56    | 64   | 54    | 58   | 50   | 52   | 49   | 53   | 53   |
| 22     | 45   | 45   | 43    | 47    | 46   | 55    | 56   | 56   | 55   | 45   | 47   | 47   |
| 23     | 46   | 45   | 46    | 46    | 54   | 59    | 65   | 49   | 49   | 62   | 60   | 44   |
| 24     | 53   | 42   | 49    | 50    | 50   | 55    | 65   | 47   | 57   | 70   | 53   | 52   |
| 25     | 54   | 39   | 50    | 64    | 53   | 54    | 57   | 45   | 57   | 66   | 57   | 48   |
| 26     | 52   | 32   | 60    | 49    | -    | 55    | 66   | 51   | 53   | 59   | 62   | 52   |
| 27     | 40   | 43   | 46    | 43    | 50   | 54    | 58   | 61   | 56   | 66   | 51   | 68   |
| 28     | 35   | 44   | 47    | 38    | 48   | 53    | 54   | 47   | 55   | 55   | 52   | 53   |
| 29     | 43   |      | 40    | 53    | 46   | 56    | 52   | 45   | 57   | 50   | 53   | 45   |
| 30     | 45   |      | 51    | 47    | 56   | 50    | 63   | 51   | 63   | 49   | 48   | 41   |
| 31     | 50   |      | 47    |       | 56   |       | 60   | 50   | 65   | 64   |      | 44   |
| N      | 31   | 28   | 31    | 30    | 30*  | 30    | 31   | 31   | 30   | 31   | 30   | 31   |
| Mean   | 46   | 46   | 45    | 52    | 51   | 56    | 56   | 55   | 61   | 57   | 57   | 50   |

- = IS MISSING DATA OR NO OBSERVATION

\* = MEANS INCOMPLETE DATA IN THE SPECIFIED MONTH OR ANNUAL VALUES

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2549)

ตารางผนวกที่ 16 อุณหภูมิสูงสุด(องศาเซลเซียส) ปี 2548 สถานี: 419301 Pathum Thani Agromet.

| วันที่ | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|--------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 1      | 28.8 | 33.5 | 36.0  | 37.5  | 38.0 | 35.3  | 34.0 | 30.2 | 34.7 | 36.2 | 31.5 | 33.5 |
| 2      | 30.4 | 34.0 | 35.4  | 37.3  | 38.1 | 35.4  | 34.1 | 31.5 | 36.5 | 34.8 | 33.0 | 33.0 |
| 3      | 30.5 | 34.4 | 36.7  | 37.0  | 38.4 | 35.6  | 36.0 | 33.4 | 35.0 | 35.0 | 34.6 | 33.2 |
| 4      | 33.5 | 34.5 | 34.8  | 28.0  | 37.8 | 35.0  | 35.2 | 32.7 | 31.5 | 34.2 | 35.5 | 34.5 |
| 5      | 34.2 | 34.6 | 29.4  | 31.0  | 37.8 | 35.0  | 32.7 | 32.7 | 34.3 | 32.4 | 30.7 | 32.4 |
| 6      | 32.8 | 35.8 | 30.7  | 34.7  | 38.2 | 35.2  | 34.8 | 33.6 | 34.3 | 33.7 | 31.7 | 30.7 |
| 7      | 34.2 | 35.0 | 34.0  | 35.4  | 37.2 | 35.3  | 34.7 | 34.0 | 32.4 | 34.5 | 34.0 | 30.7 |
| 8      | 34.0 | 35.5 | 35.8  | 36.2  | 32.5 | 35.5  | 34.8 | 33.5 | 30.5 | 33.2 | 32.5 | 29.5 |
| 9      | 33.2 | 35.4 | 35.6  | 36.5  | 36.0 | 35.2  | 34.0 | 33.4 | 31.5 | 31.2 | 32.5 | 31.3 |
| 10     | 33.8 | 34.8 | 35.6  | 38.0  | 36.5 | 33.4  | 35.4 | 33.6 | 33.5 | 33.5 | 33.8 | 32.0 |
| 11     | 34.4 | 35.5 | 35.4  | 37.5  | 36.8 | 35.5  | 36.5 | 33.5 | 33.5 | 34.5 | 34.2 | 32.9 |
| 12     | 34.5 | 36.0 | 37.2  | 37.0  | 35.6 | 36.0  | 34.4 | 31.3 | 32.8 | 33.1 | 33.3 | 31.8 |
| 13     | 33.8 | 35.4 | 37.5  | 37.0  | 35.7 | 35.2  | 28.0 | 33.0 | 31.8 | 36.3 | 33.7 | 30.8 |
| 14     | 33.4 | 35.0 | 36.4  | 36.3  | 36.7 | 34.8  | 33.3 | 32.0 | 26.8 | 32.6 | 35.0 | 30.8 |
| 15     | 22.2 | 35.6 | 31.8  | 34.4  | 36.5 | 33.5  | 35.5 | 33.6 | 32.5 | 35.7 | 34.0 | 26.6 |
| 16     | 29.6 | 35.8 | 33.5  | 34.0  | 36.0 | 35.5  | 35.5 | 34.2 | 34.1 | 33.3 | 33.4 | 27.8 |
| 17     | 32.0 | 37.0 | 35.5  | 36.0  | 34.0 | 34.0  | 36.0 | 35.5 | 34.5 | 33.7 | 32.7 | 29.5 |
| 18     | 33.5 | 36.6 | 35.4  | 34.7  | 35.0 | 35.5  | 36.5 | 36.0 | 33.5 | 33.8 | 31.6 | 27.9 |
| 19     | 32.5 | 37.5 | 36.4  | 36.0  | 33.8 | 34.0  | 36.5 | 34.2 | 33.6 | 34.2 | 31.0 | 27.8 |
| 20     | 32.1 | 35.5 | 37.0  | 35.8  | 32.7 | 34.4  | 35.6 | 35.4 | 33.5 | 33.8 | 32.0 | 29.0 |
| 21     | 33.0 | 36.2 | 36.6  | 35.0  | 34.0 | 35.2  | 33.7 | 35.5 | 33.5 | 34.6 | 29.8 | 26.7 |
| 22     | 33.7 | 36.0 | 37.5  | 37.0  | 36.0 | 34.3  | 34.3 | 34.2 | 34.0 | 34.0 | 28.8 | 22.6 |
| 23     | 34.0 | 36.2 | 37.0  | 37.5  | 35.2 | 34.8  | 31.5 | 35.4 | 33.2 | 32.2 | 27.0 | 27.2 |
| 24     | 33.4 | 36.5 | 36.2  | 37.5  | 36.2 | 35.0  | 31.4 | 35.6 | 33.7 | 31.0 | 29.4 | 27.2 |
| 25     | 33.0 | 36.7 | 35.0  | 37.0  | 35.0 | 34.8  | 33.5 | 37.1 | 34.5 | 31.3 | 29.8 | 33.2 |
| 26     | 33.5 | 37.4 | 32.6  | 37.5  | 35.5 | 34.8  | 31.7 | 36.4 | 34.4 | 34.0 | 30.5 | 32.5 |
| 27     | 34.5 | 36.2 | 34.6  | 37.7  | 35.8 | 35.4  | 32.7 | 33.5 | 34.5 | 31.2 | 32.6 | 28.7 |
| 28     | 35.4 | 35.7 | 37.0  | 37.8  | 36.5 | 35.7  | 34.5 | 36.5 | 33.2 | 33.3 | 33.5 | 31.0 |
| 29     | 35.0 |      | 37.4  | 37.0  | 37.3 | 33.3  | 34.4 | 36.0 | 31.8 | 34.0 | 32.5 | 32.5 |
| 30     | 35.5 |      | 37.3  | 37.7  | 35.0 | 35.5  | 32.5 | 34.8 | 32.3 | 34.0 | 32.8 | 32.7 |
| 31     | 35.5 |      | 37.7  |       | 34.6 |       | 32.5 | 36.0 |      | 33.2 |      | 33.2 |
| N      | 31   | 28   | 31    | 30    | 31   | 30    | 31   | 31   | 30   | 31   | 30   | 31   |
| Mean   | 32.9 | 35.7 | 35.5  | 36.1  | 35.9 | 34.9  | 34.1 | 34.1 | 33.2 | 33.6 | 32.2 | 30.4 |

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2549)

ตารางผนวกที่ 17 อุณหภูมิค่าสุด (องศาเซลเซียส) ปี 2548 สถานี: 419301 Pathum Thani Agromet.

| วันที่ | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|--------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 1      | 17.6 | 24.6 | 24.5  | 26.6  | 26.0 | 25.7  | 26.4 | 24.2 | 27.2 | 25.4 | 24.3 | 24.0 |
| 2      | 16.2 | 24.0 | 24.0  | 25.2  | 27.0 | 26.2  | 26.5 | 24.0 | 26.5 | 26.5 | 25.2 | 25.2 |
| 3      | 15.6 | 24.0 | 25.2  | 26.5  | 26.8 | 26.5  | 26.2 | 25.4 | 24.0 | 23.4 | 26.0 | 25.0 |
| 4      | 17.0 | 23.8 | 24.4  | 22.5  | 27.3 | 25.0  | 25.0 | 26.2 | 22.5 | 25.2 | 25.7 | 25.2 |
| 5      | 18.0 | 23.6 | 22.5  | 23.4  | 27.6 | 26.1  | 24.4 | 25.0 | 24.6 | 25.5 | 24.0 | 25.7 |
| 6      | 19.0 | 22.5 | 17.6  | 22.8  | 28.0 | 26.0  | 25.8 | 25.7 | 25.6 | 25.0 | 24.4 | 25.2 |
| 7      | 18.5 | 23.8 | 18.8  | 25.2  | 27.4 | 26.8  | 25.5 | 26.2 | 25.0 | 25.7 | 25.4 | 22.8 |
| 8      | 20.4 | 24.0 | 20.5  | 26.0  | 27.2 | 27.0  | 26.0 | 26.5 | 24.3 | 26.0 | 25.0 | 21.2 |
| 9      | 20.6 | 24.0 | 22.6  | 26.2  | 26.0 | 26.5  | 25.5 | 25.4 | 24.4 | 24.6 | 24.0 | 21.6 |
| 10     | 19.5 | 24.6 | 23.7  | 26.0  | 27.4 | 26.0  | 25.5 | 25.4 | 24.0 | 26.0 | 24.0 | 22.5 |
| 11     | 18.8 | 25.2 | 24.2  | 27.2  | 28.6 | 26.7  | 25.7 | 25.2 | 24.4 | 25.8 | 24.0 | 23.0 |
| 12     | 21.5 | 24.5 | 23.7  | 27.5  | 26.8 | 26.3  | 25.5 | 26.4 | 25.5 | 26.6 | 24.0 | 22.5 |
| 13     | 22.8 | 24.6 | 23.6  | 26.2  | 25.8 | 26.6  | 25.0 | 26.0 | 24.0 | 26.0 | 24.0 | 21.4 |
| 14     | 24.0 | 24.8 | 24.2  | 25.4  | 26.7 | 26.3  | 24.0 | 26.0 | 24.0 | 24.8 | 24.9 | 21.1 |
| 15     | 20.3 | 24.0 | 25.3  | 25.4  | 25.0 | 26.7  | 26.0 | 25.6 | 23.6 | 24.6 | 25.0 | 21.7 |
| 16     | 18.5 | 23.5 | 25.0  | 25.0  | 27.5 | 26.5  | 24.6 | 25.2 | 25.0 | 24.8 | 24.0 | 19.7 |
| 17     | 21.8 | 24.0 | 24.8  | 26.2  | 26.8 | 25.7  | 26.2 | 25.7 | 26.4 | 24.4 | 24.3 | 20.0 |
| 18     | 22.2 | 23.2 | 25.4  | 26.0  | 26.8 | 26.5  | 27.0 | 25.0 | 25.5 | 25.5 | 25.2 | 18.5 |
| 19     | 23.5 | 23.6 | 25.4  | 26.0  | 27.0 | 25.5  | 26.6 | 24.3 | 26.2 | 26.1 | 25.0 | 15.6 |
| 20     | 24.2 | 24.5 | 25.6  | 25.0  | 26.0 | 26.2  | 26.3 | 25.4 | 24.8 | 26.2 | 22.8 | 18.0 |
| 21     | 23.2 | 25.0 | 25.0  | 26.2  | 25.5 | 26.0  | 26.5 | 26.7 | 24.8 | 26.0 | 21.3 | 21.2 |
| 22     | 22.5 | 25.4 | 25.2  | 25.2  | 25.2 | 27.0  | 25.0 | 25.2 | 25.0 | 25.0 | 20.0 | 18.2 |
| 23     | 22.4 | 24.8 | 25.5  | 26.5  | 25.5 | 23.8  | 25.5 | 25.0 | 26.0 | 25.5 | 20.6 | 19.0 |
| 24     | 23.0 | 24.6 | 26.2  | 27.0  | 26.7 | 24.0  | 24.0 | 25.0 | 25.8 | 24.4 | 21.8 | 18.0 |
| 25     | 23.0 | 24.5 | 24.4  | 27.0  | 26.5 | 26.0  | 24.6 | 26.1 | 25.5 | 25.0 | 22.8 | 22.2 |
| 26     | 22.8 | 24.3 | 24.2  | 27.7  | 25.8 | 25.0  | 26.0 | 27.8 | 25.6 | 25.4 | 24.0 | 22.0 |
| 27     | 23.0 | 24.3 | 24.4  | 27.7  | 27.6 | 26.4  | 26.0 | 26.2 | 25.5 | 25.0 | 24.2 | 22.0 |
| 28     | 22.8 | 23.0 | 25.4  | 28.0  | 27.3 | 27.6  | 25.5 | 25.0 | 25.4 | 24.8 | 24.5 | 23.2 |
| 29     | 23.0 |      | 26.4  | 27.2  | 26.8 | 25.3  | 26.0 | 25.3 | 26.2 | 24.6 | 24.5 | 21.6 |
| 30     | 23.0 |      | 26.4  | 27.2  | 25.7 | 25.4  | 26.5 | 25.4 | 26.6 | 24.8 | 24.0 | 21.4 |
| 31     | 23.5 |      | 25.0  |       | 25.2 |       | 25.4 | 25.4 |      | 24.5 |      | 21.6 |
| N      | 31   | 28   | 31    | 30    | 31   | 30    | 31   | 31   | 30   | 31   | 30   | 31   |
| Mean   | 21.0 | 24.2 | 24.2  | 26.0  | 26.6 | 26.0  | 25.6 | 25.5 | 25.1 | 25.3 | 24.0 | 21.6 |

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2549)