ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (กีฏวิทยา)

ปริญญา

กีฏวิทยา | กีฏวิทยา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง เพื่อจัดการหนอนใยผัก ในระบบการผลิตคะน้าปลอดภัย

Efficacy of Entomopathogenic Bacteria for Diamondback Moth Management in Chinese Kale Safety Production System

นามผู้วิจัย นายศิวะ นพรัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์จารุวัฒน์ เถาธรรมพิทักษ์, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์เอกวัต วิถีประดิษฐ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(อาจารย์เอกวัต วิถีประดิษฐ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง เพื่อจัดการหนอนใยผัก ในระบบการผลิตคะน้าปลอดภัย

Efficacy of Entomopathogenic Bacteria for Diamondback Moth Management in Chinese Kale Safety Production System

โดย

นายศิวะ นพรัตน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (กีฏวิทยา)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิวะ นพรัตน์ 2557: ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง เพื่อจัดการหนอนใยผัก ในระบบการผลิตคะน้าปลอดภัย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (กีฏวิทยา) สาขากีฏวิทยา ภาควิชากีฏวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์จารุวัฒน์ เถาธรรมพิทักษ์, วท.ด. 167 หน้า

เกษตรกรส่วนใหญ่มักใช้สารเคมีกำจัดแมลงในการป้องกันกำจัดอย่างผิดวิธีทำให้เกิดผลกระทบทั้งสุขภาพ สภาพแวดล้อม ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น และที่สำคัญคือแมลงเกิดความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลง ชีววิธีเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียจากดินจากแปลงปลูกคะน้าในจังหวัดสุพรรณบุรี และลพบุรีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงหนอนใยผักและสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลิตเอนไซม์เพิ่มความต้านทานของคะน้าได้ ซึ่งการทดสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่า แบคทีเรียที่แยกจากดินแปลงผักจำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ L41, L33, L30, 4A และ 4M สามารถฆ่าหนอนใยผักได้ระหว่าง 16.67 – 36.67 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมงหลังทดสอบ และเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ L33 มีความสามารถในการยับยั้งการวางไข่ของหนอนใยผักได้ดีที่สุด นอกจากนี้การทดสอบในสภาพเรือนทดลอง พบว่า เชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ L30 มีค่าเฉลี่ยการตายของหนอน เท่ากับ 62 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมงหลังทดสอบ และเชื้อแบคทีเรียทั้ง 5 สายพันธุ์ สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้าในด้านความสูงต้นและความยาวราก ส่วนการทดสอบในสภาพแปลงเกษตรกรหลังการพ่นสารแขวนลอยเชื้อแบคทีเรียที่แยกจากดินแปลงผัก ทำการสุ่มนับประชากรหนอนใยผักด้วยวิธีการใช้กรอบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate) พบว่า เชื้อแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์มีความสามารถในการฆ่าหนอนใยผักได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติ นอกจากนี้เชื้อแบคทีเรียที่แยกจากดินแปลงผักยังมีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้าได้ดีแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถกระตุ้นให้พืชสร้างเอนไซม์ proteinase, peroxidase และ β-1,3 glucanase ได้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียที่คัดเลือกได้นั้นมีแนวโน้มที่จะนำมาปรับใช้ได้ในระบบการปลูกคะน้า และควรศึกษารายละเอียดเพื่อหาวิธีการในการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมแมลง และอนุรักษ์สภาพแวดล้อม

_____ _____ ____/____/____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Siva Nopparat 2014: Efficacy of Entomopathogenic Bacteria for Diamondback Moth Management in Chinese Kale Safety Production System. Master of Science (Entomology), Major Field: Entomology, Department of Entomology. Thesis Advisor: Mr. Jaruwat Thowthampitak, Ph.D. 167 pages.

Most farmers were misapplication of pesticides caused of health and environment problems and increased cost. The importance problem is insect resistance for insecticide. Biological control can be used as alternative strategy to resolve this problem. The objective of this study is isolated bacteria from Chinese kale soil from Suphanburi and Lopburi province that were dimondback moth control and induced plant growth parameter and plant defense mechanism. Under laboratory conditions, five strains of bacteria L41, L33, L30, 4A and 4M showed the mortality of 16.67 – 36.67 % to brown plant hopper at 72 hrs after treatment. The strain L33 showed the lowest egg production. Greenhouse condition, strain L30 showed the highest mortality 62% at 72 hrs after treatment. Moreover, these five strains of bacteria induced plant growth parameter (stem height and root length). In farmer field trial conditions, collect the population of diamondback moth by quadrate after bacterial suspension sprayed. The result showed each strain of bacteria were damage the diamondback moth not significantly when compared with conventional treatment. In addition, all of bacterial strain induced plant growth parameter and increased the enzymes production (proteinase, peroxidase and β-1,3 glucanase). From this study, these bacteria were shown the efficacy for use in chinese kale production and should be studied to determine the application for insect control and environment conservation.

_____ _____ ____ / ____ / ____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. จารุวัฒน์ เถาธรรมพิทักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร. เอกวัต วิถีประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำในการเรียน การค้นคว้าวิจัย อบรมสั่งสอน ตลอดจนให้คำแนะนำปรึกษาและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. อัญชนา ท่านเจริญ ประธานในการสอบและ ดร. ดุสิต อธินุวัฒน์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้คำแนะนำปรึกษาและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และบุคคลในครอบครัวทุกคน ที่ให้ความรัก ความห่วงใย คำแนะนำปรึกษาและเป็นกำลังใจ คอยช่วยเหลือด้านการศึกษาของข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคุณเนือง ชื่นอุรา ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการทดลอง รวมทั้งช่วยเหลือปลูกผักคะน้าเป็นอย่างดี ตลอดจนช่วยดำเนินงานจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำสิ่งต่างๆ ในการทำวิจัยจนสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย อีกทั้งยังเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา ตลอดเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย

สุดท้ายนี้ ประโยชน์และคุณค่าอันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จะพึงมีเพียงใด ขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนความรู้มาจนถึงปัจจุบัน

ศิวะ นพรัตน์

กรกฎาคม 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	40
ผลและวิจารณ์	58
สรุปและข้อเสนอแนะ	143
สรุป	143
ข้อเสนอแนะ	145
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	148
ภาคผนวก	162
ภาคผนวก ก อาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง	163
ภาคผนวก ข อาหารทดสอบเอนไซม์โปรติเนส (proteinase)	165
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	167

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก ในสภาพห้องปฏิบัติการ	61
2	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก ในสภาพห้องปฏิบัติการ	64
3	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก ในสภาพโรงเรือนทดลอง	70
4	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้า ในสภาพโรงเรือนทดลอง	74
5	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการสร้างเอนไซม์โปรติเนส ในสภาพห้องปฏิบัติการ	81
6	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในสภาพโรงเรือนทดลอง	84
7	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในสภาพแปลงเกษตรกรที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง	87
8	ประสิทธภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase ในสภาพโรงเรือนทดลอง	90
9	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase ในสภาพแปลงเกษตรกรที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง	93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

10 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตความยาวรากของต้นคะน้า ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 99

11 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตความสูงของต้นคะน้า ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 103

12 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตเพิ่มน้ำหนักสดของต้นคะน้า ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 107

13 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการยับยั้งการระบาดของแมลงศัตรูผักคะน้า ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 111

14 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของแมลงศัตรูธรรมชาติ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 114

15 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผัก จากการสุ่มนับทั้ง 3 ครั้ง ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 118

16 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติ จากการสุ่มนับทั้ง 3 ครั้ง ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 120

17 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการยับยั้งการระบาดของแมลงศัตรูผักคะน้า ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 126

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

18 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของแมลงศัตรูธรรมชาติ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 130

19 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผัก จากการสุ่มนับทั้ง 5 ครั้ง ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 133

20 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติ จากการสุ่มนับทั้ง 5 ครั้ง ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 135

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วงจรชีวิตของหนอนใยผัก	16
2	ลักษณะรูปร่างผลึกโปรตีนของ *B. thuringiensis* ที่ถ่ายจากกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM)	32
3	วงจรชีวิตของ *B. thuringiensis*	33
4	การเตรียมเชื้อและการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเพื่อใช้ในการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ	42
5	การทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ	45
6	การทดสอบเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการควบคุมหนอนใยผักในระดับโรงเรือนทดลอง	47
7	การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง ในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) และเอนไซม์ β-1,3 glucanase	52
8	การเตรียมการปลูกและการดูแลต้นคะน้าในระดับแปลงเกษตรกร	56
9	การทดลองและการวัดผลในระดับแปลงเกษตรกร	57
10	เชื้อที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการและใช้ทดสอบต่อในระดับแปลงเกษตรกร	59
11	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนใยผัก ที่พบบนใบคะน้าที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ในสภาพห้องปฏิบัติการ	62
12	ค่าเฉลี่ยจำนวนไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก ที่พบบนต้นคะน้าที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ในสภาพห้องปฏิบัติการ	65
13	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนใยผัก ที่พบบนต้นคะน้าที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือนทดลอง	71

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

14 ค่าเฉลี่ยความยาวราก (เซนติเมตร/ต้น) ความสูงต้น (เซนติเมตร/ต้น) และน้ำหนักสด (กรัม/ซ้ำ) ของต้นคะน้า ในสภาพโรงเรือนทดลอง 75

15 การเช็คผลการทดสอบเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการควบคุมหนอนใยผักในระดับโรงเรือนทดลอง 76

16 ค่าเฉลี่ยความยาวราก (เซนติเมตร/ต้น) ของต้นคะน้า ที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 100

17 ค่าเฉลี่ยความสูงต้น (เซนติเมตร/ต้น) ของต้นคะน้า ที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 104

18 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด (กรัม/ซ้ำ) ของต้นคะน้า ที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 108

19 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การพบแมลงศัตรูผักบนต้นคะน้า ที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 112

20 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การพบแมลงศัตรูธรรมชาติบนต้นคะน้า ที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 115

21 แมลงศัตรูผักคะน้าที่สำคัญที่พบในแปลงทดลอง 117

22 เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติของกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ L41 และ L33 สุ่มนับแมลงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate) 121

23 เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติของกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ L30 และ 4A สุ่มนับแมลงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate) 122

24 เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติของกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ 4M กรรมวิธีแบบแปลงควบคุม และกรรมวิธีแบบดั้งเดิมของเกษตรกร สุ่มนับแมลงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate) 123

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

25 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การพบแมลงศัตรูผักบนกับดักกาวเหนียว ที่คะน้าอายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 127

26 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การพบแมลงศัตรูธรรมชาติบนกับดักกาวเหนียว ที่คะน้าอายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 131

27 เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติของกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ L41 และ L33 สุ่มนับแมลงแบบติดตั้งกับดักกาวเหนียว 136

28 เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติของกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ L30 และ 4A สุ่มนับแมลงแบบติดตั้งกับดักกาวเหนียว 137

29 เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติของกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ 4M กรรมวิธีแบบแปลงควบคุม และกรรมวิธีแบบดั้งเดิมของเกษตรกร สุ่มนับแมลงแบบติดตั้งกับดักกาวเหนียว 138

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง เพื่อจัดการหนอนใยผัก ในระบบการผลิตคะน้าปลอดภัย

Efficacy of Entomopathogenic Bacteria for Diamondback Moth Management in Chinese Kale Safety Production System

คำนำ

การแก้ปัญหาของเกษตรกรส่วนใหญ่เมื่อเกิดการระบาดของแมลงศัตรูพืช คือ การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง แต่เนื่องจากการใช้สารเคมีอย่างผิดวิธี และใช้ในปริมาณมากเกินความจำเป็น ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และส่งผลกระทบต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค นอกจากนั้น การขาดความระมัดระวังในการใช้สารเคมีอย่างถูกวิธี เนื่องจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์มีผลให้แมลงศัตรูพืชหลายชนิดสามารถสร้างความต้านทานและเกิดการระบาดอย่างรุนแรงได้ ซึ่งมีอันตรายต่อผู้บริโภคและเกษตรกรเอง

แต่สภาพปัจจุบันกระแสความใส่ใจเรื่องสุขภาพ และการที่ผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับการบริโภคสินค้าเกษตรที่มีความปลอดภัยและปราศจากการตกค้างของสารเคมีในปัจจุบัน และเพื่อลดปัญหาสารเคมีตกค้างในสินค้าเกษตรดังกล่าวลง การใช้เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเพื่อควบคุมและป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาสารพิษตกค้างจากการใช้สารเคมีกำจัดแมลง เพราะเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงส่วนใหญ่ได้จากธรรมชาติโดยตรง และนอกจากจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชแล้ว ยังมีความปลอดภัยโดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ นอกจากนั้นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงส่วนใหญ่ยังมีอันตรายน้อยต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยง อีกทั้งยังเป็นการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าอีกด้วย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผักคะน้าที่สำคัญ เพื่อประโยชน์ในการนำเอาไปใช้ได้จริงใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สภาพแปลงเกษตรกร และเพื่อการลดหรือทดแทนการใช้สารเคมีให้น้อยลง โดยการใช้เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงจะเป็นวิธีการที่ลดสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมี ซึ่งในปัจจุบันเกษตรกรนิยมใช้สารเคมีควบคุมแมลงศัตรูผักคะน้าเพราะมีความสะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุม แต่ไม่มีความยั่งยืนในระยะยาวและยังมีสารเคมีตกค้างในผักคะน้าส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคและตัวเกษตรเอง รวมถึงยังทำให้แมลงอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ เช่น แมลงศัตรูธรรมชาติ แมลงผสมเกสร ลดจำนวนลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. คัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผักคะน้าที่สำคัญจากดินในแปลงปลูกผักคะน้า

2. ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้าและการควบคุมแมลงศัตรูผักคะน้า

3. ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำภูมิต้านทานของคะน้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

คะน้า

ผักคะน้ามีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชียและมีการปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น อินโดนีเซีย เวียดนาม ไทย เป็นต้น ผักคะน้าเป็นผักที่บริโภคส่วนของใบและลำต้น เป็นผักอายุ 2 ปี แต่ปลูกเป็นผักอายุปีเดียว (ไฉน, 2542) คะน้าเป็นผักที่คนไทยรู้จักกันดี มีชื่อสามัญว่า Chinese kale มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica alboglabra* คะน้าเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (nutrition values) ที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยส่วนที่กินได้ 100 กรัม จะมีวิตามินเอ 7,540 IU วิตามินซี 115 มิลลิกรัม แคลเซียม 62 มิลลิกรัม เหล็ก 2.2 มิลลิกรัม (Siemonsma and Piluek, 1994) มีการศึกษาพบว่าใบคะน้ามีแคลเซียมสูงมาก ร่างกายสามารถดูดซึมแคลเซียมจากคะน้าได้ไม่น้อยกว่าแคลเซียมจากนม พบเบต้าแคโรทีน วิตามินซี และเกลือแร่อยู่เป็นจำนวนมาก (เมฆ, 2541) โดยทั่วไปนอกจากจะได้ผลผลิตคะน้าครบอายุเก็บเกี่ยวแล้ว ยังสามารถได้คะน้าอ่อน ซึ่งได้จากการถอนแยกขณะที่มีอายุประมาณ 30 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2549) คะน้าเป็นผักที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากทั่วทุกภาคของประเทศไทย เป็นผักที่ปลูกง่าย ระยะเวลาตั้งแต่หยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน พันธุ์คะน้าที่นิยมปลูกในประเทศไทยเป็นคะน้าดอกขาวทั้งสิ้น โดยสั่งเมล็ดจากต่างประเทศเข้าปลูกและปรับปรุงพันธุ์ ปัจจุบันพันธุ์คะน้าที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีอยู่ 3 พันธุ์ด้วยกัน คือ

1. พันธุ์ใบกลม มีลักษณะใบกว้างใหญ่ ปล้องสั้น ปลายใบมน และผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย

2. พันธุ์ใบแหลม เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะใบแคบกว่าพันธุ์ใบกลม ปลายใบแหลม ข้อห่าง ผิวใบเรียบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. พันธุ์ยอดหรือก้าน มีลักษณะเหมือนคะน้าใบแหลม แต่จำนวนใบต่อต้นมีน้อยมาก ปล้องยาวกว่า ได้แก่ พันธุ์แม่โจ้ 1 (เกษม, 2524)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

คะน้ามีความสูงตั้งแต่ 40-60 เซนติเมตร มีรากแก้วที่แข็งแรง ลำต้นเดี่ยวมีการแตกแขนงน้อย ใบเป็นแบบสลับหนาแข็งแรง แผ่นใบเป็นรูปไข่ (ovate) ถึงรูปไข่แกมรูปกลม (orbicular-ovate) ขอบใบไม่สม่ำเสมอและมักจะเห็นเป็นคลื่น มีลักษณะ auriculate ที่ฐานหรือบนก้านใบ (petiole) ใบบนแคบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าไม่มี auricle ดอกแบบ raceme ยาว 30-40 เซนติเมตร pedicel ยาว 1-2 เซนติเมตร ดอกสีขาว เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 เซนติเมตร ส่วนประกอบของดอกเป็น 4 merous ยกเว้นเกสรเพศผู้มี 6 อันเป็นแบบยาว 4 สั้น 2 (tetradynamous stamens) มีผลแบบ silique ยาว 3-9 เซนติเมตร เมล็ดค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร สีน้ำตาลดำ (Siemonsma and Piluek, 1994)

สภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสม คะน้าเป็นผักที่สามารถขึ้นได้ทุกดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินอยู่ระหว่าง 5.5-6.5 และมีความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอ ความชื้นในดินประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ต้องการแสงแดดเต็มที่ คะน้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียส แต่คะน้าก็สามารถทนทานต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้ดี และให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจในสภาพอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากได้เปรียบกว่าผักตระกูลกะหล่ำอย่างอื่นที่ไม่จำเป็นต้องผ่านการห่อหัวหรือออกดอกก่อนการเก็บเกี่ยว (ไฉน, 2542)

ฤดูปลูก คะน้าเป็นพืชผักที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีแต่ผลผลิตที่ได้จะแตกต่างกัน ช่วงเดือนมิถุนายนจะนิยมปลูกมากและให้ผลผลิตสูงสุด รองลงมาคือ เดือนพฤศจิกายน เดือนตุลาคม เดือนกรกฎาคม และช่วงเดือนที่ให้ผลผลิตต่ำสุดคือ เดือนมีนาคม เนื่องจากเป็นช่วงที่ความชื้นในดินและอากาศต่ำ และยังมีแมลงหลายชนิดระบาดอีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเตรียมดิน เนื่องจากคะน้าเป็นผักที่รากตื้น ควรขุดดินให้ลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร ตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7-10 วัน นำปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วมาใส่ คลุกเคล้าให้เข้ากับดิน ถ้าดินเป็นกรดควรใส่ปูนขาว เพื่อปรับปรุงดินให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

การเพาะกล้า แปลงเพาะกล้าควรมีขนาดกว้าง 1 เมตร ส่วนความยาวตามความเหมาะสม การเตรียมดินบนแปลงเพาะกล้าควรขุดไถพรวนดินอย่างดี ตากดินไว้ประมาณ 5-7 วัน ย่อยหน้าดินให้ละเอียด ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้ว คลุกเคล้าให้เข้ากับดินให้ทั่ว จากนั้นจึงหว่านเมล็ดให้กระจายสม่ำเสมอทั่วแปลง กลบเมล็ดด้วยดินผสมหรือปุ๋ยคอก คลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้งบางๆ รดน้ำให้ชุ่มด้วยบัวฝอยละเอียด ต้นกล้าจะงอกภายใน 7 วัน ดูแลต้นกล้า ถอนต้นอ่อนแอหรือต้นที่เบียดกันแน่นเกินไป

ระบบปลูกและระยะปลูก ระบบการปลูกคะน้านิยมปลูกแบบหว่านกระจายทั่วแปลงมากที่สุด และแบบแถวเดียวกรณีที่ย้ายกล้าหรือหยอดเมล็ดเป็นแถว การหว่านเมล็ดกระจายทั่วแปลงเหมาะสำหรับแปลงปลูกขนาดใหญ่เป็นการค้า ส่วนแถวเดียวเหมาะสำหรับแปลงปลูกขนาดเล็กหรือผักสวนครัว สำหรับระยะปลูกที่เหมาะสม ควรให้มีระยะปลูกระหว่างต้นและระยะแถวประมาณ 20x20 เซนติเมตร

วิธีการปลูก หลังจากเตรียมดินโดยพรวนหน้าดินให้ละเอียด หว่านเมล็ดคะน้า นิยมหว่านเมล็ดลงบนแปลงปลูกโดยตรงมากกว่าการย้ายกล้า หว่านเมล็ดให้ทั่วทั้งผิวแปลง ให้เมล็ดห่างกันประมาณ 2-3 เซนติเมตร ใช้ดินผสมหรือปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้วหว่านกลบเมล็ดให้หนาประมาณ 0.6-1 เซนติเมตร เพื่อเก็บรักษาความชื้นให้เมล็ดและป้องกันเมล็ดถูกน้ำกระแทกกระจาย คลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้งสะอาดบางๆ รดน้ำให้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ

การปฏิบัติดูแลรักษาและการให้น้ำ คะน้าเป็นพืชที่ต้องการน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ เพราะต้นคะน้ามีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการปลูกคะน้าจึงต้องปลูกในแหล่งน้ำที่เพียงพอตลอดฤดูปลูก หากคะน้าขาดน้ำจะทำให้ชะงักการเจริญเติบโตและคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่เมล็ดเริ่มงอกยิ่งขาดน้ำไม่ได้ วิธีการให้น้ำคะน้า ใช้บัวฝอยหรือใช้เครื่องฉีดฝอยฉีดให้ทั่วและชุ่ม ให้น้ำคะน้าวันละ 2 เวลา คือ เช้าและเย็น

การใส่ปุ๋ย เนื่องจากคะน้าเป็นผักกินใบและลำต้นจึงควรใส่ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนสูง ควรใส่หลังจากถอนแยกครั้งแรกและหลังจากถอนแยกครั้งที่สอง สัดส่วนของธาตุอาหารในปุ๋ยที่ใช้คือ N:P:K เท่ากับ 2:1:1 เช่นปุ๋ยสูตร 12-8-8 หรือ 20-11-11 ในอัตราประมาณ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปริมาณปุ๋ยคอกที่ใช้ หากสังเกตเห็นผักที่ปลูกไม่ค่อยเจริญเติบโตเท่าที่ควรอาจใส่ปุ๋ยบำรุงเพิ่มเติม เช่น ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรท โดยให้ทางรากหรือละลายน้ำในอัตรา 3-4 ช้อนแกงต่อน้ำ 1 ปี๊บ ฉีดพ่นทางใบ หมั่นพรวนดินและกำจัดวัชพืช ควรทำพร้อมๆ กับการถอนแยก และต้องระวังไม่ให้รากและใบของคะน้าได้รับความกระทบกระเทือน (ยุพยงษ์, 2546)

การเก็บเกี่ยวและจำหน่าย ต้นคะน้าอายุประมาณ 30 วัน ที่ถอนแยกเป็นครั้งที่ 2 สามารถตัดรากออกและส่งขายตลาดเป็นยอดผักได้ ซึ่งผู้บริโภคนิยมรับประทานเป็นยอดผักเพราะอ่อนและรสชาติดี คะน้าที่ปลูกในประเทศไทยมีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน หลังจากปลูกซึ่งเป็นระยะที่คะน้าโตเต็มที่ คะน้าอายุ 45 วันเป็นระยะที่ตลาดมีความต้องการมาก (กรมวิชาการเกษตร, 2549)

แมลงศัตรูผักคะน้าที่สำคัญ

ในผักคะน้าจะมีการระบาดของแมลงหลายชนิด ที่ทำลายกัดกินผักคะน้า ซึ่งแมลงศัตรูผักคะน้าที่สำคัญ ได้แก่ หนอนใยผัก หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอม เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หนอนกระทู้หอม (Beet armyworm)

หนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* Hubner) อยู่ในอันดับ Lepidoptera วงศ์ Noctuidae เป็นหนอนที่มีความสำคัญมากที่สุดชนิดหนึ่ง หนอนกระทู้หอมมีนิสัยกัดกินส่วนต่างๆ ของพืช หนอนจะระบาดค่อนข้างรวดเร็วเมื่อมีจำนวนมาก ผีเสื้อหนอนกระทู้หอมชอบวางไข่เป็นกลุ่มๆ เวลาหนอนเกิดมาจะมีจำนวนมากในต้นหนึ่งๆ จึงก่อความเสียหายให้อย่างรวดเร็ว หนอนจะหลบซ่อนตัวอยู่ตามซอกกาบใบ ทำให้การพ่นยาถูกตัวได้ยาก หนอนกระทู้หอมทำลายพืชผักหลายชนิด รวมทั้งพืชไร่ เช่น พืชตระกูลถั่ว ดังนั้นโอกาสที่หนอนชนิดนี้จะดำรงชีวิตและขยายพันธุ์จึงมีมาก เป็นปัญหาร้ายแรงมากสำหรับผู้ปลูกกะหล่ำ รวมทั้งพืชผัก พืชไร่ และพืชสวนอีกหลายชนิด (สิริวัฒน์, 2526)

ลักษณะชีววิทยา ผีเสื้อตัวเมียจะวางไข่เป็นกลุ่มเล็กๆ กลุ่มละ 20-80 ฟอง ตามใต้ใบของพืชผัก ไข่จะฟักออกเป็นตัวหนอนภายใน 3 วัน ตัวหนอนที่ฟักออกมาใหม่ๆ จะรวมกลุ่มกันอยู่ใต้ใบผัก สำหรับในต้นหอมตัวหนอนจะเจาะเข้าไปในหลอดหอมหลังจากฟักออกมาแล้วภายใน 3 ชั่วโมง ตัวหนอนโดยทั่วไปมีลักษณะ ลำตัวอ้วน ผนังลำตัวเรียบ สีของหนอนเมื่อโตเต็มที่จะมีสีเขียวอ่อนเทา หรือสีน้ำตาลดำ บริเวณด้านข้างจะมีแถบสีขาวข้างละแถบพาดยาวตามลำตัว ตัวหนอนมีการลอกคราบ 5 ครั้ง ระยะตัวหนอนประมาณ 15-17 วัน หลังจากนั้นจะเข้าดักแด้ในดินบริเวณโคนต้นพืช ระยะดักแด้ประมาณ 5-7 วัน ก็จะออกเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งมีอายุประมาณ 5-10 วัน ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืน สีน้ำตาลแก่ปนเทา มีจุดสีน้ำตาลอ่อน 2 จุด ตรงกลางปีกคู่หน้า ความกว้างเมื่อกางปีกประมาณ 20-25 มิลลิเมตร (สิริวัฒน์, 2526)

หนอนกระทู้ผัก (Common cutworm)

หนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (Fabricius) อยู่ในอันดับ Lepidoptera วงศ์ Noctuidae หนอนชนิดนี้มีพืชอาหารหลายชนิด จึงสามารถขยายพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี แต่มีความสำคัญน้อยกว่าหนอนกระทู้หอมมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะชีววิทยา ผีเสื้อตัวเมียวางไข่เป็นกลุ่มๆ ไข่ที่วางใหม่จะมีสีขาวนวล และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและสีดำเมื่อไข่ใกล้จะฟักออกเป็นตัว ไข่มีอายุประมาณ 3-7 วัน หนอนเกิดใหม่จะอยู่กันเป็นกลุ่มและแทะกินผิวใบจนบางใส เมื่อตัวหนอนลอกคราบประมาณ 2 ครั้ง จะเห็นแถบดำที่คอชัดเจน ลำตัวเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนเกิดลายเส้นหรือจุดสีดำ ผิวลำตัวมีขีดดำพาดตามยาวทั่วไป ลักษณะลำตัวอ้วนป้อม ผิวหนังเรียบ มีส่วนคล้ายหนอนกระทู้หอม ส่วนหัวมักสังเกตเห็นจุดสีดำใหญ่ตรงปล้องที่ 3 หนอนใหญ่จะมองไม่เห็นชัดนัก หนอนจะเริ่มเข้าทำลายพืชโดยกัดกินใบ ยอดอ่อน หรือเข้ากัดในซอกกลีบใบ หนอนโตเต็มที่ขนาด 3-4 เซนติเมตร เคลื่อนไหวช้า ส่วนมากจะออกหากินในเวลากลางคืน ระยะตัวหนอนยาวนานเป็นอาทิตย์ถึงจะเข้าดักแด้ โดยปกติแล้วหนอนจะเข้าดักแด้ในดินตรงรอยแตกระแหง ดักแด้มีสีน้ำตาลดำ ยาวประมาณ 1.5-1.8 เซนติเมตร อายุดักแด้ประมาณ 7-12 วัน ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืน เมื่อกางปีกแล้ววัดได้ประมาณ 3 เซนติเมตร ลำตัว 1.5 เซนติเมตร ปีกคู่หน้ามีสีน้ำตาลเข้มมีลวดลายเต็มปีก ส่วนปีกคู่หลังมีสีขาวบาง ลำตัวมีขนสีน้ำตาลอ่อนปกคลุม ตัวเมียตัวหนึ่งวางไข่ได้ประมาณ 200-300 ฟอง วงจรชีวิตประมาณ 1 เดือน (สิริวัฒน์, 2526)

หนอนเจาะยอดกะหล่ำ (Cabbage webworm)

หนอนเจาะยอดกะหล่ำ (*Hellula undalis* F.) อยู่ในอันดับ Lepidoptera วงศ์ Pyralidae พบระบาดทำความเสียหายให้แก่พืชผักในตระกูลกะหล่ำ หนอนมีนิสัยชอบเจาะเข้าไปกัดกินในหัวกะหล่ำ และชอบกัดกินยอดผักที่กำลังเจริญเติบโต ทำให้ยอดขาดไม่เข้าหัว ถ้าระบาดในระยะออกดอกจะเจาะเข้าไปในลำต้น ก้านดอก ฝัก ส่วนที่ถูกเจาะจะมีใยสีขาวหุ้มอยู่ และมีขุยของมูลที่ถ่ายออกมา พบการทำลายตามแหล่งปลูกผักคะน้าทั่วไป ระบาดรุนแรงในช่วงฤดูร้อน

ลักษณะชีววิทยา ผีเสื้อตัวเมียวางไข่บริเวณยอดของพืช วางไข่เป็นใบเดี่ยวๆ หรือเป็นกลุ่มเล็กๆ ไข่มีสีขาวนวล ระยะไข่ประมาณ 3-5 วัน จึงฟักออกเป็นตัวหนอน ตัวหนอนมีการลอกคราบ 5 ครั้ง เมื่อหนอนโตเต็มที่จะมีขนาดลำตัวยาวประมาณ 10-20 มิลลิเมตร ผิวลำตัวใส มีแถบสีน้ำตาลพาดตามยาว หนอนจะเจาะเข้าไปกัดกินตามส่วนยอดและจะถักใยคลุมตัวภายในยอดและลำต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะหนอนประมาณ 15-25 วัน จึงจะเข้าดักแด้ ซึ่งมีใยคลุมตามเศษพืชบนผิวดินหรือใต้ผิวดิน ระยะดักแด้ประมาณ 7-11 วัน จึงออกเป็นตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อขนาดเล็ก มีความกว้างเมื่อกางปีกวัดได้ประมาณ 19 มิลลิเมตร ปีกคู่หน้ามีสีน้ำตาลปนเทาพาดตามขวางโค้งไปมา (สิริวัฒน์, 2526)

หนอนคืบผัก (Cabbage Looper)

หนอนคืบผัก (*Trichoplusia ni* Hubner) อยู่ในอันดับ Lepidoptera วงศ์ Noctuidae เป็นหนอนผีเสื้อที่สำคัญมากชนิดหนึ่ง ทำความเสียหายให้แก่พืชผักตระกูลกะหล่ำหลายชนิด โดยเฉพาะกะหล่ำและคะน้า หนอนทำลายโดยการกัดกินใบเป็นส่วนใหญ่ การทำลายเป็นไปอย่างรวดเร็ว หนอนคืบผักจะกัดกินเนื้อใบและมักเหลือไว้แต่เส้นใย หนอนชนิดนี้เมื่อเกิดการระบาดขึ้นมักจะแพร่กระจายไปอย่างรวดเร็ว เพราะผีเสื้อตัวเมียจะวางไข่กระจัดกระจายทั่วไปในแปลงผัก

ลักษณะชีววิทยา ผีเสื้อตัวเมียวางไข่เดี่ยวๆ มีลักษณะกลม สีครีม กระจัดกระจายอยู่ทั่วไปใต้ใบผัก ระยะไข่ประมาณ 3 วัน จึงฟักออกเป็นตัวหนอน ตัวหนอนเมื่อโตเต็มที่จะมีขนาดยาวประมาณ 40 มิลลิเมตร ลำตัวมีสีเขียวอ่อน มีเส้นสีขาวพาดยาวตามลำตัว ระยะหนอนใช้เวลาประมาณ 14 วัน จึงเข้าดักแด้ใต้ใบผักโดยมีเส้นใยบางๆ คลุมไว้ ระยะดักแด้ประมาณ 7 วัน จึงออกเป็นตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืน สีเทาดำ บริเวณปีกคู่หน้าจะมีจุดสีขาวข้างละจุด ขนาดตัวเต็มวัยเมื่อกางปีกกว้างประมาณ 30 มิลลิเมตร (สิริวัฒน์, 2526)

ด้วงหมัดผัก (Vegetable flea beetle)

ด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata* Step.) อยู่ในอันดับ Coleoptera วงศ์ Chysomelidae ตัวเต็มวัยของด้วงหมัดผักทำลายพืชผักโดยการกัดกินใบจนเป็นรูพรุน ถ้าเป็นผักในระยะต้นกล้า จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผัก ส่วนในผักที่โตจะทำให้คุณภาพของผักลดลง ตัวหนอนของด้วงหมัดผักจะอาศัยกินรากพืชและวัชพืชอื่นๆ ที่อยู่ในดินจำพวกผักกาดที่มีกลิ่นฉุน เช่น ผักกาดหัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผักกาดเขียว ผักกวางตุ้งหรือผักขม ซึ่งเป็นพืชผักที่ด้วงหมัดผักชอบทำลาย สำหรับผักกาดหัวตัวเต็มวัยของด้วงหมัดผักจะทำลายส่วนของใบ และตัวหนอนจะทำลายส่วนของหัว

ลักษณะชีววิทยา ตัวเต็มวัยวางไข่ในดินใกล้กับรากพืช ตัวหนอนจะเจริญเติบโตในดิน เมื่อโตเต็มที่ตัวหนอนจะมีลักษณะผอมยาว สีใส ขนาดยาว 3.5-4 มิลลิเมตร และเข้าดักแด้อยู่ในดิน หลังจากนั้นจะออกเป็นตัวเต็มวัยซึ่งเป็นแมลงปีกแข็ง ขนาดลำตัวยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร มีขาคู่หลังที่แข็งแรง สามารถกระโดดหนีได้เมื่อถูกรบกวน (สิริวัฒน์, 2526)

หนอนใยผัก (Diamondback Moth)

หนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) อยู่ในอันดับ Lepidoptera วงศ์ Plutellidae มีชื่อสามัญว่า diamondback moth, cabbage plutella, short-hole worm, small cabbage moth เป็นแมลงศัตรูผักคะน้าที่สำคัญและพืชตระกูลกะหล่ำอื่นๆ ได้แก่ กะหล่ำดอก ผักกาดขาวปลี ผักกาดหัว บร๊อคโคลี เป็นต้น และก่อความเสียหายแก่พืชผักทั่วประเทศ การระบาดเกิดขึ้นรวดเร็ว สามารถพบหนอนใยผักได้ทั่วไปในทุกเขตของโลกทั้งเขตร้อน เขตอบอุ่น หรือเขตหนาว (Hill, 1975) โดยคาดว่าหนอนใยผักน่าจะมีจุดกำเนิดในแถบเมดิเตอร์เรเนียน สำหรับประเทศไทยหนอนใยผักเป็นแมลงศัตรูผักที่สำคัญ โดยเฉพาะแหล่งปลูกผักตระกูลกะหล่ำ หนอนใยผักมีการพัฒนาสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้รวดเร็วและหลายชนิดจึงยากแก่การป้องกันกำจัด

ประวัติการแพร่ระบาด

หนอนใยผักเป็นแมลงที่แพร่กระจายอยู่ทั่วไป โดยคาดว่าน่าจะมีจุดกำเนิดในแถบเมดิเตอร์เรเนียน และพบมากแถบอเมริกาเหนือ ตอนใต้ของอเมริกาใต้ ตอนใต้ของแอฟริกา ยุโรป อินเดีย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นิวซีแลนด์ และบางส่วนของออสเตรเลีย สำหรับในทวีปเอเชียพบว่าในปี ค.ศ.1960 หนอนใยผักเป็นศัตรูพืชที่รุนแรงมากในญี่ปุ่น (Miyata *et al*., 1986) และสามารถพบหนอนใยผักได้อีกในประเทศมาเลเซีย (Mohamad *et al*., 1980) และสิงคโปร์ (Ho and

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Goh, 1984) รวมทั้งประเทศไทยด้วย ซึ่งพบการแพร่ระบาดมากในบริเวณที่มีการปลูกพืชตระกูลกะหล่ำ เช่น จังหวัดราชบุรี นนทบุรี เชียงใหม่ และในเขตกรุงเทพฯ พบการระบาดตั้งแต่ปลายฤดูหนาวถึงฤดูแล้ง โดยเฉพาะเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน ส่วนในฤดูฝนมีการระบาดน้อยเนื่องจากฝนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้หนอนใยผักตาย (Vattanatangum, 1988) ปี ค.ศ. 1854 ในทวีปยุโรป และทางตอนเหนือของสหรัฐอเมริกา เช่น รัฐอิลินอยส์ มีรายงานเกี่ยวกับหนอนใยผักเป็นครั้งแรก และมีรายงานครั้งต่อมาในปี ค.ศ. 1885 จากแคนาดาตะวันตก ปัจจุบันพบหนอนใยผักได้ทั่วไปในอเมริกาและหลายจังหวัดของแคนาดา สำหรับในฮาวาย (Hawaii) มีรายงานเกี่ยวกับหนอนใยผักครั้งแรกในปี ค.ศ. 1892 และปัจจุบันพบได้ทั่วไปบนเกาะทั้งหมด

ความสำคัญและลักษณะการทำลาย

หนอนใยผักเป็นหนอนที่สำคัญที่สุด ที่ทำความเสียหายอย่างรุนแรงกับพืชตระกูลกะหล่ำชนิดต่างๆ พบการระบาดอยู่ทั่วไปตามแหล่งปลูกผักทั่วโลก แม้ว่าหนอนใยผักมีต้นกำเนิดมาจากเขตร้อนแต่สามารถพบหนอนใยผักระบาดเป็นประจำตามแหล่งปลูกผักทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากหนอนชนิดนี้มีวงจรชีวิตสั้น มีการแพร่พันธุ์และขยายพันธุ์รวดเร็ว และมีการพัฒนาการวางไข่ได้เร็ว คือ หลังจากออกจากดักแด้ภายใน 1 วัน ก็สามารถวางไข่ได้ทันทีและวางไข่ได้ตลอดชีวิต ประกอบกับสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมและมีพืชอาหารตลอดปี จึงเป็นสาเหตุให้พบการระบาดของหนอนใยผักในพืชตระกูลกะหล่ำอยู่เสมอ โดยตัวหนอนจะแทะกินด้านล่างของใบเป็นวงกว้างและมักทิ้งผิวใบด้านบนซึ่งมีลักษณะโปร่งแสงเอาไว้ หากมีการระบาดรุนแรงจะกัดกินใบเป็นรูพรุนเหลือแต่ก้านใบ (Hill, 1975) ถ้าเป็นคะน้าในระยะต้นอ่อน หนอนใยผักจะกัดทำลายส่วนยอดจนชะงักการเจริญเติบโต เมื่อมีสิ่งรบกวนจากภายนอก หนอนจะดิ้นและสร้างใยทิ้งตัวห้อยลงบนพื้น (อนันต์ และคณะ, 2519) สำหรับผักที่ออกดอกติดฝัก ดอกและฝักอาจถูกทำลายหมดไปได้เมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อหนอนใยผัก ปัจจุบันหนอนใยผักมีการพัฒนาสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้รวดเร็วและหลายชนิด จึงยากต่อการป้องกันกำจัดด้วยการใช้สารฆ่าแมลงฉีดพ่นเป็นประจำเพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงต้องใช้หลายวิธีผสมผสานกัน จึงจะสามารถลดการระบาดของหนอนใยผักลงได้ (ปิยรัตน์ และคณะ, 2542)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะทั่วไปของหนอนใยผัก

หนอนใยผักเป็นแมลงที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนได้เป็นอย่างดี (Stepanova, 1962) สามารถเจริญเติบโตได้แม้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 37 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5-30 องศาเซลเซียส ในเขตร้อนยังไม่พบว่าหนอนใยผักมีการพักตัวแต่อย่างใด ส่วนในเขตอบอุ่นและเขตหนาว หนอนใยผักสามารถอยู่ข้ามฤดูหนาวได้ในรูปดักแด้ ส่วนตัวเต็มวัยจะอาศัยหลบซ่อนตามซากพืชและวัชพืชที่เหลือตกค้างอยู่ (Arkhipov, 1980) พฤติกรรมของหนอนใยผักเมื่อถูกตัวจะดิ้นและสร้างเส้นใย ทิ้งตัวห้อยลงบนพื้นดิน จึงเรียกชื่อของหนอนชนิดนี้ว่า หนอนใยผัก

ลักษณะไข่ (ภาพที่ 1 ก) ไข่ของหนอนใยผักมีสีขาวปนเหลือง และเปลี่ยนเป็นสีดำเมื่อฟักออกเป็นตัวหนอน เมื่อขยายดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะมองเห็นหัวของตัวอ่อนเป็นสีดำอยู่ภายใน ซึ่งตัวหนอนขดงอเป็นรูปตัวซี (C) อยู่ภายในไข่ (ณรรฐพล, 2542) ลักษณะไข่มีรูปร่างกลมรีขนาดเล็กมาก (วีรเทพ, 2528) วางอยู่เป็นกลุ่มๆ ละ 2-5 ฟอง ตามบริเวณใต้ใบหรือบนใบพืชที่อาศัย แต่ชอบวางไข่บริเวณใต้ผิวใบพืชมากกว่า

ลักษณะตัวหนอน (ภาพที่ 1 ข) หนอนที่เพิ่งออกจากไข่ใหม่ จะมีขนาดเล็กมากประมาณ 1.5 มิลลิเมตร ลำตัวค่อนข้างเหลือง หัวดำ ลักษณะตัวหนอนเป็นแบบ eruciform มีขาจริง 3 คู่ และขาเทียม 5 คู่ ปรากฏอยู่ในส่วนท้องปล้องที่ 3, 4, 5, 6 และปล้องสุดท้ายของลำตัว หัวท้ายแหลม ส่วนหางมีปมแหลม 2 แฉก ผิวลำตัวมีขนขนาดเล็กสีดำคลุม สีลำตัวโดยทั่วไปมีสีเขียวอ่อน เมื่อหนอนมีอายุมากขึ้น หัวจะกลายเป็นสีน้ำตาล ตามลำตัวและส่วนหัวมีขนสีดำปกคลุม การจัดเรียง crochets ที่ขาเทียม มีลักษณะเป็นวงกลม crochet มีสีน้ำตาลเข้มดำ ที่อกปล้องแรกจะมีแผ่นแข็ง ซึ่งเป็นที่ตั้งของขนสีดำอยู่เป็นจำนวนมากกว่าปล้องอื่นๆ เมื่อหนอนเจริญเติบโตเต็มที่ ลำตัวจะมีความยาวประมาณ 8-9 มิลลิเมตร มีลักษณะหัวท้ายแหลม ลำตัวผอมยาว สีลำตัวเป็นสีเขียวอ่อน เทาอ่อน หรือเขียวปนเหลือง โดยทั่วไปหนอนจะทำการลอกคราบ 4 ครั้ง ใช้เวลาในการเจริญเติบโตประมาณ 6-7 วัน (ณรรฐพล, 2542)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะดักแด้ (ภาพที่ 1 ค) ดักแด้เป็นแบบ obtect มีขาและปีกติดเป็นเนื้อเดียวกับลำตัว เมื่อเข้าดักแด้ใหม่ จะมีสีเขียวและเปลี่ยนเป็นสีเหลือง สุดท้ายจะเป็นสีน้ำตาล จากนั้นก็จะออกเป็นตัวเต็มวัย ดักแด้ของหนอนใยผักจะสร้างอยู่ในปลอกหุ้มดักแด้อีกทีหนึ่ง ปลอกหุ้มดักแด้มีลักษณะเป็นใยไหมสีขาวปนเหลืองประสานกันหุ้มดักแด้อยู่ภายใน ในฤดูร้อนระยะดักแด้ใช้ระยะเวลาประมาณ 4-15 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ (Harcourt, 1954; Abraham and Padmanaban, 1968; Chelliah and Srinivasan, 1986) และฤดูฝนระยะดักแด้ใช้ระยะเวลาประมาณ 4-5 วัน ฤดูหนาวใช้เวลาประมาณ 5-6 วัน ในประเทศไทยระยะดักแด้ใช้เวลาเพียง 3-4 วัน (Jamjinya, 1983) ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการพัฒนาของดักแด้คือ 25-26 องศาเซลเซียส (Yamada and Kawasaki, 1983)

ลักษณะตัวเต็มวัย (ภาพที่ 1 ง) ตัวเต็มวัยของหนอนใยผัก มีขนาดค่อนข้างเล็ก ลำตัวยาวประมาณ 10 มิลลิเมตร ที่ลำตัวมีขนเล็กๆ อยู่รอบปีกคู่หน้า ตัวผู้ของหนอนใยผักมีสีเทาและมีแถบสีเหลืองอยู่ที่ขอบปีกด้านใน ส่วนหลังมีแถบสีเหลืองส้ม (สืบศักดิ์, 2543) เป็นประกายคล้ายเพชร (สิริวัฒน์, 2526) เมื่อแมลงหุบปีกจะเห็นเป็นรูปหยักสามเหลี่ยมที่ปีก ซึ่งเป็นลักษณะที่ต่างจากตัวเมีย ตามปกติเพศผู้จะมีสีเข้มกว่าเพศเมีย (Hue, 1965) ซึ่งปีกคู่หน้าของตัวเมียมีสีเทาตลอดไม่มีแถบสีเหลือง สำหรับปีกคู่หลังทั้งตัวผู้และตัวเมียมีสีเทาดำตลอดและมีขนสั้นๆ อยู่รอบปีก ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อที่ออกหากินเวลากลางคืน และบินติดต่อกันตลอดทั้งคืน นับเป็นช่วงเวลาที่ตัวเต็มวัยผสมพันธุ์ ซึ่งเกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มออกจากดักแด้ เวลาในการผสมพันธุ์ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง จากนั้นเพศเมียจะเริ่มวางไข่หลังผสมพันธุ์เรียบร้อยแล้ว (Jayarathnam, 1979)

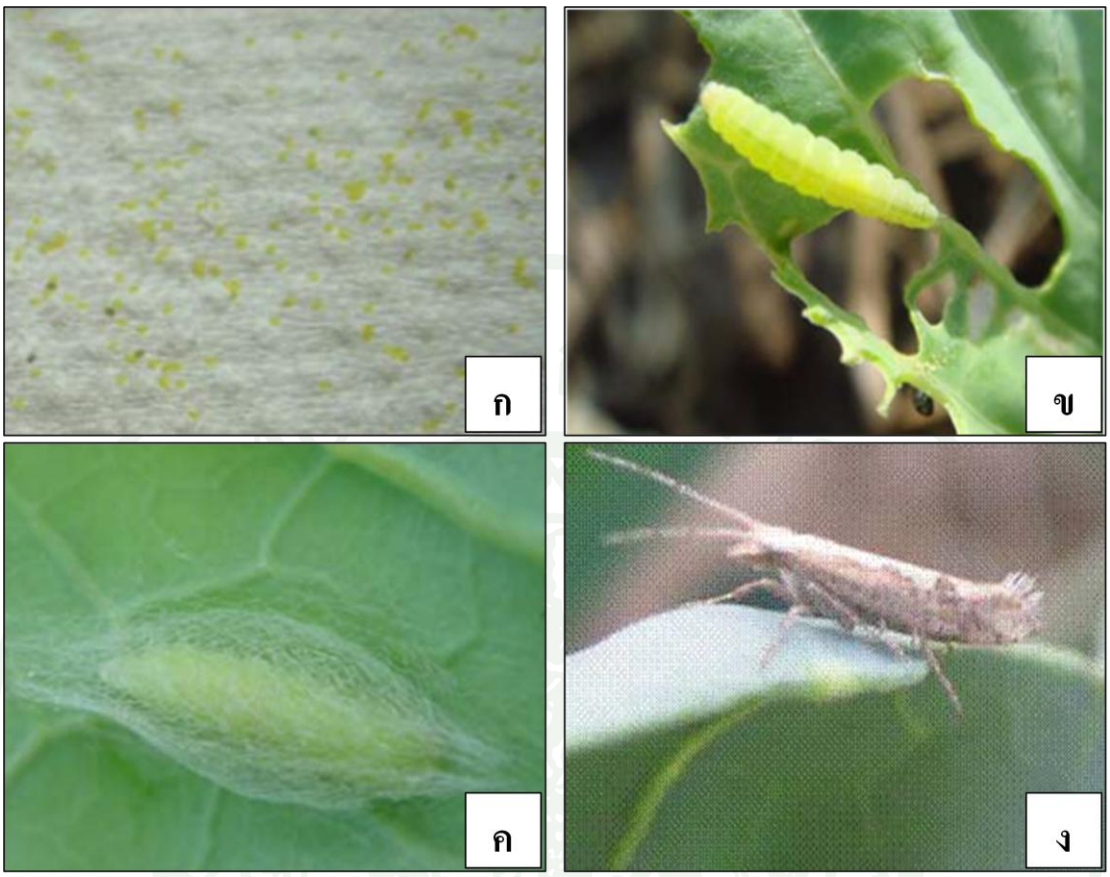
วงจรชีวิตของหนอนใยผัก

ผีเสื้อหนอนใยผักวางไข่บนใบพืชเป็นฟองเดี่ยวๆ หรือวางไข่เป็นกลุ่มติดกัน 2-5 ฟอง ไข่มีขนาดเล็กค่อนข้างแบนและยาวรี มีสีเหลืองอ่อน ระยะไข่ประมาณ 3-4 วัน และที่อุณหภูมิ 25-26 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราการฟักออกจากไข่ได้ถึง 93.83 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาประมาณ 3-6 วัน (Yamada and Kawasaki, 1983) ตัวหนอนยาวประมาณ 8-9 มิลลิเมตร หัวแหลมท้ายแหลม ลำตัวเรียวยาว ส่วนท้ายมีปุ่มยื่นออกไปเป็น 2 แฉก ตัวหนอนมีสีเขียวอ่อนหรือเขียวปนเหลือง เมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถูกตัวจะดิ้นอย่างรุนแรง และทิ้งตัวลงดินโดยชักใย ระยะหนอนประมาณ 8-10 วัน มี 4 วัย หนอนใยผักจะเข้าดักแด้บริเวณใบพืชโดยมีใยปกคลุม ดักแด้มีขนาดยาวประมาณ 10 มิลลิเมตร ระยะดักแด้ประมาณ 3-4 วัน ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อขนาดเล็ก ยาวประมาณ 6-7 มิลลิเมตร สีเทา ส่วนหลังมีแถบสีแดงส้ม หนวดเป็นแบบเส้นด้าย แต่ละปล้องมีสีดำสลับขาว ตัวเต็มวัยอายุประมาณ 5-7 วัน ตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่ได้ประมาณ 37-407 ฟอง ที่อุณหภูมิ 80 องศาฟาเรนไฮต์ พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาจากไข่ไปเป็นตัวเต็มวัยสั้นลงเป็นเวลาประมาณ 11 วัน ระยะฟักของไข่ใช้เวลาประมาณ 2 วัน ระยะการพัฒนาในตัวอ่อนตั้งแต่วัย 1-4 ใช้เวลาประมาณ 6 วัน และระยะเวลาเป็นดักแด้ประมาณ 3 วัน สามารถเพิ่มประชากรได้ถึง 30 รุ่น (Ho, 1965)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 วงจรชีวิตของหนอนใยผัก; ระยะไข่ (ก), ระยะหนอน (ข), ระยะดักแด้ (ค) และระยะตัวเต็มวัย (ง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พืชอาหาร

พืชอาหารของหนอนใยผัก ส่วนใหญ่เป็นพืชในตระกูลกะหล่ำ ได้แก่ บล็อกโคลี่ กะหล่ำคะน้า ผักกาดขาว ผักกาดดอก กวางตุ้ง ยกเว้นผักกาดหอม ซึ่งในพืชตระกูลนี้มีสารจำพวก mustard oil glucosides เป็นสารที่หนอนใยผักไม่ต้องการ (Gupta and Thorsteinson, 1960) โดยธรรมชาติแล้ว หนอนใยผักมักอยู่ตามส่วนต่างๆ ของพืชอาหารที่สามารถรับประทานได้ เช่น ใบ ลำต้น เป็นต้น

พฤติกรรม

พฤติกรรมการหาอาหาร หนอนใยผักที่เพิ่งฟักออกมาจากไข่ จะเคลื่อนไหวโดยการคืบคลานกินอาหารอยู่บนใบที่มีสีเขียว พบว่าตัวอ่อนวัยที่ 1 เมื่อเกิดมาจะกัดกินเนื้อเยื่อของใบพืชในชั้น spongy mesophyll tissue เป็นชั้นเนื้อเยื่อของใบพืชและอาศัยอยู่ในนั้น ต่อมาเมื่อตัวอ่อนอายุมากขึ้น จะกัดกินอาหารจากผิวใบด้านล่างเนื้อเยื่อทั้งหมด ยกเว้นชั้น wax ที่อยู่ด้านบน จึงเห็นเป็นเสมือนหน้าต่างอยู่บนผิวใบ (Hill, 1983)

พฤติกรรมการเคลื่อนที่ ตัวอ่อนจะเคลื่อนที่โดยวิธีคืบคลานอย่างช้าๆ อยู่บนส่วนต่างๆ ของพืชอาหาร โดยเฉพาะที่ผิวใบ แต่การเคลื่อนที่จะเป็นไปอย่างรวดเร็วต่อเมื่อตัวอ่อนได้รับการกระตุ้น การยับยั้ง หรือการแตะต้องเพียงเบาๆ ก็อาจทำให้ตัวอ่อนตกจากใบหรือจุดที่เกาะได้ เมื่อตัวอ่อนทิ้งตัวลงมาแล้วสามารถแขวนตัวอยู่ได้ด้วยการปล่อยเส้นใยเล็กๆ ออกมา (Abraham and Padmanaban, 1968) หลังจากการถูกกระตุ้นหรือยับยั้งผ่านพ้นไปแล้วตัวอ่อนจึงไต่คืนกลับไปยังใบหรือจุดที่ตกเหมือนเดิม สำหรับในตัวเต็มวัยนั้นกินหยดน้ำค้างและน้ำหวานเป็นอาหาร โดยเคลื่อนที่ด้วยการเดินหรือบินพร้อมกระโดดเป็นระยะทางสั้นๆ หรือเคลื่อนที่เป็นระยะทางไกลๆ ได้โดยอาศัยความเร็วของกระแสลม (Harcourt, 1957)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พฤติกรรมการสืบพันธุ์ ตัวเต็มวัยของหนอนใยผัก เป็นผีเสื้อที่ออกหากินเวลากลางคืน มีกิจกรรมการบินสูงในเวลา 19.00 น. และ 7.00 น. และบินติดต่อกันตลอดทั้งคืน นับเป็นช่วงเวลาที่ตัวเต็มวัยทำกิจกรรมผสมพันธุ์กัน (mating) ซึ่งเกิดขึ้นในวันเดียวกันกับที่ตัวเต็มวัยออกจากดักแด้ (Jayarathnam, 1979) ใน 2-4 ชั่วโมง หลังพระอาทิตย์ตกดินนั้น ตัวผู้และตัวเมียมีกิจกรรมการบินที่สูงอย่างมีนัยสำคัญ (Goodwin and Danthanarayana, 1984) โดยการผสมพันธุ์เกิดขึ้นบนพืชอาหาร และใช้เวลาในการผสมพันธุ์อย่างช้า 1 ชั่วโมง ถ้าในระหว่างช่วงเวลานี้ถูกรบกวน ตัวเมียจะลากจูงตัวผู้ไปยังบริเวณอื่นของพืชอาหารนั้นๆ เพื่อหลบหรือกำบังตัวได้ หลังจากนั้นตัวเมียจะเริ่มวางไข่หลังจากผสมพันธุ์เสร็จเรียบร้อย

พฤติกรรมการอพยพ การอพยพและกิจกรรมการบินเกิดในช่วงเวลาของการเป็นตัวเต็มวัยของหนอนใยผัก มีความสัมพันธ์กับข้างขึ้นข้างแรม (lunar cycles) ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) เวลาของพระอาทิตย์ขึ้นและตก ฝนตกและความเร็วลม เป็นต้น (Goodwin and Danthanarayana, 1984) พบว่า หนอนใยผักสามารถอพยพไปได้ระยะทางมากกว่า 3,000 กิโลเมตร โดยการบินติดต่อกันเป็นเวลาหลายวัน (Lokki *et al*., 1978)

แนวทางการป้องกันกำจัด

การป้องกันกำจัดหนอนใยผักทำได้ยากมาก เพราะหนอนใยผักมีความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้มากมายหลายกลุ่ม เช่น สารฆ่าแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ ได้แก่ permethrin และ cypermethrin (วีรเทพ, 2528; Liu *et al*., 1981) สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟส เช่น chlorpyrifos, methamidophos และ mevinphos นอกจากนี้ยังมีสารกลุ่มคาร์บาเมท (Baker and Kovaliski, 1999) ดังนั้นการที่จะควบคุมกำจัดหนอนใยผักให้ได้ผลดี ควรใช้วิธีการแบบผสมผสาน (integrated pest management) ซึ่งต้องใช้ทั้งวิธี biological control, chemical control และวิธีการอื่นๆ ร่วมกันจึงจะประสบผลสำเร็จ เช่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การควบคุมโดยใช้พืชพันธุ์ต้านทาน (host plant resistance)

ในอเมริกาเหนือ หนอนใยผักมีความต้านทานสูงต่อสารกำจัดแมลง permetrin และ methomyl จึงมีการใช้พันธุ์ต้านทาน โดยปลูกพืชตระกูลกะหล่ำที่ใบมีความมันเงา และมียีนที่สร้างไข (wax) มาก ซึ่งมีผลต้านทานต่อหนอนใยผักวัยที่ 1 ทำให้พฤติกรรมการเคลื่อนไหวมากกว่าปกติ และกินอาหารน้อยลง ชักนำให้ตัวอ่อนขาดอาหารและตายในที่สุด (Eigenbrode and Shelton, 1990)

การควบคุมโดยวิธีกายภาพและวิธีกล (physical and mechanical control)

กับดักกาวเหนียวสีเหลือง ควรใช้กับดักกาวเหนียวสีเหลืองทรงกระบอก หรือกระป๋องทาด้วยกาวเหนียว (polybutane) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลายเฮกเซน และใช้กับดัก 10-15 วันต่อครั้ง สามารถจับผีเสื้อหนอนใยผักได้เฉลี่ย 16 ตัวต่อวันต่อกับดัก โดยจับผีเสื้อเพศเมียต่อเพศผู้ ได้ 0.79 : 1 ตัว และเมื่อติดตั้งกับดักกาวเหนียวสีเหลืองชนิดนี้จำนวน 80 กับดักต่อไร่ สามารถลดการใช้สารเคมีได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (วินัย, 2531)

กับดักแสงไฟ ใช้หลอดสีน้ำเงิน 20 วัตต์ เป็นหลอดเรืองแสงที่เหมาะสำหรับดักผีเสื้อหนอนใยผักมากที่สุด สามารถดึงดูดผีเสื้อได้มากพอสมควร และมีราคาถูก สามารถลดจำนวนของหนอนใยผักได้จำนวนหนึ่ง (ศรีสุดา และคณะ, 2530)

การควบคุมโดยวิธีเขตกรรม (cultural control)

วัยอ่อนของหนอนใยผักจะอ่อนแอต่อการจมน้ำ ดังนั้นในช่วงฤดูฝนมีความชื้นในอากาศสูง เมื่อมีหยดน้ำในบริเวณที่อาศัย ในระยะ 3 วัยแรก ของตัวหนอนอาจตายจากการจมน้ำได้ และพบว่าการให้น้ำระบบ sprinkler ช่วยควบคุมหนอนใยผักได้สำเร็จบนเกาะ Oahu แต่ถ้าอากาศไหลเวียนไม่ดีจะประสบปัญหาโรคพืชแทน (Waterhouse,1987)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Charleston and Kfir (2000) รายงานว่าในแอฟริกาใต้ Indian mustard, *Brassica juncea* มีศักยภาพในการปลูกเป็นพืชกับดักหนอนใยผัก พบว่าตัวเต็มวัยเพศเมียของหนอนใยผักชอบวางไข่ใน Indian mustard มากกว่าพืชชนิดอื่นๆ ที่ทำการทดลอง และตัวหนอนใยผักมีชีวิตใน Indian mustard ได้ต่ำกว่าพืชชนิดอื่น ในอินเดีย Srinivasan and Krishna Moorthy (1992) ทดลองใช้ Indian mustard เป็นพืชกับดักหนอนใยผัก ซึ่งปลูกไว้ระหว่างแปลงกะหล่ำ (*B. oleracea* var. *capitata*) โดยปลูกกะหล่ำ 15-20 แถวแล้วปลูก Indian mustard 1 แถว ขณะที่สวีเดน Asman (2002) ปลูก Indian mustard แถวกว้าง 30 เซนติเมตร รอบพืชกะหล่ำ (6 เมตร^2) ซึ่งในทั้ง 2 กรณี รายงานว่าสามารถที่จะลดความเสียหายของพืชปลูกได้

การควบคุมโดยใช้สารสกัดจากพืช (plant extracts)

สารสกัดจากพืชที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผัก ได้แก่ สารสกัดหยาบจากเมล็ดทุเรียนเทศ (*Annona muricata* L.), เมล็ดน้อยหน่า (*A. squamosa* Linn.) และรากของหนอนตายหยาก (*Stemona collinsae* Lour.) (Sinchaisri *et al*., 1991)

Dover (1985) รายงานไว้ว่า สารสกัดจาก sage (*Salvia officinalis* L.) มีคุณสมบัติในการลดอัตราการวางไข่และอัตราการกินอาหารของหนอนใยผัก Morallo-Rejesus (1986) รายงานว่าสารพิษที่สกัดจากเมล็ดมันแกว (*Pachyrhizus erosus* L.) และใบชบาจีน (*Hibiscus syriacus* Linn.) มีผลในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก ส่วนสารสกัดจากรากและเปลือกของลำต้นควินิน (*Cinchona ledgeriana* Moens) มีพิษในการฆ่าหนอนใยผัก Facknath (1997) ได้ทำการทดสอบสารสกัดชนิดต่างๆ ต่อหนอนใยผัก พบว่า *Ayapana triplinervis* Vahl., *Chenopodium* spp., ตะไคร้ (*C. citratus*), เลี่ยนบ้าน (*Melia azedarach* L.), สะเดา (*Azadirachta indica* Juss.), แฝก (*Vertivera zizanoides* Nash) และผกากรอง มีคุณสมบัติยับยั้งการกินอาหาร ส่วนสารสกัดจาก *Ligustrum conyzoides*, ตะไคร้และเลี่ยนบ้าน มีคุณสมบัติในการเป็นสารฆ่าแมลง ส่วนสารสกัดจากเลี่ยนบ้านและสะเดา มีคุณสมบัติในการไล่หนอนใยผัก Sinchaisri *et al.* (1998) รายงานว่าพืชสมุนไพร 2 ชนิด คือหนุมานประสานกาย และตะไคร้หอม มีส่วนประกอบของสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไล่หนอนใยผัก อุดมพร (2539) ทำการศึกษารากหญ้าแฝกชนิดแฝกหอม นำมาสกัดสารออกฤทธิ์ในรูปของน้ำมันหอมระเหย และนำสารที่สกัดได้มาทำการทดสอบกับหนอนใยผักวัย 3 ใน 2 วิธี คือ Topical application และ Feeding method พบว่าสารสกัดจากรากหญ้าแฝกในระดับความเข้มข้นของสาร 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้หนอนใยผักตายได้ 37.14 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีถูกตัวตาย และ 51.52 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีกินตาย ส่วนความเข้มข้นของสารสกัดที่ต่ำตั้งแต่ 90 เปอร์เซ็นต์ ลงมาจนถึง 40 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้หนอนใยผักตายได้ไม่ต่างกันทั้ง 2 วิธี และที่ระดับความเข้มของสารสกัดต่ำตั้งแต่ 30 เปอร์เซ็นต์ ลงมาไม่มีผลต่อการตายของหนอน อย่างไรก็ตามเมื่อสังเกตปฏิกิริยาของหนอนที่รอดตายจนเข้าดักแด้ได้ ดักแด้มักจะอ่อนแอและตายลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเข้มข้นของสารสูงๆ อารมณ์ และคณะ (2543) ทำการศึกษาผลของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาเทียม และสะเดาไทย (*A. indica* var. *siamensis* Valeton) ต่อหนอนใยผัก เพื่อเปรียบเทียบผลของสารสกัดจากสะเดา 2 ชนิด ต่อการตาย การเจริญเติบโต และการกินอาหารของหนอนใยผัก โดยให้หนอนกินใบผักคะน้า ชุบสารสกัดจากสะเดาทั้ง 2 ชนิด อัตรา 5, 10 และ 20 ppm โดยหยดสารสกัดลงบนส่วนหลังของหนอนใยผัก ผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากเมล็ดสะเดาเทียม ทั้ง 3 อัตรา สามารถป้องกันกำจัดหนอนใยผักได้ดี มีผลในการลดการเจริญเติบโตของหนอน ทำให้หนอนใยผักไม่สามารถเข้าดักแด้และตายในที่สุด โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 20 ppm มีผลทำให้หนอนใยผักตายหมดไม่ว่าจะโดยการกินหรือการสัมผัส นอกจากนี้สารสกัดสะเดาเทียมมีผลในการยับยั้งการกินใบผักของหนอนใยผัก โดยอาจทำให้หนอนไม่เข้าใกล้ หรือกินใบผักน้อยลง ส่วนสารสกัดสะเดาไทยก็ให้ผลเช่นเดียวกับสารสกัดจากเมล็ดสะเดาเทียม แต่ควรใช้อัตราความเข้มข้นสูงกว่า 20 ppm จึงจะสามารถป้องกันหนอนใยผักได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การควบคุมโดยสารเคมี (chemical control)

การควบคุมและกำจัดหนอนใยผักโดยใช้สารฆ่าแมลง พบว่าหนอนใยผักสามารถสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้มากมายหลายชนิด ได้แก่ สารฆ่าแมลงกลุ่มขัดขวางการเจริญเติบโต เช่น teflubenzuron กลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (synthetic pyrethroid) และกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate) (วินัย และอนันต์, 2532) สำหรับสารฆ่าแมลง abamectin อัตรา 2.88

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรัม ของปริมาณสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ให้ผลดีต่อการกำจัดหนอนใยผัก ในแนวทางเดียวกันเมื่อหนอนใยผักระบาด การพ่นด้วย abamectin (เวอร์ทิเม็ค 1.8 เปอร์เซ็นต์ E.C.) และฟิโปรนิล (แอสเซนด์ 5 เปอร์เซ็นต์ E.C.) โดยการฉีดสลับกันจึงจะเห็นผลในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก (วินัย, 2534)

พิสมัย และคณะ (2526) ได้ทำการทดสอบสารฆ่าแมลงประเภทสารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดหนอนใยผัก สารเคมีที่มีแนวโน้มให้ผลดี ได้แก่ IKI 7899 5 เปอร์เซ็นต์ E.C. + cypermethrin (Cymbush 25 เปอร์เซ็นต์ E.C.) อัตรา 18 และ 8 มิลลิกรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร เว้นช่วงการพ่น 3 วันต่อการฉีดพ่น 1 ครั้ง และได้มีการทดสอบสารสังเคราะห์กลุ่มไพรีทรอยด์ เช่น permethrim, deltamethrin, cyflythrin สารกลุ่มคาร์บาเมต ได้แก่ BPMC และสาร organotin เช่น fentin acetate โดยทดสอบกับหนอนใยผักวัย 3 โดยวิธีการจุ่มใบแล้วเอาให้หนอนกิน หลังจากนั้นทำการวัดพื้นที่ใบ ซึ่งทั้ง 3 ชนิด ให้ผลคล้ายคลึงกันคือสามารถยับยั้งการกินของหนอนใยผักได้ 45-66 เปอร์เซ็นต์ (Omar and Timin, 1984)

สารระงับการลอกคราบ เช่น diflubenzuron (ดิมิลิน 25 เปอร์เซ็นต์ EC) trifulumuron (อัลซิสตัน 25 เปอร์เซ็นต์ WP) tefluron (แซค-คิลเลอร์ 15 เปอร์เซ็นต์ SC) และ chlorfluazuron (อาทาบรอน 5 เปอร์เซ็นต์ EC) ฉีดพ่นในอัตรา 30-40 และ 20-30 กรัม 5-10 และ 15-30 ซีซี ตามลำดับ ต่อน้ำ 20 ลิตร สามารถใช้ควบคุมหนอนใยผักได้ดี แต่สารระงับการลอกคราบเหล่านี้มีราคาแพงมาก การที่จะเลือกใช้สารดังกล่าวควรจะพิจารณาถึงค่าลงทุนและผลกำไรที่จะได้รับด้วย (พิสมัย, 2531)

สารล่อ หรือ sex pheromone ใช้เป็นกับดักล่อให้ตัวเต็มวัยของหนอนใยผักเข้ามาติด ได้แก่ สารเคมีที่ได้จากธรรมชาติ (Talekar *et al*., 1985) การควบคุมหนอนใยผักในประเทศไทยนั้น พบรายงานว่ากับดักสารล่อ Takeda ซึ่งมีส่วนผสมของ cis-11-hexadecenol จำนวน 0.1 มิลลิกรัม มีประสิทธิภาพสูงในการจับผีเสื้อหนอนใยผักเพศผู้ (พิสมัย และคณะ, 2527)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมศักดิ์ (2543) ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลง เปรียบเทียบกับเชื้อแบคทีเรียป้องกันกำจัดหนอนใยผัก ในกะหล่ำปลีพบว่า สาร abamectin ทำให้กะหล่ำปลีเป็นพิษ ทำให้ใบหดสั้น ต้นแคระแกรน ได้น้ำหนักผลผลิตน้อย ส่วนสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และกลุ่มไพรีทรอยด์ ไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก ส่วนเชื้อแบคทีเรีย มีประสิทธิภาพปานกลางในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก สมศักดิ์ และคณะ (2544) ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลง เปรียบเทียบกับเชื้อแบคทีเรียและสารสกัดสะเดา ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก พบว่าสารสกัดจากสะเดาให้ผลรองลงมาจากสารเคมี ส่วนคุณภาพของผลผลิตไม่ดี ถึงแม้ว่าการห่อของกะหล่ำจะปกติ แต่ใบมีลักษณะเหลือง ไหม้ เกิดอาการเป็นพิษกับพืช

การควบคุมโดยชีววิธี (biological control)

โดยธรรมชาติแล้วมีแมลงตัวห้ำและตัวเบียน ที่ควบคุมประชากรของหนอนใยผักอยู่หลายชนิด นอกจากตัวห้ำตัวเบียนแล้ว ยังมีจุลินทรีย์อีกหลายชนิด เช่น เชื้อแบคทีเรียบีที (*B. thuringiensis*) ซึ่งเป็นศัตรูธรรมชาติที่ควบคุมหนอนใยผักได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้โดยปกติแล้วสามารถพบได้ในธรรมชาติ แต่ปัจจุบันมีการผลิตออกมาจำหน่ายเป็นการค้ามากมาย ควรฉีดพ่นในอัตรา 15-30 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร และควรผสมสารจับใบ เพื่อทำให้เชื้อติดใบได้ดี และควรรีบใช้เมื่อพบไข่หรือหนอนที่เริ่มฟักออกจากไข่เป็นจำนวนมาก วิธีพ่นควรพ่นตามใต้ใบ ยอด และซอกกาบใบ เมื่อตัวหนอนกินเชื้อแบคทีเรียเข้าไป เชื้อแบคทีเรียจะถูกลำเลียงเข้าสู่ทางเดินอาหารและปล่อยสารพิษออกมาฆ่าตัวหนอนได้ เชื้อแบคทีเรียจะมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ 2-3 วัน (อัจฉรา, 2534) การใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* ในการป้องกันหนอนใยผักนั้น เชื้อแบคทีเรียในชื่อการค้า Centari WDG *B. thuringiensis* var. *aizawai* ให้ผลดีเมื่อใช้เชื้อในอัตรา 60 กรัม/ไร่ และพ่นในช่วงเวลา 15.00 น. และ 18.00 น. จะมีประสิทธิภาพดีกว่าช่วงเวลาอื่น (วินัย และภัควิกา, 2540)

ปิยรัตน์ และคณะ (2542) รายงานว่ามีแตนเบียน 4 ชนิด ที่เป็นศัตรูธรรมชาติของหนอนใยผัก คือ แตนเบียนไข่ *Trichogramma confusum* และ *Trichogrammatoidea bactrae* แตนเบียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หนอน *Cotesia plutellae* และแตนเบียนดักแด้ *Thyraeella collaris* นอกจากนี้ในแอฟริกา มีการปล่อยแตนเบียน *C. plutellae* K. (Hymenoptera : Braconidae), *Diadromus collaris* G. (Hymenoptera : Ichneumnidae), *Oomyzus sokolowskii* K. (Hymenoptera : Braconidae) และ *Microplitis plutellae* M. (Hymenoptera : Braconidae) สามารถควบคุมหนอนใยผักได้ (Cock, 1983; Kfir, 2003)

ปิยะวรรณ และวิโรจน์ (2545) รายงานว่า การทำให้เกิดโรคของไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* กับหนอนใยผัก ขึ้นอยู่กับขนาดของหนอนใยผัก เวลาที่หนอนตายมีความแตกต่างกัน หนอนที่มีขนาดเล็กมีแนวโน้มที่จะตายด้วยไส้เดือนฝอยเร็วกว่าหนอนขนาดใหญ่ หนอนใยผักมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักหนอนที่ตายภายใน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง หลัง inoculate ด้วยไส้เดือนฝอย เท่ากับ 4.0, 4.3 และ 5.8 มิลลิกรัม ตามลำดับ จำนวนไส้เดือนฝอยที่พบบริเวณผนังลำตัวหนอนใยผักมีความแปรปรวนตามน้ำหนักของหนอนทดสอบ จำนวนไส้เดือนฝอยที่ 24 ชั่วโมง หลังการเข้าทำลายอยู่ในช่วง 1 ถึง 18 ตัว ในหนอนใยผักที่ตาย น้ำหนักเฉลี่ยของหนอน 5.89 มิลลิกรัม หนอนที่ยังไม่ตายพบไส้เดือนฝอย 1 ถึง 6 ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ยของหนอน 4.173 มิลลิกรัม

การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี (Biological Control)

การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างหนึ่ง ในการควบคุมปริมาณพืช แมลง สัตว์ และเชื้อโรค โดยศัตรูของพืช แมลง สัตว์ และเชื้อโรค ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ รักษาระดับสิ่งมีชีวิตต่างๆ ให้อยู่ในสภาพสมดุล

การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี เป็นการใช้ประโยชน์จากศัตรูธรรมชาติ (Natural enemies) ซึ่งประกอบด้วย ตัวห้ำ (predators) ตัวเบียน (parasites) และเชื้อโรค (pathogens) ไปควบคุมศัตรูพืช ไม่ว่าจะเป็นโรคพืช แมลงศัตรูพืช และวัชพืชทางการเกษตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศัตรูธรรมชาติ คือ สิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืช สัตว์ แมลง ซึ่งคือศัตรูที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการตายของพืช ได้แก่ ตัวเบียน ตัวห้ำ และเชื้อโรคของศัตรูพืช ซึ่งจะทำลายศัตรูพืชเหล่านี้ให้มีปริมาณลดลง

ตัวเบียน (parasites) คือ แมลงหรือสัตว์ขนาดเล็กที่ดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยการเกาะกินอยู่บนหรือในแมลงอาศัย (hosts) ชนิดอื่นที่มีขนาดใหญ่กว่า ทำให้แมลงหรือสัตว์อาศัยนั้นอ่อนแอและตายในที่สุด ตัวเบียนสามารถเข้าทำลายและเจริญเติบโตได้ในทุกระยะของแมลงและสัตว์อาศัย และเฉพาะตัวเบียนตัวเมียเท่านั้นที่ทำลายแมลงหรือสัตว์อาศัยโดยการใช้อวัยวะวางไข่ (ovipositor) ของมันแทงลงบนหรือในตัวแมลงหรือสัตว์อาศัย

ตัวห้ำ (predators) คือ สัตว์หรือแมลงชนิดใดชนิดหนึ่งที่กินตัวศัตรูพืชเป็นอาหาร โดยทั่วไปตัวห้ำมีขนาดใหญ่และแข็งแรงกว่าเยื่อ และจะทำให้เยื่อตายในเวลาอันรวดเร็ว ตัวอย่างของตัวห้ำ เช่น นก คางคก กิ้งก่า แมงมุม เป็นต้น ส่วนแมลงตัวห้ำที่สำคัญ เช่น แมลงปอ แมลงช้างปีกใส มวนพิฆาต มวนเพชฌฆาต เป็นต้น

เชื้อโรค (pathogens) คือ จุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่และเจริญเติบโตบนแมลงหรือสัตว์อาศัย ทำให้แมลงหรือสัตว์อาศัยนั้นเป็นโรคและตายในที่สุด โดยทั่วไปเกษตรกรมักใช้สารเคมีหรือนำจุลินทรีย์เพียงชนิดใดชนิดหนึ่งไปใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช เพราะสะดวกกว่าการใช้จุลินทรีย์หลายชนิด เนื่องจากจุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิต จึงต้องมีการศึกษาวิธีการใช้ที่ถูกต้อง และเลือกช่วงเวลาที่ใช้ในการพ่นให้เหมาะสม ไม่สามารถทำการฉีดพ่นได้ตลอดเวลา จึงทำให้เกษตรกรหันไปใช้สารเคมีมากกว่าการใช้จุลินทรีย์ แต่เนื่องจากพิษภัยของสารเคมีเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้มีการนำจุลินทรีย์มาใช้มากขึ้นทั้งในด้านนำไปผสมผสานใช้กับวิธีอื่นๆ หรือร่วมกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ

จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรค ได้แก่ เชื้อไวรัส เชื้อรา ไส้เดือดฝอย โปรโตซัว และเชื้อแบคทีเรีย ในธรรมชาติศัตรูพืช จะถูกจุลินทรีย์ต่างๆ ทำลายอยู่เสมอ จุลินทรีย์จึงเป็นศัตรู

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธรรมชาติที่สำคัญในการควบคุมประชากรของศัตรูพืช เพราะไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ เป็นแนวทางหนึ่งที่จะลดภาวะมลพิษในสิ่งแวดล้อม จุลินทรีย์ที่สำคัญ ได้แก่

เชื้อไวรัสควบคุมศัตรูพืช การนำเชื้อไวรัสโรคแมลงมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชกำลังได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง โดยทั่วไปจะพบการระบาดของเชื้อไวรัสของแมลงในสภาพธรรมชาติอยู่เสมอ ในแหล่งที่มีการระบาดของศัตรูพืชอย่างรุนแรง การระบาดของเชื้อไวรัสมักจะทำให้จำนวนของประชากรของศัตรูพืชลดลง เชื้อไวรัสเป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก ประกอบด้วยชิ้นส่วนพันธุกรรมเป็นแกนกลาง เชื้อไวรัสไม่สามารถขยายพันธุ์หรืออยู่รอดนอกเนื้อเยื่อหรือสิ่งมีชีวิตที่เป็นแหล่งอาศัย เชื้อไวรัสหลายชนิดถูกพบในแมลงอาศัยหลายชนิด เชื้อไวรัสที่นำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชได้มีประสิทธิภาพ คือ เชื้อไวรัสชนิด Nuclear Polyhedrosis Virus หรือที่เรียกย่อว่า NPV เป็นไวรัสที่มีความเฉพาะเจาะจงสูง ทำลายเฉพาะแมลงเป้าหมาย เช่น เชื้อไวรัส NPV ของหนอนกระทู้หอม จะทำลายเฉพาะหนอนกระทู้หอม ข้อดีของเชื้อไวรัส NPV คือ สามารถเพิ่มจำนวนแมลงที่ทำลายได้เป็นจำนวนมากในเวลาอันรวดเร็ว และที่สำคัญ ไวรัส NPV สามารถสร้างผลึกโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคเชื้อไวรัสเอาไว้ ทำให้อยู่คงทนในสภาพแวดล้อมตัวแมลงได้ดี

เชื้อราควบคุมศัตรูพืช เนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคกับแมลงแตกต่างไปจากเชื้อโรคอื่นๆ โดยไวรัส และแบคทีเรีย จะทำให้เกิดโรคโดยการกิน แต่เชื้อราส่วนใหญ่พบว่าแมลงมีการติดเชื้อเข้าไปทางผิวลำตัวมากที่สุด โดยเข้าทำลายส่วนต่างๆ ของแมลง และดูดกินสารอาหารในตัวแมลง หรือปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยหรือขับสารพิษออกมาเพื่อทำลายแมลงอาศัย (Butt, 2002) ส่วนการเข้าทำลายผ่านทางระบบหายใจและทางเดินอาหารพบน้อยมากเพียงแค่ 2-3 ชนิด โดยมีวิธีการเข้าทำลายที่แตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อรา และสภาพแวดล้อมความเป็นอยู่ของแมลง การใช้เชื้อราในการควบคุมแมลงนี้ ได้มีการใช้ทดลองกันมานานแล้ว ส่วนใหญ่ใช้วิธี introduction และ colonization คือ การนำเชื้อรามาปล่อยในพื้นที่ที่มีประชากรแมลงอาศัย หรือการนำมาปล่อยเพื่อเพิ่มระดับเชื้อรา (มาลินี, 2536)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีเชื้อรามากกว่า 400 ชนิด ที่เป็นเชื้อโรคของแมลง สามารถนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชและวัชพืชได้ นอกจากใช้เชื้อราควบคุมแมลงและวัชพืชแล้ว ยังมีการนำเชื้อรามาใช้ควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชอีกหลายชนิด แต่ที่มีผลิตเป็นการค้าและได้รับความนิยมมากที่สุด คือ เชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma harzianum*) เชื้อราชนิดนี้พบได้ทั่วไปในดินและเศษซากอินทรีย์วัตถุตามธรรมชาติ เชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคนี้ สามารถเข้าสู่ตัวของแมลงได้ โดยแทงทะลุผ่านเข้าไปทางผิวหนังและไปเจริญเติบโตภายในตัวแมลง และจะสร้างสารพิษ (Toxin) ทำลายเนื้อเยื่อและระบบต่างๆ ทำให้แมลงตายได้ การเกิดโรคราของแมลงจะเกิดได้ดีและรวดเร็ว เมื่อแมลงอ่อนแอและได้สัมผัสโดยตรงกับเชื้อราที่มีความรุนแรง ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของเชื้อรานั้นๆ เชื้อราควบคุมแมลงบางชนิด เช่น กลุ่ม Mastigomycotina, Zygomycotina แมลงอาศัยจะตายภายหลังที่ไมซีเลียมเจริญเติบโตทั่วตัวแมลง ทำให้แมลงขาดอากาศหรืออดอาหาร ในกลุ่มอื่น เช่น Ascomycotina และ Deuteromycotina แมลงตายเนื่องจากสารพิษที่เชื้อราปล่อยออกมาในช่วงเริ่มต้นของการเข้าทำลาย จากนั้นไมซีเลียมจะสร้างเส้นใยบนซากแมลง (Saprophyticcally) ในขณะที่เส้นใยของเชื้อราเจริญเติบโตจะดูดน้ำและสารอาหารจากแมลงอาศัย ทำให้ซากแมลงแห้ง เชื้อราควบคุมแมลงส่วนใหญ่เส้นใยจะออกมาจากตัวแมลงอาศัยหลังจากแมลงตายแล้ว ปกติแมลงจะเกาะติดกับต้นพืชหรือถูกทำให้ยึดติดโดยขบวนการเกิดโรค จากนั้นไมซีเลียมที่อยู่ภายนอกจะสร้างสปอร์ และสปอร์จะค่อยๆ ถูกปลดปล่อยหรือฟุ้งกระจายอย่างรวดเร็วเข้าสู่วงจรการเข้าทำลายต่อไป

ไส้เดือนฝอยควบคุมศัตรูพืช ไส้เดือนฝอยเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กรูปร่างคล้ายเส้นด้าย มีผิวหนังหยาบ อาศัยอยู่ในน้ำและในดิน หลายชนิดทำลายพืชและเป็นปัญหาที่ร้ายแรงในหลายพืช นอกจากนี้หลายชนิดเป็นพยาธิของคนและสัตว์ และทำให้เกิดโรคร้ายแรง เช่น โรคริเวอร์บลายด์เนส (river blindness) ในแอฟริกาตะวันตก ไส้เดือนฝอยหลายชนิดเป็นตัวเบียนของแมลง มีความสัมพันธ์หลายแบบระหว่างไส้เดือนฝอยกับแมลง แต่ในแง่ของการควบคุมโดยชีววิธี มีไส้เดือนฝอยที่มีชีวิตหากินอิสระอยู่ 2 กลุ่ม ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช คือ สไตน์เนอร์นีมา (*steinernema*) และ เฮทเทอโรแรบทิส (Heterorhabdtis) ชนิดที่มีจำหน่ายอย่างเป็นการค้าและใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ *Steinernema carpocapsae* เพราะสามารถเข้าทำลายแมลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศัตรูพืชได้หลายชนิด โดยไส้เดือนฝอยจะขับถ่ายแบคทีเรียชนิดหนึ่งซึ่งเป็นพิษต่อแมลงออกมาให้แมลงตายภายใน 24-48 ชั่วโมง แม้ว่าไส้เดือนฝอยจะมีความหลากหลาย แต่วงจรชีวิตคล้ายคลึงกัน คือ หลังจากระยะไข่ เป็นระยะตัวอ่อน 4 ระยะ หนึ่งระยะหรือมากกว่าหนึ่งระยะจะอาศัยอยู่ภายนอกเหยื่ออาศัย เรียกว่า ระยะมีชีวิตอิสระ (free-living stage) ซึ่งระยะนี้ไส้เดือนฝอยจะเสาะหาเหยื่ออาศัยเรียกว่า ระยะเข้าทำลาย (infective stage) ไส้เดือนฝอยเจริญเติบโตอยู่ภายในเหยื่ออาศัยหลายระยะ ไส้เดือนฝอยบางชนิดจะออกจากแมลงอาศัยและเป็นตัวเต็มวัยในดิน ในขณะที่บางชนิดเป็นตัวเต็มวัยและขยายพันธุ์ในตัวเหยื่อและรุ่นลูกจะแพร่กระจายออกจากตัวเหยื่อ

เชื้อโปรโตซัวควบคุมศัตรูพืช โปรโตซัว (Protozoa) เป็นเชื้อโรคอีกชนิดหนึ่งที่เข้าทำลายแมลง โปรโตซัวเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีความหลากหลาย โรคที่เกิดจากโปรโตซัว ปกติเพียงทำให้ศัตรูพืชอ่อนแอมากกว่าที่จะฆ่าศัตรูพืช ส่งผลให้แมลงผลิตไข่น้อยลง แมลงจะได้รับเชื้อโดยการกินสปอร์ของโปรโตซัวเข้าไปหลังจากนั้นสปอร์จะงอกและเจาะทะลุผ่านกระเพาะแมลง แต่ระยะที่สารเชื้อออกฤทธิ์ทำลายแมลงนั้นใช้เวลานานถึง 7-14 วัน สปอร์มีลักษณะเป็น โพลาร์แคปซูล (Polar capsule) ซึ่งภายหลังจากการย่อยจะงอกและเจาะผ่านเซลล์ผนังกระเพาะ เซลล์กระเพาะจะเป็นจุดที่มีการติดเชื้อและสร้างสปอร์ ในแง่ของการควบคุมโดยชีววิธี โปรโตซัวกลุ่มที่สำคัญอยู่ในชั้น Microsporidea ซึ่งเป็นกลุ่มที่เฉพาะเจาะจงต่อพวกอาร์โธพอด โปรโตซัวในกลุ่มนี้ไม่ก่อให้เกิดอาการโรคที่รุนแรงแต่จะยับยั้งการเจริญเติบโต การขยายพันธุ์ของเยื่อ โปรโตซัว Nosema และ Vairimorpha ซึ่งเป็นโปรโตซัวสกุลที่มีหลายชนิดที่มีความสามารถในการควบคุมโดยชีววิธี เช่น Nosema locustae เข้าทำลายตั๊กแตนหลายชนิด ในขณะที่ Vairimorpha necatrix เป็นเชื้อโรคที่มีฤทธิ์กว้าง เข้าทำลายแมลงในอันดับ Lepidoptera

เชื้อแบคทีเรียควบคุมศัตรูพืช แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่มีอยู่ทั่วไปในดินและพืช มีทั้งชนิดที่เป็นประโยชน์และชนิดที่ทำให้เกิดโทษ แบคทีเรียที่นำมาใช้ควบคุมศัตรูพืชนั้น ส่วนใหญ่อยู่ในสกุล (*Bacillus*) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ก่อให้เกิดพยาธิต่อมนุษย์และสัตว์ แบคทีเรียสกุลนี้ที่นำมาใช้ควบคุมศัตรูพืชส่วนใหญ่เป็นชนิดบาซิลลัส ทูริงเจนซิส (*B. thuringiensis* หรือ Bt) ซึ่งข้อดีคือ เป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบคทีเรียที่มีความเฉพาะเจาะจงสูงต่อแมลงเป้าหมาย ปลอดภัยต่อแมลงศัตรูธรรมชาติและแมลงที่เป็นประโยชน์อื่นๆ

เชื้อแบคทีเรียบีที (*Bacillus thuringiensis*)

1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับ *Bacillus thuringiensis* (Bt)

1.1 ประวัติความเป็นมาของ *B. thuringiensis* (Bt) มีบันทึกการค้นพบแบคทีเรียบีทีเป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1915 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ Berliner ซึ่งแยกเชื้อได้จากมอดแป้งเมดิเตอร์เรเนียน (Mediteranean flour moth) *Anagasta kuehniella* ที่เป็นโรคและตั้งชื่อว่า *Bacillus thuringiensis* ตามชื่อเมืองที่พบเชื้อคือเมือง Thuringia ประเทศเยอรมัน แม้ว่าจะเป็นครั้งแรกที่มีการจดบันทึกภายใต้ชื่อ *B. thuringiensis* แต่ในความเป็นจริงแล้วไม่ใช่ครั้งแรกที่มีการแยกเชื้อได้ เนื่องจากในปี ค.ศ. 1901 Ishiwata Shigetane นักชีววิทยาชาวญี่ปุ่นได้แยกเชื้อชนิดเดียวกันนี้จากหนอนไหม *Bombyx mori* ที่เป็นโรค “Sotto disease” (Roh *et al*., 2007) และตั้งชื่อว่า *Bacillus sotto* (Caulder, 1999) แต่เนื่องจากไม่ได้มีการจดบันทึกไว้ ด้วยเหตุนี้ตามกฎของการตั้งชื่อแบคทีเรียหรือ Bacterial Nomenclature จึงให้เกียรติแก่ Berliner และมีการยอมรับชื่อ *B. thuringiensis* (Steinhaus, 1961; Tanada and Kaya, 1993)

ในปี ค.ศ. 1953 Hannay ได้ทำการศึกษาการเพาะเลี้ยงเชื้อนี้ในระยะที่กำลังสร้างสปอร์ และพบโครงสร้างอย่างหนึ่งในเซลล์แบคทีเรียที่มีรูปร่างคล้ายปิรามิดคู่ฐานชนกันและมีด้านทั้งหมด 8 เหลี่ยม เรียกว่า parasporal bodies และตั้งสมมุติฐานว่าผลึกโปรตีนนี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ตัวหนอนของแมลงต่างๆ ตายได้ ตามรายงานของ Beliner and Mattes บอกว่าเชื้อนี้สามารถสร้างผลึกโปรตีนได้ จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1954 Angus พิสูจน์ว่าข้อสังเกตของ Hannay นั้นเป็นความจริง ปี ค.ศ. 1962 de Barjac and Bonnefoi ได้ศึกษาพบวิธีการวิเคราะห์แยกสายพันธุ์แบคทีเรียบีที โดยดูจากปฏิกิริยาของ antibody ที่มีผลต่อโปรตีนจากแฟลกเจลลา (flagella protein) หรือที่เรียกว่า H-antigen และเรียกสายพันธุ์ต่างๆ ที่จำแนกโดยวิธีนี้เป็น H-serotype (de Barjac and Bonnefoi,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1962) ต่อมา Howard Dulmage ได้แยกแบคทีเรียบีทีและให้ชื่อสายพันธุ์ตามอักษรย่อชื่อตนเองว่า HD-1 และใช้เป็นสายพันธุ์มาตรฐานสำหรับศึกษาแบคทีเรียบีที (Dulmage, 1970) ซึ่งปัจจุบันพบแบคทีเรียบีทีมากกว่า 69 serotypes 13 sub-antigenic groups และแบ่งย่อยออกเป็น 82 serovars (subspecies) (Lecadet *et al.*, 1999)

ในปี ค.ศ. 1942 Edward Steinhaus ผู้เป็นบิดาของโรควิทยาของแมลง ได้รับกลุ่มเชื้อแบคทีเรียบีทีและนำมาศึกษาศักยภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืช ทำให้ความสนใจในเรื่องแบคทีเรียบีทีได้กลับคืนมาอีกครั้ง (Tanada and Kaya, 1993) และในช่วงปี ค.ศ.1970 มีการค้นพบ *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* สายพันธุ์ HD-1 ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมหนอนผีเสื้อศัตรูพืชทางการเกษตรและป่าไม้ และสามารถแข่งขันกับสารเคมีกำจัดแมลงได้ (Lisansky *et al.,* 1993) ทำให้มีบริษัทต่างๆ ใช้เป็นตัวพื้นฐานสำหรับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์มากขึ้น

1.2 ชีววิทยาของแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* (Bt) แบคทีเรียบีที จัดอยู่ในวงศ์ Bacillaceae เป็นจุลินทรีย์แกรมบวก (positive gram) กระจายอยู่ตามธรรมชาติทั้งในน้ำ ดิน แมลง เศษใบพืชที่ย่อยสลายแล้ว ปัจจุบันพบเชื้อแบคทีเรียบีทีทั่วโลกประมาณ 70 สายพันธุ์ ในประเทศไทยพบแล้ว 17 สายพันธุ์ คือ *kurstaki, alesti, kenyae, galleriae, canadansis, entomocidus, aizawai, kumamotoensis, tochigiensis, toworti, neoleonensis, mexicanensis, leesis, chanpaisis, sotto, colmeri* และ *thailandensis* (จริยา, 2553) สามารถนำแบคทีเรียบีทีมาใช้ประโยชน์ โดยการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการทำลายแมลงศัตรูสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอม หนอนใยผัก เป็นต้น ซึ่งเชื้อแบคทีเรียบีทีที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถนำมาใช้กำจัดแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจทดแทนการใช้สารเคมีได้ หลังจากใช้แล้ว เชื้อแบคทีเรียบีทีบางส่วนตายไป บางส่วนยังสามารถคงอยู่ในธรรมชาติและขยายพันธุ์ต่อไป

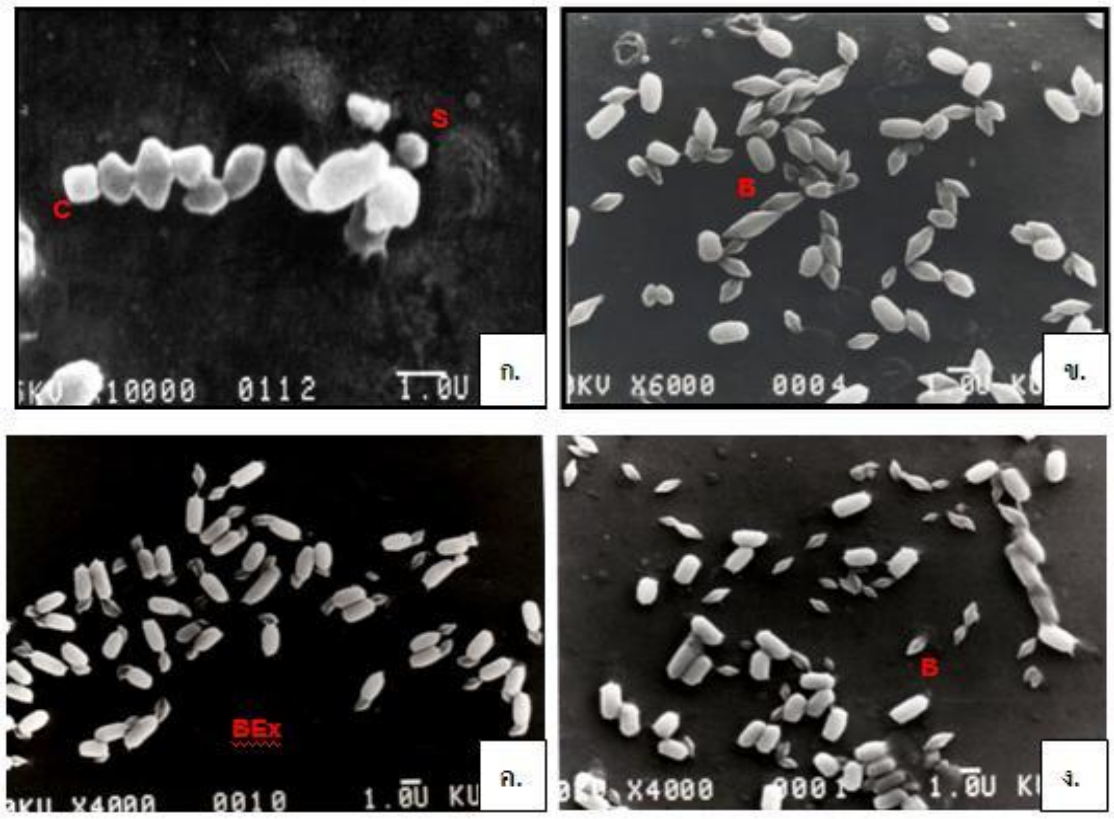
เชื้อแบคทีเรียบีทีมีรูปร่างเป็นท่อนตรง (rod-shape) ขนาดประมาณ 1-1.2x3.5 ไมครอน (Boucias and Pendland, 1998) เคลื่อนที่ด้วยแฟลกเจลลา (flagella) โคโลนีมีลักษณะสีขาวขุ่น ผิวไม่มัน ขอบไม่เรียบ ขนาดค่อนข้างใหญ่ประมาณ 5-10 มิลลิเมตร โดยจะสร้างสปอร์ภายในเซลล์ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรียกว่า เอนโดสปอร์ (endospore) ขนาดประมาณ 0.8x1.7 ไมครอน อยู่ที่ปลายทางด้านหนึ่งของเซลล์ และสร้างผลึกโปรตีนที่เรียกว่า Parasporal body, Crytal protein, Cry proteins หรือ delta-endotoxin ขนาดประมาณ 0.5x1 ไมครอน อยู่ที่ปลายอีกด้านหนึ่งไปพร้อมๆ กัน (Burges and Jones, 1998) ผลึกโปรตีนไม่ทนต่อความร้อน ไม่ละลายน้ำ และ organic solvent อื่นๆ แต่จะละลายในด่าง ทนอยู่ในน้ำหรือสภาพแห้งแล้งได้นาน รูปแบบของผลึกโปรตีน เช่น รูปปิรามิดคู่ฐานชนกัน (bipyramid) รูปทรงกลม (spherical) รูปลูกบาศก์ (cubical) เป็นต้น ขึ้นอยู่กับแต่ละสายพันธุ์ (จริยา, 2553)

1.3 วงจรชีวิตของ *Bacillus thuringiensis* การเจริญของแบคทีเรียบีทีแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะการเจริญ (vegetative growth) และระยะการสร้างสปอร์ (sporutation) เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมสปอร์จะงอกเซลล์รูปแท่งภายในเวลา 12 ชั่วโมง มีการแบ่งตัว (binary fission) ได้เซลล์รูปแท่งต่อกันเป็นสายคล้ายลูกโซ่ หลังจากนั้นอีก 24-48 ชั่วโมง จะสร้างสปอร์และผลึกโปรตีน (crystal protein) จากนั้นผนังเซลล์ซึ่งมีลักษณะบางจะสลายตัวไป ในขณะเดียวกันที่ปลายอีกด้านของเซลล์จะมีการสร้างผลึกโปรตีน โดยจะเสร็จสมบูรณ์พร้อมกับการสร้างสปอร์ เมื่อผนังอับสปอร์ของแบคทีเรียบีทีสลายตัวไป สปอร์จะกระจายตัวไปในธรรมชาติ เมื่อมีสภาวะเหมาะสมสปอร์จะพัฒนาเป็นเซลล์และขยายพันธุ์แบบนี้ต่อไปเรื่อยๆ เมื่อแมลงกินสปอร์และผลึกโปรตีน สภาพความเป็นด่างในกระเพาะอาหารส่วนกลางของแมลงจะย่อยสลายผลึกโปรตีนที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ให้เป็นโมเลกุลขนาดเล็ก และมีน้ำย่อยโปรตีน (protease) จะช่วยย่อย โปรท๊อกซิน (protoxin) ได้สารพิษที่เข้าทำลายเซลล์เยื่อบุกระเพาะอาหารของแมลง ทำให้กระเพาะแมลงบวมและแตก หลังจากแมลงตาย ซากของแมลงจะแตกออก เชื้อแบคทีเรียบีทีจะกระจายตัวไปในธรรมชาติและขยายพันธุ์แบบนี้ต่อไปเรื่อยๆ ส่วนความเป็นพิษของเชื้อแบคทีเรียบีทีขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุ สภาวะการเพาะเลี้ยง และอัตราส่วนระหว่างสปอร์และผลึกโปรตีนที่แมลงได้รับ (จริยา, 2553)

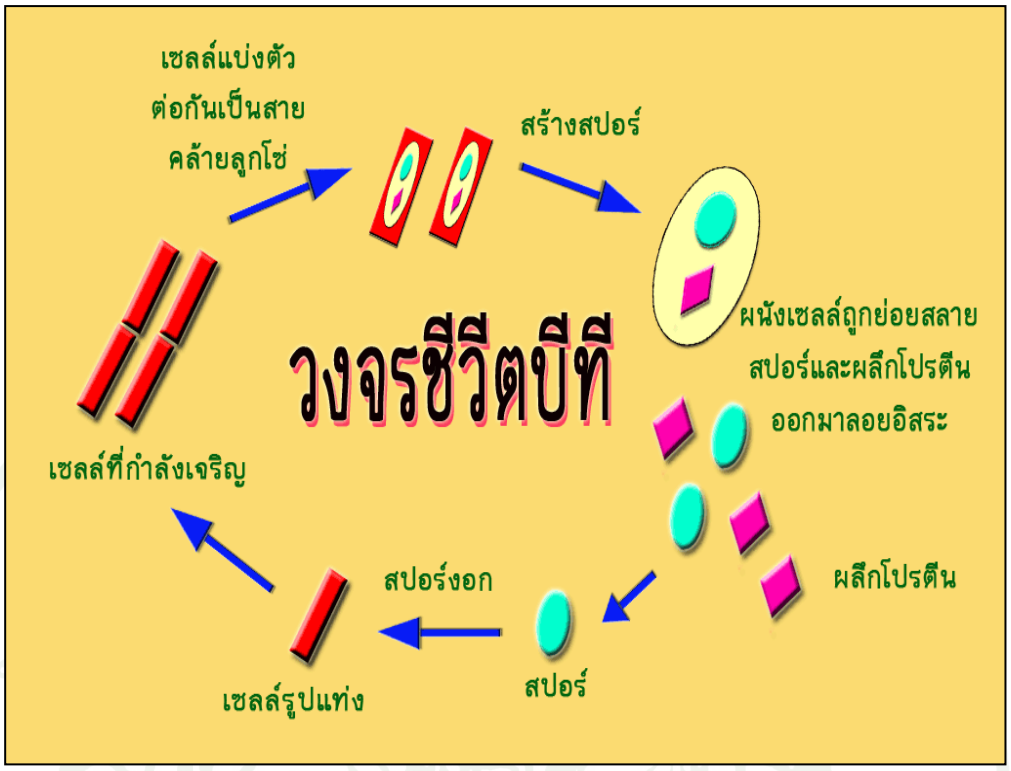
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 ลักษณะรูปร่างผลึกโปรตีนของ *B. thuringiensis* ที่ถ่ายจากกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM); ผลึกโปรตีนรูปลูกบาศก์ (cuboidal, C) และรูปทรงกลม (spherical,S) (ก), ผลึกโปรตีนรูปปิรามิดคู่ฐานชนกัน (bipyramid, B) (ข), ผลึกโปรตีนรูปปิรามิดคู่ในถุงหุ้มภายนอกสปอร์(Bipyramid in Exosporium, BXe) ของสายพันธุ์ไทย *Bacillus thuringiensis* subsp. *Thailandensis* (ค) และผลึกโปรตีนรูปปิดรามิดคู่ (B) ของแบคทีเรียบีทีสายพันธุ์ไทย *Bacillus thuringiensis* subsp.*chanpaisis* (ง)

ที่มา : จริยา (2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 วงจรชีวิตของ *B. thuringiensis*

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก (จริยา, 2554)

1.4 กลไกการเข้าทำลายของเชื้อแบคทีเรียบีที (*Bacillus thuringiensis*) เชื้อแบคทีเรียบีทีจะเข้าทำลายแมลงได้ เมื่อแมลงกินเชื้อแบคทีเรียบีที ซึ่งมีส่วนประกอบของสปอร์และผลึกโปรตีนเข้าไปในกระเพาะอาหาร สภาพความเป็นด่างในกระเพาะอาหารส่วนกลาง จะช่วยย่อยสลายผลึกโปรตีนขนาดใหญ่ให้ได้ protoxin และน้ำย่อยโปรตีน (protease) จะช่วยย่อยสลาย protoxin ได้สารพิษเข้าไปทำลายเซลล์ผนังกระเพาะอาหาร สารพิษจากเชื้อแบคทีเรียบีทีสายพันธุ์ต่างๆ จะเฉพาะเจาะจงกับจุดเข้าทำลายที่ผนังกระเพาะอาหารของแมลงแต่ล่ะชนิด เมื่อเซลล์ผนังกระเพาะอาหารถูกทำลายจะบวมและแตกออก เกิดเป็นรอยแยกที่กระเพาะอาหาร ทำให้อาหาร ของเหลว และเอนไซม์ต่างๆ ที่อยู่ภายในกระเพาะอาหารซึ่งมีสภาพเป็นด่างไหลออกมาปะปนกับน้ำเลือดในช่องว่างของลำตัวแมลงซึ่งมีสภาพเป็นกรด มีผลให้แมลงหยุดกินอาหาร เคลื่อนไหวช้า เป็นอัมพาต และตายในที่สุด สรุปเชื้อแบคทีเรียบีที มีกลไกทำให้เกิดโรค 2 หลักคือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1) ทำให้เกิดอัมพาตทั่วตัว (general paralysis) เนื่องจากค่า pH ในเลือดเพิ่มขึ้น (Heimpel and Angus, 1959) มีค่าโพแทสเซียมไอออนในเลือดสูงขึ้น แมลงมีอาการอาเจียนและท้องร่วง จากนั้นอัมพาตทั่วตัว หัวใจหยุดเต้นและตาย (Nishiitsutsuji-Uwo and Endo, 1980)

2) ทำให้เกิดอัมพาตที่กระเพาะอาหาร กระเพาะอาหารจะถูกทำลายอย่างรวดเร็ว โดยค่า pH ในเลือดไม่มีการเปลี่ยนแปลงและไม่เป็นอัมพาตทั่วตัว (Heimpel and Angus, 1959) แต่แมลงจะหยุดกินอาหาร อาเจียน ท้องเสีย และตายภายใน 24-48 ชั่วโมง สภาพแวดล้อมในไร่ทั้งแสงแดดและฝนจะทำลาย spore และลด toxic protein ทำให้ลดความสามารถในการก่อให้เกิดโรคกับแมลง ได้มีคำแนะนำการใช้แบคทีเรียชนิดน้ำอัตรา 60-100 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร หรือชนิดผงอัตรา 40-80 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (กองกีฏและสัตววิทยา, 2541)

เชื้อแบคทีเรียบีทีทำให้เกิดโรคกับแมลงหลายชนิด โดยเฉพาะกับหนอนผีเสื้อซึ่งพบว่ามีหนอนผีเสื้อประมาณ 150 ชนิด ที่อ่อนแอต่อแบคทีเรียบีทีสายพันธุ์ต่างๆ เนื่องจากมีผลต่อแมลงหลายชนิด อาการและการตอบสนองของแมลงต่อเชื้อแบคทีเรียบีทีจึงมีหลายแบบ ความอ่อนแอของแมลงต่อเชื้อแบคทีเรียบีทีนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของแมลง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ด้วย เช่น อายุของแมลง ความแข็งแรงของแมลง และสภาพแวดล้อมต่างๆ ต่อการใช้เชื้อแบคทีเรียบีทีควบคุมแมลงศัตรูพืช การนำเชื้อแบคทีเรียบีทีมาใช้กับแปลงปลูกผักจึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมอย่างยิ่งในการช่วยลดปัญหาการใช้สารเคมีกำจัดแมลง ช่วยลดปัญหาการตกค้างของสารเคมีบนพืชผัก และการใช้เชื้อแบคทีเรียบีที ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อศัตรูพืช จะเป็นการช่วยอนุรักษ์แมลงศัตรูธรรมชาติที่เป็นประโยชน์ได้เป็นอย่างดี

1.5 สารพิษที่สร้างโดยเชื้อแบคทีเรียบีที (*Bacillus thuringiensis*) เป็นที่ทราบกันดีว่าเชื้อแบคทีเรียบีทีสามารถผลิตสารพิษชนิดต่างๆ บางชนิดก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ จึงมีความจำเป็นต้องเข้าใจถึงชนิดของสารพิษที่ผลิตขึ้นโดยเชื้อแบคทีเรียบีทีชนิดนั้นๆ ด้วย สารพิษที่เชื้อแบคทีเรียบีทีผลิตออกมา เช่น เดลต้าเอ็นโดท๊อกซิน ซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าแมลง ส่วนเอ็กโซท๊อกซิน (exotoxin) เป็นสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมถ้าได้รับในอัตราความเข้มข้นสูงๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เดลต้าเอนโดท๊อกซิน (Delta endotoxin) เมื่อถึงระยะสร้างสปอร์เชื้อแบคทีเรียบีทีส่วนใหญ่จะผลิตผลึกโปรตีนในเวลาเดียวกัน ผลึกโปรตีนประกอบด้วยสารพิษที่มีฤทธิ์ฆ่าแมลงคือ เดลต้าเอ็นโดท๊อกซิน ผลึกโปรตีนมีองค์ประกอบของโปรตีน 20-30 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนทั้งหมดที่มีในแบคทีเรียในระยะสร้างสปอร์นั้น (Boucias and Pendland, 1998) องค์ประกอบของโปรตีนเป็นพวกโมโนเมอริคโปรท๊อกซิน (monomeric protoxins) การสลายผลึกโปรตีนโดยเอนไซม์ย่อยโปรตีนก่อให้เกิดโปรตีนที่เป็นพิษมีขนาดเล็กลง การสร้างผลึกโปรตีนนี้จะแปรปรวนไปตามสายพันธุ์ของเชื้อแบคทีเรียบีที แต่เกือบทุกสายพันธุ์จะมีส่วนผสมของเดลต้าเอ็นโดท๊อกซิน ตัวอย่างเช่น *B.t. kurstaki* HD-1 ประกอบด้วยโปรตีน CryI ขนาด 130 กิโลดาลตัน 3 ชนิด และโปรตีน Cry 2 ขนาด 70 กิโลดาลตัน อีก 2 ชนิด ในผลึกโปรตีนเดียวกัน ส่วนเชื้อแบคทีเรียบีทีสายพันธุ์อื่นๆ เช่น *B.t. tenebrionis* ซึ่งประกอบด้วยสารพิษเดลต้าท๊อกซินชนิดเดี่ยว ในการสร้างผลึกโปรตีนที่มีเอนโดท๊อกซินหลายชนิดจะมีฤทธิ์ฆ่าแมลงได้หลายชนิด และมียีนห่อหุ้มเดลต้าเอ็นโดท๊อกซิน ที่ได้มีการจำแนกแล้วมากกว่า 170 ชนิด เดลต้าเอ็นโดท๊อกซินจะมีฤทธิ์เข้าทำลายเฉพาะระบบทางเดินอาหารของแมลงเท่านั้น

บีต้าเอ๊กโซท๊อกซิน (Beta exotoxin) สารพิษบีต้าเอ็กโซท๊อกซินมีชื่อเรียกว่า thuringiensin, thermostable toxin, fly toxin ถูกค้นพบว่ามีการผลิตสารพิษกลุ่มนี้ในเชื้อแบคทีเรียบีทีหลายสายพันธุ์ เช่น สารพิษที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เป็นพวกที่ทนต่อความร้อน (thermostable) ซึ่งทนความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส นานถึง 15 นาที มีฤทธิ์ฆ่าแมลงและสัตว์อื่นๆ หลายกลุ่ม เช่น หนอนผีเสื้อ หนอนแมลงวัน ต่อแตน มวน ปลวก ตั๊กแตน ไส้เดือนฝอย เป็นต้น บีต้าเอ็กโซท๊อกซินไปยับยั้งการสังเคราะห์อาร์เอ็นเอ (RNA) ตัวอ่อนเมื่อได้รับพิษของบีต้าเอ็กโซท๊อกซินผ่านมาทางพ่อแม่จะมีฤทธิ์มากกว่าได้รับโดยการกิน เป็นเพราะว่าสารพิษชนิดนี้จะไม่ซึมผ่านผนังกระเพาะของแมลงและถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ฟอสฟาเทส (phosphatases) ในกระเพาะอาหารนั่นเอง (Sebesta *et al.,* 1981) บีต้าเอ็กโซท๊อกซินแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ TypeI β-exotoxin ถูกตรวจสอบพบในเชื้อแบคทีเรียบีที serotype 1, 9 และ 10 (คือ สายพันธุ์ *thuringiensis, tolworthi* และ *darmstadiensis* ตามลำดับ) ในขณะที่ TypeII β-exotoxin แยกได้จาก *B.t morrisoni* หรือ serotype 8ab โดย Levinson *et al.,*(1990) ในการตรวจสอบเชื้อแบคทีเรียบีที 5 สายพันธุ์ พบว่า บีต้าเอ็กโซท๊อกซินถูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ห่อหุ้มโดย พลาสมิดที่ห่อหุ้มยีน *cry* ที่สร้างบีต้าเอ็กโซท๊อกซินหนึ่งในจำนวนนั้น พลาสมิดของเชื้อแบคทีเรียบีทีสามารถที่จะถ่ายทอดผ่านการจับคู่กันตามธรรมชาติ

อัลฟาเอ๊กโซท๊อกซิน (Alpha exotoxin) อัลฟาเอ็กโซท๊อกซิน หรือ lecithinase C เป็นสารที่สร้างภายในเซลล์ขณะที่เซลล์มีการเจริญเต็มที่และจะปล่อยออกมาภายนอกเซลล์ พบโดย Toumanoff จึงเรียกว่า Toumanoff's factor เป็นสารที่ไม่ทนต่อความร้อน ละลายได้ในน้ำ เป็นสารพิษทำลายเซลล์เม็ดเลือด และมีผลขัดขวางการทำงานในระบบสรีรวิทยาในตัวแมลงหลายอย่าง มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40-50 กิโลดาลตัน (Beegle and Yamamoto, 1992) และมีรายงานว่าเป็นพิษกับแมลง หนู และสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดอื่นๆ

แกมมา เอ๊กโซท๊อกซิน (Gamma exotoxin) เป็นสารพิษที่ไม่ทนความร้อน อ่อนแอต่อสภาพอากาศ ที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส จะถูกทำลายภายใน 10-15 นาที กลไกการเข้าทำลายแมลงของสารพิษชนิดนี้ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด

2. *Bacillus thuringiensis* JC590

เชื้อแบคทีเรียบีทีสายพันธุ์ *B. thuringiensis* JC590 มีคุณสมบัติเด่นตรงที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผักที่เป็นแมลงศัตรูสำคัญต่อพืชผักตระกูลกะหล่ำ ผักคะน้า และผักกาดชนิดต่างๆ เทียบได้กับสายพันธุ์การค้า (จริยาและคณะ, 2544) เป็นสายพันธุ์ที่คัดแยกได้จากตัวอย่างดินที่รวบรวมจากเขตป่าสมบูรณ์ บริเวณน้ำตกวังเหว อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี เมื่อตรวจสอบสายพันธุ์ พบว่าเป็นสายพันธุ์ *kurstaki* (H3abc) ที่มีผลึกโปรตีนคล้ายรูปปิรามิดคู่ฐานชนกัน (จริยาและคณะ, 2544) ซึ่งสายพันธุ์แบคทีเรียบีที JC590 ได้มีผลงานวิจัย คือ คุณลักษณะของยีน *cry* 1 ที่ควบคุมการสร้างผลึกโปรตีนจากแบคทีเรียบีที JC590 โดยเชื้อแบคทีเรียบีที JC590 มียีน *cry* จำนวน 6 ชนิด ในกลุ่ม *cry*I จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ *cry*1Ab, *cry*1C, *cry*1D, *cry*1E, *cry*1I และกลุ่ม *cry*II จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ *cry*2A และยีนแต่ละชนิดมีอย่างน้อย 2 ชุด กระจายอยู่บนโครโมโซม ดีเอ็นเอ และพลาสมิดของเชื้อแบคทีเรียบีที JC590 ซึ่งจะส่งผลให้เชื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบคทีเรียสายพันธุ์นี้มีการสร้างสารพิษ (toxicity) มากกว่าสายพันธุ์อื่น และการมียีนบนโครโมโซมดีเอ็นเอทำให้ยีนมีความเสถียรมากขึ้น (เยาวลักษณ์, 2548) และมีผลให้การนำไปใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชในแปลงปลูกของเกษตรกรประสบความสำเร็จ

ปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อความเป็นพิษของเชื้อแบคทีเรียบีที (*Bacillus thuringiensis*)

1. จำนวนยีน (genes) ที่ทำให้เกิดสารพิษในแต่ละสายพันธุ์

2. ความแตกต่างของคุณลักษณะระหว่างยีนที่ทำให้เกิดสารพิษและโปรตีนของสารพิษ

3. ปริมาณของยีนชนิดต่างๆ ที่แสดงออกในแต่ละระดับ

4. คุณสมบัติของผลึกสารพิษที่แต่ละสายพันธุ์สร้างขึ้นมา

ข้อดีของการใช้เชื้อแบคทีเรียบีที (*Bacillus thuringiensis*)

1. เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อแมลงเป้าหมายสูง จึงสามารถนำไปใช้กับแมลงที่ต้องการกำจัดเท่านั้น โดยไม่มีผลกระทบต่อแมลงชนิดอื่น เช่น แมลงศัตรูธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ แมลงตัวห้ำ แมลงตัวเบียน ตลอดจนแมลงที่มีประโยชน์อื่นๆ

2. ได้มีการทดลองแล้วว่าปลอดภัยต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช ดังนั้นการใช้เชื้อแบคทีเรียบีทีจึงปลอดภัยต่อเกษตรกรผู้ใช้และบริโภค

3. ไม่มีฤทธิ์ตกค้างเมื่อนำมาใช้บนพืชผัก หลังจากเก็บผลผลิตแล้วสามารถนำมาล้างทำความสะอาดและบริโภคได้ทันที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. เป็นจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ สามารถนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ มีการผลิตจำหน่ายอย่างกว้างขวาง สามารถนำมาใช้ทดแทนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้มากมาย

5. ได้มีการศึกษาและพัฒนาสายพันธุ์หลากหลาย มีความสามารถในการควบคุมแมลงศัตรูพืชอย่างกว้างขวาง โอกาสที่แมลงจะสร้างความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรียบีทีน้อยกว่าสารเคมีกำจัดแมลง

6. สามารถนำไปใช้ร่วมกับวิธีป้องกันกำจัดวิธีการอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี และสามารถนำไปทดแทนการใช้สารเคมีกำจัดแมลงในแหล่งที่มีปัญหาแมลงศัตรูพืชดื้อสารเคมี

ข้อจำกัดของการใช้เชื้อแบคทีเรียบีที (*Bacillus thuringiensis*)

1. มีความจำเพาะเจาะจงต่อแมลงเป้าหมายสูง จึงไม่สามารถใช้กับแมลงศัตรูพืชที่พบว่ามีการระบาดในแปลงหลายชนิด จำเป็นต้องศึกษาก่อนว่าเชื้อแบคทีเรียบีทีสามารถใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชชนิดใดได้บ้างก่อนจะนำไปใช้

2. ออกฤทธิ์ช้า ใช้เวลาประมาณ 1-2 วัน หนอนจึงจะตาย เกษตรกรคุ้นเคยกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลงซึ่งออกฤทธิ์เร็ว เป็นเหตุให้เกษตรกรไม่นิยมใช้เชื้อแบคทีเรียบีที

3. เชื้อแบคทีเรียบีทีเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก มักถูกทำลายด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลตจากแสงอาทิตย์ เมื่อพ่นไปบนพืช เชื้อแบคทีเรียบีทีจะอยู่บนต้นพืชได้ไม่นาน ดังนั้นจึงควรพ่นเชื้อแบคทีเรียบีทีในช่วงหลัง 17.00 น. เพื่อหลีกเลี่ยงแสงอัลตร้าไวโอเลต จะช่วยให้เชื้อแบคทีเรียบีทีคงอยู่บนใบพืชได้นานขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. โดยทั่วไปเชื้อแบคทีเรียบีทีมีราคาสูงกว่าสารเคมีกำจัดแมลง เกษตรกรมักนิยมใช้สารเคมีที่มีราคาถูกมาก โดยลืมคำนึงถึงความปลอดภัยต่อตัวเกษตรกรเองและผู้บริโภคในเรื่องพิษตกค้าง และไม่สามารถใช้เชื้อแบคทีเรียบีทีร่วมกับสารเคมีฆ่าแมลงได้ เนื่องสารเคมีกำจัดแมลงบางชนิดทำให้เชื้อแบคทีเรียบีทีเสื่อมคุณภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมหนอนใยผัก การเตรียมเชื้อ และการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเพื่อใช้ในการทดลอง

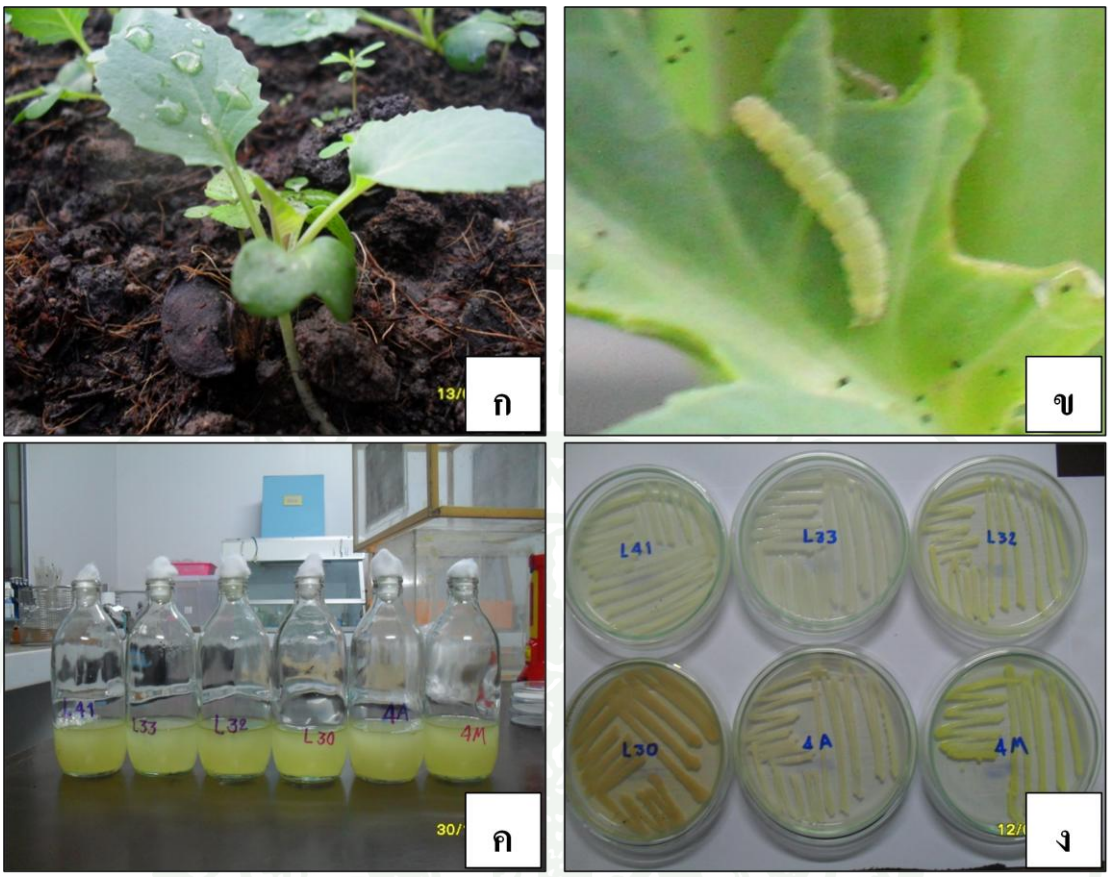
1.1 การเตรียมหนอนใยผักเพื่อใช้ในการทดลอง โดยเก็บหนอนใยผักจากแปลงปลูกคะน้าของเกษตรกรในจังหวัดนนทบุรี มาเลี้ยงในกล่องพลาสติกทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 เซนติเมตร ใส่กระดาษรองพื้นกล่องเพื่อช่วยดูดซับความชื้นและสิ่งขับถ่ายจากหนอนใยผัก และให้ใบคะน้าปลอดสารพิษซึ่งทำการปลูกเอง ใส่ลงในกล่องเพื่อเป็นอาหาร เปลี่ยนอาหารและกระดาษทุกวันเพื่อป้องกันการติดเชื้ออื่นๆ โดยใช้พู่กันเขี่ยให้หนอนใยผักลงมาอยู่ในคะน้าใบใหม่ เมื่อหนอนใยผักเข้าสู่ระยะดักแด้จึงแยกดักแด้ออกมา ใส่ในกรงที่มีต้นกล้าคะน้า เพื่อใช้เป็นที่วางไข่ของหนอนใยผัก หลังจากนั้นให้น้ำหวานหรือน้ำผึ้งผสมน้ำ เพื่อเป็นอาหารสำหรับตัวเต็มวัย เมื่อดักแด้ออกเป็นตัวเต็มวัยจะผสมพันธุ์และวางไข่บนยอดคะน้า หลังจากตัวเต็มวัยวางไข่ประมาณ 3-4 วัน ไข่ก็จะฟักเป็นตัวอ่อน จึงนำใบคะน้ามาวางบนยอดคะน้าเพื่อให้ตัวอ่อนคลานขึ้นมาบนใบคะน้าใบใหม่ แล้วจึงนำมาใส่กล่องเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนหนอนใยผัก เลี้ยงต่อจนได้หนอนใยผักรุ่นที่ 2 เพื่อให้หนอนมีความแข็งแรงและสมบูรณ์พร้อมที่จะนำมาทดลองต่อไป (ภาพที่ 4)

1.2 การเตรียมเชื้อและการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเพื่อใช้ในการทดลอง ทำการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนใยผัก โดยคัดแยกเชื้อจากดินบริเวณแปลงผักคะน้าในจังหวัดสุพรรณบุรีและลพบุรี ทำการแยกเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงจากตัวอย่างดินบริเวณราก (rhizosphere soil) ของต้นคะน้าด้วยวิธี soil dilution plate โดยการนำตัวอย่างดินจำนวน 10 กรัม ผสมลงในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 100 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้ 15-30 นาที บนเครื่องเขย่า 120 รอบ/นาที เพื่อให้เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงออกมาอยู่ในน้ำ ปล่อยให้ดินตกตะกอนและเก็บเฉพาะส่วนของน้ำมาเจือจางความเข้มข้นด้วยวิธี Ten fold dilution ใช้ micropipette ดูด suspension แต่ละความเข้มข้นปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร กระจาย (spread) ให้ทั่วบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ (nutrient agar, NA) บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24-48 ชั่วโมง เก็บโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั้งหมดมาแยกเชื้อให้บริสุทธิ์เพื่อใช้ในการทดสอบขั้นต่อไป การเตรียมเชื้อเริ่มจากเขี่ยเชื้อที่เจริญบนอาหารแข็ง (nutrient agar, NA) จำนวน 2 ลูป ลงในฟลาสก์ขนาด 200 มิลลิลิตร ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว (nutrient broth, NB) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ทำการเพาะเลี้ยงในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส โดยควบคุมอัตราการเขย่าที่ความเร็ว 250 รอบต่อนาที นาน 24 ชั่วโมง นำเชื้อที่แยกได้มาทำการทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนใยผักเบื้องต้น เพื่อคัดเลือกเชื้อ โดยวิธีทดสอบประสิทธิภาพการกินของหนอนใยผัก (ภาพที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 การเตรียมเชื้อและการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเพื่อใช้ในการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ; ต้นคะน้าที่ปลูกไว้ทดลอง (ก), หนอนใยผักที่ใช้เป็นแมลงทดสอบ (ข), เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงที่ผ่านการเลี้ยงเชื้อด้วยเครื่องเขย่า 24 ชั่วโมง พร้อมใช้ทดลอง (ค) และเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงที่คัดเลือกเบื้องต้น เพื่อใช้ในการทดลองในระดับต่อไป (ง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การทดสอบเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการควบคุมหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการ

2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก

เตรียมสารละลายเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงจากข้อ 1.2 ที่คัดเลือกไว้ โดยเขี่ยเชื้อที่เจริญบนอาหารแข็ง (nutrient agar, NA) จำนวน 2 ลูป ลงในฟลาสก์ขนาด 200 มิลลิลิตร ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว (nutrient broth, NB) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ทำการเพาะเลี้ยงในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส โดยควบคุมอัตราการเขย่าที่ความเร็ว 250 รอบต่อนาที นาน 24 ชั่วโมง ปรับค่าความขุ่นสำหรับใช้ในการทดสอบด้วยเครื่อง spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) ทดสอบด้วยวิธี leaf dipping method โดยตัดใบคะน้าขนาด 5x5 เซนติเมตร พันด้วยสำลีชุบน้ำ เพื่อรักษาความชุ่มชื้นแก่ใบคะน้า จุ่มใบคะน้าในเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่เตรียมไว้นาน 10 วินาที รอให้ใบคะน้าสะเด็ดน้ำแล้วจึงนำไปใส่ในถ้วยเลี้ยงแมลง ปล่อยหนอนใยผักวัย 2 ที่อดอาหารไว้ก่อนล่วงหน้า 3 ชั่วโมง เพราะเป็นวัยที่ไม่อ่อนแอหรือแข็งแรงเกินไป ลงบนใบคะน้า ทำการทดสอบกรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัว สังเกตพฤติกรรมการกินอาหาร และบันทึกผลจำนวนหนอนใยผักที่ตายทุกๆ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อและกรรมวิธีใช้สารเคมี cypermethrin (ภาพที่ 5 ก)

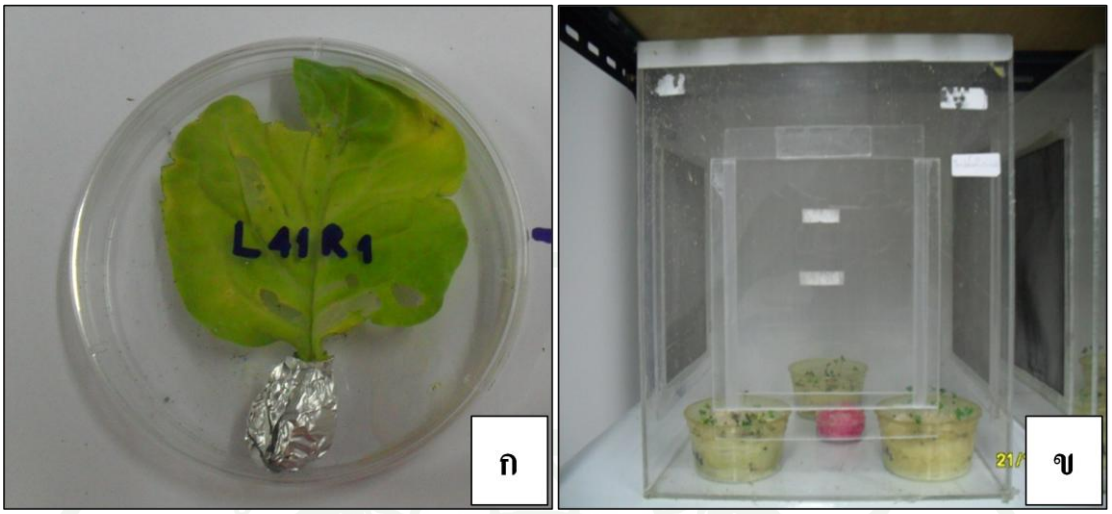
2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการวางไข่ของหนอนใยผัก

เตรียมสารละลายเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่คัดเลือกไว้ในข้อ 1.2 ปลูกคะน้าในกระถางขนาดเล็กกระถางละ 10 ต้น จำนวนกรรมวิธีละ 3 กระถาง ให้ได้อายุ 7 วัน โดยกระถางจะบรรจุในกรงทดสอบ หลังจากนั้นใช้ขวดสเปรย์ขนาดเล็กพ่นสารละลายเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่เตรียมไว้ลงบนต้นคะน้ากระถางละ 10 มิลลิลิตร ทิ้งให้แห้งก่อนปล่อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผีเสื้อหนอนใยผักอายุ 1 วัน ที่อดอาหารไว้ก่อนล่วงหน้า 3 ชั่วโมง เพราะเป็นช่วงอายุที่ยังไม่ผ่านการผสมพันธุ์และวางไข่มาก่อน ทำการทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 คู่ หลังจากนั้นตรวจนับจำนวนไข่ผีเสื้อหนอนใยผักที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อและกรรมวิธีใช้สารเคมี cypermethrin (ภาพที่ 5 ข)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 การทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ; การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก (ก) และการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการวางไข่ของหนอนใยผัก (ข)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การทดสอบเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการควบคุมหนอนใยผักในระดับโรงเรือนทดลอง

ปลูกคะน้าใส่กระถาง กระถางละ 20 ต้น ดูแลรดน้ำจนคะน้าอายุได้ 30 วัน พร้อมที่จะใช้ทดสอบ เตรียมเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเหมือนกับการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการ (2.1) นำเชื้อที่จะทดสอบผสมกับสารจับใบตรา เทนชั่น พ่นใส่ต้นคะน้าที่เตรียมไว้กระถางละ 20 มิลลิลิตร ทำการทดสอบกรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กระถาง ปล่อยหนอนใยผักวัย 2 ที่อดอาหารไว้ก่อนล่วงหน้า 3 ชั่วโมง เพราะเป็นวัยที่ไม่อ่อนแอหรือแข็งแรงเกินไป ลงไปกระถางละ 20 ตัว นับจำนวนหนอนใยผักที่ตายหลังปล่อยหนอนใยผักที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและกรรมวิธีใช้สารเคมี cypermethrin หลังจากเช็คผลการตายที่ 72 ชั่วโมง เว้นระยะต้นคะน้าไว้ประมาณ 7 วัน แล้วจึงสุ่มถอนต้นคะน้ากระถางละ 5 ต้น มาวัดความยาวราก ความสูงต้น และชั่งน้ำหนักสด (ภาพที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 6 การทดสอบเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการควบคุมหนอนใยผักในระดับโรงเรือนทดลอง; ต้นคะน้าอายุ 30 วัน ที่ใช้ในการทดสอบ (ก), การพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง (ข), ใช้พู่กันเขี่ยหนอนใยผักลงในต้นคะน้าจำนวน 20 ตัวต่อกระถาง (ค) และการตรวจนับจำนวนหนอนใยผักที่ตายที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง (ง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำภูมิต้านทานให้คะน้า

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการสร้างเอนไซม์โปรตีเนส (proteinase)

ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการสร้างเอนไซม์โปรติเนส (proteinase) โดยเตรียมอาหารทดสอบเอนไซม์โปรตีเนส (ภาคผนวก ข) นำอาหารทดสอบเอนไซม์โปรตีเนสที่เตรียมไว้เทลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ เจาะเป็นหลุมบนอาหารทดสอบจำนวน 4 จุดต่อซ้ำ นำเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงที่เตรียมไว้เหมือนกับการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก (2.1) หยดลงในหลุมที่เจาะไว้จำนวน 10 ไมโครลิตรต่อจุด ทำการทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 4 จุด สังเกตบริเวณที่หยดสารเกิด clear zone หรือไม่ ทำการวัดรัศมีการสร้าง clear zone จากจุดที่หยดสารที่เวลา 12, 24 และ 48 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อ

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase)

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เพื่อเป็นภูมิต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลง โดยทำการทดลองเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในระดับโรงเรือนทดลอง

ทำการทดลองโดยนำเมล็ดคะน้าคลุกด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงที่เตรียมไว้เหมือนกับการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในระดับห้องปฏิบัติการ (2.1) นำเมล็ดคะน้าไปปลูกในกระถางภายใต้โรงเรือนทดลอง พ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 3 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 21 และ 28 วัน สุ่มถอนคะน้ามาทดสอบวัดเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ทำการสุ่มถอนมาวัด 4 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ถอนมาวัดก่อนพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ส่วนครั้งที่ 2-4 สุ่มถอนมาวัดหลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงแต่ละครั้ง 2 วัน (ภาพที่ 7)

4.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในระดับแปลงเกษตรกร

ทำการทดลองโดยนำเมล็ดคะน้าคลุกด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงที่เตรียมไว้เหมือนกับการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการ (2.1) นำเมล็ดคะน้าไปปลูกในแปลงเกษตรกร พ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 3 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน สุ่มถอนคะน้ามาทดสอบวัดเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ทำการสุ่มถอนมาวัด 4 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ถอนมาวัดก่อนพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ส่วนครั้งที่ 2-4 สุ่มถอนมาวัดหลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงแต่ละครั้ง 2 วัน

วิธีการทดสอบเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) นำคะน้าที่สุ่มถอนจากในโรงเรือนทดลองและในแปลงเกษตรกร มาตัดใบให้ได้กรรมวิธีละ 1 กรัม บดใบคะน้าในโกร่งพร้อมใส่ homogenization buffer 1 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่บดแล้วใส่ใน microtube ใส่ในกล่องน้ำแข็ง นำตัวอย่างพืชที่สกัดไว้ปริมาณ 50 ไมโครลิตร ผสมกับ Brad ford จำนวน 500 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer บันทึกค่าเพื่อนำไปหาค่า Total protein ตามสมการ Total protein = (0.1074Xค่าเฉลี่ยดูดกลืนแสง+0.1329) หน่วยของโปรตีนรวมเป็น μg^{-1}chatechol mg^{-1}protein นำตัวอย่างพืชที่สกัดไว้ปริมาณ 10 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย peroxidase substrate 1,019 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer บันทึกค่าที่อ่านได้ทุกๆ 30 วินาที จนครบ 2 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำค่าที่อ่านได้มาคำนวณหาปริมาณของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตามสมการ Po = (0.1074Xค่าเฉลี่ยดูดกลืนแสง+0.8329), Po = ค่าปฏิกิริยา Po/total protein หน่วยของค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็น $min^{-1}mg^{-1}$protein (ภาพที่ 7)

4.3 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase เพื่อเป็นภูมิต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลง โดยทำการทดลองเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase ในระดับโรงเรือนทดลอง

ทำการทดลองโดยนำเมล็ดคะน้าคลุกด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงที่เตรียมไว้เหมือนกับการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการ (2.1) นำเมล็ดคะน้าไปปลูกในกระถางภายใต้โรงเรือนทดลอง พ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 3 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 21 และ 28 วัน จากนั้นสุ่มถอนคะน้ามาทดสอบวัดเอนไซม์ β-1,3 glucanase ทำการสุ่มถอนมาวัด 4 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ถอนมาวัดก่อนการพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ส่วนครั้งที่ 2-4 สุ่มถอนมาวัดหลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงแต่ละครั้ง 2 วัน (ภาพที่ 7)

4.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase ในระดับแปลงเกษตรกร

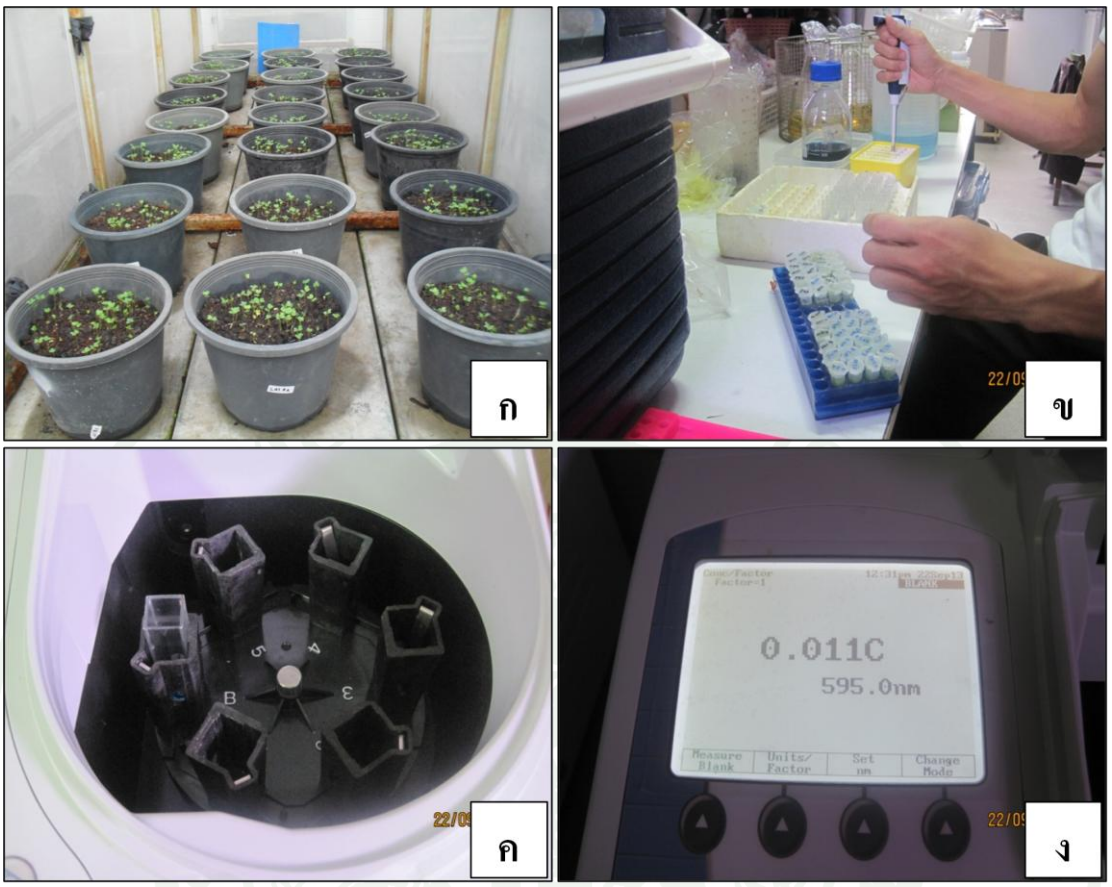
ทำการทดลองโดยนำเมล็ดคะน้าคลุกด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงที่เตรียมไว้เหมือนกับการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในระดับห้องปฏิบัติการ (2.1) นำเมล็ดคะน้าไปปลูกในแปลงเกษตรกร พ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 3 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน หลังจากนั้นสุ่มถอนคะน้ามาทดสอบวัดเอนไซม์ β-1,3 glucanase ทำการสุ่มถอนมาวัด 4 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ถอนมาวัดก่อนการพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ส่วนครั้งที่ 2-4 สุ่มถอนมาวัดหลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงแต่ละครั้ง 2 วัน

วิธีการทดสอบเอนไซม์ β-1,3 glucanase นำคะน้าที่สุ่มถอนจากในโรงเรือนทดลองและในแปลงเกษตรกร มาตัดใบให้ได้กรรมวิธีละ 1 กรัม บดใบคะน้าในโกร่งพร้อมใส่ homogenization buffer 1 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่บดแล้วใส่ใน microtube ใส่ในกล่องน้ำแข็ง นำตัวอย่างพืชที่สกัดไว้ปริมาณ 50 ไมโครลิตร ผสมกับ Brad ford จำนวน 500 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer บันทึกค่าเพื่อนำไปหาค่า Total protein ตามสมการ Total protein = (0.1074Xค่าเฉลี่ยดูดกลืนแสง+0.1329) หน่วยของโปรตีนรวมเป็น μg^{-1}chatechol mg^{-1}protein นำตัวอย่างพืชที่สกัดไว้ปริมาตร 125 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย 4% Laminarin 125 ไมโครลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติม dimitrosail cylic acid (DNS) จำนวน 750 ไมโครลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 5 นาที ใช้ตัวอย่างที่ผสมสารละลายปริมาตร 600 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer บันทึกค่าที่อ่านได้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำค่าที่อ่านได้มาคำนวณหาปริมาณของเอนไซม์ β-1,3 glucanase ตามสมการ ปฏิกิริยาเอนไซม์ β-1,3 glucanase = (1.4622Xค่าเฉลี่ยดูดกลืนแสง+0.0152), = ปฏิกิริยาเอนไซม์ β-1,3 glucanase/total protein หน่วยของค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เป็น µg glucose released min^{-1} mg^{-1}protein (ภาพที่ 7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง ในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) และเอนไซม์ β-1,3 glucanase; การทดสอบในสภาพโรงเรือนทดลอง (ก), ขั้นตอนการสกัดเอนไซม์ (ข), เครื่อง spectrophotometer ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสง (ค) และค่าการดูดกลืนแสงที่เครื่อง spectrophotometer แสดง (ง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในระดับแปลงเกษตรกร

ทดลองวันที่ 21 กรกฎาคม 2556 สถานที่ทดลอง ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เริ่มจากวัดพื้นที่และแบ่งพื้นที่ให้ได้ขนาดแปลงละ 5x4 เมตร พันธุ์คะน้าที่ใช้ทดลองเป็นคะน้าพันธุ์ยอด คลุกเมล็ดคะน้าด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงก่อนนำไปปลูกและฉีดเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 3 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน ใส่ปุ๋ยคอก 2 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14 และ 28 วัน (ภาพที่ 8) เปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุม และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 แปลง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

กรรมวิธีที่ 1-5 พ่นสารละลายเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง ในอัตราการใช้ 250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร และผสมน้ำยาจับใบตรา เทนชั่น พ่นด้วยเครื่องพ่นแบบสะพายหลังใช้แรงดันน้ำสูง โดยปรับหัวพ่นให้ฝอยเล็กที่สุด พ่นทั่วทั้งแปลงคะน้า พ่นในช่วงเวลาเย็น (17.00-18.00 นาฬิกา) เพื่อหลีกเลี่ยงรังสีอัลตร้าไวโอเลตจากแสงแดด

กรรมวิธีที่ 6 กรรมวิธีแบบแปลงควบคุม รดน้ำเพียงอย่างเดียว

กรรมวิธีที่ 7 กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในระดับแปลงเกษตรกร บันทึกผลการทดลองต่างๆ ดังนี้

5.1 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้า

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้า เปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) สุ่มถอนต้นคะน้ามาวัดความยาวราก ความสูงต้น และน้ำหนักสด จำนวน 10 ต้นต่อซ้ำ วัดจำนวน 6 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกรรมวิธี (ภาพที่ 9)

5.2 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการระบาดของแมลงศัตรูผัก

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการ ในการยับยั้งการระบาดของแมลงศัตรูผัก เปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุม และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) ตรวจนับแมลง 2 วิธี ดังนี้

5.2.1 สุ่มนับแมลงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate) ใช้เหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 50x50 เซนติเมตร สุ่มวางบนแปลงผักคะน้า นับชนิดและจำนวนแมลงในแปลง สุ่มนับแมลง 3 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 9 ค) แบ่งแมลงเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแมลงศัตรูผักและกลุ่มแมลงศัตรูธรรมชาติ นำแมลงทั้ง 2 กลุ่มมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนแต่ละซ้ำ แต่ละกรรมวิธี ของทั้ง 2 กลุ่ม นำตัวเลขที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS 16 for Windows

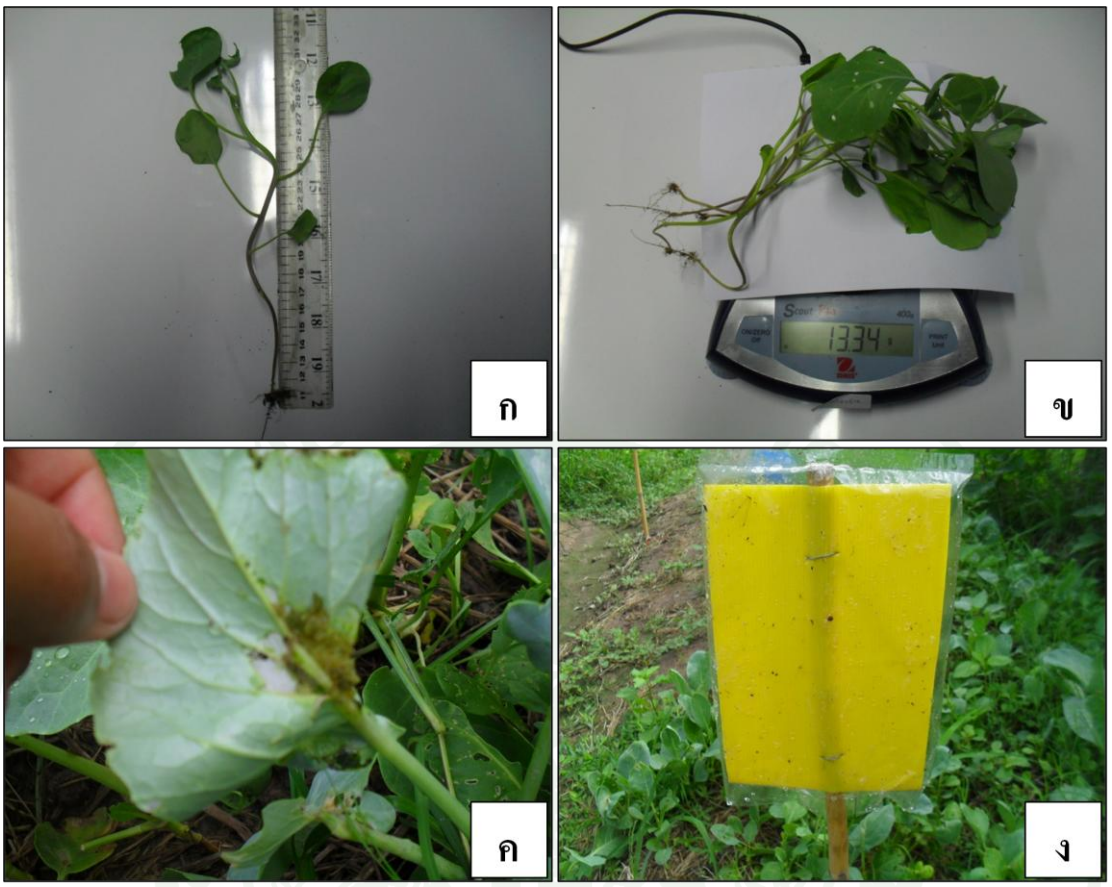
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.2 สุ่มนับแมลงแบบติดตั้งกับดักกาวเหนียว ใช้แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดสีเหลืองมัดติดกับท่อนไม้ไผ่ ใช้ถุงพลาสติกทาด้วยกาวดักแมลงตรา บีเทิ้ล กลู นำไปคลุมแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ปักกับดักกาวเหนียวไว้กลางแปลงผักคะน้า ติดตั้งกับดักกาวเหนียว 5 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน ตามลำดับ แต่ละครั้ง ทิ้งไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 7 วัน (ภาพที่ 9 ง) ตรวจดูแมลงที่ติดกับดัก และนับจำนวนแมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติ นำแมลงทั้ง 2 กลุ่มมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนแต่ละซ้ำ แต่ละกรรมวิธี ของทั้ง 2 กลุ่ม นำตัวเลขที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS 16 for Windows

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 8 การเตรียมการปลูกและการดูแลต้นคะน้าในระดับแปลงเกษตรกร; วัดและแบ่งพื้นที่ในการทดลอง (ก), หว่านเมล็ดคะน้าลงในแปลงที่เตรียมไว้ (ข), คลุมแปลงด้วยฟางข้าวหลังจากหว่านเมล็ดคะน้าเสร็จ (ค), ปักป้ายชื่อกรรมวิธีการทดลองต่างๆ (ง), ดูแลรดน้ำ ใส่ปุ๋ยแปลงผักคะน้า (จ) และการพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง (ฉ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 การทดลองและการวัดผลในระดับแปลงเกษตรกร; สุ่มถอนต้นคะน้าจากในแปลงมาวัดความยาวราก ความสูงต้น (ก), สุ่มถอนต้นคะน้าจากในแปลงมาชั่งน้ำหนักสด (ข), สุ่มนับแมลงในแปลงทดลอง (ค) และสุ่มติดตั้งกับดักแมลงในแปลงทดลอง (ง)

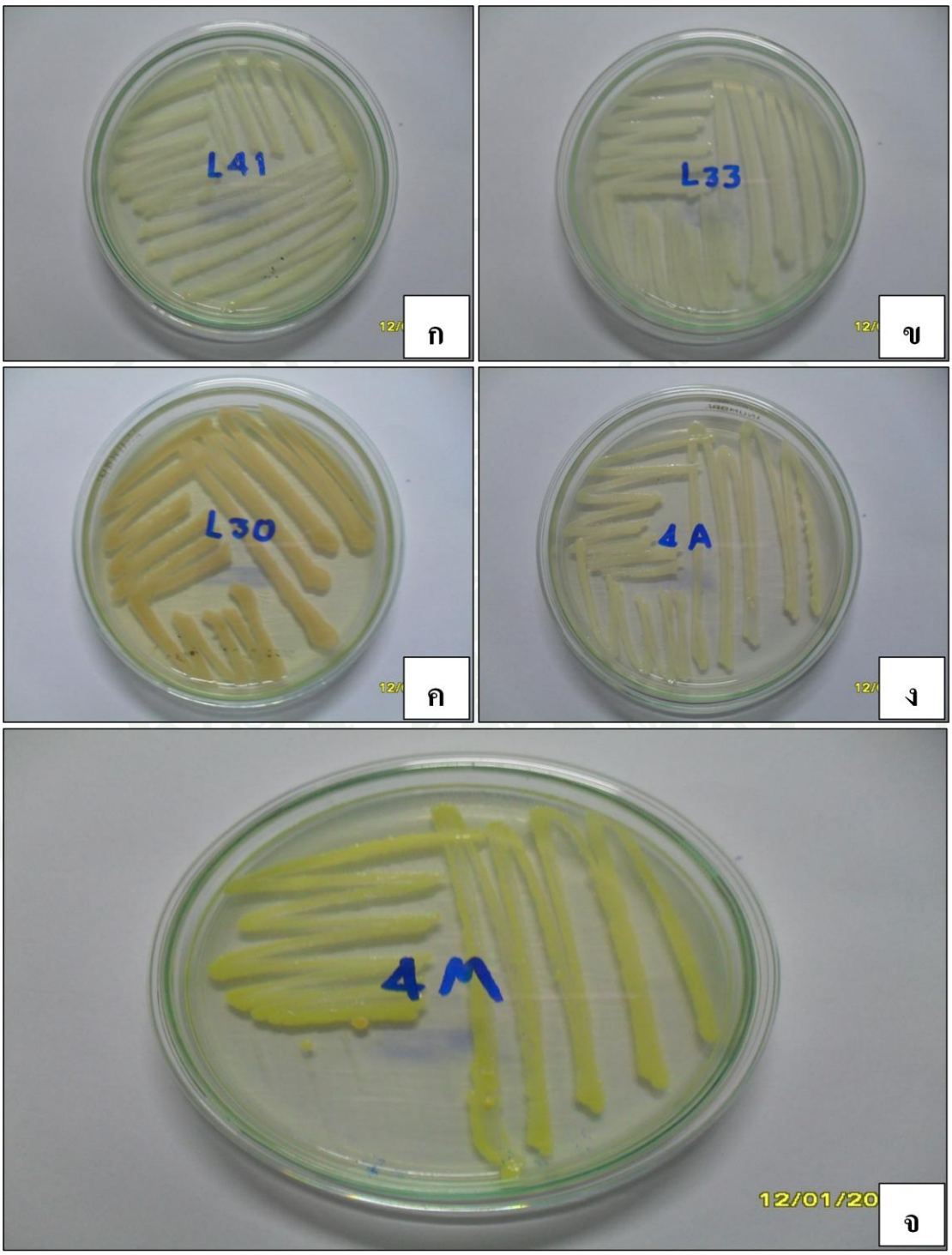
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเพื่อใช้ในการทดสอบ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพื่อแยกเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงจากดิน เก็บตัวอย่างดินจากแปลงคะน้าในจังหวัดสุพรรณบุรีและลพบุรี ผลการทดลองแยกเชื้อจากดินได้ทั้งหมด 72 สายพันธุ์ ทำการทดสอบประสิทธิภาพการกินเบื้องต้นด้วยวิธี leaf dipping method เพื่อคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดจำนวน 5 สายพันธุ์ ผลการคัดเลือกได้แก่เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M เพื่อใช้ในการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ โรงเรือนทดลอง และแปลงเกษตรกรต่อไป (ภาพที่ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 เชื้อที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการและใช้ทดสอบต่อในระดับแปลงเกษตรกร; เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 (ก), L33 (ข), L30 (ค), 4A (ง) และ 4M (จ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การทดสอบเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการควบคุมหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการ

2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ในการยับยั้งการกินของหนอนใยผักเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อ และกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทรินในสภาพห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ทดสอบในสภาพแปลงเกษตรกรจริง หลังจากปล่อยหนอนใยผักวัย 2 (ที่อดอาหาร) ลงบนใบคะน้าขนาด 5x5 เซนติเมตร จำนวน 3 ตัวต่อ 1 ใบ พบว่าที่ 24 ชั่วโมงแรก แต่ละกรรมวิธีพบเปอร์เซ็นต์จำนวนหนอนที่ตายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีจำนวนหนอนที่ตายมากที่สุด 16.67 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ L33, 4M, 4A และ L30 โดยมีจำนวนหนอนที่ตายเท่ากับ 6.67, 6.67, 3.33 และ 0.00 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน มีจำนวนหนอนที่ตาย 3.33 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ และ 100 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ ส่วนการเช็คผลที่ 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์จำนวนหนอนที่ตายแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1)

สำหรับเปอร์เซ็นต์รวมจำนวนหนอนที่ตายของแต่ละกรรมวิธีหลังจากทดสอบ 72 ชั่วโมง พบว่าเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงทั้ง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ L41, L33, L30, 4A และ 4M สายพันธุ์ที่มีจำนวนหนอนตายมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L41 ตาย 36.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ L33, L30, 4A และ 4M โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 33.34, 16.67, 16.67 และ 16.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทรินพบว่าหนอนตาย 10.00 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังจากการทดสอบ 72 ชั่วโมง (ตารางที่ 1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

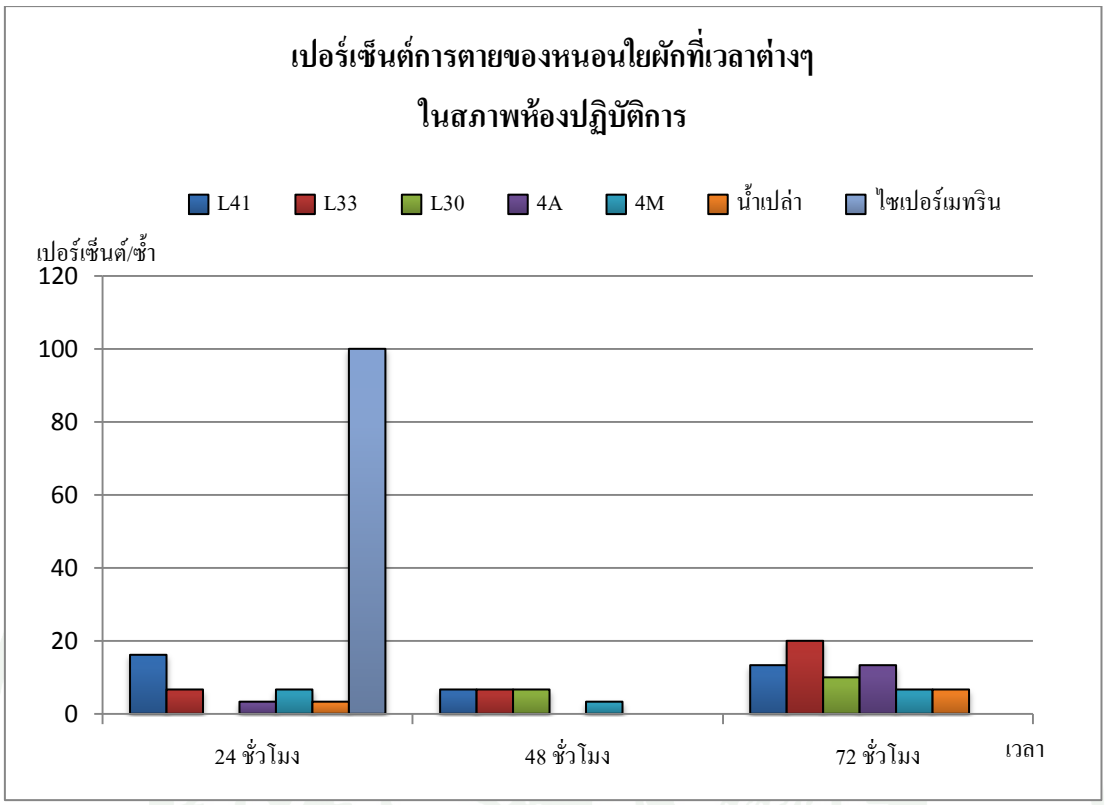
ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก ในสภาพห้องปฏิบัติการ

ค่าเฉลี่ยการตายของหนอนใยผัก (เปอร์เซ็นต์/ซ้ำ) ที่พบบนใบคะน้าหลังชุบสารละลายเชื้อแบคทีเรียในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี	เวลา (ชั่วโมง)			เปอร์เซ็นต์
	24	48	72	รวม
L41	16.17±5.56b	6.67±4.44a	13.33±5.44ab	36.67%
L33	6.67±4.44ab	6.67±4.44a	20.00±7.37b	33.34%
L30	0.00±0.00a	6.67±4.44a	10.00±5.09ab	16.67%
4A	3.33±3.33a	0.00±0.00a	13.33±5.44ab	16.67%
4M	6.67±4.44ab	3.33±3.33a	6.67±4.44ab	16.67%
น้ำเปล่า	3.33±3.33a	0.00±0.00a	6.67±4.44ab	10.00%
ไซเปอร์เมทริน	100.00±0.00c	0.00±0.00a	0.00±0.00a	100%

- จาก 10 ซ้ำ ปล่อยหนอนซ้ำละ 3 ตัว นับจำนวนตัวตาย โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml)
- สารเคมีที่ใช้ คือ สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร
- หนอนใยผักที่ใช้เป็นหนอนวัย 2 ที่อดอาหารไว้ก่อนล่วงหน้า 3 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนใยผัก ที่พบบนใบคะน้า ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ในสภาพห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ในการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผักเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทรินในสภาพห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ทดสอบในสภาพแปลงปลูกเกษตรกรจริง หลังจากปล่อยตัวผีเสื้อหนอนใยผักอายุ 1 วัน (ที่อดอาหาร) จำนวน 5 คู่ต่อ 1 ซ้ำ ลงในต้นคะน้าอายุ 7 วัน ที่พ่นด้วยสารละลายเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ พบว่าที่ 24 และ 48 ชั่วโมง แต่ละกรรมวิธีพบค่าเฉลี่ยจำนวนไข่ของผีเสื้อหนอนใยผักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่ 72 ชั่วโมง แต่ละกรรมวิธีพบค่าเฉลี่ยจำนวนไข่ของผีเสื้อหนอนใยผักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L33 มีค่าเฉลี่ยของไข่ผีเสื้อหนอนใยผักน้อยที่สุด 4.67 ฟองต่อซ้ำ รองลงมาคือ L30, L41, 4M และ 4A โดยมีค่าเฉลี่ยของไข่ผีเสื้อหนอนใยผักเท่ากับ 12.00, 19.33, 20.33 และ 26.33 ฟองต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน มีค่าเฉลี่ยของไข่ผีเสื้อหนอนใยผัก 29.67 และ 16.33 ฟองต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

สำหรับค่าเฉลี่ยรวมของไข่ผีเสื้อหนอนใยผักของแต่ละกรรมวิธี หลังจากทดสอบ 72 ชั่วโมง พบว่าเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงทั้ง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ L41, L33, L30, 4A และ 4M สายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยของไข่ผีเสื้อหนอนใยผักน้อยที่สุดคือ สายพันธุ์ L33 เฉลี่ย 8.56 ฟองต่อซ้ำ รองลงมาคือ L30, 4A, 4M และ L41 โดยมีค่าเฉลี่ยของไข่ผีเสื้อหนอนใยผักเท่ากับ 40.33, 47.44, 47.56 และ 54.33 ฟองต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทรินพบค่าเฉลี่ยของไข่ผีเสื้อหนอนใยผัก 106.67 และ 28.78 ฟองต่อซ้ำ หลังจากการทดสอบ 72 ชั่วโมง (ตารางที่ 2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

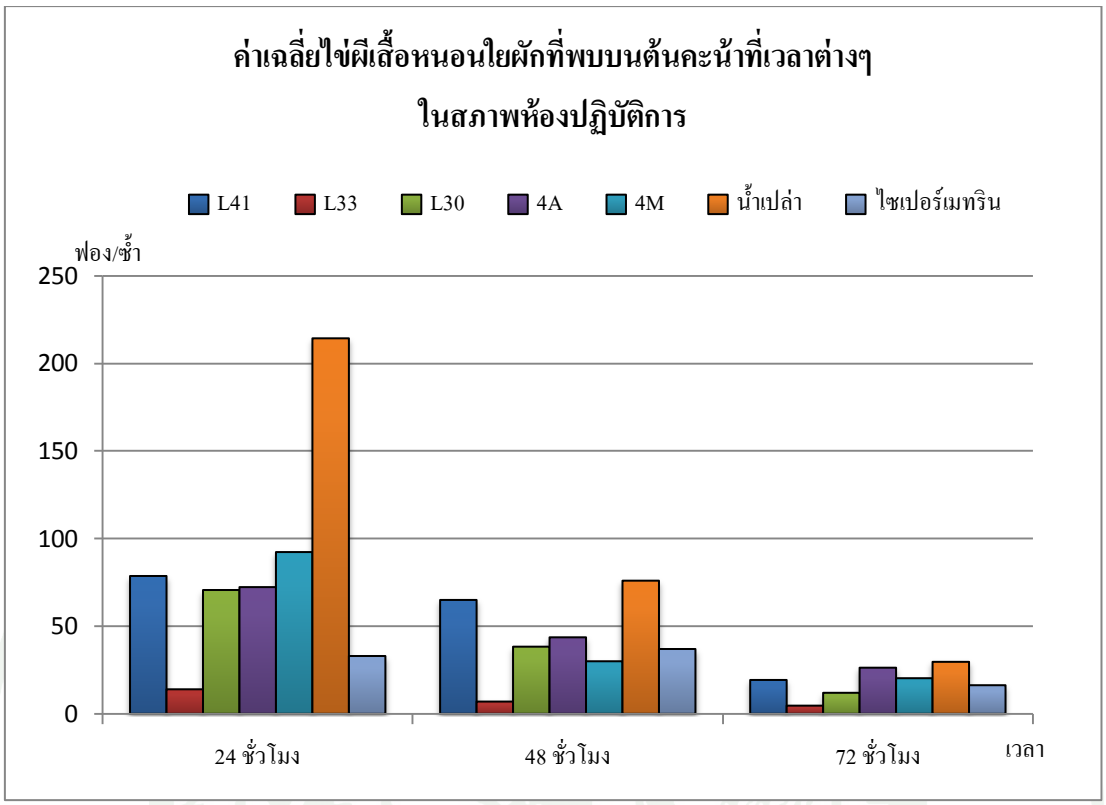
ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก ในสภาพห้องปฏิบัติการ

ค่าเฉลี่ยไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก (ฟอง/ซ้ำ) ที่พบบนต้นคะน้า หลังพ่นสารละลายเชื้อแบคทีเรียในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี	เวลา (ชั่วโมง)			เฉลี่ยรวม (ฟอง)
	24	48	72	
L41	78.67±15.76ab	65.00±15.72b	19.33±2.33abc	54.33
L33	14.00±2.00a	7.00±1.00a	4.67±1.45a	8.56
L30	70.67±23.78ab	38.33±12.02ab	12.00±3.21ab	40.33
4A	72.33±6.49ab	43.67±9.82ab	26.33±3.28cd	47.44
4M	92.33±10.04ab	30.00±4.73ab	20.33±2.73abc	47.56
น้ำเปล่า	214.33±120.70b	76.00±33.29b	29.67±6.23d	106.67
ไซเปอร์เมทริน	33.00±4.62a	37.00±5.51ab	16.33±2.33bc	28.78

- จาก 3 ซ้ำ ปล่อยตัวเต็มวัยซ้ำละ 5 คู่ นับจำนวนไข่ โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) ปริมาณที่ใช้ 10 มิลลิลิตร/ซ้ำ
- สารเคมีที่ใช้ คือ สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร ปริมาณที่ใช้ 10 มิลลิลิตร/ซ้ำ
- ผีเสื้อหนอนใยผักที่ใช้เป็นผีเสื้ออายุ 1 วัน ที่อดอาหารไว้ก่อนล่วงหน้า 3 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 ค่าเฉลี่ยจำนวนไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก ที่พบบนต้นคะน้า ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ในสภาพห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับการทดสอบเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการควบคุมหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการ จะเห็นได้ว่าการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก หลังจากทดสอบ 72 ชั่วโมง กรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีจำนวนหนอนตายมากที่สุด 36.67 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทรินที่สามารถควบคุมหนอนใยผักได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) ดีกว่ากรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง และยังสามารถควบคุมหนอนใยผักได้รวดเร็วกว่ากรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเพราะเมื่อสารเคมีสัมผัสถูกตัวหนอนสามารถทำให้หนอนตายได้ในทันที ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Perry *et al.,* (1998) รายงานว่าสารเคมีประเภทไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (cypermethrin) เข้าขัดขวาง ทำลายระบบประสาทส่วนกลางซึ่งเป็นสาเหตุหลักในการหยุดชะงักของเนื้อเยื่อระบบประสาท ซึ่งประสานกับระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้แมลง สัตว์น้ำ สัตว์เลื้อยคลาน ออกฤทธิ์ทำให้ชักกระตุก เป็นอัมพาตและเสียชีวิต แต่ปลอดภัยกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้สารไพรีทรอยด์สังเคราะห์ในความเข้มข้นที่สูงทำให้มีผลกับสิ่งมีชีวิตเป้าหมายในแบบเฉียบพลัน

ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก หลังจากทดสอบ 72 ชั่วโมง พบว่า กรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L33 มีจำนวนไข่ผีเสื้อหนอนใยผักน้อยที่สุด 8.56 ฟองต่อซ้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทรินพบมีจำนวนไข่ผีเสื้อหนอนใยผัก 106.67 และ 28.78 ฟองต่อซ้ำ ตามลำดับ และยังพบว่า ที่ 24 ชั่วโมงแรกของการทดสอบแต่ละกรรมวิธียังพบจำนวนไข่ของผีเสื้อหนอนใยผักมากที่สุด (ตารางที่ 2) ซึ่งพฤติกรรมการสืบพันธุ์ ของผีเสื้อหนอนใยผัก เป็นผีเสื้อที่ออกหากินเวลากลางคืน มีกิจกรรมการบินสูงในเวลา 19.00 น. และ 7.00 น. และบินติดต่อกันตลอดทั้งคืน นับเป็นช่วงเวลาที่ตัวเต็มวัยทำกิจกรรมผสมพันธุ์กัน (mating) ซึ่งเกิดขึ้นในวันเดียวกันกับที่ตัวเต็มวัยออกจากดักแด้ (Jayarathnam, 1979) ใน 2-4 ชั่วโมงหลังพระอาทิตย์ตกดินนั้น ตัวผู้และตัวเมียมีกิจกรรมการบินที่สูงอย่างมีนัยสำคัญ (Goodwin and Danthanarayana, 1984) โดยการผสมพันธุ์เกิดขึ้นบนพืชอาหารและใช้เวลาในการผสมพันธุ์อย่างช้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1 ชั่วโมง ถ้าในระหว่างช่วงเวลานี้ถูกรบกวน ตัวเมียจะลากจูงตัวผู้ไปยังบริเวณอื่นของพืชอาหารนั้นๆ เพื่อหลบหรือกำบังตัวได้ หลังจากนั้นตัวเมียจะเริ่มวางไข่หลังจากผสมพันธุ์เสร็จเรียบร้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การทดสอบเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการควบคุมหนอนใยผักในระดับโรงเรือนทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ในการควบคุมหนอนใยผักในสภาพโรงเรือนทดลอง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

3.1 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ในการยับยั้งการกินของหนอนใยผักเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทรินในสภาพโรงเรือนทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ทดสอบในสภาพแปลงปลูกเกษตรกรจริง หลังจากปล่อยหนอนใยผักวัย 2 (ที่อดอาหาร) ลงในต้นคะน้าอายุ 30 วัน ที่ปลูกในกระถาง กระถางละ 20 ตัว พบว่าที่ 24 ชั่วโมงแรก แต่ละกรรมวิธีพบเปอร์เซ็นต์จำนวนหนอนที่ตายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4M มีจำนวนหนอนที่ตายมากที่สุด 13.00 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ L33, L30, L41 และ 4A โดยมีจำนวนหนอนที่ตายเท่ากับ 12.00, 12.00, 7.00 และ 7.00 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน มีจำนวนหนอนที่ตาย 2.00 และ 74.00 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ที่การทดสอบ 48 ชั่วโมง พบว่า แต่ละกรรมวิธีพบเปอร์เซ็นต์จำนวนหนอนที่ตายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีจำนวนหนอนที่ตายมากที่สุด 16.00 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ L33, L30, 4M และ 4A โดยมีจำนวนหนอนที่ตายเท่ากับ 15.00, 15.00, 8.00 และ 7.00 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน มีจำนวนหนอนที่ตาย 8.00 และ 7.00 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่การทดสอบ 72 ชั่วโมง พบว่า แต่ละกรรมวิธีพบเปอร์เซ็นต์จำนวนหนอนที่ตายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L30 มีจำนวนหนอนที่ตายมากที่สุด 35.00 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ L33, L41, 4M และ 4A โดยมีจำนวนหนอนที่ตายเท่ากับ 34.00, 32.00, 25.00 และ 24.00 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน มีจำนวนหนอนที่ตาย 10.00 และ 5.00 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

สำหรับเปอร์เซ็นต์รวมจำนวนหนอนที่ตายของแต่ละกรรมวิธีหลังจากทดสอบ 72 ชั่วโมง พบว่า เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงทั้ง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ L41, L33, L30, 4A, และ 4M สายพันธุ์ที่มีจำนวนหนอนตายมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L30 ตาย 62.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ L33, L41, 4M และ 4A โดยมีจำนวนหนอนที่ตายเท่ากับ 61.00, 55.00, 46.00 และ 38.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน มีจำนวนหนอนที่ตาย 20.00 และ 86.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

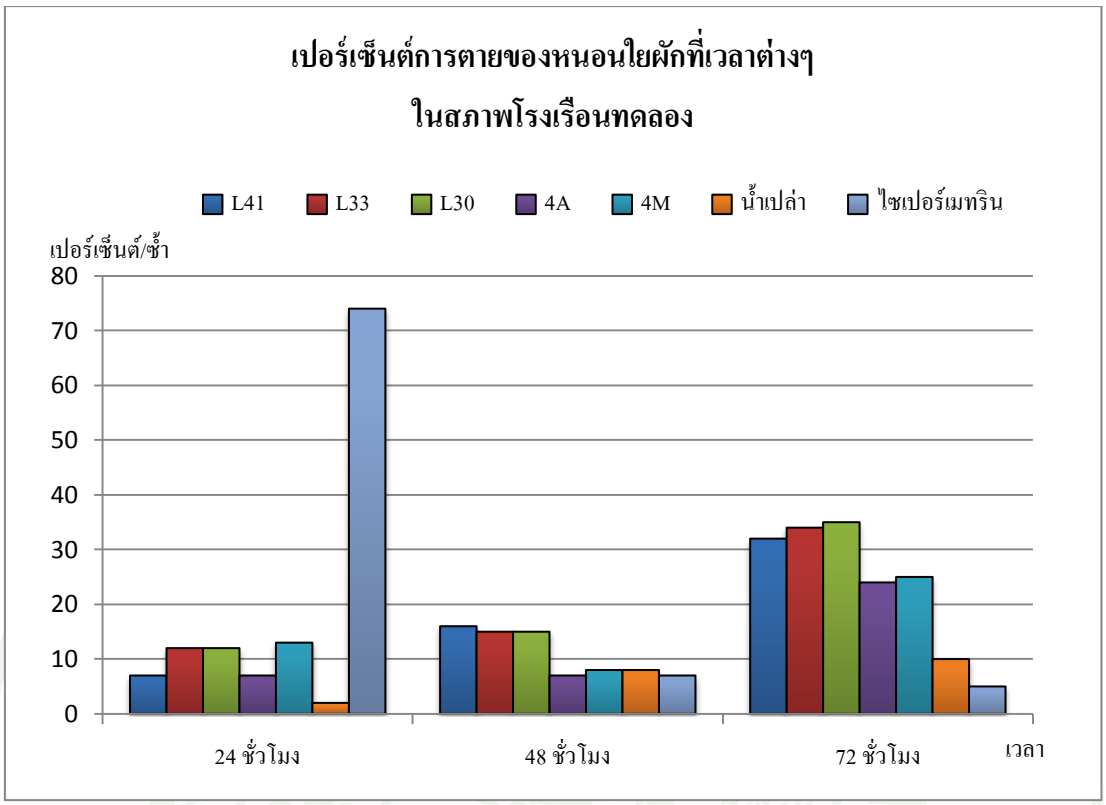
ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก ในสภาพโรงเรือนทดลอง

ค่าเฉลี่ยการตายของหนอนใยผัก (เปอร์เซ็นต์/ซ้ำ) ที่พบบนต้นคะน้าหลังพ่นสารละลายเชื้อแบคทีเรีย ในสภาพโรงเรือนทดลอง

กรรมวิธี	เวลา (ชั่วโมง)			เปอร์เซ็นต์
	24	48	72	รวม
L41	7.00±5.83a	16.00±6.96a	32.00±8.46c	55.00%
L33	12.00±2.55a	15.00±3.54a	34.00±9.67c	61.00%
L30	12.00±2.55a	15.00±4.74a	35.00±5.48c	62.00%
4A	7.00±2.55a	7.00±2.00a	24.00±3.67bc	38.00%
4M	13.00±5.15a	8.00±2.00a	25.00±4.18bc	46.00%
น้ำเปล่า	2.00±1.22a	8.00±1.22a	10.00±2.74ab	20.00%
ไซเปอร์เมทริน	74.00±6.96b	7.00±3.00a	5.00±2.74a	86.00%

- จาก 5 ซ้ำ ปล่อยหนอนซ้ำละ 20 ตัว นับจำนวนตัวตาย โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) ปริมาณที่ใช้ 20 มิลลิลิตร/ซ้ำ
- สารเคมีที่ใช้ คือ สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร ปริมาณที่ใช้ 20 มิลลิลิตร/ซ้ำ
- หนอนใยผักที่ใช้เป็นหนอนวัย 2 ที่อดอาหารไว้ก่อนล่วงหน้า 3 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 13 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนใยผัก ที่พบบนต้นคะน้า ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือนทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้า

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้า เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่า และกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทรินในสภาพโรงเรือนทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ทดสอบในสภาพแปลงปลูกเกษตรกรจริง หลังจากเช็คผลจำนวนหนอนที่ตายของแต่ละกรรมวิธีแล้ว ทิ้งช่วงให้ต้นคะน้าเจริญเติบโต 7 วัน แล้วจึงสุ่มถอนมาวัด ความยาวราก ความสูงต้น และน้ำหนักสด จำนวน 5 ต้นต่อซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกรรมวิธี พบว่า ค่าเฉลี่ยความยาวรากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L30 มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด 4.98 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ L33, L41, 4M และ 4A โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวรากเท่ากับ 4.63, 4.14, 3.98 และ 3.85 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน มีค่าเฉลี่ยความยาวราก 3.63 และ 4.47 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ส่วนค่าเฉลี่ยความสูงต้นของแต่ละกรรมวิธี พบค่าเฉลี่ยความสูงต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L30 มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากที่สุด 30.88 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ L33, L41, 4M และ 4A โดยมีค่าเฉลี่ยความสูงต้นเท่ากับ 29.81, 28.40, 26.77 และ 26.76 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน มีค่าเฉลี่ยความสูงต้น 24.48 และ 28.71 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ส่วนค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของแต่ละกรรมวิธี พบค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L30 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมากที่สุด 14.07 กรัมต่อซ้ำ รองลงมาคือ L33, L41, 4A และ 4M โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเท่ากับ 13.71, 11.89, 11.62 และ 10.91 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำเปล่าและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด 9.09 และ 15.76 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

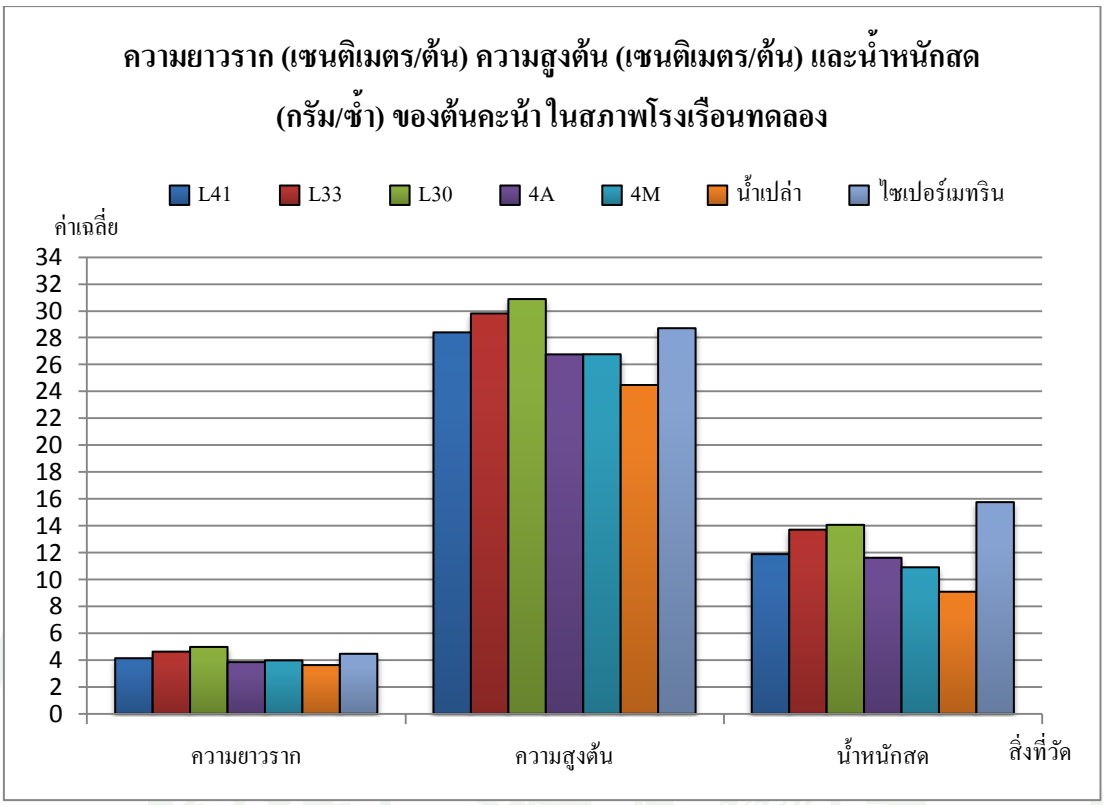
ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้า ในสภาพโรงเรือนทดลอง

ค่าเฉลี่ยความยาวราก (เซนติเมตร/ต้น) ความสูงต้น (เซนติเมตร/ต้น) และน้ำหนักสด (กรัม/ซ้ำ) ของต้นคะน้าในสภาพโรงเรือนทดลอง

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ย		
	ราก	ต้น	น้ำหนัก
L41	4.14±0.50ab	28.40±0.90bc	11.89±0.75bc
L33	4.63±0.24ab	29.81±0.60c	13.71±0.40cd
L30	4.98±0.51b	30.88±0.82c	14.07±0.78d
4A	3.85±0.25ab	26.76±1.07ab	11.62±0.48b
4M	3.98±0.22ab	26.77±1.07ab	10.91±0.45ab
น้ำเปล่า	3.63±0.36a	24.48±0.79a	9.09±0.87a
ไซเปอร์เมทริน	4.47±0.27ab	28.71±0.42bc	15.76±0.61d

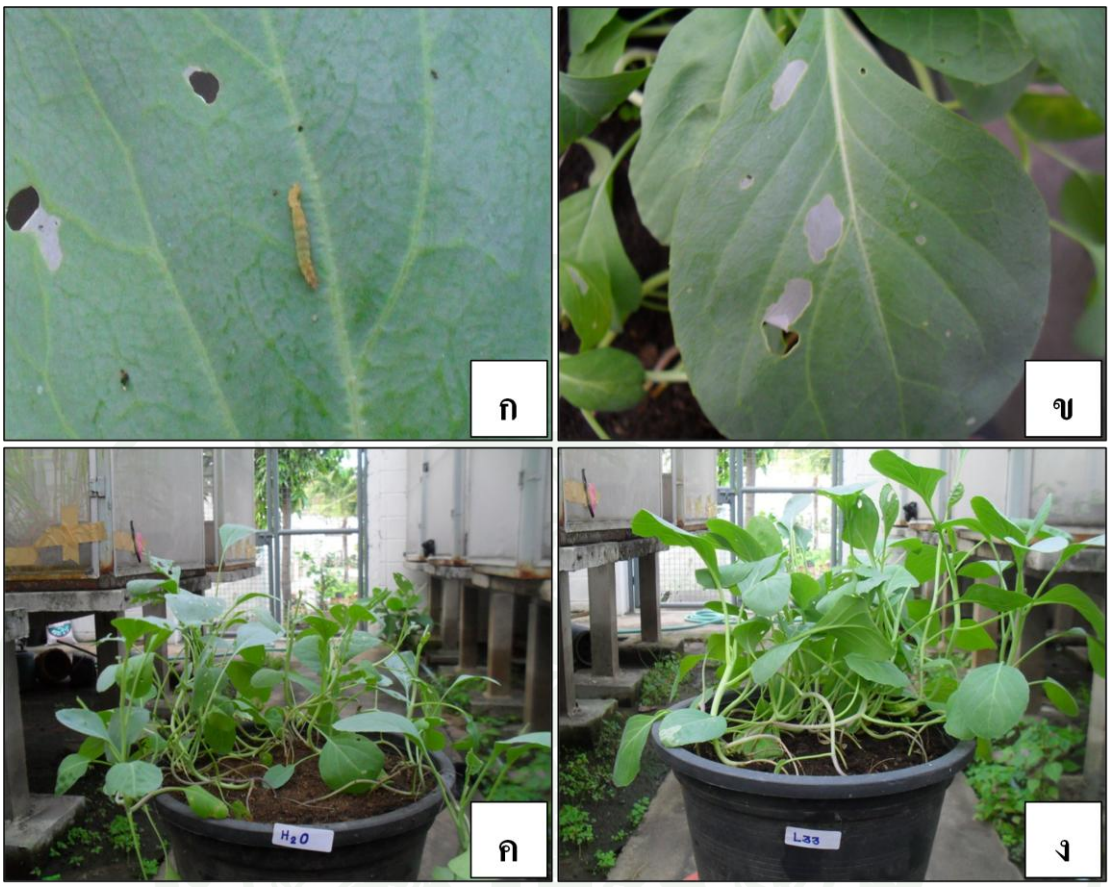
- จาก 5 ซ้ำ สุ่มถอนมาวัดซ้ำละ 5 ต้น วัดความยาวราก ความสูงต้น และน้ำหนักสด โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) ปริมาณที่ใช้ 20 มิลลิลิตร/ซ้ำ
- สารเคมีที่ใช้ คือ สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร ปริมาณที่ใช้ 20 มิลลิลิตร/ซ้ำ
- ต้นคะน้าที่ทดสอบอายุ 30 วัน เช็คผลการเจริญเติบโตหลังจากเช็คผลการตายของหนอนใยผัก 7 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยความยาวราก (เซนติเมตร/ต้น) ความสูงต้น (เซนติเมตร/ต้น) และน้ำหนักสด (กรัม/ซ้ำ) ของต้นคะน้า ในสภาพโรงเรือนทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 การเช็คผลการทดสอบเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการควบคุมหนอนใยผักในระดับโรงเรือนทดลอง; ลักษณะการตายของหนอนใยผักที่ถูกเชื้อแบคทีเรียเข้าทำลาย (ก), ลักษณะของใบคะน้าที่ถูกหนอนใยผักกัดกิน (ข), ลักษณะต้นคะน้าที่ทดสอบแบบกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่า (ค) และลักษณะต้นคะน้าที่ทดสอบแบบกรรมวิธีใช้เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง (ง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งจะเห็นได้ว่า การทดสอบเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการควบคุมหนอนใยผักในระดับโรงเรือนทดลอง หลังจากทดสอบ 72 ชั่วโมง พบว่า กรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L33 มีจำนวนหนอนใยผักตายมากที่สุด 62.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน มีจำนวนหนอนที่ตาย 20.00 และ 86.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่า กรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงส่วนมากหนอนใยผักตายที่เวลา 72 ชั่วโมง ส่วนกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทรินส่วนมากหนอนใยผักตายที่เวลา 24 ชั่วโมงแรก (ตารางที่ 3) กรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทรินจึงดีกว่ากรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง และยังสามารถควบคุมหนอนใยผักได้รวดเร็วกว่ากรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงาน ทิพย์วดี (2535) เนื่องจากกลไกการออกฤทธิ์ของเชื้อแบคทีเรียบีทีต่อแมลงจะใช้เวลาประมาณ 48-72 ชั่วโมง หลังจากแมลงได้รับเชื้อแบคทีเรียบีทีเข้าไปในร่างกาย และจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงที่แมลงได้รับเข้าไปด้วย

นอกจากนี้หนอนใยผักที่อายุมากขึ้นสามารถทนทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงได้เหมือนกันกับ โสภณ และคณะ (2546) ได้รายงานถึงความต้านทานของหนอนเจาะสมอฝ้ายที่มีต่อ delta-endotoxin ของเชื้อแบคทีเรียบีทีว่า หนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa armigera*) มีความสามารถที่จะพัฒนาความต้านทานต่อ delta-endotoxin ของเชื้อแบคทีเรียบีทีได้เมื่อแมลงได้รับสารพิษชนิดนี้อย่างต่อเนื่อง เป็นระยะเวลานานติดต่อกัน

ส่วนประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้า พบว่าจากการวัดความความยาวรากและความสูงต้นของการทดสอบแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกัน ส่วนน้ำหนักสดพบว่า กรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L30 มีน้ำหนักสดมากที่สุด 14.07 กรัมต่อซ้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและกรรมวิธีใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน มีน้ำหนักสด 9.09 และ 15.76 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่า มีน้ำหนักสดน้อยที่สุดเนื่องจากการเข้าทำลายของหนอนใยผัก และพบว่าพฤติกรรมการหาอาหารของหนอนใยผักจะเคลื่อนไหวโดยการคืบคลานกินอาหารอยู่บนใบที่มีสีเขียว พบว่าตัวอ่อนวัยที่ 1 เมื่อเกิดมาจะกัดกินเนื้อเยื่อของใบพืชในชั้น spongy mesophyll tissue

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นชั้นเนื้อเยื่อของใบพืชและอาศัยอยู่ในนั้น ต่อมาเมื่อตัวอ่อนอายุมากขึ้น จะกัดกินอาหารจากผิวใบด้านล่างเนื้อเยื่อทั้งหมด ยกเว้นชั้น wax ที่อยู่ด้านบน จึงเห็นเป็นเสมือนหน้าต่างอยู่บนผิวใบ (Hill, 1983)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำภูมิต้านทานให้คะน้า

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการสร้างเอนไซม์โปรตีเนส (proteinase)

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ในการสร้างเอนไซม์โปรติเนส เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อในสภาพห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ทดสอบในสภาพแปลงปลูกเกษตรกรจริง หลังจากหยดเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ลงบนอาหารทดสอบเอนไซม์โปรติเนส จากตารางที่ 5 พบว่าที่ 12, 24 และ 48 ชั่วโมง แต่ละกรรมวิธีพบค่าเฉลี่ยรัศมีการสร้าง clear zone จากจุดที่หยดสารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยรัศมีการสร้าง clear zone จากจุดที่หยดสารของแต่ละกรรมวิธีที่การทดสอบ 12 ชั่วโมง พบว่า เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงทั้ง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ L41, L33, L30, 4A และ 4M สายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยรัศมีการสร้าง clear zone จากจุดที่หยดสารมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L33 เฉลี่ย 0.98 เซนติเมตรต่อซ้ำ รองลงมาคือ L41, 4A, L30 และ 4M โดยมีค่าเฉลี่ยรัศมีการสร้าง clear zone จากจุดที่หยดสารเท่ากับ 0.92, 0.85, 0.84 และ 0.68 เซนติเมตรต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อที่ไม่สร้าง clear zone (ตารางที่ 5)

ที่การทดสอบ 24 ชั่วโมง พบว่า เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงทั้ง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ L41, L33, L30, 4A และ 4M สายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยรัศมีการสร้าง clear zone จากจุดที่หยดสารมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L33 เฉลี่ย 1.40 เซนติเมตรต่อซ้ำ รองลงมาคือ L41, 4A, L30 และ 4M โดยมีค่าเฉลี่ยรัศมีการสร้าง clear zone จากจุดที่หยดสารเท่ากับ 1.33, 1.27, 1.25 และ 1.06 เซนติเมตรต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อที่ไม่สร้าง clear zone (ตารางที่ 5)

ที่การทดสอบ 48 ชั่วโมง พบว่า เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงทั้ง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ L41, L33, L30, 4A และ 4M สายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยรัศมีการสร้าง clear zone จากจุดที่หยดสารมากที่สุด คือ สาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันธุ์ L41 เฉลี่ย 1.88 เซนติเมตรต่อซ้ำ รองลงมาคือ L33, 4A, L30 และ 4M โดยมีค่าเฉลี่ยรัศมีการสร้าง clear zone จากจุดที่หยดสารเท่ากับ 1.87, 1.86, 1.79 และ 1.58 เซนติเมตรต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อที่ไม่สร้าง clear zone (ตารางที่ 5)

สำหรับค่าเฉลี่ยรวมรัศมีการสร้าง clear zone จากจุดที่หยดสารของแต่ละกรรมวิธีหลังการทดสอบ 48 ชั่วโมง พบว่า เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงทั้ง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ L41, L33, L30, 4A และ 4M สายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยรวมรัศมีการสร้าง clear zone จากจุดที่หยดสารมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L33 เฉลี่ย 1.41 เซนติเมตรต่อซ้ำ รองลงมาคือ L41, 4A, L30 และ 4M โดยมีค่าเฉลี่ยรัศมีการสร้าง clear zone จากจุดที่หยดสารเท่ากับ 1.37, 1.33, 1.29 และ 1.10 เซนติเมตรต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อที่ไม่สร้าง clear zone (ตารางที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการสร้างเอนไซม์โปรติเนส ในสภาพห้องปฏิบัติการ

ค่าเฉลี่ยรัศมีการสร้าง clear zone (เซนติเมตร/ซ้ำ) ที่พบบนอาหารทดสอบ ในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี	เวลา (ชั่วโมง)			เฉลี่ยรวม (เซนติเมตร)
	12	24	48	
L41	0.92±0.05cd	1.33±0.01cd	1.88±0.04c	1.37
L33	0.98±0.03d	1.40±0.03d	1.87±0.02c	1.41
L30	0.84±0.02c	1.25±0.00c	1.79±0.02c	1.29
4A	0.85±0.07cd	1.27±0.04c	1.86±0.05c	1.33
4M	0.68±0.01b	1.06±0.04b	1.58±0.03b	1.10
น้ำเปล่า	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00

- จาก 3 ซ้ำ หยดสารทดสอบซ้ำละ 4 จุด วัดรัศมีการสร้าง clear zone จากจุดที่หยดสาร โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) ปริมาณที่ใช้ 10 ไมโครลิตร/จุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase)

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เพื่อเป็นภูมิต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลง โดยทำการทดลองเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในระดับโรงเรือนทดลอง

พบว่า ครั้งที่ 1 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์ก่อนพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน กรรมวิธีที่คลุกด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมากที่สุด 4.895 $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ L33, 4M, 4A และ L30 โดยมีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.817, 4.801, 4.766 และ 4.630 $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่คลุกด้วยน้ำเปล่า มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.529 $min^{-1}mg^{-1}$protein (ตารางที่ 6)

ครั้งที่ 2 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 14 วัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมากที่สุด 4.876 $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ L33, 4M, 4A และ L30 โดยมีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.827, 4.825, 4.758 และ 4.638 $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่พ่นด้วยน้ำเปล่า มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.519 $min^{-1}mg^{-1}$protein (ตารางที่ 6)

ครั้งที่ 3 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 21 วัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมากที่สุด 4.881 $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ 4M, L33, 4A และ L30 โดยมีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.813, 4.781, 4.750 และ 4.654 $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่พ่นด้วยน้ำเปล่า มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.527 $min^{-1}mg^{-1}$protein (ตารางที่ 6)

ครั้งที่ 4 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 28 วัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4M มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมากที่สุด 4.882 $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ L41, 4A, L33 และ L30 โดยมีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.875, 4.782, 4.771 และ 4.648 $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่พ่นด้วยน้ำเปล่า มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.515 $min^{-1}mg^{-1}$protein (ตารางที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในสภาพโรงเรือนทดลอง

ค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในต้นคะน้าที่อายุต่างๆ ในสภาพโรงเรือนทดลอง						
ครั้งที่	กรรมวิธี					
	L41	L33	L30	4A	4M	น้ำ
1	4.895	4.817	4.630	4.766	4.801	4.529
2	4.876	4.827	4.638	4.758	4.825	4.519
3	4.881	4.781	4.654	4.750	4.813	4.527
4	4.875	4.771	4.648	4.782	4.882	4.515
total protein	0.172	0.176	0.181	0.177	0.175	0.185

- สูตรในการวิเคราะห์ค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase)

  Po = (0.1074Xค่าเฉลี่ยดูดกลื่นแสง+0.8329)

  Po = ค่าปฏิกิริยา Po/total protein

- หน่วยของค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็น $min^{-1}mg^{-1}$protein
- วัดค่าการดูดกลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer
- คลุกเมล็ดด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงก่อนปลูก และพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 3 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 21 และ 28 วัน
- สุ่มถอนคะน้ามาทดสอบวัดเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 4 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ครั้งที่ 2-4 หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 14, 21 และ 28 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในระดับแปลงเกษตรกร

พบว่า ครั้งที่ 1 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์ก่อนพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน กรรมวิธีที่คลุกด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมากที่สุด 4.916 $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ L33, 4M, L30 และ 4A โดยมีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.780, 4.698, 4.614 และ 4.612 $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.398 และ 4.957 $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ครั้งที่ 2 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 14 วัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมากที่สุด 4.868 $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ L33, 4M, 4A และ L30 โดยมีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.781, 4.744, 4.628 และ 4.605 $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.383 และ 4.894 $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ครั้งที่ 3 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 28 วัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมากที่สุด 4.932 $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ L33, 4M, L30 และ 4A โดยมีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.823, 4.748, 4.695 และ 4.621 $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.385 และ 4.923 $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ครั้งที่ 4 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 42 วัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.935 $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ L33, 4M, 4A และ L30 โดยมีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.838, 4.799, 4.694 และ 4.681 $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4.432 และ 5.114 $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในต้นคะน้าที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร							
ครั้งที่	กรรมวิธี						
	L41	L33	L30	4A	4M	แบบควบคุม	แบบดั้งเดิม
1	4.916	4.78	4.614	4.612	4.698	4.398	4.957
2	4.868	4.781	4.605	4.628	4.744	4.383	4.894
3	4.932	4.823	4.695	4.621	4.748	4.385	4.923
4	4.935	4.838	4.681	4.694	4.799	4.432	5.114
total protein	0.173	0.176	0.182	0.181	0.178	0.191	0.172

- สูตรในการวิเคราะห์ค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase)

  Po = (0.1074Xค่าเฉลี่ยดูดกลื่นแสง+0.8329)

  Po = ค่าปฏิกิริยา Po/total protein

- หน่วยของค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็น $min^{-1}mg^{-1}$protein
- วัดค่าการดูดกลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer
- คลุกเมล็ดด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงก่อนปลูก และพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 3 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน
- สุ่มถอนคะน้ามาทดสอบวัดเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 4 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ครั้งที่ 2-4 หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase เพื่อเป็นภูมิต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลง โดยทำการทดลองเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase ในระดับโรงเรือนทดลอง

พบว่า ครั้งที่ 1 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์ก่อนพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน กรรมวิธีที่คลุกด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4M มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase มากที่สุด 12.943 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ L41, L33, L30 และ 4A โดยมีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 12.283, 11.613, 11.104 และ 10.965 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่คลุกด้วยน้ำเปล่า มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 10.629 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein (ตารางที่ 8)

ครั้งที่ 2 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 14 วัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4A มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase มากที่สุด 14.831 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ L41, L30, 4M และ L33 โดยมีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 14.372, 14.365, 13.902 และ 13.342 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่พ่นน้ำเปล่า มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 12.017 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein (ตารางที่ 8)

ครั้งที่ 3 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 21 วัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase มากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

15.281 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ 4A, L30, 4M และ L33 โดยมีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 14.599, 14.430, 13.827 และ 13.799 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่พ่นด้วยน้ำเปล่า มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase 12.940 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein (ตารางที่ 8)

ครั้งที่ 4 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 28 วัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase มากที่สุด 16.521 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ 4M, L33, L30 และ 4A โดยมีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 15.920, 15.644, 15.600 และ 15.295 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่พ่นด้วยน้ำเปล่า มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase 14.581 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein (ตารางที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase ในสภาพโรงเรือนทดลอง

ค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase ในต้นคะน้าที่อายุต่างๆ ในสภาพโรงเรือนทดลอง						
	กรรมวิธี					
ครั้งที่	L41	L33	L30	4A	4M	น้ำ
1	12.283	11.613	11.104	10.965	12.943	10.629
2	14.372	13.342	14.365	14.831	13.902	12.017
3	15.281	13.799	14.430	14.599	13.827	12.940
4	16.521	15.644	15.600	15.295	15.920	14.581
total protein	0.172	0.176	0.181	0.177	0.175	0.185

- สูตรในการวิเคราะห์ค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase

ปฏิกิริยาเอนไซม์ β-1,3 glucanase = (1.4622Xค่าเฉลี่ยดูดกลื่นแสง+0.0152)

= ปฏิกิริยาเอนไซม์ β-1,3 glucanase/total protein

- หน่วยของค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เป็น μg glucose released min^{-1} mg^{-1}protein
- วัดค่าการดูดกลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer
- คลุกเมล็ดด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงก่อนปลูก และพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 3 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 21 และ 28 วัน
- สุ่มถอนคะน้ามาทดสอบวัดเอนไซม์ β-1,3 glucanase 4 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ครั้งที่ 2-4 หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 14, 21 และ 28 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase ในระดับแปลงเกษตรกร

พบว่า ครั้งที่ 1 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์ก่อนพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน กรรมวิธีที่คลุกด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase มากที่สุด 12.543 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ 4A, L33, 4M และ L30 โดยมีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 11.182, 10.979, 10.551 และ 10.289 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 9.967 และ 14.392 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ครั้งที่ 2 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 14 วัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase มากที่สุด 18.188 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ 4A, 4M, L33 และ L30 โดยมีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 14.046, 13.417, 13.410 และ 13.046 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 12.345 และ 14.290 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ครั้งที่ 3 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 28 วัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase มากที่สุด 16.971 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ 4M, L33, 4A และ L30 โดยมีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 15.590, 15.384, 14.086 และ 14.082 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 14.094 และ 15.960 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ครั้งที่ 4 สุ่มถอนมาวัดเอนไซม์หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 42 วัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase มากที่สุด 18.162 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein รองลงมาคือ L30, L33, 4M และ 4A โดยมีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 16.252, 16.208, 16.175 และ 15.344 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เท่ากับ 14.891 และ 17.120 µg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase ในต้นคะน้าที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร							
ครั้งที่	กรรมวิธี						
	L41	L33	L30	4A	4M	แบบควบคุม	แบบดั้งเดิม
1	12.543	10.979	10.289	11.182	10.551	9.967	14.392
2	18.188	13.410	13.046	14.046	13.417	12.345	14.290
3	16.971	15.384	14.082	14.086	15.590	14.094	15.960
4	18.162	16.208	16.252	15.344	16.175	14.891	17.120
total protein	0.173	0.176	0.182	0.181	0.178	0.191	0.172

- สูตรในการวิเคราะห์ค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase

ปฏิกิริยาเอนไซม์ β-1,3 glucanase = (1.4622Xค่าเฉลี่ยดูดกลื่นแสง+0.0152)

= ปฏิกิริยาเอนไซม์ β-1,3 glucanase/total protein

- หน่วยของค่าเอนไซม์ β-1,3 glucanase เป็น μg glucose released $min^{-1}mg^{-1}$protein
- วัดค่าการดูดกลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer
- คลุกเมล็ดด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงก่อนปลูก และพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 3 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน
- สุ่มถอนคะน้ามาทดสอบวัดเอนไซม์ β-1,3 glucanase 4 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ครั้งที่ 2-4 หลังพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง 2 วัน ที่คะน้าอายุ 14 วัน, 28 วัน และ 42 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งจะเห็นได้ว่าการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำภูมิต้านทานให้คะน้า กรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสามารถชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) และเอนไซม์ β-1,3 glucanase เพื่อเป็นภูมิต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลง

โดยการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในระดับโรงเรือนทดลองและในระดับแปลงเกษตรกร พบว่า กรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีประสิทธิภาพในชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ดีที่สุด (ตารางที่ 6 และ 7) เหมือนกับการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase ในระดับโรงเรือนทดลองและในระดับแปลงเกษตรกร พบว่า กรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีประสิทธิภาพในชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์ β-1,3 glucanase ดีที่สุดเช่นกัน (ตารางที่ 8 และ 9)

นอกจากนี้กรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์อื่นๆ มีประสิทธิภาพในการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) และเอนไซม์ β-1,3 glucanase เหมือนกัน แต่อาจจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของตัวเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์นั้นๆ นอกจากนี้ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมก็มีผลต่อประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง และยังพบว่าเทคนิคการใช้หัวพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงก็ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง ซึ่งการทดสอบในระดับแปลงเกษตรกรครั้งนี้ได้ปรับตัวพ่นให้อยู่ในรูปที่ฝอยเล็กที่สุดเพื่อให้เซลล์เชื้อและผลึกโปรตีนออกมาสม่ำเสมอพร้อมจับติดกับใบพืชและครอบคลุมพื้นที่ใบอย่างทั่วถึง ถ้าพ่นมากเกินไปสารจะรวมตัวและไหลลงจากใบพืช ตามรายงานของ กลุ่มงานวิจัยการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (2543) รายงานว่าในการพ่นสารแต่ละครั้งต้องควบคุมขนาดละอองสารให้มีขนาดละอองสม่ำเสมอ คือ อัตราส่วนของขนาดละอองที่แบ่งครึ่งปริมาณของละอองที่พ่นออกมา และขนาดละอองสารที่แบ่งครึ่งจำนวนละอองสารที่พ่นออกมา (VMD/NMD) มีค่าเท่ากับหนึ่งซึ่งแสดงว่าละอองสารมีขนาดเท่ากันทุกละออง ซึ่งจะได้ละอองสารที่ครอบคลุมพื้นที่เป้าหมาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้สม่ำเสมอ ทำให้การพ่นสารนั้นมีประสิทธิภาพและประหยัดมากที่สุด และ สมชายและคณะ (2540) รายงานว่าการใช้เชื้อแบคทีเรียบีทีอัตรา 240 กรัม/ไร่ ด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังชนิดใช้แรงลมโดยอัตราพ่นสาร 20 ลิตร/ไร่ ให้ผลควบคุมหนอนกระทู้หอมในหน่อไม้ฝรั่งได้ดีกว่าการพ่นแบบใช้แรงดันน้ำสูงโดยใช้อัตราพ่นสาร 120 ลิตร/ไร่ ดังนั้นการพ่นสารที่เหมาะสมทำให้มีผลต่อประสิทธิภาพของสารแต่ละชนิด ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ใช้เครื่องพ่นแบบสะพายหลังใช้แรงดันน้ำสูง อาจจะส่งผลให้การควบคุมแมลงศัตรูผักและการชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) และเอนไซม์ β-1,3 glucanase ในแปลงคะน้ามีประสิทธิภาพลดลง

ซึ่งกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง นอกจากสามารถชักนำให้คะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) และเอนไซม์ β-1,3 glucanase แล้ว ตัวเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง ยังมีความสามารถในการสร้างเอนไซม์โปรตีเนส (proteinase) ซึ่งเอนไซม์นี้มีความสามารถในการย่อยสลายผนังลำตัวของแมลงได้ โดยกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L33 มีความสามารถในการสร้างเอนไซม์โปรตีเนส (proteinase) มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อที่ไม่สร้างเอนไซม์โปรตีเนส (proteinase) (ตารางที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในระดับแปลงเกษตรกร

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ในระดับแปลงเกษตรกร สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้า

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A, และ 4M ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้า เปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุม และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง เพื่อที่จะนำผลที่ได้ไปส่งเสริมให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจ และทราบถึงประโยชน์ของการนำวิธีการดังกล่าวมาใช้เพื่อลดผลกระทบจากการตกค้างของสารเคมี โดยสุ่มถอนต้นคะน้ามาวัดความยาวราก ความสูงต้น และน้ำหนักสด จำนวน 10 ต้นต่อซ้ำ วัดจำนวน 6 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกรรมวิธี

5.1.1 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตความยาวรากของต้นคะน้าที่อายุต่างๆ

ครั้งที่ 1 คะน้าอายุ 14 วัน ถอนวัดวันที่ 21 กรกฎาคม 2556 จากตารางที่ 10 พบว่าค่าเฉลี่ยความยาวรากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด 2.62 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ L33, L30, 4A และ 4M โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวรากเท่ากับ 2.17, 2.15, 1.93 และ 1.41 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยความยาวราก 2.51 และ 2.05 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ครั้งที่ 2 คะน้าอายุ 21 วัน ถอนวัดวันที่ 27 กรกฎาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยความยาวรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4M มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด 5.39 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ 4A, L30, L33 และ L41 โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวรากเท่ากับ 4.56, 4.50, 4.28 และ 3.96 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยความยาวราก 5.41 และ 4.51 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ครั้งที่ 3 คะน้าอายุ 28 วัน ถอนวัดวันที่ 3 สิงหาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยความยาวรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4M มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด 6.02 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ L30, 4A, L33 และ L41 โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวรากเท่ากับ 5.34, 5.33, 5.04 และ 4.97 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยความยาวราก 6.87 และ 6.19 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ครั้งที่ 4 คะน้าอายุ 35 วัน ถอนวัดวันที่ 10 สิงหาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยความยาวรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4M มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด 7.27 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ 4A, L30, L41 และ L33 โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวรากเท่ากับ 5.87, 5.56, 5.29 และ 5.19 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยความยาวราก 5.53 และ 6.94 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ครั้งที่ 5 คะน้าอายุ 42 วัน ถอนวัดวันที่ 17 สิงหาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยความยาวรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L33 มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด 7.72 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ 4M, 4A, L30 และ L41 โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวรากเท่ากับ 7.28, 7.13, 6.98 และ 6.62 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยความยาวราก 6.25 และ 6.02 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ครั้งที่ 6 คะน้าอายุ 49 วัน ถอนวัดวันที่ 24 สิงหาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยความยาวรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4M มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด 10.20 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ L41, L30, L33 และ 4A โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวรากเท่ากับ 10.14, 10.09, 7.53 และ 6.69 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยความยาวราก 7.90 และ 7.79 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

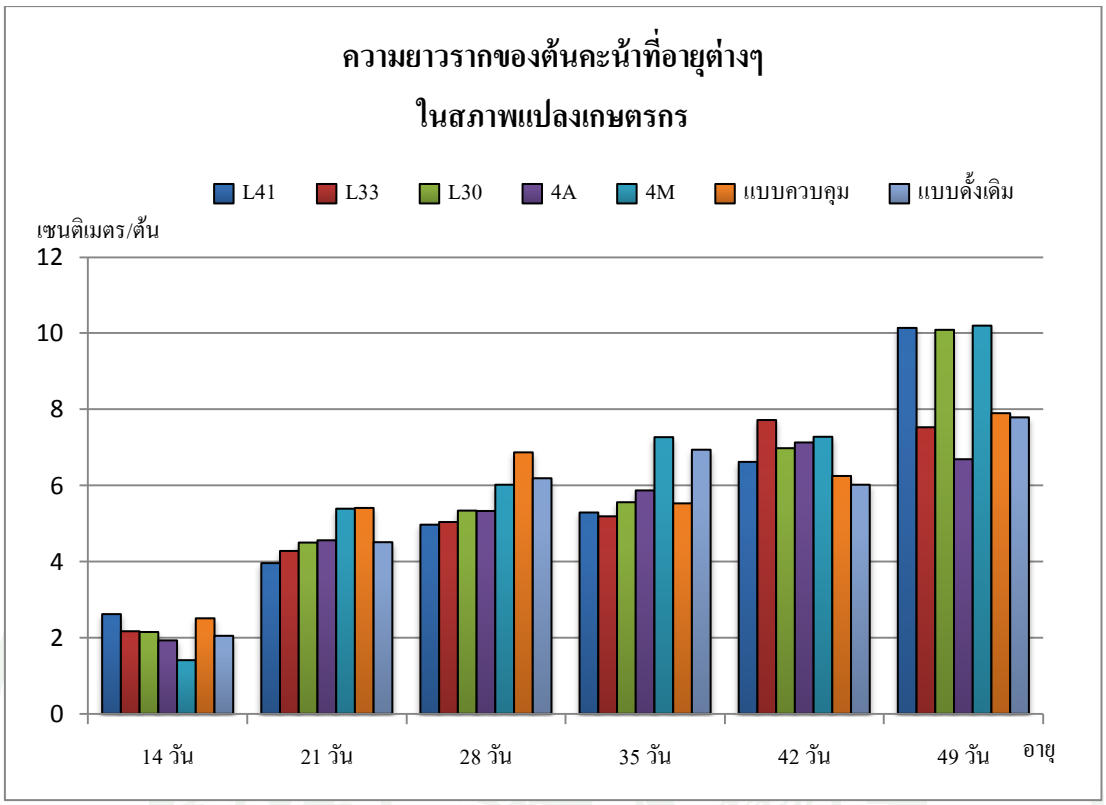
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตความยาวรากของต้นคะน้า ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ค่าเฉลี่ยความยาวราก (เซนติเมตร/ต้น) ของต้นคะน้าที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร						
กรรมวิธี	คะน้าอายุ					
	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน	49 วัน
L41	2.62±0.62b	3.96±0.30a	4.97±0.30a	5.29±0.38a	6.62±0.31abc	10.14±0.84b
L33	2.17±0.17ab	4.28±0.28a	5.04±0.40b	5.19±0.24a	7.72±0.25d	7.53±0.27a
L30	2.15±0.23ab	4.50±0.18a	5.34±0.24ab	5.56±0.24a	6.98±0.58abcd	10.09±0.86b
4A	1.93±0.17ab	4.56±0.06a	5.33±0.27ab	5.87±0.27a	7.13±0.25bcd	6.69±0.56a
4M	1.41±0.16a	5.39±0.19b	6.02±0.04abc	7.27±0.53b	7.28±0.29cd	10.20±0.86b
ควบคุม	2.51±0.23b	5.41±0.14b	6.87±0.29c	5.53±0.06a	6.25±0.03ab	7.90±0.20a
ดั้งเดิม	2.05±0.20ab	4.51±0.42a	6.19±0.57bc	6.94±0.20b	6.02±0.05a	7.79±0.45a

- จาก 3 ซ้ำ สุ่มถอนมาวัดซ้ำละ 10 ต้น วัดความยาวราก โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) อัตราการใช้ 250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร พ่นที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน
- กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 ค่าเฉลี่ยความยาวราก (เซนติเมตร/ต้น) ของต้นคะน้า ที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.1.2 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตความสูงของต้นคะน้าที่อายุต่างๆ

ครั้งที่ 1 คะน้าอายุ 14 วัน ถอนวัดวันที่ 21 กรกฎาคม 2556 จากตารางที่ 11 พบว่าค่าเฉลี่ยความสูงต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากที่สุด 8.60 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ 4A, L30, L33 และ 4M โดยมีค่าเฉลี่ยความสูงต้นเท่ากับ 7.91, 7.36, 6.87 และ 6.45 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยความสูงต้น 6.43 และ 9.18 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ

ครั้งที่ 2 คะน้าอายุ 21 วัน ถอนวัดวันที่ 27 กรกฎาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยความสูงต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4M มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากที่สุด 15.50 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ 4A, L30, L41 และ L33 โดยมีค่าเฉลี่ยความสูงต้นเท่ากับ 14.90, 14.19, 12.52 และ 11.96 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยความสูงต้น 13.39 และ 14.17 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ครั้งที่ 3 คะน้าอายุ 28 วัน ถอนวัดวันที่ 3 สิงหาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยความสูงต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากที่สุด 21.46 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ 4A, 4M, L33 และ L30 โดยมีค่าเฉลี่ยความสูงต้นเท่ากับ 19.80, 18.75, 18.44 และ 17.80 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยความสูงต้น 16.00 และ 21.57 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ครั้งที่ 4 คะน้าอายุ 35 วัน ถอนวัดวันที่ 10 สิงหาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยความสูงต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากที่สุด 28.54 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ 4A, 4M, L33 และ L30 โดยมีค่าเฉลี่ยความสูงต้นเท่ากับ 27.83, 26.58, 26.20 และ 24.00 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยความสูงต้น 25.65 และ 28.05 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ครั้งที่ 5 คะน้าอายุ 42 วัน ถอนวัดวันที่ 17 สิงหาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยความสูงต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากที่สุด 34.72 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ 4A, L30, L33 และ 4M โดยมีค่าเฉลี่ยความสูงต้นเท่ากับ 33.89, 32.32, 29.95 และ 29.83 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยความสูงต้น 29.99 และ 35.30 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ครั้งที่ 6 คะน้าอายุ 49 วัน ถอนวัดวันที่ 24 สิงหาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยความสูงต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากที่สุด 39.43 เซนติเมตรต่อต้น รองลงมาคือ L30, 4A, L33 และ 4M โดยมีค่าเฉลี่ยความสูงต้นเท่ากับ 37.71, 37.38, 36.71 และ 36.12 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยความสูงต้น 33.89 และ 38.67 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

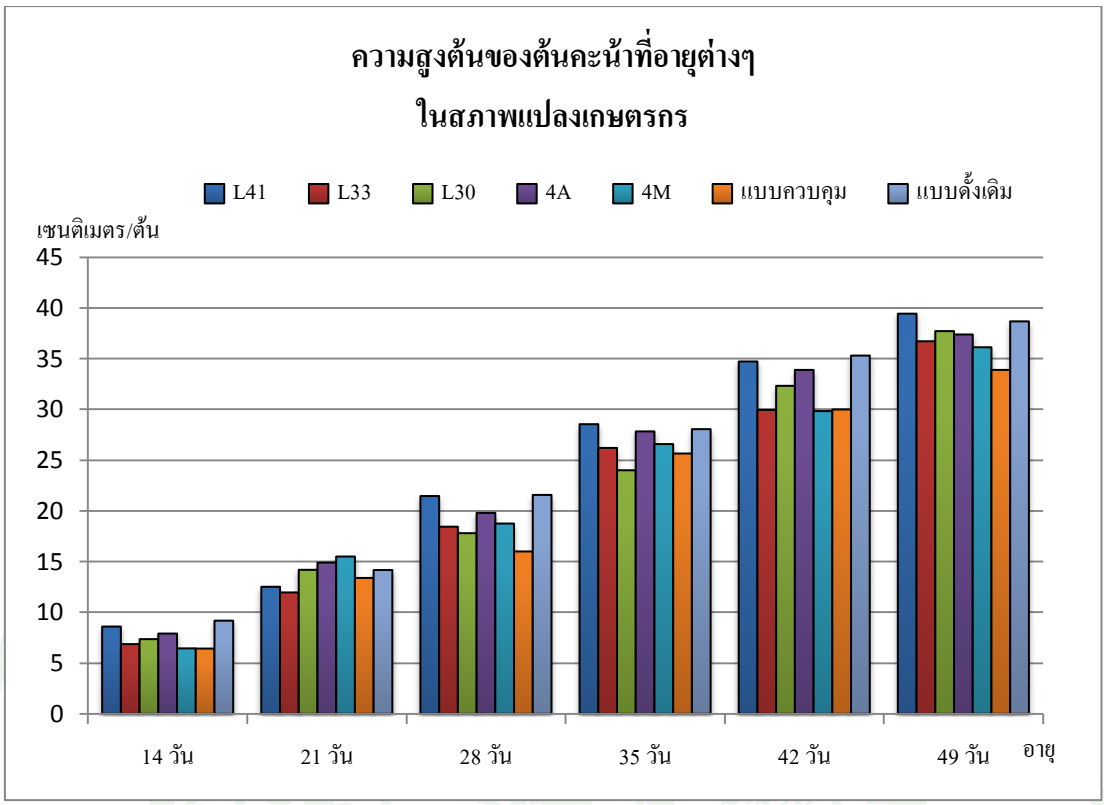
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตความสูงของต้นคะน้า ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยความสูงต้น (เซนติเมตร/ต้น) ของต้นคะน้าที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร					
	คะน้าอายุ					
	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน	49 วัน
L41	8.60±0.32 bc	12.52±0.53 ab	21.46±0.36 d	28.54±0.48 d	34.72±1.27 b	39.43±0.91 d
L33	6.87±0.34 a	11.96±0.47 a	18.44±0.35 bc	26.20±0.83 bc	29.95±0.74 a	36.71±0.79 bc
L30	7.36±0.38 ab	14.19±0.67 bc	17.80±0.27 b	24.00±0.43 a	32.32±0.77 ab	37.71±0.38 bcd
4A	7.91±0.77 abc	14.90±0.80 c	19.80±0.05 cd	27.83±1.03 cd	33.89±2.18 b	37.38±0.67 bcd
4M	6.45±0.46 a	15.50±0.31 c	18.75±0.52 bc	26.58±0.26 bc	29.83±0.79 a	36.12±0.61 b
ควบคุม	6.43±0.37 a	13.39±1.11 abc	16.00±0.44 a	25.65±0.08 ab	29.99±0.53 a	33.89±0.60 a
ดั้งเดิม	9.18±0.27 c	14.17±0.31 bc	21.57±1.22 d	28.05±0.11 cd	35.30±0.99 b	38.67±0.67 cd

- จาก 3 ซ้ำ สุ่มถอนมาวัดซ้ำละ 10 ต้น วัดความสูงต้น โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
- อัตราการใช้เชื้อแบคทีเรีย 250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร พ่นที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน
- กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 ค่าเฉลี่ยความสูงต้น (เซนติเมตร/ต้น) ของต้นคะน้า ที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.1.3 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตเพิ่มน้ำหนักสดของต้นคะน้าที่อายุต่างๆ

ครั้งที่ 1 คะน้าอายุ 14 วัน ถอนวัดวันที่ 21 กรกฎาคม 2556 จากตารางที่ 12 พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมากที่สุด 4.53 กรัมต่อซ้ำ รองลงมาคือ 4A, L30, L33 และ 4M โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเท่ากับ 3.11, 3.07, 2.88 และ 2.73 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด 2.58 และ 3.64 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ

ครั้งที่ 2 คะน้าอายุ 21 วัน ถอนวัดวันที่ 27 กรกฎาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L30 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมากที่สุด 11.11 กรัมต่อซ้ำ รองลงมาคือ 4A, 4M, L41 และ L33 โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเท่ากับ 11.10, 10.92, 10.46 และ 9.46 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด 11.18 และ 11.52 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ครั้งที่ 3 คะน้าอายุ 28 วัน ถอนวัดวันที่ 3 สิงหาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L33 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมากที่สุด 35.25 กรัมต่อซ้ำ รองลงมาคือ 4A, L41, 4M และ L30 โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเท่ากับ 33.98, 30.54, 29.36 และ 24.49 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด 22.51 และ 43.27 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ครั้งที่ 4 คะน้าอายุ 35 วัน ถอนวัดวันที่ 10 สิงหาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมากที่สุด 82.14 กรัมต่อซ้ำ รองลงมาคือ L33, 4M, 4A และ L30 โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเท่ากับ 74.18, 65.08, 54.26 และ 43.14 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด 60.34 และ 104.51 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ครั้งที่ 5 คะน้าอายุ 42 วัน ถอนวัดวันที่ 17 สิงหาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมากที่สุด 225.65 กรัมต่อซ้ำ รองลงมาคือ 4A, L30, L33 และ 4M โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเท่ากับ 197.00, 178.98, 156.77 และ 156.56 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด 122.26 และ 215.74 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ครั้งที่ 6 คะน้าอายุ 49 วัน ถอนวัดวันที่ 24 สิงหาคม 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมากที่สุด 247.40 กรัมต่อซ้ำ รองลงมาคือ L33, 4A, 4M และ L30 โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเท่ากับ 246.48, 219.09, 201.59 และ 197.02 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด 172.21 และ 258.56 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

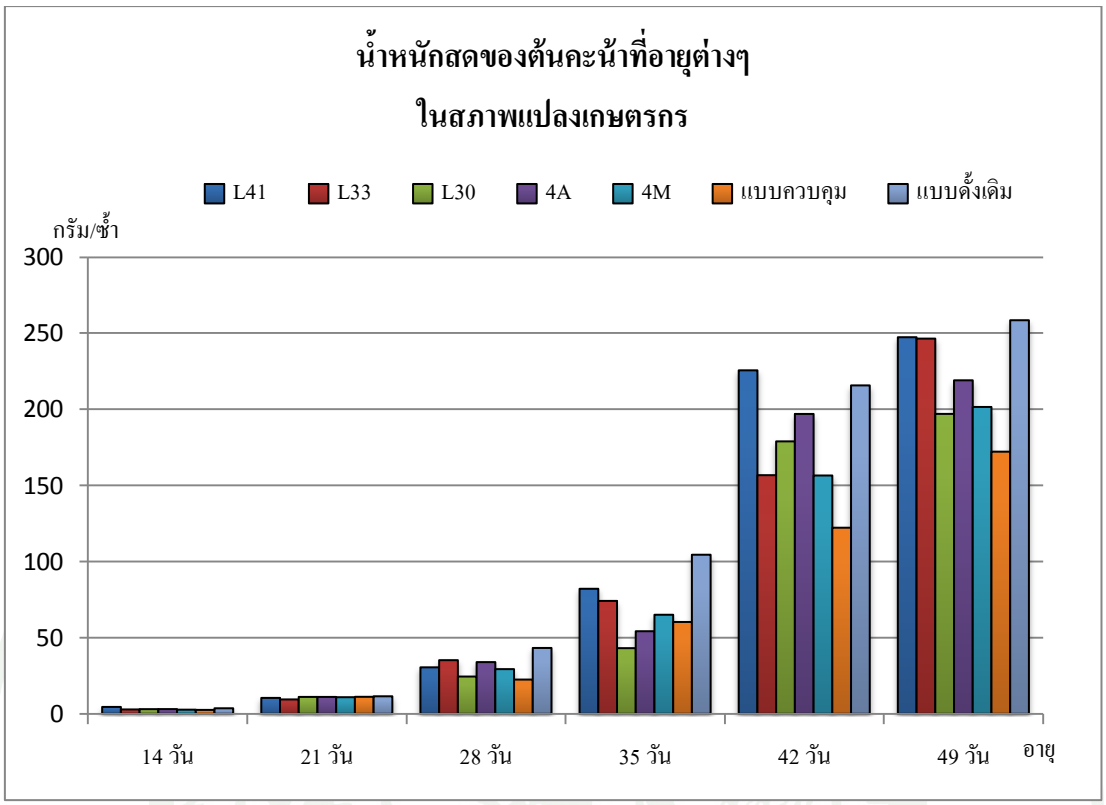
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตเพิ่มน้ำหนักสดของต้นคะน้า ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด (กรัม/ซ้ำ) ของต้นคะน้าที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร					
	คะน้าอายุ					
	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน	49 วัน
L41	4.53±0.21 bc	10.46±1.02a	30.54±3.41 ab	82.14±3.28 bc	225.65±4.38 e	247.40±3.84 cd
L33	2.88±0.14 a	9.46±0.77 a	35.25±5.25 bc	74.18±5.95 b	156.77±4.00 b	246.48±4.70 cd
L30	3.07±0.33 ab	11.11±0.87a	24.49±2.54 ab	43.14±6.08 a	178.98±4.76 c	197.02±8.23 ab
4A	3.11±0.06 abc	11.10±1.70a	33.98±2.70 bc	54.26±3.99 ab	197.00±6.79 d	219.09±8.56 bc
4M	2.73±0.15 a	10.92±1.34a	29.36±2.70 ab	65.08±7.86 ab	156.56±3.61 b	201.59±8.49 b
ควบคุม	2.58±0.38 a	11.18±1.94a	22.51±2.61 a	60.34±2.24 ab	122.26±5.88 a	172.21±14.21 a
ดั้งเดิม	3.64±0.19 c	11.52±0.38a	43.27±3.47 c	104.51±18.75 c	215.74±7.36 e	258.56±12.00 d

- จาก 3 ซ้ำ สุ่มถอนมาวัดซ้ำละ 10 ต้น วัดน้ำหนักสด โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
- อัตราการใช้เชื้อแบคทีเรีย 250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร พ่นที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน
- กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด (กรัม/ซ้ำ) ของต้นคะน้า ที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการระบาดของแมลงศัตรูผัก

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ในการยับยั้งการระบาดของแมลงศัตรูผัก เปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุม และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง เพื่อจะนำผลที่ได้ไปส่งเสริมให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจ และทราบถึงประโยชน์ของการนำวิธีการดังกล่าวมาใช้เป็นการลดผลกระทบจากการตกค้างของสารเคมี โดยตรวจเช็คแมลง 2 วิธี ดังนี้

5.2.1 สุ่มนับแมลงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate)

ใช้เหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 50x50 เซนติเมตร สุ่มวางบนแปลงผักคะน้า แล้วจึงนับแมลงในแปลง สุ่มนับแมลง 3 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน ตามลำดับ โดยแบ่งแมลงเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแมลงศัตรูผักและกลุ่มแมลงศัตรูธรรมชาติ นำแมลงทั้ง 2 กลุ่ม มาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนแต่ละซ้ำ แต่ละกรรมวิธี ของทั้ง 2 กลุ่ม

5.2.1.1 สุ่มนับแมลงศัตรูผัก จากการสุ่มนับแมลงในแปลงทั้ง 3 ครั้ง พบว่า ครั้งที่ 1 คะน้าอายุ 14 วัน สุ่มนับแมลงวันที่ 21 กรกฎาคม 2556 จากตารางที่ 13 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4A พบแมลงศัตรูผักมากที่สุด 80.24 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 4M, L33, L30 และ L41 โดยพบแมลงศัตรูผักเท่ากับ 70.37, 64.73, 59.52 และ 45.83 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูผัก 73.52 และ 55.56 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ

ครั้งที่ 2 คะน้าอายุ 28 วัน สุ่มนับแมลงวันที่ 3 สิงหาคม 2556 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สายพันธุ์ 4M พบแมลงศัตรูผักมากที่สุด 77.52 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ L30, L33, 4A และ L41 โดยพบแมลงศัตรูผักเท่ากับ 77.05, 74.49, 74.41 และ 73.38 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูผัก 85.61 และ 63.27 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ครั้งที่ 3 คะน้าอายุ 42 วัน สุ่มนับแมลงวันที่ 17 สิงหาคม 2556 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4M พบแมลงศัตรูผักมากที่สุด 78.31 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ 4A, L30, L41 และ L33 โดยพบแมลงศัตรูผักเท่ากับ 74.94, 73.59, 72.16 และ 71.17 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูผัก 80.06 และ 75.26 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

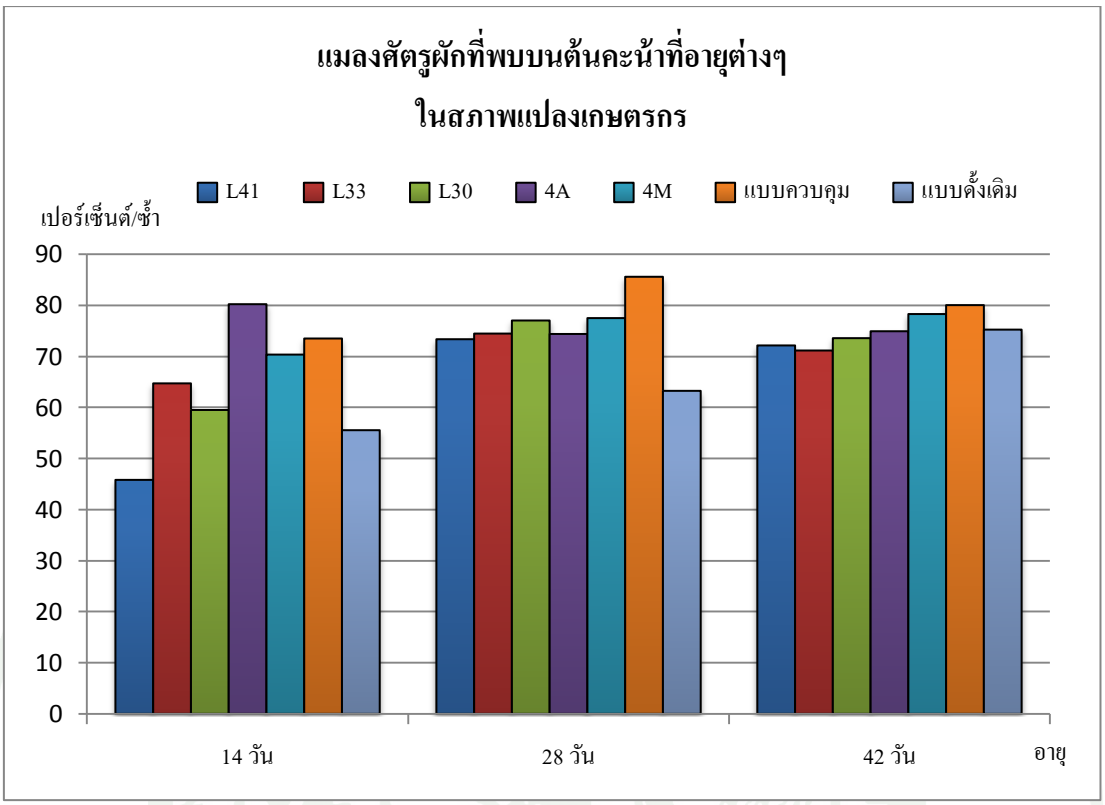
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการยับยั้งการระบาดของแมลงศัตรูผักคะน้า ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ค่าเฉลี่ยการสำรวจแมลงศัตรูผัก (เปอร์เซ็นต์/ซ้ำ) ที่พบบนต้นคะน้าอายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร			
กรรมวิธี	คะน้าอายุ		
	14 วัน	28 วัน	42 วัน
L41	45.83±11.02a	73.38±3.67ab	72.16±2.94a
L33	64.73±5.64abc	74.49±2.38ab	71.17±2.90a
L30	59.52±6.30abc	77.05±0.95ab	73.59±2.68a
4A	80.24±3.09c	74.41±7.97ab	74.94±1.45a
4M	70.37±10.31bc	77.52±1.66ab	78.31±3.27a
ควบคุม	73.52±5.02bc	85.61±1.89b	80.06±5.13a
ดั้งเดิม	55.56±5.56ab	63.27±8.41a	75.26±3.69a

- จาก 3 ซ้ำ สุ่มนับแมลงซ้ำละ 1 ครั้ง โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) อัตราการใช้ 250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร พ่นที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน
- กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การพบแมลงศัตรูผักบนต้นคะน้า ที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.1.2 สุ่มนับแมลงศัตรูธรรมชาติ จากการสุ่มนับแมลงในแปลงทั้ง 3 ครั้ง พบว่า ครั้งที่ 1 คะน้าอายุ 14 วัน สุ่มนับแมลงวันที่ 21 กรกฎาคม 2556 จากตารางที่ 14 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 พบแมลงศัตรูธรรมชาติมากที่สุด 54.17 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ L30, L33, 4M และ 4A โดยพบแมลงศัตรูธรรมชาติเท่ากับ 40.48, 35.27, 29.63 และ 19.76 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูธรรมชาติ 26.48 และ 44.44 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ

ครั้งที่ 2 คะน้าอายุ 28 วัน สุ่มนับแมลงวันที่ 3 สิงหาคม 2556 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 พบแมลงศัตรูธรรมชาติมากที่สุด 26.62 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ 4A, L33, L30 และ 4M โดยพบแมลงศัตรูธรรมชาติเท่ากับ 25.59, 25.51, 22.95 และ 22.48 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูธรรมชาติ 14.39 และ 36.73 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ครั้งที่ 3 คะน้าอายุ 42 วัน สุ่มนับแมลงวันที่ 17 สิงหาคม 2556 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L33 พบแมลงศัตรูธรรมชาติมากที่สุด 28.83 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ L41, L30, 4A และ 4M โดยพบแมลงศัตรูธรรมชาติเท่ากับ 27.84, 26.41, 25.06 และ 21.69 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูธรรมชาติ 19.94 และ 24.74 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

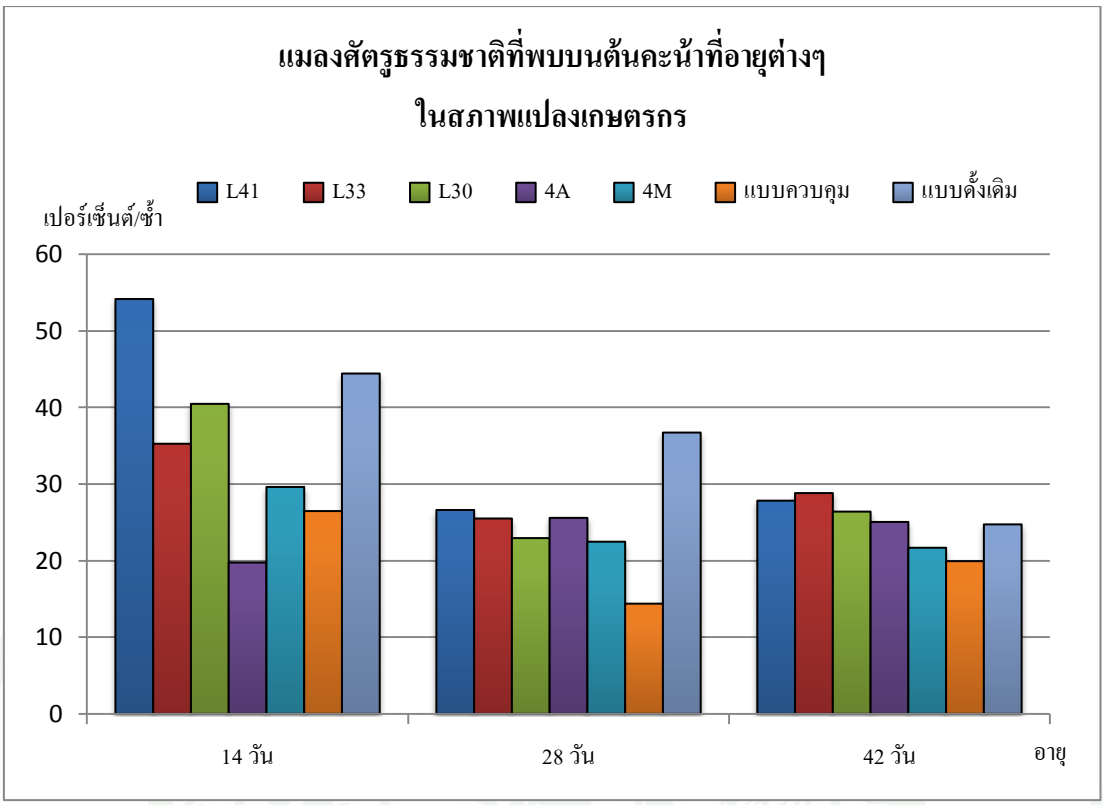
ตารางที่ 14 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของแมลงศัตรูธรรมชาติ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ค่าเฉลี่ยการสำรวจแมลงศัตรูธรรมชาติ (เปอร์เซ็นต์/ซ้ำ) ที่พบบนต้นคะน้าอายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร

กรรมวิธี	คะน้าอายุ		
	14 วัน	28 วัน	42 วัน
L41	54.17±11.02c	26.62±3.37ab	27.84±2.94a
L33	35.27±5.64abc	25.51±2.38ab	28.83±2.90a
L30	40.48±6.30abc	22.95±0.95ab	26.41±2.68a
4A	19.76±3.09a	25.59±7.97ab	25.06±2.51a
4M	29.63±10.31ab	22.48±1.66ab	21.69±3.27a
ควบคุม	26.48±5.02ab	14.39±1.89a	19.94±5.13a
ดั้งเดิม	44.44±5.56bc	36.73±8.41b	24.74±3.69a

- จาก 3 ซ้ำ สุ่มนับแมลงซ้ำละ 1 ครั้ง โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) อัตราการใช้ 250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร พ่นที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน
- กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

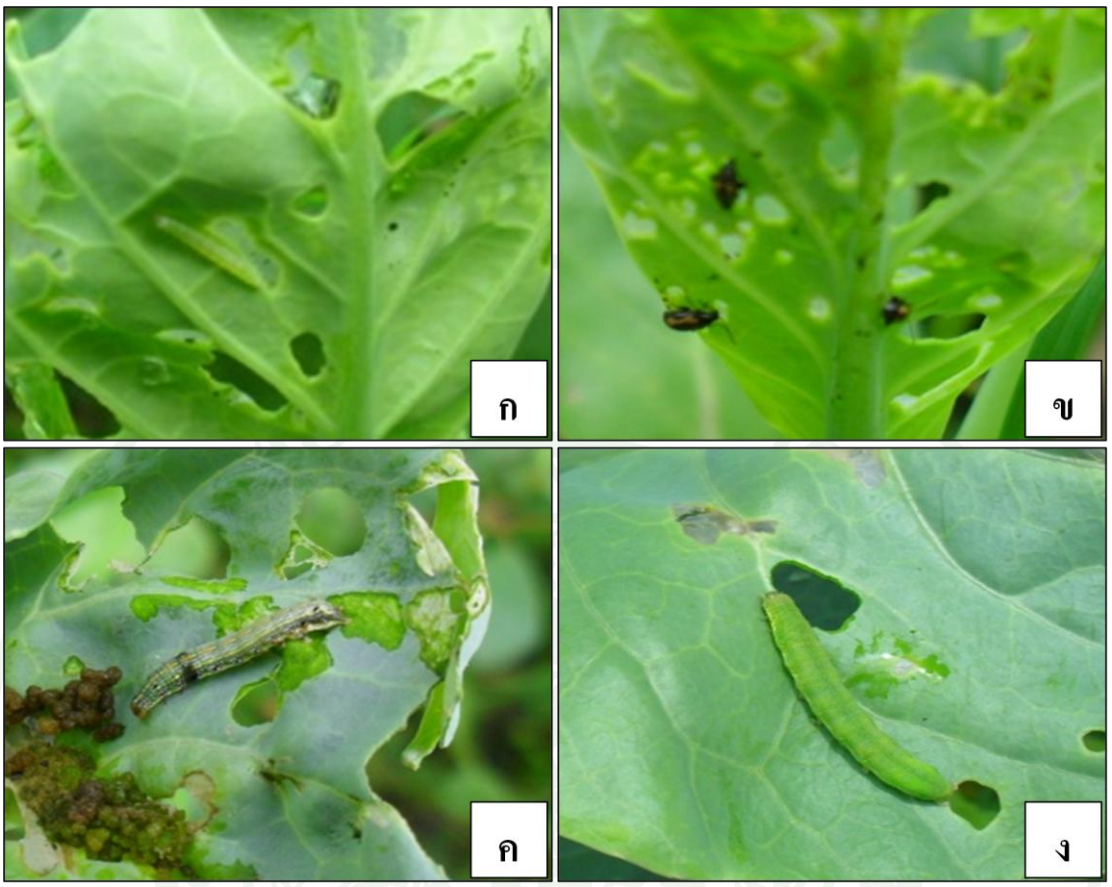


ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การพบแมลงศัตรูธรรมชาติบนต้นคะน้า ที่อายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการสุ่มนับแมลงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate) ทั้ง 3 ครั้ง พบว่า แมลงในกลุ่มของแมลงศัตรูผักที่พบมีอยู่ 7 ชนิด แมลงศัตรูผักตัวที่สำคัญและพบมากที่สุด คือ หนอนใยผัก จากตารางที่ 15 กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4A พบหนอนใยผักมากที่สุด 35.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 4M, L33, L30 และ L41 โดยพบหนอนใยผักเท่ากับ 33.12, 33.05, 31.45 และ 28.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบหนอนใยผัก 31.45 และ 34.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แมลงศัตรูผักตัวที่สำคัญและพบมากรองลงมา คือ ด้วงหมัดผัก กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L33 พบด้วงหมัดผักมากที่สุด 32.20 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ L30, 4M, L41 และ 4A โดยพบด้วงหมัดผักเท่ากับ 30.65, 28.03, 27.84 และ 25.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบด้วงหมัดผัก 22.34 และ 22.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แมลงศัตรูผักตัวที่สำคัญและพบรองลงมา คือ หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอม เพลี้ยอ่อน หนอนคืบผัก และตั๊กแตน ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 21 แมลงศัตรูผักคะน้าที่สำคัญที่พบในแปลงทดลอง; หนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) (ก), ด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata* Step.) (ข), หนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (Fabricius) (ค) และหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* Hubner) (ง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผัก จากการสุ่มนับทั้ง 3 ครั้ง ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผัก จากการสุ่มนับทั้ง 3 ครั้ง ในสภาพแปลงเกษตรกร							
ศัตรูผัก	กรรมวิธี						
	L41	L33	L30	4A	4M	ควบคุม	ดั้งเดิม
หนอนใยผัก	26.80	33.05	31.45	35.00	33.12	31.47	34.09
หนอนกระทู้ผัก	12.37	11.02	12.90	12.86	12.10	16.24	17.05
หนอนกระทู้หอม	13.40	10.17	12.90	10.00	10.19	9.64	10.23
หนอนคืบผัก	6.19	2.54	4.84	6.43	3.82	5.08	4.55
ด้วงหมัดผัก	27.84	32.20	30.65	25.71	28.03	22.34	22.73
ตั๊กแตน	2.06	2.54	2.42	2.86	1.91	3.55	3.41
เพลี้ยอ่อน	11.34	8.47	4.84	7.14	10.83	11.68	7.95

- จาก 3 ครั้ง รวมแมลงแต่ละชนิด คิดเปอร์เซ็นต์โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของแมลงแต่ละกรรมวิธี
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) อัตราการใช้ 250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร พ่นที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน
- กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการสุ่มนับแมลงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate) ทั้ง 3 ครั้ง พบว่า แมลงในกลุ่มของแมลงศัตรูธรรมชาติที่พบมีอยู่ 5 ชนิด แมลงศัตรูธรรมชาติตัวที่สำคัญและพบมากที่สุด คือ แมลงกลุ่มแตนเบียน จากตารางที่ 16 กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L33 พบแตนเบียนมากที่สุด 68.75 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 4M, L41, 4A และ L30 โดยพบแตนเบียนเท่ากับ 65.00, 57.45, 55.56 และ 46.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแตนเบียน 56.82 และ 61.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แมลงศัตรูธรรมชาติตัวที่สำคัญและพบมากรองลงมา คือ ด้วงเต่า กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L30 พบด้วงเต่ามากที่สุด 42.22 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ L41, 4A, L33 และ 4M โดยพบด้วงเต่าเท่ากับ 27.66, 26.67, 25.00 และ 24.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบด้วงเต่า 27.27 และ 30.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แมลงศัตรูธรรมชาติที่สำคัญและพบรองลงมา คือ แมลงปอ มวนตัวห้ำ และแมลงช้างปีกใส ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

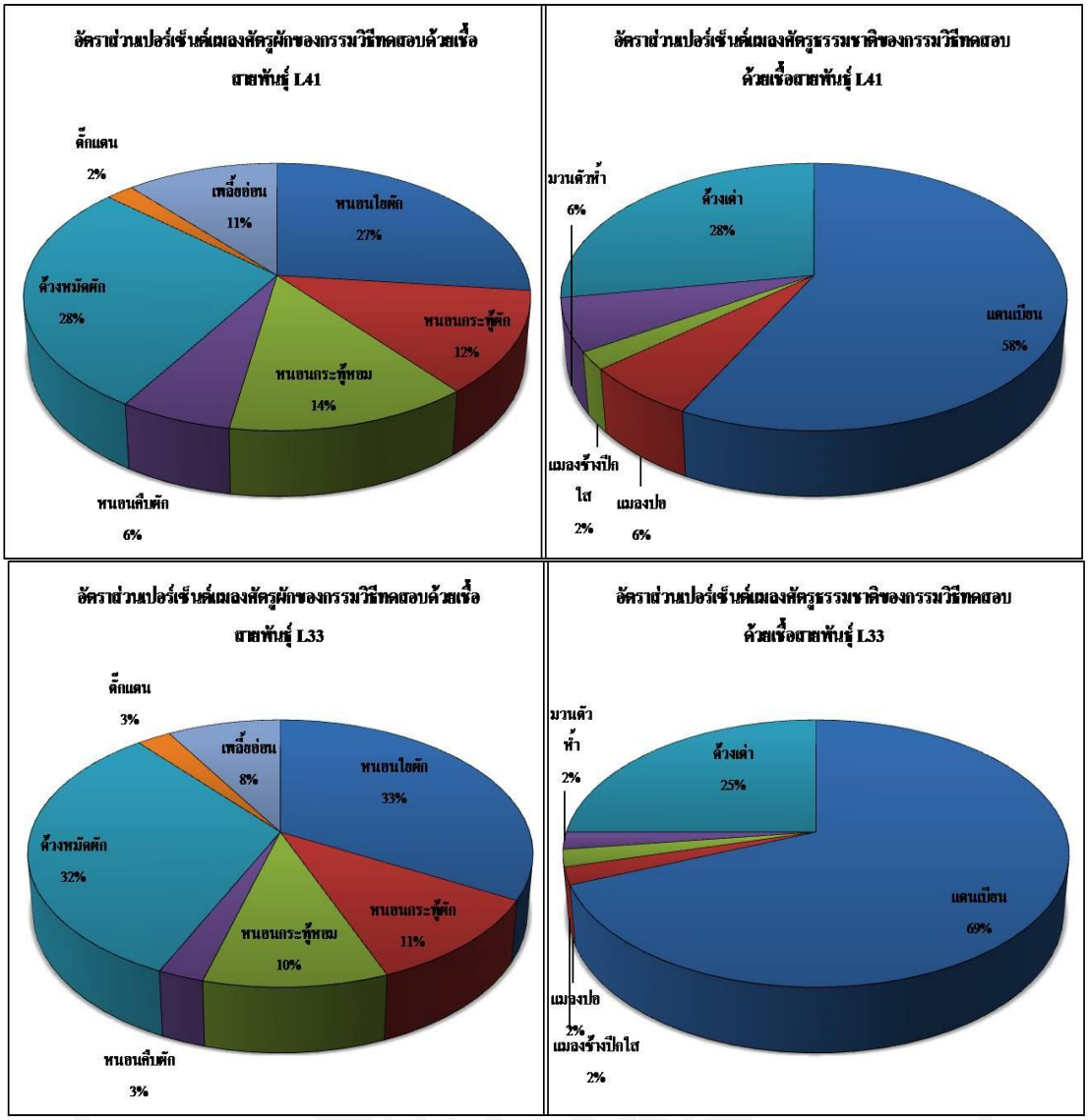
ตารางที่ 16 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติ จากการสุ่มนับทั้ง 3 ครั้ง ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติ จากการสุ่มนับทั้ง 3 ครั้ง ในสภาพแปลงเกษตรกร

ศัตรูธรรมชาติ	กรรมวิธี						
	L41	L33	L30	4A	4M	ควบคุม	ดั้งเดิม
แตนเบียน	57.45	68.75	46.67	55.56	65.00	56.82	61.54
แมลงปอ	6.38	2.08	6.67	4.44	6.67	6.82	2.56
แมลงช้างปีกใส	2.13	2.08	2.22	4.44	2.08	2.27	2.56
มวนตัวห้ำ	6.38	2.08	2.22	8.89	2.13	6.82	2.56
ด้วงเต่า	27.66	25.00	42.22	26.67	24.12	27.27	30.77

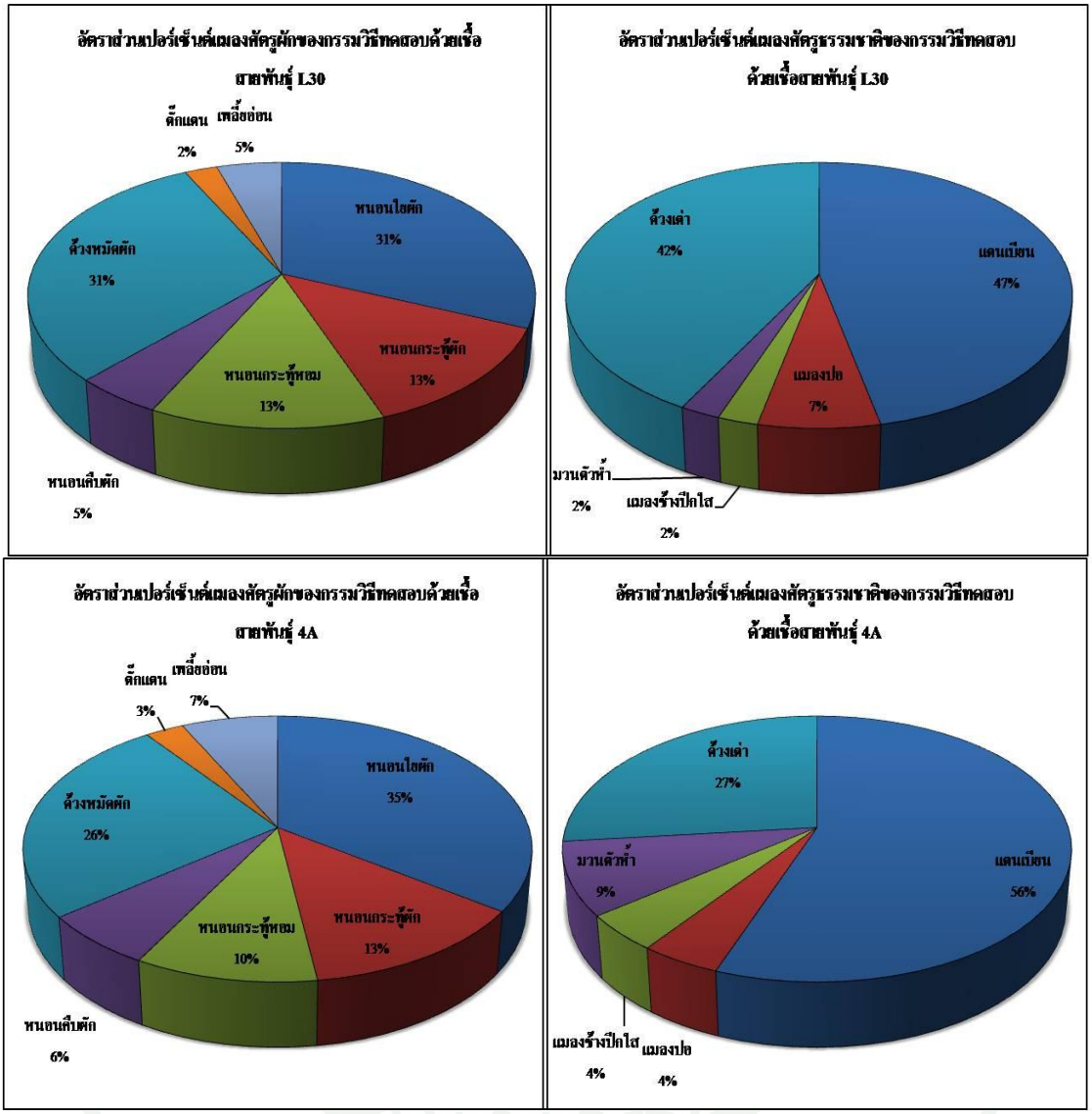
- จาก 3 ครั้ง รวมแมลงแต่ละชนิด คิดเปอร์เซ็นต์โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของแมลงแต่ละกรรมวิธี
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) อัตราการใช้ 250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร พ่นที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน
- กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



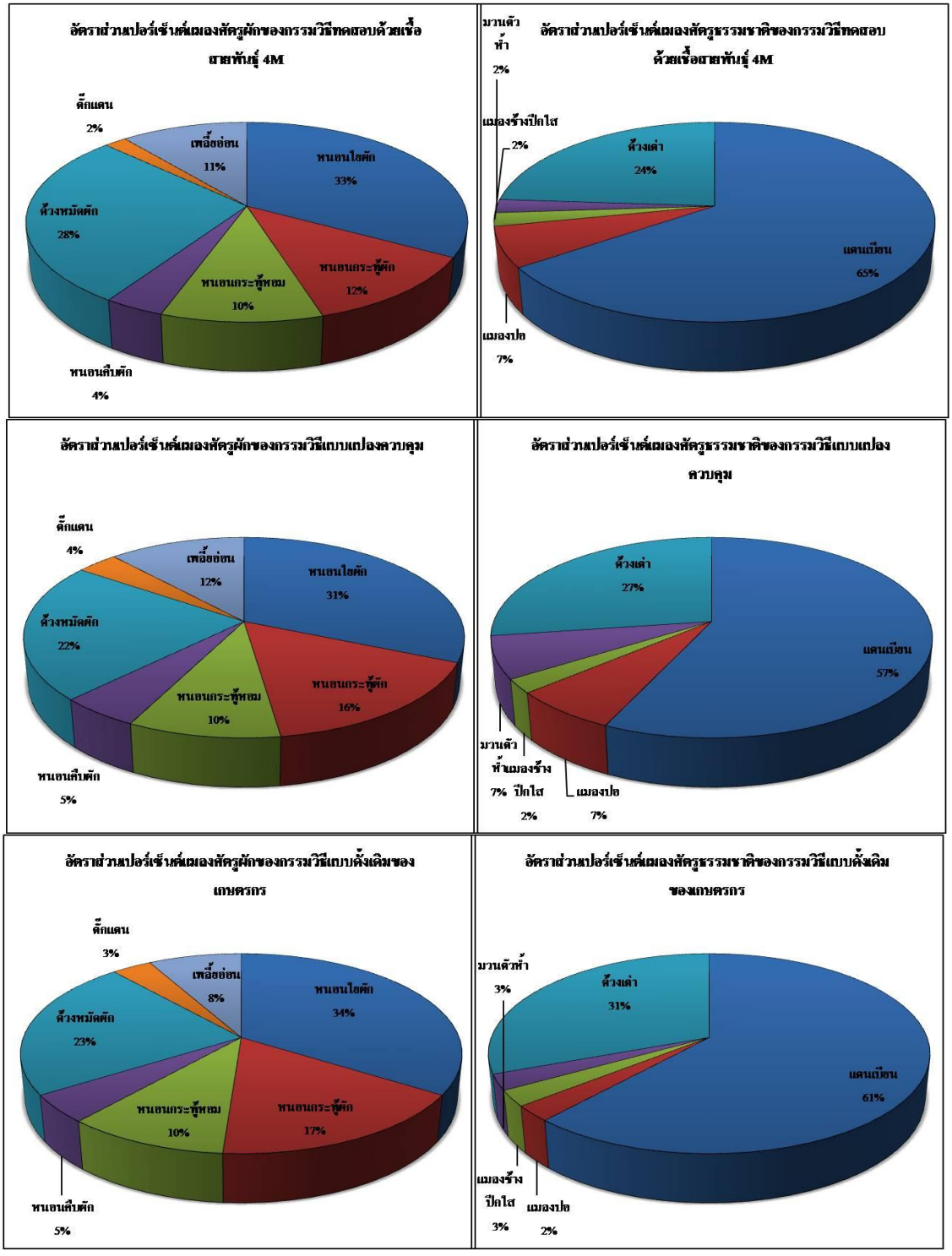
ภาพที่ 22 เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติของกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ L41 และ L33 สุ่มนับแมลงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 23 เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติของกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ L30 และ 4A สุ่มนับแมลงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 24 เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติของกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ 4M กรรมวิธีแบบแปลงควบคุม และกรรมวิธีแบบดั้งเดิมของเกษตรกร สุ่มนับแมลงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.2 สุ่มนับแมลงแบบติดตั้งกับดักกาวเหนียว

ใช้แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดสีเหลืองมัดติดกับท่อนไม้ไผ่ ใช้ถุงพลาสติกทาด้วยกาวดักแมลง นำไปคลุมแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ปักกับดักกาวเหนียวไว้กลางแปลงผักคะน้า ติดตั้งกับดักกาวเหนียว 5 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน ตามลำดับ แต่ละครั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 7 วัน นับแมลงและแบ่งแมลงเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแมลงศัตรูผักและกลุ่มแมลงศัตรูธรรมชาติ นำแมลงทั้ง 2 กลุ่ม มาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนแต่ละซ้ำ แต่ละกรรมวิธี ของทั้ง 2 กลุ่ม

5.2.2.1 สุ่มนับแมลงศัตรูผัก จากการสุ่มติดตั้งกับดักกาวเหนียวทั้ง 5 ครั้ง พบว่า ครั้งที่ 1 คะน้าอายุ 14 วัน ติดตั้งกับดักกาวเหนียววันที่ 21 กรกฎาคม 2556 จากตารางที่ 17 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L30 พบแมลงศัตรูผักมากที่สุด 48.52 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ 4A, 4M, L33 และ L41 โดยพบแมลงศัตรูผักเท่ากับ 48.20, 41.80, 41.62 และ 33.47 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูผัก 46.76 และ 39.69 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ

ครั้งที่ 2 คะน้าอายุ 21 วัน ติดตั้งกับดักกาวเหนียววันที่ 27 กรกฎาคม 2556 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L30 พบแมลงศัตรูผักมากที่สุด 60.45 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ 4M, 4A, L33 และ L41 โดยพบแมลงศัตรูผักเท่ากับ 54.79, 54.08, 48.20 และ 41.65 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูผัก 52.87 และ 58.49 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ครั้งที่ 3 คะน้าอายุ 28 วัน ติดตั้งกับดักกาวเหนียววันที่ 3 สิงหาคม 2556 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แมลงสายพันธุ์ 4M พบแมลงศัตรูผักมากที่สุด 57.01 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ 4A, L30, L33 และ L41 โดยพบแมลงศัตรูผักเท่ากับ 56.71, 55.05, 44.24 และ 41.15 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูผัก 56.06 และ 48.85 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ครั้งที่ 4 คะน้าอายุ 35 วัน ติดตั้งกับดักกาวเหนียววันที่ 10 สิงหาคม 2556 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4A พบแมลงศัตรูผักมากที่สุด 60.01 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ 4M, L30, L33 และ L41 โดยพบแมลงศัตรูผักเท่ากับ 58.13, 55.93, 45.13 และ 37.52 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูผัก 60.39 และ 52.31 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ครั้งที่ 5 คะน้าอายุ 42 วัน ติดตั้งกับดักกาวเหนียววันที่ 17 สิงหาคม 2556 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4M พบแมลงศัตรูผักมากที่สุด 58.57 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ 4A, L30, L33 และ L41 โดยพบแมลงศัตรูผักเท่ากับ 55.74, 50.25, 45.77 และ 45.16 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูผัก 54.35 และ 51.39 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

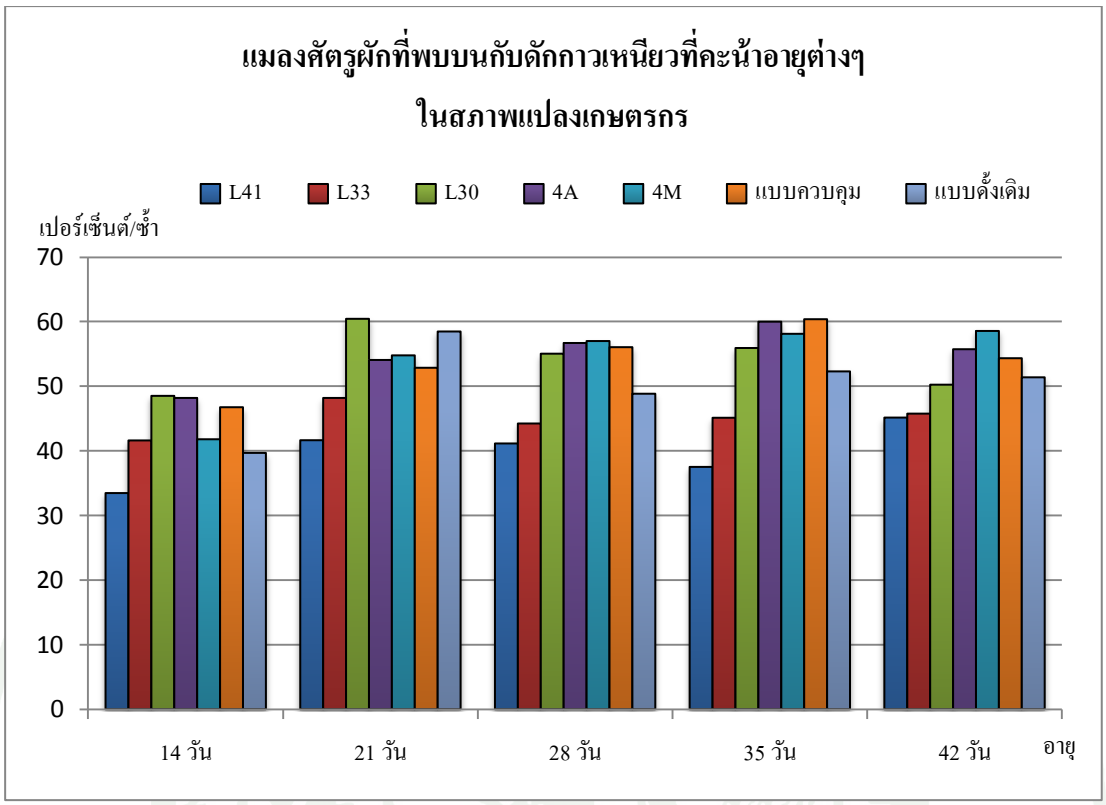
ตารางที่ 17 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการยับยั้งการระบาดของแมลงศัตรูผักคะน้า ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ค่าเฉลี่ยการสำรวจแมลงศัตรูผัก (เปอร์เซ็นต์/ซ้ำ) ที่พบบนกับดักกาวเหนียวที่คะน้าอายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร

กรรมวิธี	คะน้าอายุ				
	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
L41	33.47±2.96a	41.65±0.38a	41.15±1.93a	37.52±3.87a	45.16±0.71a
L33	41.62±4.21ab	48.20±3.44ab	44.24±1.76ab	45.13±2.19b	45.77±0.24a
L30	48.52±0.33b	60.45±3.16c	55.05±1.75cd	55.93±0.76cd	50.25±1.44ab
4A	48.20±3.91b	54.08±3.32bc	56.71±2.99d	60.01±1.77d	55.74±2.91bc
4M	41.80±4.52ab	54.79±3.39bc	57.01±1.32d	58.13±0.73cd	58.57±2.11c
ควบคุม	46.76±0.38b	52.87±0.81bc	56.06±2.50d	60.39±3.37d	54.35±1.51bc
ดั้งเดิม	39.69±1.61ab	58.49±1.74c	48.85±3.00bc	52.31±1.27c	51.39±1.82b

- จาก 3 ซ้ำ สุ่มติดตั้งกับดักกาวเหนียวซ้ำละ 1 อัน โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) อัตราการใช้ 250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร พ่นที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน
- กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 25 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การพบแมลงศัตรูผักบนกับดักกาวเหนียว ที่คะน้าอายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.2.2 สุ่มนับแมลงศัตรูธรรมชาติ จากการสุ่มติดตั้งกับดักกาวเหนียวทั้ง 5 ครั้ง พบว่า ครั้งที่ 1 คะน้าอายุ 14 วัน ติดตั้งกับดักกาวเหนียววันที่ 21 กรกฎาคม 2556 จากตารางที่ 18 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 พบแมลงศัตรูธรรมชาติมากที่สุด 66.53 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ L33, 4M, 4A และ L30 โดยพบแมลงศัตรูธรรมชาติเท่ากับ 58.38, 58.20, 51.80 และ 51.48 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูธรรมชาติ 53.24 และ 60.31 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ

ครั้งที่ 2 คะน้าอายุ 21 วัน ติดตั้งกับดักกาวเหนียววันที่ 27 กรกฎาคม 2556 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 พบแมลงศัตรูธรรมชาติมากที่สุด 58.35 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ L33, 4A, 4M และ L30 โดยพบแมลงศัตรูธรรมชาติเท่ากับ 51.80, 45.92, 45.21 และ 39.55 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูธรรมชาติ 47.13 และ 41.51 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ครั้งที่ 3 คะน้าอายุ 28 วัน ติดตั้งกับดักกาวเหนียววันที่ 3 สิงหาคม 2556 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 พบแมลงศัตรูธรรมชาติมากที่สุด 58.85 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ L33, L30, 4A และ 4M โดยพบแมลงศัตรูธรรมชาติเท่ากับ 55.76, 44.95, 43.29 และ 42.99 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูธรรมชาติ 43.94 และ 51.15 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ครั้งที่ 4 คะน้าอายุ 35 วัน ติดตั้งกับดักกาวเหนียววันที่ 10 สิงหาคม 2556 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 พบแมลงศัตรูธรรมชาติมากที่สุด 62.48 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ L33, L30, 4M และ 4A โดยพบแมลงศัตรูธรรมชาติเท่ากับ 54.87, 44.07, 41.87 และ 39.99 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูธรรมชาติ 39.61 และ 47.69 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ครั้งที่ 5 คะน้าอายุ 42 วัน ติดตั้งกับดักกาวเหนียววันที่ 17 สิงหาคม 2556 พบว่า เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 พบแมลงศัตรูธรรมชาติมากที่สุด 54.84 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ รองลงมาคือ L33, L30, 4A และ 4M โดยพบแมลงศัตรูธรรมชาติเท่ากับ 54.23, 49.75, 44.26 และ 41.43 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแมลงศัตรูธรรมชาติ 45.65 และ 48.61 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

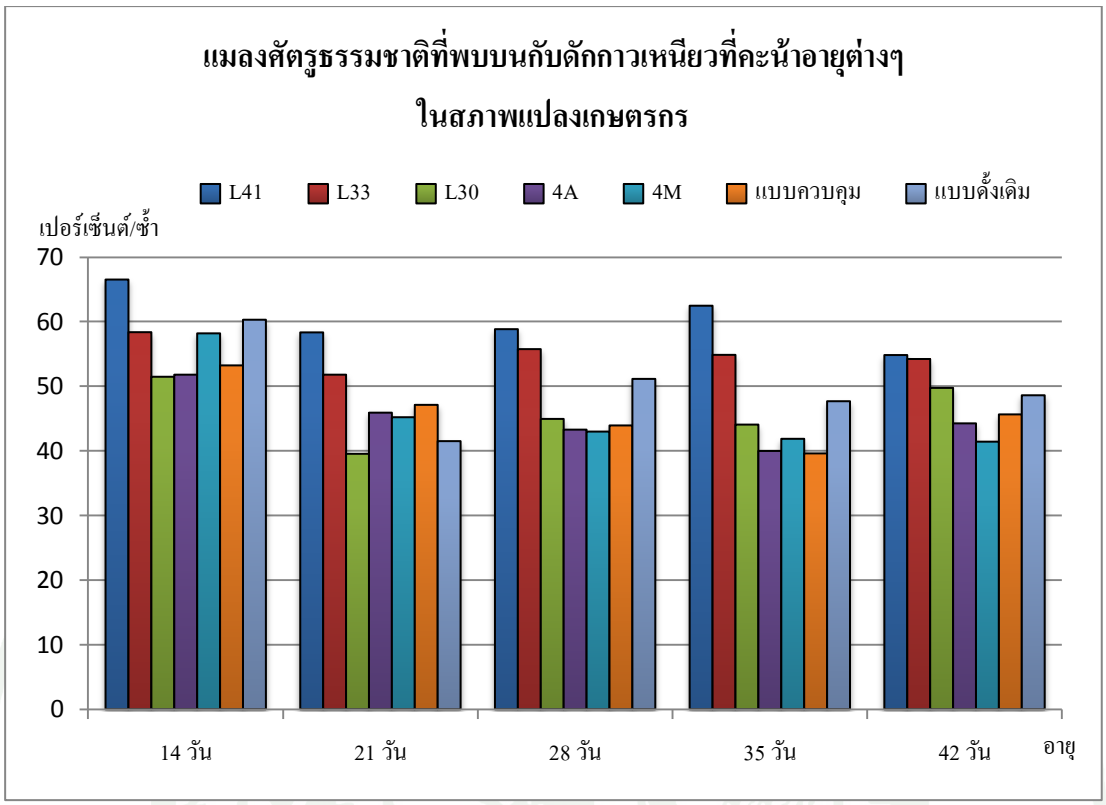
ตารางที่ 18 ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของแมลงศัตรูธรรมชาติ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ค่าเฉลี่ยการสำรวจแมลงศัตรูธรรมชาติ (เปอร์เซ็นต์/ซ้ำ) ที่พบบนกับดักกาวเหนียวที่คะน้าอายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร

กรรมวิธี	คะน้าอายุ				
	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
L41	66.53±2.96b	58.35±0.38c	58.85±1.93d	62.48±3.87d	54.84±0.71c
L33	58.38±4.21ab	51.80±3.44bc	55.76±1.76cd	54.87±2.19c	54.23±0.24c
L30	51.48±0.33a	39.55±3.16a	44.95±1.75ab	44.07±0.76ab	49.75±1.44bc
4A	51.80±3.91a	45.92±3.32ab	43.29±2.98a	39.99±1.77a	44.26±2.91ab
4M	58.20±4.52ab	45.21±3.39ab	42.99±1.32a	41.87±0.73ab	41.43±2.11a
ควบคุม	53.24±0.38a	47.13±0.81ab	43.94±2.50a	39.61±3.74a	45.65±1.51ab
ดั้งเดิม	60.31±1.61ab	41.51±1.74a	51.15±3.00bc	47.69±1.27b	48.61±1.82b

- จาก 3 ซ้ำ สุ่มติดตั้งกับดักกาวเหนียวซ้ำละ 1 อัน โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) อัตราการใช้ 250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร พ่นที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน
- กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 26 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การพบแมลงศัตรูธรรมชาติบนกับดักกาวเหนียว ที่คะน้าอายุต่างๆ ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการสุ่มติดตั้งกับดักกาวเหนียวทั้ง 5 ครั้ง พบว่า แมลงในกลุ่มของแมลงศัตรูผักที่พบมีอยู่ 8 ชนิด แมลงศัตรูผักตัวที่สำคัญและพบมากที่สุด คือ ด้วงหมัดผัก จากตารางที่ 19 กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4A พบด้วงหมัดผักมากที่สุด 43.44 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ L41, L30, 4M และ L33 โดยพบด้วงหมัดผักเท่ากับ 41.00, 33.31, 29.65 และ 28.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบด้วงหมัดผัก 25.43 และ 28.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แมลงศัตรูผักตัวที่สำคัญและพบมากรองลงมา คือ ผีเสื้อหนอนใยผัก กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4M พบผีเสื้อหนอนใยผักมากที่สุด 20.77 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ L30, 4A, L33 และ L41 โดยพบผีเสื้อหนอนใยผักเท่ากับ 19.32, 17.09, 13.87 และ 8.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบผีเสื้อหนอนใยผัก 26.37 และ 7.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แมลงศัตรูผักตัวที่สำคัญและพบรองลงมา คือ ผีเสื้อหนอนกระทู้หอม ผีเสื้อหนอนกระทู้ผัก เพลี้ยอ่อน แมลงหวี่ขาว ตั๊กแตน และผีเสื้อหนอนคืบผัก ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผัก จากการสุ่มนับทั้ง 5 ครั้ง ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผัก จากการสุ่มนับทั้ง 5 ครั้ง ในสภาพแปลงเกษตรกร							
ศัตรูผัก	กรรมวิธี						
	L41	L33	L30	4A	4M	ควบคุม	ดั้งเดิม
ผีเสื้อหนอนใยผัก	8.12	13.87	19.32	17.09	20.77	26.37	7.63
ผีเสื้อหนอนกระทู้ผัก	7.62	8.45	9.15	5.69	12.10	14.00	8.99
ผีเสื้อหนอนกระทู้หอม	13.40	10.17	11.77	5.77	11.15	12.50	10.80
ผีเสื้อหนอนคืบผัก	6.19	7.86	4.84	8.65	4.36	4.98	6.34
ด้วงหมัดผัก	41.00	28.15	33.31	43.44	29.65	25.43	28.89
ตั๊กแตน	4.25	5.47	7.25	4.33	2.51	8.97	12.98
เพลี้ยอ่อน	8.08	17.56	8.66	8.93	9.63	3.22	8.75
แมลงหวี่ขาว	11.34	8.47	5.70	6.10	9.83	4.53	15.62

- จาก 5 ครั้ง รวมแมลงแต่ละชนิด คิดเปอร์เซ็นต์โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของแมลงแต่ละกรรมวิธี
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) อัตราการใช้ 250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร พ่นที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน
- กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการสุ่มนับแมลงแบบติดตั้งกับดักกาวเหนียวทั้ง 5 ครั้ง พบว่า แมลงในกลุ่มของแมลงศัตรูธรรมชาติที่พบมีอยู่ 7 ชนิด แมลงศัตรูธรรมชาติตัวที่สำคัญและพบมากที่สุด คือ แมลงกลุ่มแตนเบียน จากตารางที่ 20 กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4M พบแตนเบียนมากที่สุด 54.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ L30, L41, L33 และ 4A โดยพบแตนเบียนเท่ากับ 48.89, 44.73, 41.00 และ 31.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบแตนเบียน 38.68 และ 35.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แมลงศัตรูธรรมชาติตัวที่สำคัญและพบมากรองลงมา คือ ด้วงเต่า กรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ 4A พบด้วงเต่ามากที่สุด 26.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ L33, L30, L41 และ 4M โดยพบด้วงเต่าเท่ากับ 19.88, 19.33, 12.23 และ 11.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) พบด้วงเต่า 21.45 และ 31.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แมลงศัตรูธรรมชาติที่สำคัญและพบรองลงมา คือ แมลงวันก้นขน มวนตัวห้ำ แมลงปอ แมลงหางหนีบ และแมลงช้างปีกใส ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

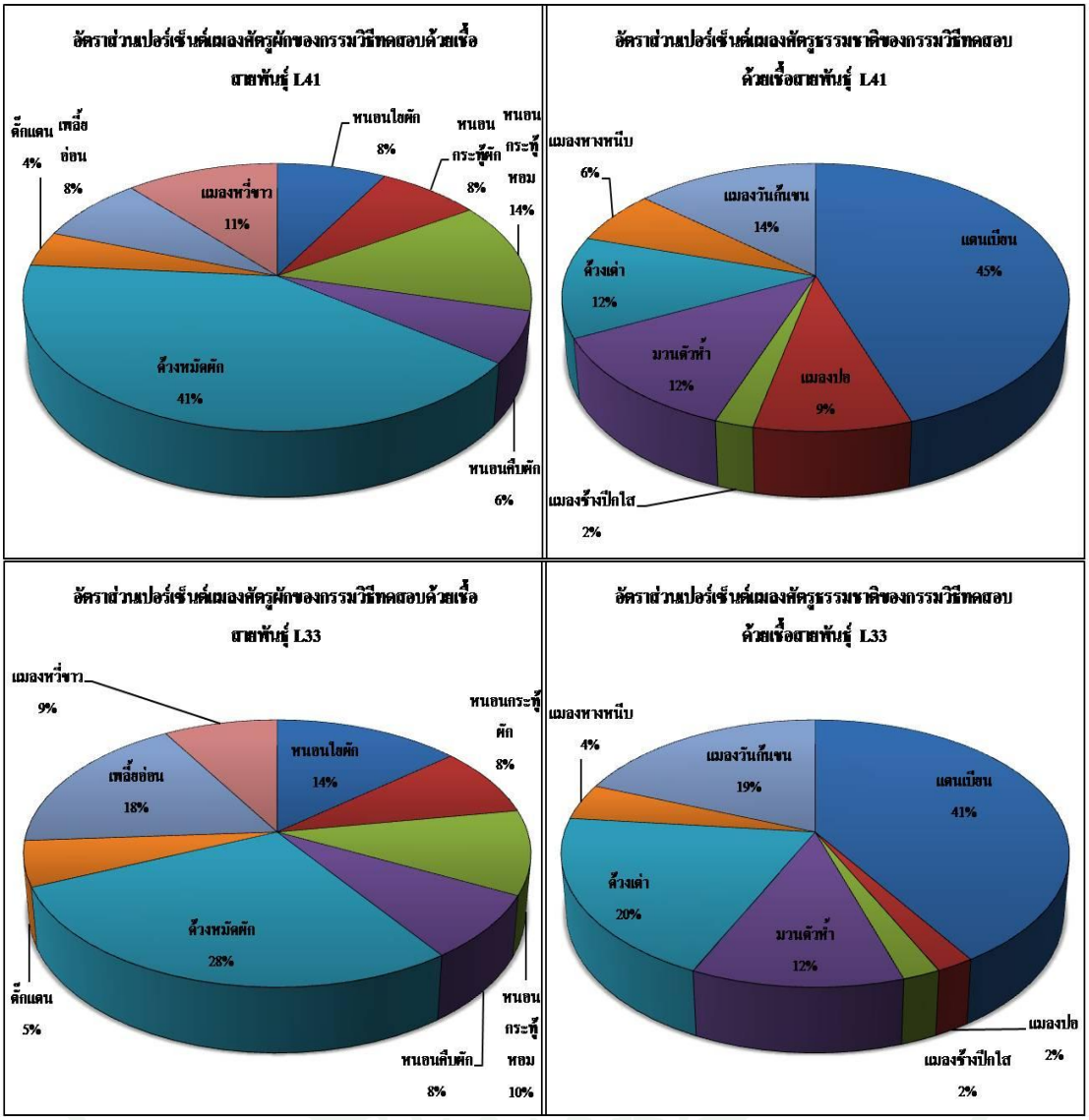
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติ จากการสุ่มนับทั้ง 5 ครั้ง ในสภาพแปลงเกษตรกร ที่ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูธรรมชาติ จากการสุ่มนับทั้ง 5 ครั้ง ในสภาพแปลงเกษตรกร							
ศัตรูธรรมชาติ	กรรมวิธี						
	L41	L33	L30	4A	4M	ควบคุม	ดั้งเดิม
แตนเบียน	44.73	41.00	48.89	31.08	54.00	38.68	35.44
แมลงปอ	8.65	2.08	7.34	4.44	8.32	6.82	6.21
แมลงช้างปีกใส	2.13	2.08	5.44	4.44	2.22	4.67	6.78
มวนตัวห้ำ	12.12	11.65	4.36	8.89	2.22	6.82	4.21
ด้วงเต่า	12.23	19.88	19.33	26.67	11.48	21.45	31.04
แมลงหางหนีบ	6.53	4.38	2.43	4.22	5.61	4.33	4.07
แมลงวันก้นขน	13.61	18.92	12.21	20.26	16.15	17.23	12.25

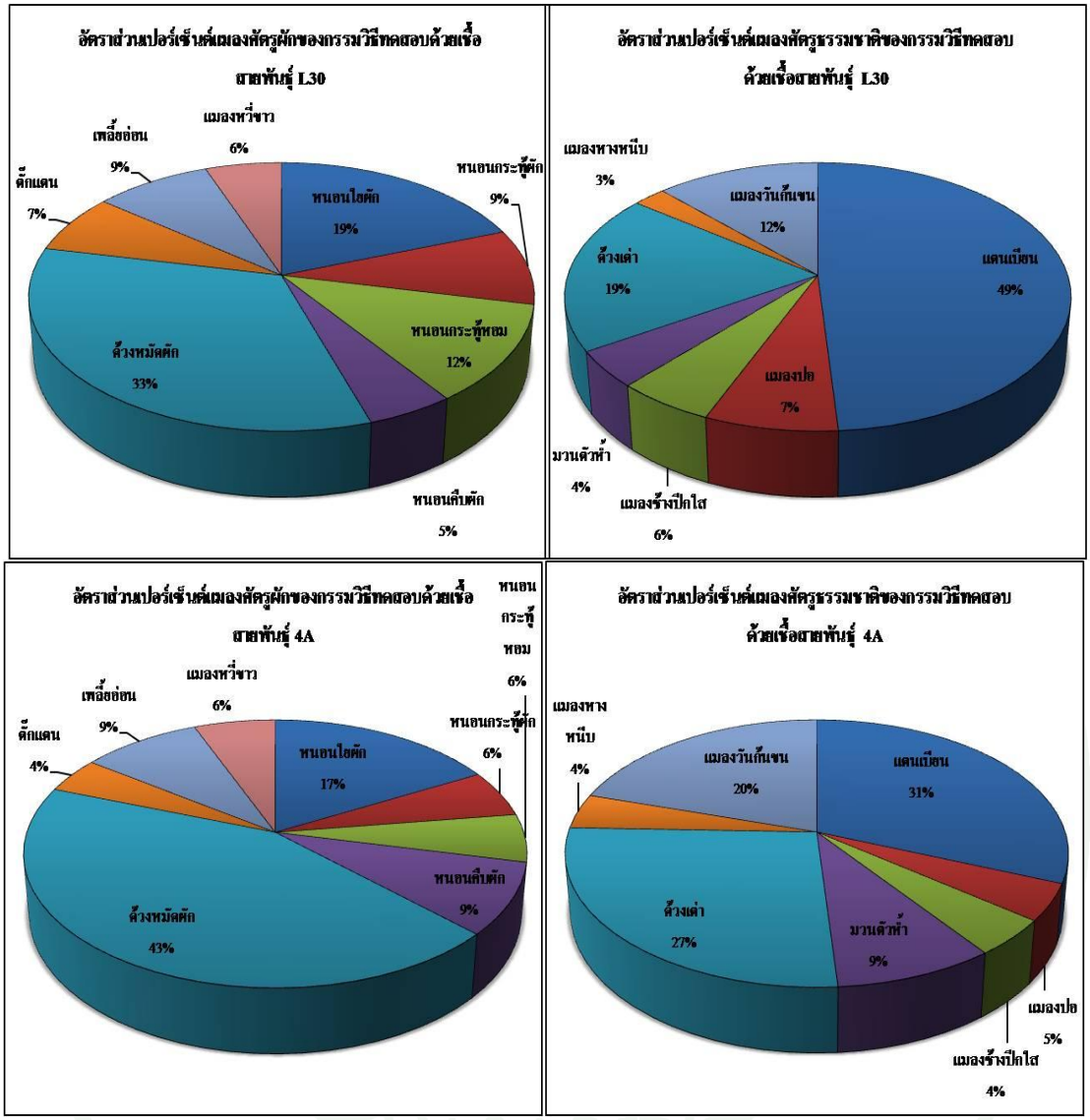
- จาก 5 ครั้ง รวมแมลงแต่ละชนิด คิดเปอร์เซ็นต์โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของแมลงแต่ละกรรมวิธี
- เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับค่าความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้นประมาณ $1*10^8$ cfu/ml) อัตราการใช้ 250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร พ่นที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน
- กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรใช้สารเคมีไซเปอร์เมทริน 25% (น๊อคทริน 25) w/v EC อัตราการใช้ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 15 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



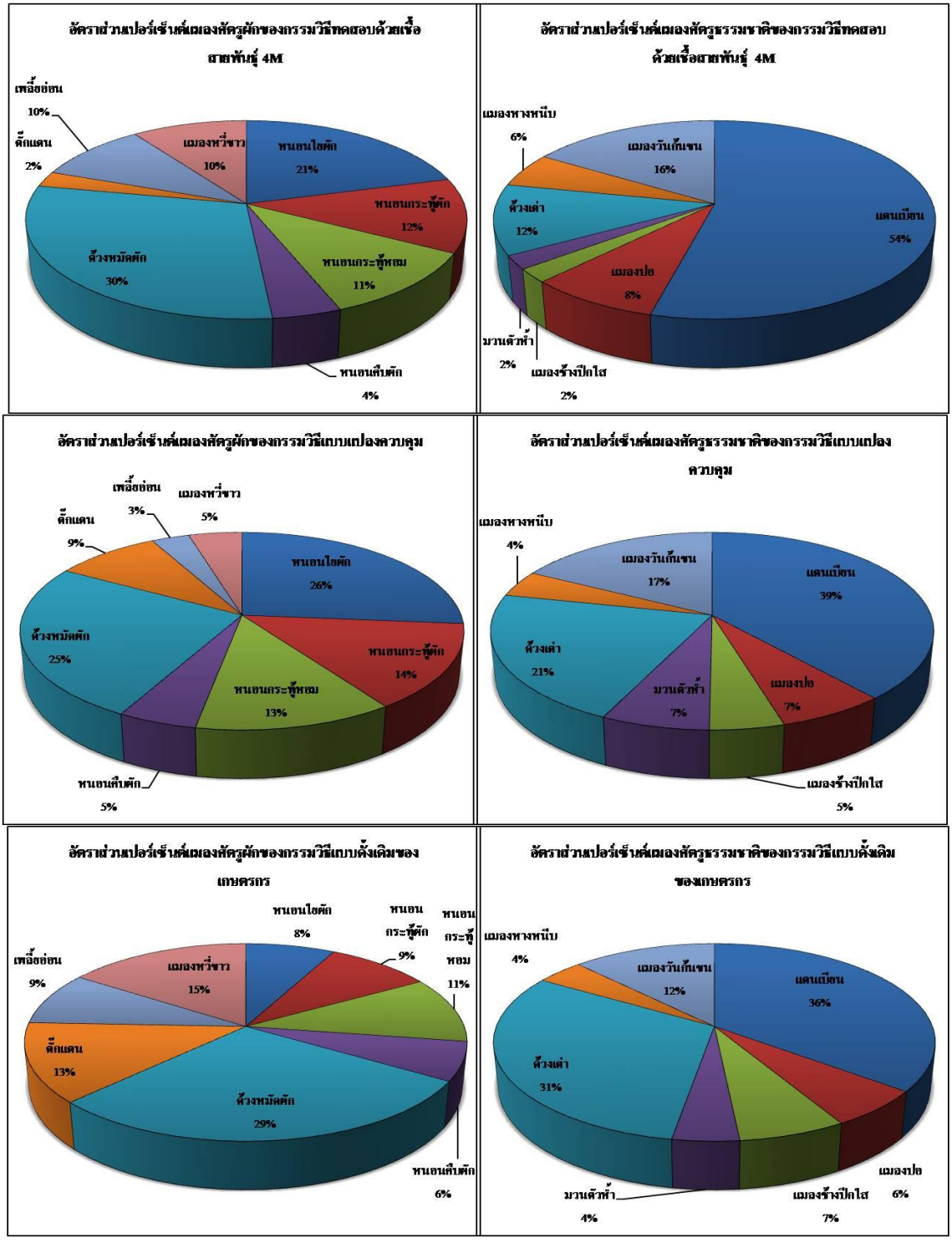
ภาพที่ 27 เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติของกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ L41 และ L33 สุ่มนับแมลงแบบติดตั้งกับดักกาวเหนียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 28 เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติของกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ L30 และ 4A สุ่มนับแมลงแบบติดตั้งกับดักกาวเหนียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 29 เปอร์เซ็นต์แมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติของกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ 4M กรรมวิธีแบบแปลงควบคุม และกรรมวิธีแบบดั้งเดิมของเกษตรกร สุ่มนับแมลงแบบติดตั้งกับดักกาวเหนียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งจะเห็นได้ว่าการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในระดับแปลงเกษตรกรเพื่อดูประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้า จากการสุ่มถอนต้นคะน้ามาชั่งน้ำหนักสดทั้ง 6 ครั้ง พบว่า ทั้ง 6 ครั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การสุ่มถอนต้นคะน้าครั้งที่ 5 ที่คะน้าอายุ 42 วัน ซึ่งเป็นช่วงอายุคะน้าที่ตลาดมีความต้องการสูง พบว่า กรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด มากกว่าและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) ส่วนการสุ่มถอนครั้งที่ 6 ที่คะน้าอายุ 49 วัน ซึ่งเป็นช่วงอายุคะน้าที่เจริญเติบโตเต็มที่ พบว่า กรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 และ L33 มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากกว่ากรรมวิธีแบบแปลงควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ใกล้เคียงแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) (ตารางที่ 12)

ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในระดับแปลงเกษตรกรเพื่อสุ่มนับแมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติ การสุ่มนับแบบแรก สุ่มนับแมลงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate) สุ่มนับ 3 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 28 และ 42 วัน พบว่า แมลงในกลุ่มแมลงศัตรูผักและกลุ่มแมลงศัตรูธรรมชาติจากการสุ่มนับทั้ง 3 ครั้ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการสุ่มนับแบบที่สองคือ สุ่มนับแมลงแบบติดตั้งกับดักกาวเหนียว สุ่มนับ 5 ครั้ง ที่คะน้าอายุ 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน พบว่า แมลงในกลุ่มแมลงศัตรูผักและกลุ่มแมลงศัตรูธรรมชาติจากการสุ่มนับทั้ง 5 ครั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 ดีที่สุด พบแมลงในกลุ่มแมลงศัตรูผักน้อยที่สุดทั้ง 5 ครั้ง น้อยกว่ากรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 17) ส่วนแมลงในกลุ่มแมลงศัตรูธรรมชาติ พบว่ากรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41 พบแมลงในกลุ่มแมลงศัตรูธรรมชาติมากที่สุดทั้ง 5 ครั้ง มากกว่ากรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 18)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงและกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (พ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน) สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้าและสามารถควบคุมปริมาณแมลงศัตรูผักเทียบเท่ากัน จะเห็นได้ว่ากรรมวิธีแบบแปลงควบคุมจะมีแมลงศัตรูผักมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และบางครั้งกรรมวิธีทดสอบด้วยเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงจะมีแมลงศัตรูผักเพิ่มขึ้นบ้าง ลดลงบ้าง เพราะเนื่องจากเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเป็นชีวภัณฑ์ที่มีความเฉพาะเจาะจงในการทำลายและถูกทำลายด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลทได้ง่าย เช่นเดียวกับการทดลองของ Kanit (2000) แสดงผลว่าแสงมีผลต่อประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียบีทีในการควบคุมหนอนกระทู้หอม ถ้าทำการฉีดพ่นในช่วงแสงตั้งแต่ 10.00 น. ถึง 14.00 น. ทำให้ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียบีทีในการควบคุมหนอนกระทู้หอมลดลง และในช่วงเวลา 6.00 น. ถึง 22.00 น. ให้ผลการทดลองเหมือนกับช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 18.00 น. และช่วงเวลาที่ดีที่สุดในการพ่นเชื้อแบคทีเรียบีที คือ 18.00 น. ถึง 22.00 น. เพราะช่วงเวลานี้เชื้อแบคทีเรียบีทีไม่ถูกรังสีอัลตร้าไวโอเลททำลาย ทำให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้หอมได้ (Kanit, 2000) ซึ่งตรงกับรายงานของ Ignoffo *et.al*., (1977) ว่าเชื้อแบคทีเรียบีทีสามารถมีชีวิตและมีประสิทธิภาพเพียง 3.8 ชั่วโมง เมื่อได้รับรังสีอัลตร้าไวโอเลทจากแสงแดดธรรมชาติ และปัจจัยอีกประการหนึ่งที่ส่งเสริมให้เกิดความเป็นพิษต่อแมลงได้มากยิ่งขึ้น คือการที่หนอนได้รับสปอร์และผลึกโปรตีนเข้าไปพร้อมกัน (Moar,1996)

จากการสุ่มนับแมลงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate) ทั้ง 3 ครั้ง พบว่า แมลงในกลุ่มของแมลงศัตรูผักที่พบมีอยู่ 7 ชนิด แมลงศัตรูผักตัวที่สำคัญและพบมากที่สุด คือ หนอนใยผัก สำหรับประเทศไทยหนอนใยผักเป็นแมลงศัตรูผักที่สำคัญ โดยเฉพาะแหล่งปลูกผักคะน้า หนอนใยผักมีการพัฒนาสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้รวดเร็วและหลายชนิดจึงยากแก่การป้องกันกำจัด ทั้งนี้เนื่องจากหนอนชนิดนี้มีวงจรชีวิตสั้น มีการแพร่พันธุ์และขยายพันธุ์รวดเร็ว และมีการพัฒนาการวางไข่ได้เร็ว คือ หลังจากออกจากดักแด้ภายใน 1 วัน ก็สามารถวางไข่ได้ทันทีและวางไข่ได้ตลอดชีวิต ประกอบกับสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมและมีพืชอาหารตลอดปี จึงเป็นสาเหตุให้พบการระบาดของหนอนใยผักในผักคะน้าอยู่เสมอ พบการระบาดตั้งแต่ปลายฤดูหนาวถึงฤดูแล้ง โดยเฉพาะเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน ส่วนในฤดูฝนมีการระบาดน้อยเนื่องจากฝนเป็นปัจจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หนึ่งที่ทำให้หนอนใยผักตาย (Vattanatangum, 1988) หนอนใยผักเป็นแมลงที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนได้เป็นอย่างดี (Stepanova, 1962) สามารถเจริญเติบโตได้แม้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 37 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5-30 องศาเซลเซียส

จากการสุ่มติดตั้งกับดักกาวเหนียวทั้ง 5 ครั้ง พบว่า แมลงในกลุ่มของแมลงศัตรูผักที่พบมีอยู่ 8 ชนิด แมลงศัตรูผักตัวที่สำคัญและพบมากที่สุด คือ ด้วงหมัดผัก ผีเสื้อหนอนใยผัก ผีเสื้อหนอนกระทู้หอม ผีเสื้อหนอนกระทู้ผัก ซึ่งจะสังเกตได้ว่า การสุ่มแบบติดตั้งกับดักกาวเหนียว จะติดเฉพาะตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูผักเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งพฤติกรรมของตัวเต็มวัยของแมลงศัตรูผักส่วนใหญ่จะออกหากินในเวลากลางคืน และจะใช้ช่วงเวลากลางคืนในการสืบพันธุ์อีกด้วย (Jayarathnam, 1979) ทำให้แมลงที่ได้จากการสุ่มแบบติดตั้งกับดักกาวเหนียวต่างจากแมลงที่สุ่มแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate) ซึ่งการสุ่มแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrate) จะสุ่มในเวลากลางวัน แมลงที่ได้จึงเป็นตัวหนอนหรือตัวอ่อนของแมลงศัตรูผัก ซึ่งมีพฤติกรรมออกหากินในเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่

ทางเลือกอีกทางเลือกในการควบคุมหนอนผีเสื้อ คือ การใช้สารชีวภัณฑ์ร่วมกัน เช่น การใช้เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงและไวรัส NPV มาผสมเข้าด้วยกันเพื่อใช้พ่นในคราวเดียวดังรายงาน Bell and Romine (1980) ได้ทดลองพ่นเชื้อแบคทีเรียบีทีร่วมกับ *A. californica* NPV และสารจับใบในแปลงปลูกฝ้าย พบว่าวิธีการผสมเชื้อแบคทีเรียบีทีและไวรัส NPV ให้ผลผลิตฝ้ายสูงกว่าวิธีการอื่นๆ จึงเป็นการนำเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดนี้ มาประยุกต์ใช้เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ควบคุมหนอนผีเสื้อ หรือถ้านำเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงและสารเคมีมาใช้ร่วมกันน่าจะส่งผลในทางที่ดี คือ เมื่อปลูกผักคะน้าควรหมั่นสังเกตว่า มีการระบาดของแมลงศัตรูผักหรือไม่ ถ้าเพิ่งเริ่มมีการระบาดให้พ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงก่อน แต่ถ้าผักคะน้ามีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนแมลงศัตรูผักมีเพิ่มมากขึ้น อาจพิจารณานำสารเคมีมาใช้ควบคุมให้จำนวนแมลงศัตรูผักมีปริมาณลดน้อยลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั้งนี้ในการปลูกผักคะน้าควรเลือกใช้หลายๆ วิธีในการควบคุมแมลงศัตรูผัก เช่น การใช้เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงร่วมกับศัตรูธรรมชาติทั้ง ตัวห้ำ ตัวเบียน ร่วมกับการใช้กับดักกาวเหนียวกับดักแสงเพื่อล่อตัวเต็มวัย เป็นการลดจำนวนของแมลงศัตรูผักได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้สามารถเลือกใช้วิธีกล คือ เมื่อพบเจอแมลงศัตรูผักในแปลงปลูกควรจับออกจากแปลงทันที หรือใช้สารเคมีร่วมด้วยอีกทางหนึ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ในสภาพห้องปฏิบัติการเพื่อควบคุมหนอนใยผัก พบว่า 1) การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก สายพันธุ์ที่มีจำนวนหนอนที่ตายมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L41 ตาย 36.67 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อและสารเคมีไซเปอร์เมทริน มีหนอนตาย 10.00 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) 2) การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก สายพันธุ์ที่มีจำนวนไข่ของผีเสื้อหนอนใยผักน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ L33 เฉลี่ย 8.56 ฟองต่อซ้ำ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่านึ่งฆ่าเชื้อและสารเคมีไซเปอร์เมทริน มีจำนวนไข่ของผีเสื้อหนอนใยผัก 106.67 และ 28.78 ฟองต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ในสภาพโรงเรือนทดลอง พบว่า 1) การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผัก สายพันธุ์ที่มีจำนวนหนอนที่ตายมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L30 ตาย 62.00 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและสารเคมีไซเปอร์เมทริน มีหนอนตาย 20.00 และ 86.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) 2) การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้า สายพันธุ์ที่มีความยาวรากมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L30 เฉลี่ย 4.98 เซนติเมตรต่อต้น เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและสารเคมีไซเปอร์เมทริน มีความยาวราก 3.63 และ 4.47 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีความสูงต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L30 เฉลี่ย 30.88 เซนติเมตรต่อต้น เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและสารเคมีไซเปอร์เมทริน มีความสูงต้น 24.48 และ 28.71 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีน้ำหนักสดมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L30 เฉลี่ย 14.07 กรัมต่อซ้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำเปล่าและสารเคมีไซเปอร์เมทริน มีน้ำหนักสด 9.09 และ 15.76 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M ในสภาพแปลงเกษตรกร พบว่า 1) การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้า วัดครั้งที่ 6 คะน้าอายุ 49 วัน สายพันธุ์ที่มีความยาวรากมากที่สุด คือ สายพันธุ์ 4M เฉลี่ย 10.20 เซนติเมตรต่อต้น เปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและแบบแปลงดั้งเดิม มีความยาวรากเฉลี่ย 7.90 และ 7.79 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 10) สายพันธุ์ที่มีความสูงต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L41 เฉลี่ย 39.49 เซนติเมตรต่อต้น เปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและแบบแปลงดั้งเดิม มีความสูงต้นเฉลี่ย 33.89 และ 38.67 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 11) สายพันธุ์ที่มีน้ำหนักสดมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L41 เฉลี่ย 247.40 กรัมต่อซ้ำ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและแบบแปลงดั้งเดิม มีน้ำหนักสดเฉลี่ย 172.21 และ 258.56 กรัมต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 12) 2) การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในการยับยั้งแมลงศัตรูผัก 2.1) สุ่มนับแมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติในแปลง สุ่มครั้งที่ 3 คะน้าอายุ 42 วัน สายพันธุ์ที่เจอแมลงศัตรูผักน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ L33 เฉลี่ย 71.17 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและแบบแปลงดั้งเดิม มีแมลงศัตรูผักเฉลี่ย 80.06 และ 75.26 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 13) สายพันธุ์ที่เจอแมลงศัตรูธรรมชาติมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L33 เฉลี่ย 28.83 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและแบบแปลงดั้งเดิม มีแมลงศัตรูธรรมชาติเฉลี่ย 19.94 และ 24.74 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 14) 2.2) สุ่มนับแมลงศัตรูผักและแมลงศัตรูธรรมชาติบนกับดักกาวเหนียว สุ่มครั้งที่ 5 คะน้าอายุ 42 วัน สายพันธุ์ที่เจอแมลงศัตรูผักน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ L41 เฉลี่ย 45.16 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและแบบแปลงดั้งเดิม มีแมลงศัตรูผักเฉลี่ย 54.35 และ 51.39 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 17) สายพันธุ์ที่เจอแมลงศัตรูธรรมชาติมากที่สุด คือ สายพันธุ์ L41 เฉลี่ย 54.84 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบแปลงควบคุมและแบบแปลงดั้งเดิม มีแมลงศัตรูธรรมชาติเฉลี่ย 45.65 และ 48.61 เปอร์เซ็นต์ต่อซ้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงยังมีความสามารถในการสร้างเอนไซม์โปรติเนส (proteinase) และสามารถชักนำให้ต้นคะน้าสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) และเอนไซม์ β-1,3 glucanase เพื่อชักนำภูมิต้านทานแมลง จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงสายพันธุ์ L41, L33, L30, 4A และ 4M จากดินแปลงคะน้ามีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้า และสามารถลดการระบาดของแมลงศัตรูผักลง ลดการใช้สารเคมีกำจัดแมลง จึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางปฏิบัติที่สามารถลดต้นทุน และลดสารพิษตกค้างในผลผลิต ส่งผลดีต่อเกษตรกร ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. การพ่นเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงควรผสมสารจับใบ พ่นในเวลาตอนเย็น แดดร่ม ลมสงบ และควรพ่นทันทีไม่ควรทิ้งไว้นาน จะช่วยยืดอายุเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงบนต้นคะน้าให้มีประสิทธิภาพอยู่ได้นานขึ้น

2. ควรใช้เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงในขณะที่หนอนใยผักยังเล็กอยู่ และควรพ่นให้ครอบคลุมบริเวณส่วนบนและล่างของใบคะน้า เพราะว่าหนอนใยผักส่วนใหญ่จะอาศัยกัดกินอยู่ใต้ใบคะน้า

3. ในแหล่งที่มีการระบาดของหนอนใยผักมาก การใช้เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงเพียงชนิดเดียวในการควบคุมหนอนใยผัก ควรเพิ่มความเข้มข้น และความถี่ในการพ่น เช่น พ่นทุกๆ 3 วันต่อครั้ง เนื่องจากการใช้เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงต้องใช้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

4. ควรศึกษาระดับเศรษฐกิจของหนอนใยผักที่ระบาดในแปลงคะน้า ในแต่ละสถานการณ์เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกวิธีการควบคุมที่เหมาะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่ทำการทดลองและระยะเวลาทำการวิจัย

1. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

2. แปลงคะน้าเกษตรกร ตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

ระยะเวลา เดือนพฤษภาคม - กันยายน พ.ศ. 2556

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมแมลงศัตรูพืชผัก

2. ทราบประสิทธิภาพการควบคุมแมลงศัตรูผักของเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง

3. ได้ผลผลิตผักคุณภาพ มีความปลอดภัยเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร และสามารถส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศได้

4. ลดการใช้สารเคมี และการนำเข้าสารเคมีกำจัดแมลง เกิดประโยชน์โดยตรงต่อเกษตรกร และการพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนา ในเรื่องของการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพในการพัฒนาอย่างยั่งยืน ตลอดจนการพัฒนาวิธีการอารักขาพืชโดยลดการใช้สารเคมี ป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างเหมาะสม เพื่อสร้างความเข้มแข็งของชุมชน

5. เกษตรกรตระหนักถึงคุณค่าของสิ่งแวดล้อม มีการปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติในการผลิตผักแบบดั้งเดิมไปสู่เกษตรกรอย่างยั่งยืนที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม โดยคาดว่าเกษตรกรจะมีการหันมาใช้แบคทีเรียกำจัดแมลงเพิ่มขึ้นจากเดิม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. เกิดความเชื่อมโยงระหว่างนักวิชาการ นักส่งเสริมการเกษตรกับกลุ่มเป้าหมายคือ เกษตรกร บริษัทเอกชนและผู้ส่งออก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2549. **การปลูกคะน้า.** ห้องสมุดความรู้การเกษตร. แหล่งที่มา: http://www.doae.go.th/library/html/detail/kana2.htm., 20 ตุลาคม 2549.

กลุ่มงานวิจัยการใช้สารป้องกันจำกัดศัตรูพืช. 2543. **เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช.** กองกีฏวิทยาและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ.

กองกีฏและสัตววิทยา. 2541. **คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืชปี 2541**. เอกสารวิชาการ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 285 น.

เกษม พิลึก. 2524. **ผักกาดและผักกะหล่ำ**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 96 น.

จริยา จันทร์ไพแสง, 2554. **บีที: *Bacillus thuringiensis* จุลินทรีย์ควบคุมแมลง**. บริษัทนิวธรรมดาการพิมพ์ (ประเทศไทย) จำกัด, กรุงเทพฯ.

จริยา จันทร์ไพแสง. 2553. **เอกสารประกอบการสอน Selected topic in Entomology**. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

จริยา จันทร์ไพแสง, ปทุมพร ฉิมอเนก และ เลาจนา เชาวนาดิศัย. 2544. **ความหลากหลายของสายพันธุ์ *Bacillus thuringiensis* ที่พบในประเทศไทยและประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืช. รายงานการวิจัยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ**, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไฉน ยอดเพชร. 2542. **พืชผักในตระกูลครูซิเฟอร์.** สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คณะเกษตร บางพระ จ.ชลบุรี. 195 น.

ณรรฐพล วัลลีย์ลักษณ์. 2542. **แมลงศัตรูผักของประเทศไทย**. ภาคกีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 205 น.

ทิพย์วดี อรรถธรรม. 2535. **บทปฏิบัติการโรควิทยาของแมลง**. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ปิยรัตน์ เจียนมีสุข, กอบเกียรติ์ บันสิทธิ์, นงพร กิจบำรุง, จักรพงศ์ พิริยพล, ศรีสุดา โท้ทอง, สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น, ลัดดาวัลย์ อินทร์สังข์, อุราพร ใจเพ็ชร, ศรีจำนรรจ์ พิชิตสุวรรณชัย, สมรวย รุ่งรัตนวารี และ สัจจะ ประสงค์ทรัพย์. 2542. **แมลงศัตรูผัก.** โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพฯ. 97 น.

ปิยะวรรณ เผ่าพันธุ์ และ วิโรจน์ ขลิบสุวรรณ. 2545. การใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* ในการควบคุมหนอนกระทู้ผัก หนอนใยผัก และการศึกษากลไกที่ควบคุมกระบวนการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย. **วารสารแก่นเกษตร** 30(3) : 155-163.

พิสมัย ชวลิตวงษ์พร. 2531. แมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้อย่างไร. **วารสารกีฏและสัตววิทยา**. 10 (2) : 89-94.

พิสมัย ชวลิตวงษ์พร, วินัย รัชตปกรณ์ชัย, กอบเกียรติ์ บันสิทธิ์, วีรวิทย์ วิทยารักษ์ และ อนันวัฒนธัญกรรม. 2526. **การศึกษาประสิทธิภาพสารฆ่าแมลง *Bacillus thuringeinsis* Berl. ที่ผลิตเป็นการค้าในอัตราและสูตรต่างๆ เพื่อป้องกันและกำจัดหนอนใยผักในสภาพไร่.** กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 9 น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิสมัย ชวลิตวงษ์พร, วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ, วีรวิทย์ วิทยารักษ์ และ วินัย รัชตปกรณ์ชัย. 2527. การศึกษาสารเพศของหนอนใยผัก. อ้างโดย. วินัย รัชตปกรณ์ชัย. แมลงและศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. **เอกสารวิชาการกองกีฏและสัตววิทยา**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 400 น.

มาลินี โอมณี. 2536. **ความรู้และทัศนคติของเกษตรกรในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยวิธีผสมผสาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เมฆ จันทร์ประยูร. 2541. **ผักสวนครัว.**สำนักพิมพ์ไททรรศน์. 144 น.

เยาวลักษณ์ พู่จิตร์กานนท์. 2548. **คุณลักษณะของยีน Cryl ที่ควบคุมการสร้างผลึกโปรตีนจาก *Bacillus thuringiensis* JC 590**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุพยงษ์ ทิพสิงห์. 2546. **คะน้า**. แนะนำอาชีพชุดทำมาหากินในท้องถิ่นสยาม. กรุงเทพฯ. 48 น.

วินัย รัชตปกรณ์ชัย. 2531. กับดักกาวเหนียวสีเหลืองกับหนอนใยผัก. อ้างโดย วินัย รัชตปกรณ์ชัย. แมลงและศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. *ใน* **เอกสารวิชาการ**. กองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 400 น.

วินัย รัชตปกรณ์ชัย. 2534. การศึกษาประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงบางชนิดในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก. **การรายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2534**. กองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 14 น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วินัย รัชตปกรณ์ชัย และ ภัควิกา เพชรวิชิต. 2540. ช่วงเวลาการพ่นที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก. **รายงานผลการค้นคว้าและวิจัย กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผักไม้ดอกและไม้ประดับ.** กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

วินัย รัชตปกรณ์ชัย และ อนันต์ วัฒนธัญกรรม. 2532. การศึกษาระดับความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงบางชนิดต่อหนอนใยผัก. **รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2532**. กองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ. 2528. **การศึกษาทางนิเวศวิทยาของหนอนใยผัก, *Plutella xylostella* และศัตรูธรรมชาติในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศรีสุดา โท้ทอง, ระพีพันธ์ ภาสบุตร และ อนันต์ วัฒนธัญกรรม. 2530. การใช้กับดักแสงไฟเพื่อป้องกันกำจัดหนอนใยผักแบบผสมผสาน. **รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2530**. กองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ 24 น.

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2526. **แมลงศัตรูพืชทางการเกษตรของประเทศไทย.** โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สืบศักดิ์ สนธิรัตน. 2543. **การจัดการศัตรูพืช**. สำนักพิมพ์รั้วเขียว. โรงพิมพ์ลินคอร์น, กรุงเทพฯ. 189 น.

โสภณ อุไรชื่น, Jean-Michel Vassal และ Maurice Vaissayre. 2546. ความต้านทานของหนอนเจาะสมอฝ้ายที่มีต่อ α-endotoxins ของ *Bacillus thuringiensis* Berliner. **วารสารกีฏและสัตววิทยา** 25 (3): 139-151.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมชาย อามีน, ทรงวุฒิ พจนานุวงศ์, จีรนุช เอกอำนวย, ปัญญา พุกสุ่น และ สรรชัย เพชรธรรมรส. 2540. ศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารแบบน้ำน้อยที่เหมาะสมในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หอมในหน่อไม้ฝรั่ง. น.345-346. *ใน*: **รายงานผลการค้นคว้าวิจัยประจำปี 2540**. กลุ่มงานวิจัยการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น. 2543. **ประสิทธิภาพสารฆ่าแมลง เชื้อแบคทีเรีย และสารสกัดสะเดาในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก**. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผัก ไม้ดอก และไม้ประดับ. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 10 น.

สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น, สัจจะ ประสงค์ทรัพย์, อัจฉรา ตันติโชดก และ ปิยรัตน์ เขียนมีสุข. 2544. **ประสิทธิภาพสารฆ่าแมลง เชื้อแบคทีเรีย และสารสกัดสะเดาในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก**. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผัก ไม้ดอก และไม้ประดับ. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 14 น.

อนันต์ วัฒนธัญกรรม, กอบเกียรติ์ บันสิทธิ์, พิสมัย ชวลิตวงศ์พร, วินัย รัชตปกรณ์ชัย, ปิยรัตน์ เขียนมีสุข และ วีรวิทย์ วิทยารักษ์. 2519. **แมลงศัตรูผัก-ไม้ดอก**. วิชาการเกษตร,กรุงเทพฯ. 54 น.

อัจฉรา ตันติโชดก. 2534. แบคทีเรียควบคุมศัตรูพืช. อ้างโดย. วินัย รัชตปกรณ์ชัย. แมลงและศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. **เอกสารวิชาการกองกีฏและสัตววิทยา**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 400 น.

อารมณ์ แสงวนิชย์, มิลน์ จอร์น และ มัณฑนา มิลน์. 2543. ผลของสารสกัดจากสะเดาเทียมและสะเดาไทยต่อหนอนใยผักในห้องปฏิบัติการ. น. 294-295. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 4 : เทคโนโลยีการอารักขาพืชในทศวรรษหน้า.** กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุดมพร แพ่งนคร. 2539. การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดจากรากหญ้าแฝกที่มีต่อหนอนใยผัก. **วารสารเกษตร.** 12 (2) : 140-145.

Asman, K. 2002. Trap cropping effect on oviposition behavior of the leek moth Acrolepiopsis assectella and the diamondback moth *Plutella xylostella*. **Entomology Example Applied**. 105, 153-164.

Abraham, E.V. and M.D. Padmanaban. 1968. Bionomics and control of the diamondback moth, *Plutella maculipennis* Curtis**. Indian Journal of Agricultural Science**. 28 : 513-519.

Arkhipov, G.E. 1980. The cabbage moyh. **Rev. Appl. Entomol. Ser. A**. 69: 391.

Baker, G. and J. Kovaliski. 1999. Detection of insecticide resistance in *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera : Plutellidae) populations in South Auatralian crucifer crops. **Australian Journal of Entomology**. 38, 132-134.

Beegle, C.C. and T. Yamamoto. 1992. History of *Bacillus thuringiensis* Berliner research and development. **Can. Entomol.** 124: 587-616

Bell, M.R. and Romine, C.L. 1980. Tobacco budworm field evaluation of microbial control in cotton using *Bacillus thuringiensis* and a nuclear polyhedrosis virus with a feeding adjuvant. **J. Econ. Entomol**., 73, 427-431.

Boucias, D.G. and J.C. Pendland. 1998. **Principles of insect pathology**. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Burges, H.D. and K.A. Jones. 1998. Formulation of Bacteria, Viruses and Protozoa to control insects, pp. 33-127. *In* H.D. Burges, ed. **Formulation of microbial biopesticide: beneficial micro-organisms, nematode and seed treatments**. Dordrecht, Netherland: Kluwer Academic Publishers, London.

Butt, T.M. 2002. Use of Entomogenous Fungi for the Control of Insect Pests, pp. 111-134. Vol. 6. *In* K. Esser and J.W. Bennet, eds. **The Mycota A comprehensive Treatise on Fungi as Experimental Systems for Basic and Applied Research**. Springer, Berlin.

Caulder, J. 1999. The North American Scenario, pp. 13-21. *In* F.R. Hall and J.J. Menn, eds. **Method in biotechnology, vol 5: Biopesticides: Use and Delivery.** Humana Press Inc., Totowa, NJ.

Charleston, D.S. and R. Kfir. 2000. The possibility of using Indian mustard, *Brassica juncea*, as a trap crop for the diamondback moth, *Plutella xylostella*, in South Africa. **Crop Protection**. 19 : 455-460.

Chelliah, S. and K. Srinivasan. 1986. Bioecology and management of diamondback moth in India, pp. 63-75. In T.D. Griggs (ed.). **Diamondback Moth Management**. AVRDC, Taiwan.

Cock, M.J.W. 1983**. Introduction of Parasites of *Plutella xylostella* (L.) in to Cape Verde Islands.** Project Report. Commonwealth Institute of Biological Control.

de Barjac, H. and A. Bonnefoi. 1962. Essai de classification biochemique et serologique de 24 souches de *Bacillus* du type *B. thuringiensis*. **Entomophaga.** 7: 5-31.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dover, J.W. 1985. The responses of some Lepidoptera to labiate herb and white clover extracts. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. No. 39, 177-182.

Dulmage, H.T. 1970. Insecticide activity of HD-1, a new isolate of *Bacillus thuringiensis* var. *alesti*. **J. Invertebr. Pathol**. 15 : 232-239.

Eigenbrode, S.D. and A.M. Shelton. 1990. Behavior of neonate diamondback moth larvae (Lepidoptera : Plutellidae) on glossy leafed *Brassica oleracae* L. **Environment Entomology.** 19 : 1566-1571.

Facknath S. 1997. **Study of botanical pesticides in Mauritius. Proceeding Expert Group Meeting on Risk Reduction in Agrochemical Development in the Afro-Arab region**. Dec. 1996, Mauritius.

Goodwin, S. and W. Danthanarayana. 1984. **Flight activity of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera : Plutellidae). Aust. Entomol. Soc**. 23 : 235-240.

Gupta, P.O. and A.J. Thorsteinson. 1960. Food plant relationship of diamondback moth (*Plutella maculipennis* Cert.). **Entomology Example Applied**. 3 : 241-250.

Harcourt, D.G. 1954. **The Biology and Ecology of the Diamondback moth, *Plutella maculipennis* Certis in Eastern Ontario**. Ph.D. Thesis, Cornell Univ., New York.

Harcourt, D.G. 1957. Biology of diamondback moth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera : Plutellidae) in Eastern Ontario. **Can. Entomol**. 89 : 554-556.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

Hill, D.S. 1975. **Agricultural insect pests of the tropic and their control**. Department of Zoology, University of Hong Kong. Cambridge University Press.

Hill, D.S. 1983. **Agricultural Insects Pest of the Tropic and Their Control**. Cambridge Univ., New York. 746 p.

Ho, S.H. 1965. The life history and control of the diamondback moth in Malaya. **Bull. Agr. Malaysia**. No. 118 : 26.

Ho, S.H. and P.M. Goh. 1984. Deltamethrin as a potential ovicidal pyrethroid against *Plutella xylostella*. **Biol. Abstr**. 79 : 285.

Hue, H.T. 1965. The life history and control of the diamondback moth in Malaysis. **Malaysia Minist Agriculture Coop Bulletin.** 118 (3) : 1-26.

Ignoffo, C,L., D.L. Hostetter, P.P. Sikolowski, G. Sutter and W.M. Brooks. 1977. Inactivation of representative species of entomopathogenic viruses, bacterium, fungus, and protozoan by an ultraviolet light source. **Environ. Entomol**. 6: 411-415.

Jamjinya, T. 1983. **Economic Entomology**. Dept. of Entomology, Khonkaen Univ., Khonkean. 120 p.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Jayarathnam, K. 1979. **Studides on Population Dynamic of the *Plutella xylostella* (Linnaeus.) (Lepidoptera : Plutellidae), And Crop Loss Due to the Pest In Cabbage**. Ph.D. Thesis, University of Agricultural Science, Bangalore.

Kanit Dhanoothep. 2000. **Effect of environmental factors to the efficacy of *Bacillus thuringiensis* against the beet armyworm**. Master of Science. Kasetsart University.

Kfir, R. 2003. **Biological control of the diamondback moth *Plutella xylostella* in Africa**. In: Neuenschwander, P., Borgemeister, C., Langewald, J. (Eds.), Biological Control in IPM Systems in Africa. CAB International, Wallingford, UK, pp. 363-375.

Lecadet, M.M., E. Frachon, V.C. Dumanoir, H. Ripouteau, S. Hamon, P. Laurent and I. Thiery. 1999. Updating the H-antigen classification of *Bacillus thuringiensis*. **J. Appl. Microbiol.** 86: 660-672.

Levinson, B.L., K.J. Kasyan, S.S. Chui, T.C. Currier and J.M., Jr., Gonzalez. 1990. Identification of beta-exotoxin production, plasmids encoding beta-exotoxin, and a new exotoxin in *Bacillus thuringiensis* by using high-performance liquid chromatography. **J. Bacteriol**. 172: 3172-3179.

Lisansky, S.G., R.J. Quinlan and G. Tassoni. 1993. **The *Bacillus thuringiensis* Production Handbook.** CPL Press, Newbury.

Liu, M.Y., Y.J. Tzeng and C.N. Sun. 1981. Diamondback moth resistance to several synthetic pyrethroid. **Econ. Entomol**. 74 : 394-396.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lokki, J., K.K. Malmstrom and E. Soumalaneu. 1978. Migration of *Vanessa cardui* and *Plutella xylostella* to Spitsbergen in the summer. **Rev. Appl. Entomol**. Series A. 67 :266.

Miyata, T., T. Saito and V. Noppun. 1986. **Studies on the Mechanism of Diamondback Moth Resistance to Knsecticides**. Laboratory of Apploed Entomology and Nematology, Faculty of Agriculture, Nagoya Univ., Chikusa, Nagoya 464, Japan. 11p.

Moar, W. 1996. *Spodoptera exigua* Resistance to Bt. pp. 460-467. In: Proceedings of the Second Pacific RIM Conference on **Biotechnology of *Bacillus thuringiensis* and Its Impact to the Environment.** November 4-8, 1996. Chiang Mai, Thailand.

Mohamad, R.B., Y.B. Ibrahim and C.W. Cheong. 1980. Field efficacy of several selected insecticides against the diamondback moth, *Plutella xylostella*, on cabbage, *Brassica oleracea* var. *capitata*, in lowland of Malaysia, p. 345. *In* N.S. Talekar, H.C. Yang, S.T. Lee, B.S. Chen and L.Y. Sun (eds.). **Annotated Bibliograghy of Diamondback Moth**. AVRDC Pub., Taiwan.

Morallo-Rejesus, B. 1986. Botanical Insecticide Against the Diamondback Moth, P241-255 *In* **Talekar, N.S. (ed). Diamondback Moth Management Proceedings of the First International Workshop**. Asian Vegetable Research, Development, Center, Tainan.

Nishiitsutsuji-Uwo, J. and Y. Endo. 1980. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* δ-endotoxin: General characteristics of intoxicated *Bombyx* larvae. **J. Invertebr. Pathol**. 35:219-228.

Omar, D. and J.A. Timin. 1984. Antifeedant activity of some synthetic pyrethroids, carbarmates and an organotin. **Review of Applied Entomology Series A**. 72 (10) : 534.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Perry, A.S, I. Yamamoto, I. Ishaaya and R. Perry. 1998. Synthetic pyrethroids. pp.92-107. In: **Insecticides in Agriculture and Environment.** Norosema publishing house. New Delhi.

Roh, J.Y., J.Y. Choi, M.S. Li, B.R. Jin and Y.H. Je. 2007. *Bacillus thuringiensis* as a Specific, Safe, and Effective Tool for Insect Pest Control. **J. Microbiol. Biotechnol**. 17(4): 547-559.

Sebesta, K., J. Farkas, K. Horska and J. Vankova. 1981. Thuringiensin, the beta-exotoxin of *Bacillus thuringiensis*, pp. 249-281. *In* H.D. Burges, ed. **Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980**. Academic Press, London.

Siemonsma, J.S. and K. Piluek. 1994. **Plant Resources of South-East Asia**. No.8. Bogor Indonesia. 412p.

Sinchaisri, N., D. Roongsook, and N. Chungsamarnyart. 1991. Efficacies of plant crude-extracts on the diamondback moth larvae. **Kasetsart Journal. (National Science Supplement).** 24 : 49-53.

Sinchaisri, N., D. Roongsook, and N. Chungsamarnyart. 1998. Botanical repellent against the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. **Kasetsart Journal. (National Science Supplement)**. 22 : 71-74.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Srinivasan, K. and Krishna Moorthy, P.N. 1992. Development and adoption ofintegrated pest management for major pests of cabbage using Indian mustard as a trap crop. *In* : **Talekar, N.S. (Ed.), Diamondback moth and Other Crucifer pasts; Proceedings of the Second International Workshop**. Asian Vegetable Research and Development Center, Taipei, Tainan, Taiwan, pp. 511-521.

Steinhaus, E. A. 1961. On the correct author of *Bacillus sott*o. **J. Insect Pathol**. 3: 97-100.

Stepanova, L. A. 1962. An experiment in the ecological analysis of the conditions for the development of pests of cruciferous vegetable crop in nature. **Rev. Appl. Entomol**. 172p.

Talekar, N.S., H.C. Yang, S.T. Lee, B.S. Chen and L.S. Sun. 1985. Annotated bibliography of diamondback moth. **Review of Applied Entomology**. 73 : 594.

Tanada, Y. and Kaya, H.K. 1993. **Insect Pathology**, Academic Press, Inc., London.

Vattanatangum A. 1988. Resent problems on insecticide resistance of diamondback moth in Thailand. **In Annual Research Report for Entomology and Zoology Division, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand**. pp. 645-658.

Waterhouse, D.F. 1987. *Plutella xylostella* (Linnaeus.) Lepidoptera : Plutellidae, Diamondback moth, pp. 177-191. *In* **D.F. Waterhouse and K.R. Norris (eds.)** Biological control : Pacific Prospects. Inkata Press, Melboune, Australia.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Yamada, H. and K. Kawasaki. 1983. The effect of temperature and humidity on the development, fecundity and multiplication of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). **Review of Applied Entomology**. 71 : 639.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

อาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกำจัดแมลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเตรียมอาหาร

1) Nutrient Agar (NA)

Beef extract	3 กรัม
เปปโตน	5 กรัม
วุ้น	15 กรัม
น้ำกลั่น	1 ลิตร
pH 7.0	(ปรับ pH ด้วย 0.1 N NaOH หรือ 0.1 NH_3PO_4)

2) Nutrient Broth (NB)

Beef extract	3 กรัม
เปปโตน	5 กรัม
น้ำกลั่น	1 ลิตร
pH 7.0	(ปรับ pH ด้วย 0.1 N NaOH หรือ 0.1 NH_3PO_4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

อาหารทดสอบเอนไซม์โปรติเนส (proteinase)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเตรียมอาหาร

อาหารทดสอบเอนไซม์โปรติเนส (proteinase)

Skim milk	1%
Typton	1%
Yeast	0.5%
โซเดียมคลอไรด์	0.5%
วุ้น	1.5%
น้ำ	1 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นาย ศิวะ นพรัตน์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2531
สถานที่เกิด	นครศรีธรรมราช
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (การจัดการศัตรูพืช) คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2554)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์