การใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับชีวภัณฑ์อื่นในการควบคุมแมลงวันแตง (*Zeugodacus cucurbitae*) (Coquillett)

The Combined Use of Entomopathogenic Nematodes and Bio-Pesticides to Control Melon Fruit Fly (*Zeugodacus cucurbitae*) (Coquillett)

จุรีพร สุคติภูมิ

Jureeporn Sukhatiphum

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Entomology
Prince of Songkla University
2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับชีวภัณฑ์อื่นในการควบคุมแมลงวันแตง (*Zeugodacus cucurbitae*) (Coquillett)

The Combined Use of Entomopathogenic Nematodes and Bio-Pesticides to Control Melon Fruit Fly (*Zeugodacus cucurbitae*) (Coquillett)

จุรีพร สุคติภูมิ

Jureeporn Sukhatiphum

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Entomology
Prince of Songkla University
2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับชีวภัณฑ์อื่นในการควบคุมแมลงวันแตง (*Zeugodacus cucurbitae*) (Coquillett)

ผู้เขียน นางสาวจุรีพร สุคติภูมิ

สาขาวิชา สาขากีฏวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.นริศ ท้าวจันทร์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม (ถ้ามี)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกายจันทร์ นิ่มกิ่งรัตน์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อุบล ตังควานิช)

.....กรรมการ

(ดร.กราญ์จนา ถาอินชุม)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำหรับการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาขาวิชากีฏวิทยา

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.นริศ ท้าวจันทร์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกายจันทร์ นิ่มกิ่งรัตน์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม (ถ้ามี)

ลงชื่อ .....
(จุรีพร สุคติภูมิ)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ .....
(จุรีพร สุคติภูมิ)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับชีวภัณฑ์อื่นในการควบคุมแมลงวันแตง (*Zeugodacus cucurbitae*) (Coquillett)
ผู้เขียน นางสาวจุรีพร สุคติภูมิ
สาขากีฏวิทยา
ปีการศึกษา 2564

บทคัดย่อ

แมลงวันแตง *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) เป็นแมลงศัตรูสำคัญทางเศรษฐกิจของพืชตระกูลแตง สร้างความเสียหายอย่างสูงต่อผลผลิตในเชิงคุณภาพและปริมาณ สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่เกษตรกรนิยมใช้นั้นไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอและก่อให้เกิดสารตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม การใช้ศัตรูธรรมชาติจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่เหมาะสมแต่ศัตรูธรรมชาตินั้นมีความเฉพาะเจาะจง และมีอัตราการใช้เพื่อควบคุมศัตรูพืชที่แตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการบูรณาการการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับชีวภัณฑ์อื่นเพื่อควบคุมแมลงวันแตงในทุกระยะการเจริญเติบโตทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการ โรงเรือน และสภาพไร่ ผลการศึกษาพบว่าประชากรของแมลงวันแตง และประเมินความเสียหายของแปลงเกษตรกรที่ใช้สารเคมีมากกว่าแปลงที่ไม่ใช้สารเคมีในการจัดการศัตรูพืช การศึกษาประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงต่างชนิดต่อหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง พบว่า ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* อัตราพ่นที่ 25,000 ตัวต่อแมลงอาศัย สามารถเข้าทำลายหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้ของแมลงวันแตงได้ดีที่สุด ซึ่งหนอนวัยสุดท้ายมีความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยมากกว่าดักแด้ โดยมีการตาย เท่ากับ 97.50 และ 95% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับไส้เดือนฝอย *S. siamkayai, H. indica* และ *H. bacteriophora* ที่มีการตายในระยะหนอน เท่ากับ 90 67.50 และ 75% และในระยะดักแด้เท่ากับ 90 75 และ 42.50% ตามลำดับ ขณะที่เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* PSUM02 สามารถเข้าทำลายหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้ของแมลงวันแตงที่ระดับความเข้มข้นของสปอร์แขวนลอยที่ 1×10^{8} สปอร์/มิลลิลิตร ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 61.25 และ 59.38% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของสปอร์แขวนลอยที่ 1×10^{7}

1×10^{6} และ 1×10^{5} สปอร์/มิลลิลิตร ในระยะหนอนเท่ากับ 45.63 23.75 และ 8.13% ตามลำดับ ในระยะดักแด้เท่ากับ 50 37.50 และ 18.75% ตามลำดับ การทดสอบการผสมร่วมกันของไส้เดือนฝอยกับเชื้อราเขียว พบว่าให้ผลเทียบเท่ากับการใช้ไส้เดือนฝอยเพียงอย่างเดียว ในการเข้าทำลายหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง เมื่อเทียบกับการพ่นเชื้อราเพียงอย่างเดียว ซึ่งไส้เดือนฝอยชนิด *S. carpocapsae* หลังผสมร่วมกับเชื้อรา และหลังจากแช่เชื้อรานาน 24 ชั่วโมง พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การตายในหนอนวัยสุดท้าย 100% และในดักแด้ 85% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ไส้เดือนฝอยเพียงอย่างเดียว การศึกษาประสิทธิภาพสารชีวภัณฑ์ต่อการวางไข่ของแมลงวันแตงในสภาพโรงเรือน พบว่า กรรมวิธีที่พ่นสารสกัดสะเดา มีผลต่อการวางไข่และรอยทำลายต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น ที่ระยะเวลาหลังพ่นทันที 3 และ 5 วัน จำนวนดักแด้เฉลี่ยต่อผลเพียง 5.15 3.50 และ 2.70 ตัว/ผล ขณะที่กรรมวิธีพ่นน้ำกลั่นเท่ากับ 15.95 14.05 และ 9.60 ตัว/ผล และเชื้อราเท่ากับ 14.55 13.25 และ 7.70 ตัว/ผล ตามลำดับ การทดสอบในสภาพไร่ให้ผลในทิศทางเดียวกันกับสภาพโรงเรือน พบว่าเมื่อมีการบูรณาการการใช้สารสกัดสะเดาร่วมกับไส้เดือนฝอยให้ประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงวันแตงสูงที่สุด โดยพบจำนวนรอยทำลายเฉลี่ยต่ำที่สุดเพียง 0.96 รอย/ผล และจำนวนตัวเต็มวัยในกับดักที่สำรวจเพียง 10.95 ตัว/6 ตร.ม. ขณะที่กรรมวิธีใช้สารเคมี (1.46 รอย/ผล และ 18.53 ตัว/6 ตร.ม.) และกรรมวิธีควบคุม (1.6 รอย/ผล และ 28.73 ตัว/6 ตร.ม.) มีประสิทธิภาพในการควบคุมต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนวิธีการผสมผสานสารสกัดสะเดาร่วมกับไส้เดือนฝอย พบว่ามีต้นทุนที่สูงกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 515 บาท/6 ตร.ม. กับการใช้สารเคมีที่เกษตรกรนิยมใช้เท่ากับ 315 บาท/6 ตร.ม. แต่ประสิทธิภาพการใช้ของวิธีผสมผสานนั้นมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผลผลิต เกษตรกร และผู้บริโภคมากกว่า

Thesis Title The Combined Use of Entomompathogenic Nematodes and Bio-Pesticides to Control Melon Fruit fly (*Zeugodacus cucurbitae*) (Coquillett)

Author Miss Jureeporn Sukhatiphum

Major Program Entomology

Academic Year 2021

ABSTRACT

The melon fruit fly (*Zeugodacus cucurbitae*) (Coquillett) is a major economic insect pest of Cucurbitaceae crops that can cause immense damage to the quality and quantity of agricultural products. Practical insecticides have proven only slightly effective and also leave toxic residues in the environment. The use of natural enemies presents a suitable alternative method to their control; however, the determination of a species-specific to the host or prey and the rate of application must be investigated. The objective of this study, therefore, is to integrate the use of entomopathogenic nematodes (EPNs) and other bio-pesticides to control the developmental stages of the melon fruit fly under laboratory, net house, and field conditions. Results from the field survey revealed that the fruit fly population and fruit damage from the insecticide-based plots were higher than those of the non-insecticide-based plots. The results on the effects of different EPNs species on both last instar larvae and pupae indicated that *S carpocapsae* at 25,000 IJs/host presented the highest mortality rate among all species; last instar larvae (97.50%) and pupae (95%). In comparison, *S. siamkayai*, *H. indica*, and *H. bacteriophora* produced lower mortality rates in the last instar larvae at 90%, 67.50%, and 75% and in pupae at 90 %, 75%, and 42.50%, respectively. *Metarhizium anisopliae* PSUM02 at 1×10^8 spores/ml was able to kill the last instar larvae and pupae with mortality rates of 61.25% and 59.38%, respectively. After the application of 1×10^7, 1×10^6, 1×10^5 spores/ml., the last instar larvae and pupae mortality rates reduced to 45.63% and 23.75%, 8.13%, and 50%, and 37.50% and 18.75%, respectively. The combination of the EPNs and *M. anisopliae* PSUM02, as well as the EPNs alone, proved to be superior control methods against last instar larvae and pupae compared to that of the *M. anisopliae* PSUM02 alone. The mortality rates of last instar larvae and

pupae reached up to 100% and 85%, respectively. Results on the efficacy of bio-pesticides on fruit fly oviposition under net house conditions showed that neem extract inhibits fruit fly oviposition and decreases the number of fruit scars compared to other treatments. The number of pupa per fruit post-spraying with neem extract at zero (immediate), three, and five days after spraying was 5.15, 3.50, and 2.70 pupae per fruit, versus the control treatment at 15.95, 14.05, and 9.60 pupae per fruit, and 14.55, 13.25, and 7.70 pupae per fruit via the *M. anisopliae* PSUM02, respectively. The field experiment produced results similar to those of the net house experiment. Notably, the integration of neem extract and EPNs produced the highest control rate. The number of fruit scars and number of adult fruit flies were 0.96 scars per fruit and 10.95 adults per 6 cm^2, respectively, whereas the insecticide (1.46 scars per fruit and 18.53 adults per 6 cm^2) and the control (1.6 scars per fruit and 28.73 adults per 6 cm^2) showed the lowest control efficiency. The cost of pest management incorporating the integration of natural enemies was slightly high at 515 baht per 6 cm^2 compared to the insecticide at 315 baht per 6 cm^2; however, the rate of control and product safety, as well as farmer and consumer satisfaction are much higher.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นริศ ท้าวจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ประกายจันทร์ นิ่มกิ่งรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา แก้ไขข้อบกพร่อง ชี้แนะแนวทาง ให้ความสะดวกในการค้นคว้าวิจัยและการเขียนวิทยานิพนธ์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. อุบล ตังควานิช และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.กราญ์จนา ถาอินชุม ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่อง จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ โครงการ Participatory and Integrative Support for Agricultural Initiative (PISAI) Project ภายใต้การสนับสนุนจาก ERASMUS +Capacity Building in Higher Education Programme ในการสนับสนุนให้ข้าพเจ้าได้ร่วมเรียนรู้ในโครงการหลักสูตรปริญญาร่วมแบบสองปริญญาระหว่าง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งมีความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยในทวีปยุโรป ได้แก่ SupAgro ประเทศฝรั่งเศส Czech University of Life Science Prague สาธารณรัฐเช็ค University of Copenhagen ประเทศเดนมาร์ก University of Helsinki ประเทศฟินแลนด์ และเครือข่ายสถาบันการศึกษาด้านการเกษตรของยุโรป (Agrinatura)

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มหาวิทยาขอนแก่น ที่กรุณาอนุเคราะห์และสนับสนุน สถานที่และอุปกรณ์ต่างๆในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณปัทมาพร อินสุวรรณ คุณสิริพร ศรีเจริญ และบุคลากรภาควิชาการจัดการศัตรูพืชทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านงานธุรการ

ท้ายสุดนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ และครอบครัว ผู้เป็นแรงผลักดันและกำลังใจสำคัญในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงพี่ เพื่อน และน้อง ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ และกำลังใจให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุลวงไปได้ด้วยดี

จุรีพร สุคติภูมิ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(5)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญตาราง	(13)
สารบัญภาพ	(15)
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
2. วัตถุประสงค์	3
3. สมมุติฐานของการวิจัย	3
4. ขอบเขตของการวิจัย	3
5. สถานที่ทำการวิจัย	3
6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
1. แตงกวา	5
2. แมลงวันแตง (*Zeugodacus cucurbitae*) (Coquillett)	7
3. การบูรณาการการใช้ไส้เดือนฝอยร่วมกับชีวภัณฑ์อื่นในควบคุมแมลงวันผลไม้และแมลงศัตรูพืช	22
4. ต้นทุนการใช้เชื้อรา ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง และสารสกัดสะเดาในการควบคุมศัตรูพืช	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	**23**
1. การเลี้ยงเพิ่มปริมาณ	23
2. ศึกษาประชากรแมลงวันแตงและศัตรูธรรมชาติในแปลงเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น	28
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ	30
4. ทดสอบประสิทธิภาพสารชีวภัณฑ์ที่มีผลต่อการวางไข่แมลงวันแตงในโรงเรือน	35
5. ทดสอบการบูรณาการการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับชีวภัณฑ์อื่น ในการป้องกันกำจัดแมลงวันแตงในสภาพแปลงทดลอง	36
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	38
1. ศึกษาประชากรแมลงวันแตงและศัตรูธรรมชาติในแปลงเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น	38
2. ผลการการทดสอบในห้องปฏิบัติการ	46
3. ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารชีวภัณฑ์ที่มีผลต่อการวางไข่แมลงวันแตง ในโรงเรือน	57
4. การบูรณาการการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับชีวภัณฑ์อื่น ในการป้องกันกำจัดแมลงวันแตง ในสภาพแปลงทดลอง	60
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	64
1. ศึกษาประชากรแมลงวันแตงและศัตรูธรรมชาติในแปลงเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น	64
2. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ	64
3. ทดสอบประสิทธิภาพสารชีวภัณฑ์ที่มีผลต่อการวางไข่แมลงวันแตง ในโรงเรือน	
4. การบูรณาการการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับชีวภัณฑ์อื่น ในการป้องกันกำจัดแมลงวันแตงในสภาพแปลงทดลอง	66

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก	77
ประวัติผู้เขียน	87

สารบัญตาราง **หน้า**

ตารางที่ 2.1 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกแตงกวาและแตงร้านผลสดของประเทศไทย ระหว่าง ปี พ.ศ. 2561 6

ตารางที่ 2.2 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์แตงกวาของประเทศไทย ระหว่าง ปี พ.ศ. 2560-2562 6

ตารางที่ 2.3 ประสิทธิภาพของเชื้อรา *M. anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม และผลิตภัณฑ์เมล็ดสะเดาช้างในการควบคุมแมลงวันแตงในสภาพโรงเรือนทดลอง 16

ตารางที่ 2.4 ประสิทธิภาพไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงต่างสายพันธุ์ในการควบคุมแมลงในกลุ่มแมลงวันผลไม้ 21

ตารางที่ 3.1 พิกัดแปลงเกษตรกรที่ปลูกแตงกวาในจังหวัดขอนแก่น 29

ตารางที่ 4.1 รูปแบบการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูแตงกวาของเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น ใน 2 ปีปลูก 42

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation; r) ของความเสียหายแตงกับจำนวนแมลงวันแตงในแปลงเกษตรกร 45

ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนวัยสุดท้ายแมลงวันแตงหลังพ่นด้วยไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงต่างชนิดที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 48

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การตายของดักแด้แมลงวันแตงหลังพ่นด้วยไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงต่างชนิดที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 49

ตารางที่ 4.5 ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงที่มีต่อหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง 50

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตงหลังพ่นด้วยเชื้อราเขียวที่ระดับความเข้มข้นของสารแขวนลอยสปอร์เชื้อราเขียวที่แตกต่างกัน 52

ตารางที่ 4.7 การรอดของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงในการผสมร่วมกับเชื้อราเขียว 54

ตารางที่ 4.8 ประสิทธิภาพการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับเชื้อราเขียวในการควบคุมหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง 56

สารบัญตาราง (ต่อ) **หน้า**

ตารางที่ 4.9	ผลของสารชีวภัณฑ์ต่อการวางไข่แมลงวันแตงหลังพ่นทันที	58
ตารางที่ 4.10	ผลของสารชีวภัณฑ์ต่อการวางไข่แมลงวันหลังพ่น 3 วัน	59
ตารางที่ 4.11	ผลของสารชีวภัณฑ์ต่อการวางไข่แมลงวันหลังพ่น 5 วัน	59
ตารางที่ 4.12	ค่าเฉลี่ยความเสียหายจากแมลงวันแตงเข้าทำลาย	62
ตารางที่ 4.13	ค่าเฉลี่ยตัวเต็มวัยที่ติดบนกับดัก Cue-lure กับดักกาวเหนียวสีเขียว และในกรงทดสอบในสภาพไร่ในแต่ละสัปดาห์	63

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 ลักษณะรูปร่างของแมลงวันแตงในแต่ละระยะการเจริญเติบโต 9
ภาพที่ 2.2 ลักษณะของเชื้อราเขียว *M. anisopliae* 13
ภาพที่ 2.3 การเข้าทำลายของเชื้อราเขียว *M. anisopliae* 14
ภาพที่ 2.4 วงจรชีวิตและการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง 18
ภาพที่ 3.1 การเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงวันแตง 25
ภาพที่ 3.2 การเลี้ยงเพิ่มปริมาณหนอนกินรังผึ้ง 25
ภาพที่ 3.3 การเลี้ยงเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง 26
ภาพที่ 3.4 การเลี้ยงเพิ่มปริมาณเชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02 28
ภาพที่ 3.5 กับดักสารล่อฟีโรโมน Cue-lure 29
ภาพที่ 3.6 วิธีการสำรวจสุ่มนับประชากรแมลงวันแตงและความเสียหาย ในแต่ละตำแหน่งของต้น 30
ภาพที่ 3.7 ลักษณะหนอนและดักแด้ที่ตายจากไส้เดือนฝอยเข้าทำลายและไม่ถูกทำลาย 33
ภาพที่ 3.8 ปลูกแตงในสภาพโรงเรือน 36
ภาพที่ 3.9 การทดสอบประสิทธิภาพไส้เดือนฝอยร่วมกับชีวภัณฑ์อื่นในสภาพแปลงทดลอง 37
ภาพที่ 3.10 ขนาดและอายุผลหลังออกดอกของแตงกวา 37

บทที่ 1
บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

แมลงวันแตง *Zeugodacus cucurbitae* (Couqillett) (Diptera: Tephritidae) เป็นแมลงศัตรูสำคัญทางเศรษฐกิจของพืชตระกูลแตง มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียแต่พบแพร่กระจายไปทั่วทุกภูมิภาคของโลก โดยเฉพาะพื้นที่เขตร้อนและกึ่งร้อนของแอฟริกา หมู่เกาะในมหาสมุทรอินเดีย และหมู่เกาะออสเตรเลีย เป็นต้น (ปาณิศา และนริศ, 2557; EPPO, 2018) ในประเทศไทยมีรายงานการแพร่กระจายและสร้างความเสียหายครอบคลุมทั่วทุกภูมิภาค (อรัญ และคณะ, 2558) โดยสามารถเข้าทำลายผลผลิตทางการเกษตร ได้มากกว่า 81 ชนิด อาทิเช่น แตงกวา แตงโม แคนตาลูป บวบ มะระ ฟักทอง แตงร้าน แตงไทย ตำลึง และฟักเขียว เป็นต้น (Dhillon et al., 2005) ความเสียหายของผลผลิตเริ่มจากตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่ใต้ผนังชั้นนอกของผลแตงกวา รอยที่เกิดจากการแทงอวัยวะวางไข่สามารถทำให้เกิดรอยแผลเป็นสีน้ำตาล หนอนที่ฟักจะอาศัยและกัดกินอยู่ภายในผลและพัฒนาเข้าสู่ระยะดักแด้ในดิน ผลที่ถูกทำลายจะมีลักษณะภายในกลวง เน่าเละ และร่วงหล่นในที่สุด ในพื้นที่ที่พบการระบาดรุนแรงสามารถพบความเสียหายของผลผลิตสูงถึง 100% (ปาณิศาและนริศ, 2557; Dhillon et al., 2005) ปัจจุบันวิธีการป้องกันกำจัดแมลงวันแตงที่เกษตรกรนิยมใช้นั้นมีหลากหลายวิธี อาทิเช่น การใช้น้ำส้มควันไม้ น้ำหมักจากพืชและสัตว์ และเขตกรรม รวมถึงการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงภายใต้คำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ สารโพรไทโอฟอส 50% EC อัตรา 75 มิลลิลิตร มาลาไธออน 57% EC อัตรา 20-30 มิลลิลิตร ไตรอะโซฟอส 40% EC อัตรา 20-30 มิลลิลิตร และแลมบ์ดาไซฮาโลทริน 2.5% CS อัตรา 5 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร ซึ่งวิธีการเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดในการใช้เนื่องจากละอองของสารป้องกันกำจัดแมลงหรือสารสกัดจากพืชไม่สามารถสัมผัสและออกฤทธิ์ต่อแมลงวันแตงได้โดยตรงเพราะระยะหนอนและดักแด้ของแมลงวันแตงอาศัยในที่ซ่อนเร้น ภายในผลและในดิน นอกจากนี้พฤติกรรมของเกษตรกรในการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงอย่างผิดวิธีและต่อเนื่องเป็นเวลานานส่งผลเสียต่อสุขภาพผู้ใช้ ผู้บริโภค แมลงที่มีประโยชน์ และสิ่งแวดล้อม (สำนักงานเกษตรจังหวัดตราด กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562; อรัญ และคณะ, 2558; Haniotakis et al. 1998) ดังนั้นแนวทางการป้องกันกำจัดโดยชีววิธีจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่

เหมาะสมเพื่อลดอันตรายที่อาจเกิดจากการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงและยังคงประสิทธิภาพในการควบคุมได้เป็นอย่างดี (กฤษฎา และคณะ, 2552) ที่ผ่านมามีรายงานการใช้ศัตรูธรรมชาติหลากชนิดเพื่อควบคุมแมลงในกลุ่มแมลงวันผลไม้ โดยศัตรูธรรมชาติแต่ละชนิดมีความเฉพาะเจาะจงต่อระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันผลไม้แต่ละกลุ่มแตกต่างกันไป สารอะซาดิแรกติน (Azadirachtin) เป็นสารสำคัญที่สกัดได้จากสะเดา มีฤทธิ์ในการยับยั้งการลอกคราบของแมลง ยับยั้งการกินอาหาร และลดความสามารถในการวางไข่และการฟักไข่ของแมลง (วัชระ, 2557) เช่นเดียวกันกับ เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* มีผลต่อการจับคู่ผสมพันธุ์ เปอร์เซ็นต์การฟักไข่ และการตายของดักแด้แมลงวันแตง ปาณิศา และนริศ (2557) รายงานผลการใช้เชื้อราก่อโรคแมลง *M. anisopliae* PSUM02 ที่ความเข้มข้นของสารแขวนลอยสปอร์เพียง 1×10^{6} สปอร์ต่อมิลลิลิตร ว่ามีผลต่อการรอดชีวิตเฉลี่ยของแมลงวันแตงเพศผู้ที่ติดเชื้อรา แมลงวันแตงเพศเมียที่ไม่ผ่านและผ่านการผสมพันธุ์เท่ากับ 6.15±0.29 11.82±0.51 และ 11.88±0.26 วัน ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ใช้เชื้อราโดยมีค่าเท่ากับ 13.90±0.21–14.06±0.12 วัน ตามลำดับ ขณะที่ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงเป็นอีกหนึ่งศัตรูธรรมชาติที่มีรายงานถึงประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงในกลุ่มแมลงวันผลไม้ ระยะตัวหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้ว่าสูงกว่า 95% สาเหตุที่ไส้เดือนฝอยสามารถเข้าทำลายในระยะตัวหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้ได้ดีกว่าชีวภัณฑ์ชนิดอื่นอาจเป็นเพราะไส้เดือนฝอยนั้นมีแหล่งอาศัยหลักอยู่ในดินจึงมีความสามารถสูงในการค้นหาเหยื่อที่มีวงจรชีวิตอยู่ในดินดังเช่นตัวหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้ของแมลงวันแตง ถึงแม้ว่าไส้เดือนฝอยจะมีความสามารถในการค้นหาเหยื่อที่มีแหล่งอาศัยอยู่ในที่ซ่อนเร้นได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการทำให้แมลงตายได้ภายใน 24-48 ชั่วโมง (ประกายจันทร์ และทิพย์สุคนธ์, 2560; รัตนพล, 2560) แต่จากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าประสิทธิภาพที่แตกต่างกันในการควบคุมแมลงศัตรูพืชขึ้นอยู่กับชนิดและอัตราของไส้เดือนฝอย หรือการใช้ไส้เดือนฝอยร่วมกับชีวภัณฑ์อื่น ยกตัวอย่างเช่น การใช้เชื้อราเขียว *M. brunneum* ร่วมกับไส้เดือนฝอย *Steinernema riobrave* ในการควบคุมดักแด้แมลงวันแอปเปิ้ล *Rhagoletis pomonella* ที่ส่งผลต่อการฟักเป็นตัวเต็มวัยเพียง 5.89% (Muhammad et al., 2020) หรือแม้กระทั่งแมลงที่มีลักษณะโครงสร้างภายนอกหนาและแข็งแรง เช่น ด้วงงวงต้นสน *Hylobius abietis* ที่ไม่สามารถเจริญเป็นตัวเต็มวัยได้กว่า 93% หลังพ่นเชื้อราเขียว *M. brunneum* ร่วมกับไส้เดือนฝอย *Heterorhabditis downesi* (Namara et al., 2018) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนฝอยร่วมกับเชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02 เพื่อควบคุมหนอนวัย

สุดท้ายและดักแด้ของแมลงวันแตงรวมถึงบูรณาการการใช้ชีวภัณฑ์หลากชนิดเพื่อควบคุมแมลงวันแตงในทุกระยะการเจริญเติบโตอย่างครบวงจร

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อทดสอบชนิดและอัตราที่เหมาะสมของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงในการควบคุมแมลงวันแตง

2.2 เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับเชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02 ในการควบคุมแมลงวันแตง

2.3 เพื่อศึกษาการบูรณาการการใช้ชีวภัณฑ์หลากชนิดเพื่อควบคุมทุกระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันแตง

3. สมมติฐานของงานวิจัย

สามารถใช้ชนิด อัตราไส้เดือนฝอยที่เหมาะสม และการบูรณาการการใช้ชีวภัณฑ์หลากชนิดเพื่อควบคุมแมลงวันแตงในทุกระยะการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการวิจัยที่มุ่งเน้นถึงการศึกษาชนิดและอัตราที่เหมาะสมของไส้เดือนฝอย *Steinernema siamkayai S. carpocapsae Heterorhabditis indica* และ *H. bacteriophora* อีกทั้งความรุนแรงในการก่อโรคจากการหาค่า LD_{50} และ LD_{90} ในการควบคุมแมลงวันแตง รวมไปถึงการศึกษาการรอดชีวิตของไส้เดือนฝอยแต่ละชนิดในการนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันกับเชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02 ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปทดสอบประสิทธิภาพในสภาพไร่ เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรได้บูรณาการการใช้ชีวภัณฑ์หลากชนิดเพื่อควบคุมแมลงวันแตงในทุกระยะการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัยสูงสุด

5. สถานที่ทำการวิจัย

แปลงเกษตรกรจังหวัดขอนแก่น ห้องปฏิบัติการ โรงเรือน และแปลงทดลอง ณ ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 ได้องค์ความรู้ใหม่ในการบูรณนาการการใช้ไส้เดือนฝอยร่วมกับเชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02

6.2 ได้ทราบชนิดและอัตราไส้เดือนฝอยที่เหมาะสม เพื่อเป็นทางเลือกให้เกษตรกรเลือกใช้ชีววิธีในการป้องกันกำจัดแมลงวันแตงเพื่อลดการใช้สารป้องกันกำจัดแมลง

6.3 แนวทางในการช่วยให้เกษตรกรลดต้นทุนและทดแทนการใช้สารป้องกันกำจัดแมลง เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ และปลอดภัย

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แตงกวา

แตงกวา (Cucumber) จัดอยู่ในวงศ์ (Family) Cucurbitaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Cucumis sativus* var. *hardwickii* (Royle) เป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมบริโภคทั่วโลก ทั้งบริโภคสดและแปรรูปไปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ อาทิเช่น ส่วนผสมในการทำเครื่องสำอาง ครีมบำรุงผิว และสบู่ล้างหน้า เป็นต้น เนื่องจากแตงกวาอุดมไปด้วยสารสำคัญ เช่น สารแอนโทแซนทิน (Anthoxanthins) มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ต้านเชื้อวัณโรค ลดอาการปวดข้อเข่า ช่วยบำรุงเส้นผม เล็บ และผิวหนัง เป็นต้น แตงกวามีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย มีประวัติการปลูกยาวนานกว่า 3,000 ปี ต่อมามีการแพร่กระจายไปยังประเทศจีนและประเทศอื่นๆ ประเทศไทยนิยมปลูกแตงกวาทั่วทุกภูมิภาค เนื่องจากเป็นผักที่ปลูกง่าย ให้ผลผลิตเร็ว อีกทั้งสภาพแวดล้อมของประเทศไทยนั้นเหมาะแก่การเพาะปลูกเป็นอย่างยิ่ง (เฉลิมเกียรติ และภัสรา, 2539) พื้นที่เพาะปลูกแตงกวาทั่วประเทศครอบคลุม 37,800 ไร่ ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ 64,188 ตัน นิยมปลูกในภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกประมาณ 4,134 ไร่ จังหวัดที่ปลูกแตงกวามากที่สุด คือ บุรีรัมย์ อุบลราชธานี นครราชสีมา ศรีษะเกษ ร้อยเอ็ด และขอนแก่น ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2563) นอกจากปลูกเพื่อการบริโภคในประเทศ สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร (2563) รายงานการส่งออกแตงกวาและแตงร้านผลสดในปี พ.ศ. 2561 ไปยังหลายประเทศทั่วโลก อาทิเช่น พม่า มัลดีฟ อังกฤษ บังคลาเทศ และมาเก๊า เป็นต้น ปริมาณสูงกว่า 560,523 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 5,446,236 บาท (ตารางที่ 2.1) ทั้งนี้ยังมีการผลิตในรูปแบบเมล็ดพันธุ์จำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ จากข้อมูลการส่งออกเมล็ดพันธุ์ผักควบคุม ปี พ.ศ. 2560-2562 มีปริมาณการส่งออกเมล็ดพันธุ์แตงกวาสูงถึง 205.25 ตัน คิดเป็นมูลค่า 785.5 ล้านบาท (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกแตงกวาและแตงร้านผลสดของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561

ประเทศ	ปี พ.ศ. 2561	
	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)
พม่า	546,780	4,891,403
มัลดีฟส์	5,941	281,115
อังกฤษ	2,224	68,515
บังคลาเทศ	1,431	48,375
มาเก๊า	1,209	12,670
สวิสเซอร์แลนด์	779	28,543
กัมพูชา	620	55,512
สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์	563	17,344
รัสเซีย	317	18,327
ศรีลังกา	300	12,600
สิงคโปร์	232	7,710
ฝรั่งเศส	127	4,122
รวม	**560,523**	**5,446,236**

ที่มา: สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร (2563)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์แตงกวาของประเทศไทย ระหว่าง ปี พ.ศ. 2560-2562

เดือน	ปี พ.ศ. 2560		ปี พ.ศ. 2561		ปี พ.ศ. 2562	
	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)
มกราคม -ธันวาคม	64,321	291,497,506	88,705	247,567,170	52,226	246,441,736

ที่มา: สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร (2563)

2. แมลงวันแตง (*Zeugodacus cucurbitae*) (Coquillett)

2.1 อนุกรมวิธาน และลักษณะการเข้าทำลายของแมลงวันแตง

Taxonomic Rank

Kingdom: Animalia

Phylum: Arthropoda

Class: Insecta

Subclass: Pterygota

Order: Diptera

Suborder: Brachycera

Family: Tephritidae

Genus: *Zeugodacus*

Species: *cucurbitae*

แมลงวันแตง (Melon fruit fly หรือ Melon fly) จัดอยู่ในอันดับ (Order) Diptera อยู่ในวงศ์ (Family) Tephritidae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) เป็นแมลงศัตรูสำคัญที่สร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจแก่พืชตระกูลแตง มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย แพร่ระบาดอย่างกว้างขวางในภูมิภาคเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนของโลก สามารถเข้าทำลายพืชผักได้มากกว่า 81 ชนิด อาทิเช่น แตงกวา บวบเหลี่ยม แตงโม ตำลึง ฟัก และแคนตาลูป เป็นต้น (ปาณิศา และนริศ, 2557; Weems et al., 2015) จิรภา และคณะ (2550) รายงานรายชื่อแมลงสำคัญในแตงกวาที่สร้างความเสียหายในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ได้แก่ เพลี้ยไฟ เพลี้ยอ่อน ไรแดง ด้วงเต่าแตงแดง และด้วงเต่าแตง แต่พบว่าแมลงวันแตงเป็นแมลงเพียงชนิดเดียวที่สามารถสร้างความเสียหายให้แก่ผลผลิตในช่วงติดดอกถึงเก็บเกี่ยวได้สูงถึง 100% (สำนักงานเกษตรจังหวัดตราด, 2557; นริศ และคณะ, 2559; Dhillon et al., 2005) การเข้าทำลายของแมลงวันแตงเริ่มจากตัวเต็มวัยเพศเมียที่ผ่านการผสมพันธุ์ใช้อวัยวะวางไข่เจาะผลสุกหรือห่ามแล้ววางไข่ จากนั้นตัวหนอนจะฟัก

และกัดกินอยู่ภายใน (Mir et al., 2014) เมื่อหนอนเจริญเข้าสู่วัยสุดท้ายจะดีดตัวทิ้งลงดินเพื่อพัฒนาเป็นดักแด้ และฟักเป็นตัวเต็มวัยต่อไป ผลผลิตที่ถูกเข้าทำลายจะสังเกตได้จากรูขนาดเล็ก ผลเน่าเละ และสีผลไม่สม่ำเสมอ (สำนักงานเกษตรจังหวัดตราด, 2557)

2.2 ลักษณะรูปร่างและวงจรชีวิตของแมลงวันแตง

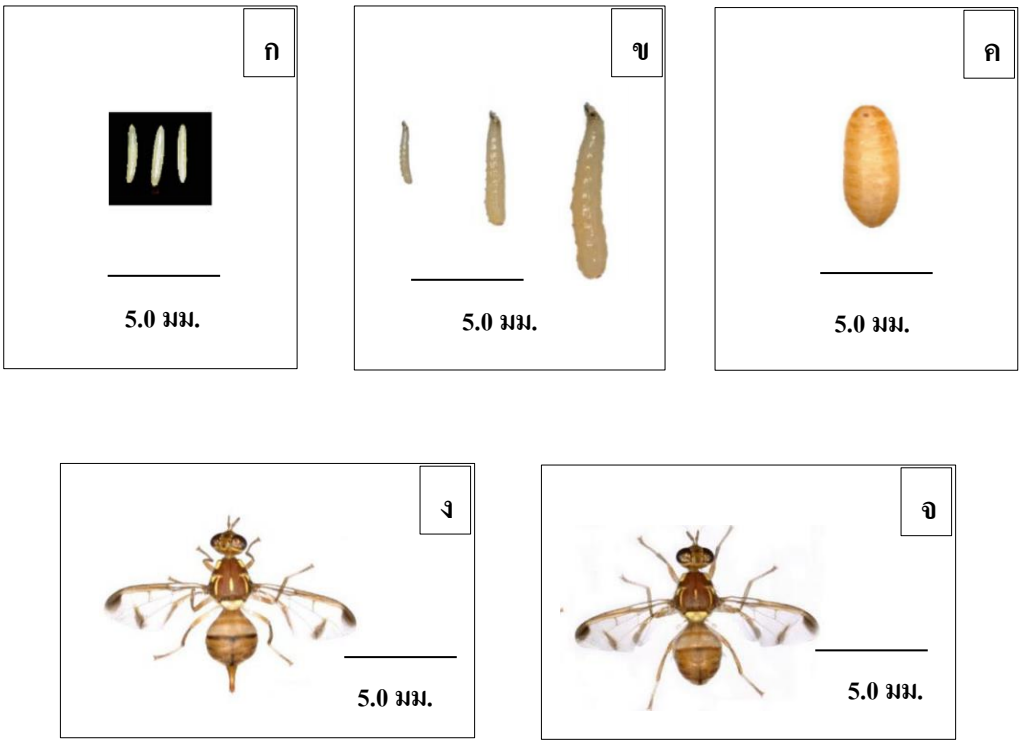
แมลงวันแตง มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบสมบูรณ์ (Complete metamorphosis หรือ Holometabolous) มี 4 ระยะการเจริญเติบโต คือ ระยะไข่ (Egg) ระยะหนอน (Larva) ระยะดักแด้ (Pupa) และระยะตัวเต็มวัย (Adult)

ระยะไข่ อายุประมาณ 3-4 วัน ตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่เป็นฟองเดี่ยว หรือเป็นกลุ่มๆ ละ 2-3 ฟอง ไข่มีสีขาวผิวเป็นมันสะท้อนแสง รูปร่างขนาดเล็กคล้ายผลกล้วย เมื่อใกล้ฟักจะมีสีขาวขุ่น (ภาพที่ 2.1ก)

ระยะหนอน อายุประมาณ 8-9 วัน หนอนมี 3 วัย ลักษณะหัวแหลม ท้ายป้าน ไม่มีขา ส่วนหัวมีลักษณะเป็นตะขอแข็งสีดำ เมื่อฟักออกจากไข่ใหม่ๆ ลำตัวจะมีสีใส ส่วนบริเวณหัวที่เป็นตะขอมีสีน้ำตาล (ภาพที่ 2.1ข)

ระยะดักแด้ อายุประมาณ 9-10 วัน ดักแด้มีลักษณะกลมรี ลำตัวมีลักษณะเป็นปล้องตามแนวขวาง ดักแด้ในระยะแรกมีสีขาวเหลือง หลังจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแล้วเข้มขึ้นเมื่อใกล้ฟัก (ภาพที่ 2.1ค) ดักแด้จะอาศัยในดินลึกประมาณ 2-5 เซนติเมตร

ระยะตัวเต็มวัย มีสีน้ำตาลแดงทั้งลำตัวและส่วนขา ส่วนอกด้านหลังจะมีแถบสีเหลือง 3 แถบ ปีกบางใสสะท้อนแสงที่ปลายปีกมีจุดสีดำ ระยะนี้จะไม่ทำลายพืช กินน้ำหวาน โปรตีน และวิตามิน ตัวเต็มวัยหลังจากออกจากดักแด้ประมาณ 14 วัน จึงเริ่มจับคู่ผสมพันธุ์ และเริ่มวางไข่ โดยใช้อวัยวะวางไข่เจาะที่ผลของพืชอาศัย ตัวเต็มวัยเพศเมีย (ภาพที่ 2.1ง) มีความสามารถในการวางไข่ตลอดอายุขัยได้ถึง 376-453 ฟอง ตัวเต็มวัยเพศเมียมีอายุประมาณ 79-120 วัน ตัวเต็มวัยเพศผู้ (ภาพที่ 2.1จ) มีอายุประมาณ 86-132 วัน ที่อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 23.10$\pm$1.27 °C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณ 91.07$\pm$0.25% (สัญญาณี และคณะ, 2555; Weems et al., 2015)



ภาพที่ 2.1 ลักษณะรูปร่างของแมลงวันแตงในแต่ละระยะการเจริญเติบโต: ระยะไข่ (ก) ระยะหนอนวัย 1-3 (ข) ระยะดักแด้ (ค) ตัวเต็มวัยเพศเมีย (ง) ตัวเต็มวัยเพศผู้ (จ)
ที่มา: ดัดแปลงจาก Dong (2020)

2.3 วิธีการป้องกันกำจัดแมลงวันแตง

2.3.1 สารป้องกันกำจัดแมลง

การใช้สารป้องกันกำจัดแมลงเป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้มากที่สุด สารป้องกันกำจัดแมลงที่มีการแนะนำโดยกรมส่งเสริมการเกษตรในการกำจัดแมลงวันแตง ได้แก่ มาลาไทออน (83% W/V EC) ไดเมโทเอต 40 % W/V EC และไดคลอวอส 50% W/V EC จัดอยู่ในกลุ่ม ออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphates) มีฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรส (Acetylcholinesterase Inhibitors) สารในกลุ่มนี้จะออกฤทธิ์กับระบบประสาทของแมลง (Nerve action) และสารไซเปอร์เมทริน จัดอยู่ในกลุ่ม ไพรีทรินส์ (Pyrethrins) มีฤทธิ์ในการรบกวนสมดุลของโซเดียม (Sodium channel modulators) ทั้งนี้กรมส่งเสริมการเกษตรรายงานว่า เกษตรกรมีการใช้สารป้องกันกำจัด

อย่างไม่ถูกต้อง เช่น ขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้สารป้องกันกำจัดแมลง ใช้สารในปริมาณมากเกินความจำเป็น การฉีดพ่นตามปฏิทินทุกสัปดาห์โดยไม่ได้มีการตรวจสอบการระบาดก่อน หรือการผสมสารป้องกันกำจัดแมลงหลายประเภทเข้าด้วยกัน ซึ่งไม่สามารถป้องกันกำจัดแมลงวันแตงได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากไข่และตัวอ่อนของแมลงวันแตงฝังตัวอยู่ในเนื้อของผลแตงกวา จากวิถีปฏิบัติของเกษตรกรดังที่ได้กล่าวข้างต้น ส่งผลให้เกิดการตกค้างของสารป้องกันกำจัดแมลงในผลผลิต สภาพแวดล้อม อีกทั้งมีผลกระทบต่อเกษตรกร และผู้บริโภคอีกด้วย (กฤษฎา และคณะ, 2552; สำนักงานเกษตรจังหวัดตราด, 2557; สุเทพ, 2560)

2.3.2 เขตกรรม

วิธีการป้องกันกำจัดแมลงวันแตงโดยวิธีเขตกรรม ได้แก่ การทำความสะอาดแปลงปลูก หรือทำลายวัชพืชรอบแปลงปลูก การตัดแต่งกิ่งให้โปร่ง เพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้ไม่เหมาะต่อการเป็นที่พักอาศัย การเก็บผลแตงที่ร่วงหล่นไปทำลาย ฝังกลบ โดยการฝังกลบต้องให้ลึกกว่า 15 เซนติเมตร เพื่อลดแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวันแตง และการไถพรวนดินทำลายดักแด้แมลงวันแตงที่อยู่ในดินเพื่อลดปริมาณประชากรแมลงวันแตงในรุ่นต่อไปได้ (สำนักงานเกษตรจังหวัดตราด, 2557; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) นอกจากนี้สามารถเก็บผลที่ร่วงหล่นไปเลี้ยงปลาหรือทำน้ำหมัก อีกทั้งยังสามารถเก็บรวบรวมไปใส่ในตาข่ายมุ้งลวดเพื่อเก็บรวบรวมแตนเบียนและเพาะขยายแตนเบียนไว้ควบคุมแมลงวันแตงในแปลงปลูกของตนเองได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2558)

2.3.3 สารสกัดจากพืช

สะเดา (Neem tree หรือ Nim) จัดอยู่ในวงศ์ (Family) Meliaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Azadirachta indica* A. Juss. var. *siamensis* Valeton มีคุณสมบัติในการกำจัดแมลงได้หลากหลายชนิด ซึ่งมีสารสำคัญ คือ อะซาดิแรกติน (Azadirachtin) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อระบบไร้ท่อหรือระบบฮอร์โมนของแมลง ด้วยการยับยั้งกระบวนการลอกคราบของแมลง ยับยั้งการกินของแมลงโดยส่งผลต่อการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบในกระเพาะส่วนกลาง และลดความสามารถในการวางไข่และการฟักไข่ของแมลง โดยมีผลต่อฮอร์โมนที่ทำการสร้างและสุกแก่ของไข่ (วัชระ, 2557) ทั้งนี้การศึกษาการขับไล่แมลงวันแตง *Z. cucurbitae* ในห้องปฏิบัติการโดยนับจำนวนกลุ่มไข่ของแมลงวันแตงพบว่า ตัวอย่างทดสอบในอัตราส่วนผสมของผงเมล็ดสะเดาช้าง 21 กรัม และ

น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง 9 มิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การขับไล่ ที่ระยะทาง 1 2 และ 4 เมตร คือ 82.19 59.32 และ 13.60% ตามลำดับ (กฤษฎา และคณะ 2552) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาสารสกัดสะเดาผสมกับตะไคร้หอม เพื่อเสริมประสิทธิภาพในป้องกันกำจัดแมลงวันแตงอีกด้วย ผลการศึกษาพบว่า ผงเมล็ดสะเดาช้าง 10.5 กรัม น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง 4.5 มิลลิลิตร ผงตะไคร้หอม 10.5 กรัม และน้ำมันตะไคร้หอม 4.5 มิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การขับไล่ ที่ระยะทาง 1 2 และ 4 เมตร คือ 100 89.48 และ 66.81% ตามลำดับ โดยตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* Rendle.) เป็นพืชที่มีสารสำคัญคือ citronella geraniol และ citronellol ซึ่งมีคุณสมบัติในการขับไล่แมลง

2.3.4 การฉายรังสี

การฉายรังสีเพื่อการทำหมันแมลงวัน มีหลักการคือ การปล่อยแมลงวันที่เป็นหมันแล้วออกไปผสมพันธุ์กับแมลงวันที่มีอยู่ในธรรมชาติ ผลของการผสมพันธุ์จากแมลงวันที่เป็นหมัน ทำให้ไข่ไม่สามารถฟักออกเป็นตัวหนอนได้ โดยวิธีการสำหรับแมลงวันผลไม้ คือ เพาะเลี้ยงแมลงวันผลไม้จนได้ดักแด้อายุ 1 วัน จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติกประมาณ 32,000 ตัว แล้วนำไปฉายรังสีด้วยเครื่องฉายรังสีแบบ Gamma Chamber 5000 ที่ปริมาณรังสี 90 เกรย์ (ทศพล, 2547; ประพนธ์ และคณะ 2548) นอกจากนี้ Follett and Armstrong (2004) ได้ทำการศึกษาการฉายรังสีที่ระยะหนอนวัยสุดท้ายของแมลงวันแตง พบว่า ปริมาณรังสีที่ 150 เกรย์ สามารถลดปริมาณการฟักของดักแด้และมีผลต่อการอยู่รอดของตัวเต็มวัยแมลงวันแตงได้อีกด้วย นอกจากนี้ Follett and Armstrong (2013) ได้ศึกษาการฉายรังสีร่วมกับการเก็บรักษาหนอนวัยสุดท้ายของแมลงวันแตงไว้ในห้องเย็น พบว่า หลังจากการฉายรังสีที่ 30 เกรย์ แล้วเก็บรักษาหนอนวัยสุดท้าย 400 ตัว ที่อุณหภูมิ 4 และ 11 °C เป็นเวลา 11 วัน ไม่พบเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของหนอนวัยสุดท้าย

2.3.5 การใช้สารล่อ

การตอบสนองต่อสารล่อฟีโรโมนของแมลงวันผลไม้นั้น เกี่ยวข้องกับระบบประสาทสัมผัสการรับกลิ่น แมลงวันผลไม้แต่ละชนิดจะมีความเฉพาะเจาะจงกับสารล่อต่างชนิด สารป้องกันกำจัดแมลงที่ใช้เป็นสารล่อนี้จะสามารถดึงดูดได้เฉพาะแมลงวันเพศผู้ โดยชนิดของสารล่อฟีโรโมนที่นิยมนำมาใช้ร่วมกับกับดัก ได้แก่ methyl eugenol cue-lure และ trimedlure ซึ่งสาร methyl eugenol ใช้ดึงดูดแมลงวันผลไม้กลุ่ม *Bactrocera dorsalis* โดยสาร cue-lure นิยมใช้ดึงดูดแมลงวันแตง *Z. cucurbitae* และ *B. tryoni* และสาร trimedlure ใช้ดึงดูดแมลงวันผลไม้ *Ceratitis*

capitate และ *C. rosa* (IAEA, 2003; สำนักงานเกษตรจังหวัดตราด, 2557; นริศ และคณะ, 2559) นริศ และคณะ (2559) ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์แผ่นยางพาราผสมสารฟีโรโมน cue-lure สำหรับดึงดูดแมลงวันแตง *Z. cucurbitae* พบว่า สาร cue-lure ที่ความเข้มข้น 0.5-3.0% สามารถดึงดูดตัวเต็มวัยเพศผู้แมลงวันแตง *Z. cucurbitae* ได้สูงสุดอยู่ในช่วง 52.60-73.33% ที่ระยะเวลา 15 วัน

2.3.6 การใช้เหยื่อล่อโปรตีน

เหยื่อล่อแมลงวันผลไม้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ยีสต์โปรตีนไฮโดรไลเซท (yeast protein hydrolysate) เป็นโปรตีนที่มีการย่อยสลายให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงโดยขบวนการย่อยสลายโดยใช้กรด และยีสต์ออโตไลเซท (yeast autolysate) เป็นโปรตีนที่มีการย่อยสลายให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงโดยขบวนการย่อยสลายโดยการใช้ Enzyme ซึ่งเหยื่อล่อทั้ง 2 ประเภทนี้ เป็นเหยื่อล่อชนิดดึงดูดแมลงวันผลไม้มากินเป็นอาหาร โดยสามารถล่อได้ทั้งเพศผู้และเพศเมีย การป้องกันกำจัดแมลงวันผลไม้โดยใช้เหยื่อพิษโปรตีน มีหลักการคือ นำเหยื่อโปรตีนผสมสารป้องกันกำจัดแมลงอาทิเช่น การใช้ยีสต์ออโตไลเซทผสมกับสาร Malathion 57% EC จากนั้นพ่นทิ้งไว้บนใบพืช เพื่อดึงดูดแมลงวันผลไม้ให้มากินเนื่องจากแมลงวันผลไม้เมื่อออกจากดักแด้ใหม่ๆจะมีความต้องการอาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบเพื่อใช้ในการพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์และวางไข่ เมื่อแมลงกินเหยื่อพิษเข้าไปทำให้แมลงวันผลไม้ตายก่อนที่จะมีอายุครบผสมพันธุ์และวางไข่ (มนตรี, 2541; วิภาดา, 2552) Shelly (2020) ได้ทำการทดสอบผสมยีสต์โปรตีนไฮโดรไลเซทกับน้ำตาล พบว่าสามารถลดการผสมพันธุ์ของแมลงวันแตงเพศผู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.7 ชีววิธี

1) แตนเบียนแมลงวันผลไม้

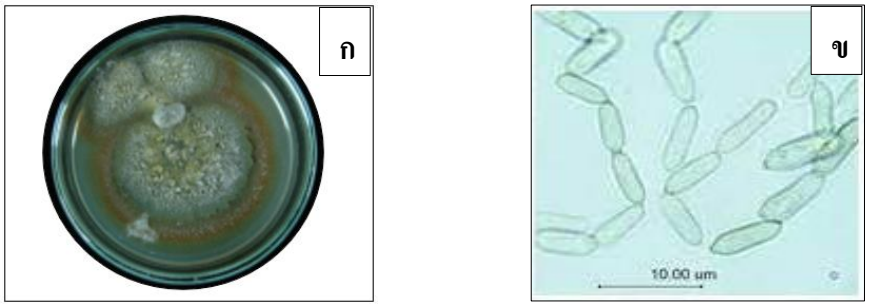
ในการป้องกันกำจัดแมลงวันแตงโดยชีววิธี โดยใช้ศัตรูธรรมชาติควบคุมในระยะไข่และระยะหนอน ในระยะไข่ควบคุมโดย แตนเบียนไข่ *Fopius arisanus* (Sonan) และในระยะหนอนโดยใช้แตนเบียนหนอน *Psyttalia fletcheri* (Silvestri) (Weems et al., 2015) Bautista (2004) ทำการศึกษาผลของพืชอาหารแมลงวันแตงที่มีต่อการค้นหาแมลงอาศัยและการเบียนของแตนเบียนไข่และแตนเบียนหนอนแมลงวันแตง โดยทำการทดสอบในพืช 5 ชนิด ได้แก่ ซูกินี มะระแตงกวา มะเขือยาว และมะเขือเทศ พบว่า ชนิดพืชมีผลต่อการค้นหาแมลงอาศัยของแตนเบียนไข่

F. arisanus ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าผลซูกินีมีผลต่อการค้นหาของแตนเบียนหนอน *P. fletcheri* มากที่สุด 55% ขณะที่เปอร์เซ็นต์การเบียนของ *F. arisanus* และ *P. fletcheri* ในผลของซูกินีมีมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชนิดอื่น โดยมีเปอร์เซ็นต์การเบียนเท่ากับ 58 และ 32% ตามลำดับ

2) เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* (Metchniko) Sorokin

- ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราเขียว

เชื้อราเขียว *M. anisopliae* จัดอยู่ในอาณาจักร (Kingdom) Fungi (Myceteae) ชั้น (Class) Deuteromycetes (Hyphomycetes) อันดับ (Order) Moniliales วงศ์ (Family) Moniliaceae ลักษณะของโคโลนีเมื่อแรกเริ่มมีสีขาว เมื่อเจริญเต็มที่เชื้อสร้างสปอร์สีเขียวกระจายอยู่โดยรอบ (Tanada and Kaya, 1993) (ภาพที่ 2.2ก) เชื้อราชนิดนี้ถูกเรียกว่าเชื้อราเขียวเนื่องจากมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกขนาดประมาณ 2-4 ไมครอน เส้นใยมีผนังกั้นเป็นปล้องๆ ไม่มีสี เส้นใยจะแผ่ขยายเจริญเติบโตสร้างสปอร์ (conidia) เป็นรูปยาวรีคล้ายเมล็ดข้าว (ภาพที่ 2.2ข) เป็นลูกโซ่ต่อกันตรงรอยคอดคอด เรียกว่า conidium (สำนักงานเกษตรอำเภอสุคิริน, 2556) สภาพความเป็นกรดด่างที่เชื้อราเจริญได้เหมาะสมที่ 6.9-7.4 และอุณหภูมิประมาณ 10-30 °C (มูลนิธิโครงการหลวง, 2555) เชื้อรา *M. anisopliae* เป็นเชื้อราที่มีวงจรชีวิตไม่สมบูรณ์ ไม่พบระยะการสืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ (Peng et al., 2008)

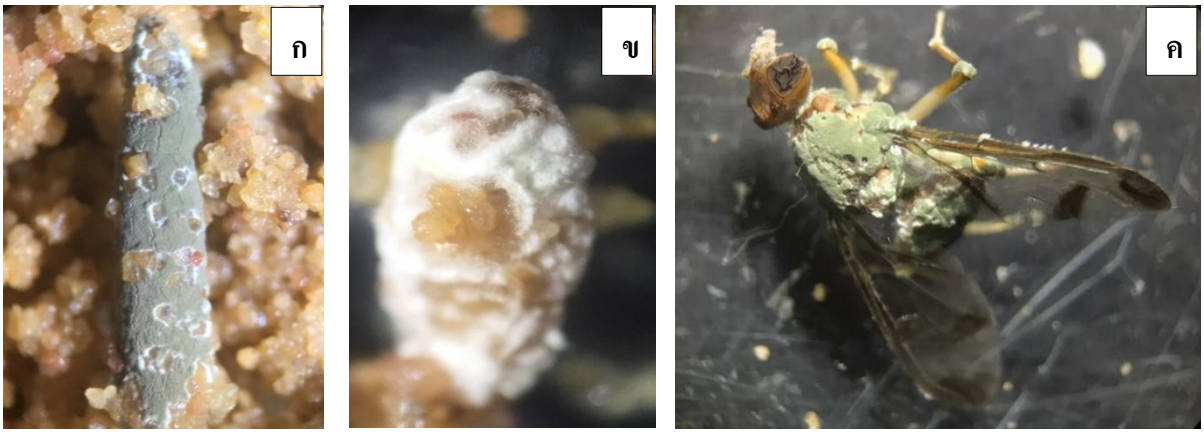


ภาพที่ 2.2 ลักษณะของเชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae*: โคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ SDAY (ก) สปอร์เชื้อราเขียว (ข)

ที่มา: ดัดแปลงจาก (ก) อรัญ และคณะ (2558); (ข) Tangthirasunun et al. (2010)

- กลไกการเกิดโรคในแมลงของเชื้อราเขียว

เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ทำลายแมลงศัตรูพืชได้มากกว่า 200 ชนิด สามารถเข้าทำลายระยะไข่ ตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย โดยจะเริ่มเข้าทำลายแมลงเมื่อสปอร์หรือ conidia ไปสัมผัสกับผนังลำตัวแมลง เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม ประมาณ 27–28 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 50% โดยสปอร์จะงอกและจะสร้างอวัยวะที่เรียกว่า germ tube เป็นเส้นใยแทงเข้าสู่ร่างกายแมลงตามช่องเปิดธรรมชาติต่างๆ อาทิเช่น เยื่อบางๆ ที่อยู่ระหว่างกะโหลกศีรษะ รอยต่อระหว่างปล้องของหนอน และรูหายใจ เป็นต้น หลังจากแทงทะลุผ่านผิวหนังชั้นนอกแมลงแล้ว เส้นใยเชื้อราจะแทงทะลุผ่านผิวหนังชั้นต่างๆ โดยจะมีกลไกและเอนไซม์ Chitinase ซึ่งสร้างโดยเชื้อราเข้าย่อยสลายโปรตีนและ Chitin ในผิวหนังแมลงเกิดช่องว่างและประกอบกับมีแรงดันเป็นกลไก เส้นใยจึงสามารถแทรกเข้าสู่เนื้อเยื่อและเข้าไปขยายจำนวนในเลือดแมลง ดูดซึมสารอาหาร ทำลายเนื้อเยื่อ และระบบภายในแมลง สร้างสารพิษ dextruxins cytochalasins ยับยั้งระบบภูมิคุ้มกันของแมลง ทำให้แมลงตายในที่สุด จากนั้นเส้นใยเจริญขึ้นปกคลุมอวัยวะต่างๆ แล้วแทงเส้นใยออกนอกตัวแมลง และสร้างสปอร์ต่อไป ซากศพที่ตายด้วยเชื้อราจะมีลักษณะแข็งเหมือนมัมมี่ (Mumified) (ภาพที่ 2.3ก,ข,ค) (มูลนิธิโครงการหลวง, 2555; หงษ์ฟ้า, 2558; ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืชจังหวัดเชียงใหม่, 2560; ดวงกมล และคณะ, 2561; ประพฤติ และพัฒน์, 2563)



ภาพที่ 2.3 การเข้าทำลายแมลงของเชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae*: ลักษณะหนอนที่ติดเชื้อ (ก) ลักษณะดักแด้ที่ติดเชื้อ (ข) ลักษณะตัวเต็มวัยที่ติดเชื้อ (ค)

- การใช้เชื้อราในการควบคุมแมลงวันผลไม้

การใช้เชื้อรา *M. anisopliae* สามารถควบคุมแมลงวันผลไม้ได้หลายชนิด อาทิเช่น *Anastrepha ludens* (Loew) *Cerratitis capitata* (Wiedemann) *C. cosyra* (Walker) และ *C. fasciventris* (Bezzi) และลดการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงที่เป็นอันตรายลงได้ (นริศ และอนุชิต, 2551; Toledo et al., 2006; Quesada-Moraga et al., 2008; Dimbi et al., 2009) นริศ และอนุชิต (2551) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการควบคุมของเชื้อรา *M. anisopliae* ในแมลงวันผลไม้ *B. papayae* พบว่า เชื้อรา *M. anisopliae* ที่ความหนาแน่นสปอร์ 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทั้ง 4 ไอโซเลท (M1, M2, M3 และ M4) สามารถก่อให้เกิดโรคกับแมลงวันผลไม้ *B. papayae* ระยะตัวเต็มวัยในสภาพอุณหภูมิห้องได้ โดยเชื้อราไอโซเลท M1 และ M3 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายแมลง 100% ที่ 4 วัน ส่วนเชื้อราไอโซเลท M2 และ M4 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายแมลง 100% ที่ 6 วัน ตามลำดับ ขณะที่ หงส์ฟ้า และนริศ (2557) รายงานผลของเชื้อรา *M. anisopliae* PSUM02 ต่อการจับคู่ผสมพันธุ์ของแมลงวันพริก *B. latifrons* พบว่า ที่ความหนาแน่นสปอร์ 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร พบว่าอัตราการจับคู่ผสมพันธุ์ของแมลงวันพริก *B. latifrons* เพศผู้ที่ติดเชื้อรามีอัตราการที่ลดลงเหลือ 0.43±0.30% อีกทั้ง ปาณิศา และนริศ (2557) ได้ทำการศึกษาผลของเชื้อราก่อโรคแมลง *M. anisopliae* PSUM02 ที่ความหนาแน่น 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ต่อการจับคู่ผสมพันธุ์และการรอดชีวิตของแมลงวันแตง *B. cucurbitae* พบว่า ตัวเต็มวัยแมลงวันแตงเพศผู้ที่ติดเชื้อรามีเปอร์เซ็นต์การจับคู่ผสมพันธุ์ลดลง รวมถึงการศึกษาของ เมธาสิทธิ์ และคณะ (2560) ได้ศึกษาศักยภาพของเชื้อราก่อโรคแก่แมลงในการควบคุมแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* พบว่า *Metarhizium* sp. ไอโซเลท M14 และ M22 ที่ความเข้มข้น 1×10^9 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์เข้าทำลายตัวเต็มวัย 87.92 และ 86.50% ตามลำดับ

- การบูรณาการการใช้เชื้อราเขียวร่วมกับวิธีอื่นในกาควบคุมแมลงวันผลไม้

เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* เป็นเชื้อราที่ถูกนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูได้หลายชนิด ในประเทศไทยมีการศึกษาการใช้เชื้อรา *M. anisopliae* เพื่อควบคุมแมลงวันแตง โดยพ่นเชื้อราเขียวที่ความเข้มข้น 1×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีผลต่อการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันแตง พบว่า การใช้เชื้อรา *M. anisopliae* เพียงอย่างเดียว มีผลต่อการที่ดักแด้ไม่สามารถเจริญเป็นตัวเต็มวัยต่ำที่สุด 65.1% แต่เมื่อมีการบูรณาการใช้ร่วมกันกับน้ำมันปิโตรเลียมและสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้าง มีผลทำให้ดักแด้ไม่สามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้กว่า 87.6-97.3% ดังแสดงในตารางที่ 2.3 (อรัญ และคณะ, 2558)

ตารางที่ 2.3 ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม และผลิตภัณฑ์เมล็ดสะเดาช้างในการควบคุมแมลงวันแตงในสภาพโรงเรือนทดลอง

กรรมวิธี	การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ยวัยสะสม (%)
ชุดควบคุม (น้ำ)	99.4
สารฆ่าแมลงมาลาไธออน	89.4
เชื้อราเขียว	65.1
เชื้อราเขียว+น้ำมันปิโตรเลียม (SK99)	94.1
เชื้อราเขียว+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง	97.3
เชื้อราเขียว+น้ำมันปิโตรเลียม (SK99)+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง	87.6
เชื้อราเขียว+น้ำมันปิโตรเลียม (SK99)+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง	95.0

ที่มา: ดัดแปลงจาก อรัญ และคณะ (2558)

นอกจากนี้ในต่างประเทศยังมีรายงานการบูรณาการการใช้เชื้อราเขียว *M. anisopliae* ร่วมกับเชื้อราขาว *Beauveria bassiana* ในการควบคุมตัวเต็มวัยแมลงวัน *B. oleae* พบว่า ที่ความเข้มข้นสปอร์ 1×10^{8} สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพเสริมฤทธิ์กันสูง ส่งผลให้ตัวเต็มวัยมีเปอร์เซ็นต์การตายสูงถึง 100% (Mahmoud, 2009) อีกทั้ง Khlaywi et al. (2014) รายงานการศึกษาการใช้ร่วมของเชื้อราเขียว *M. anisopliae* และ *B. bassiana* ว่ามีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนวัยสุดท้ายของแมลงวันผลไม้เมดิเตอร์เรเนียน *C. capitata* สูงถึง 96.60% เมื่อพ่นเชื้อราทั้ง 2 ชนิดร่วมกัน ที่ความเข้มข้น 1×10^{9} สปอร์ต่อมิลลิลิตร

3) ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง

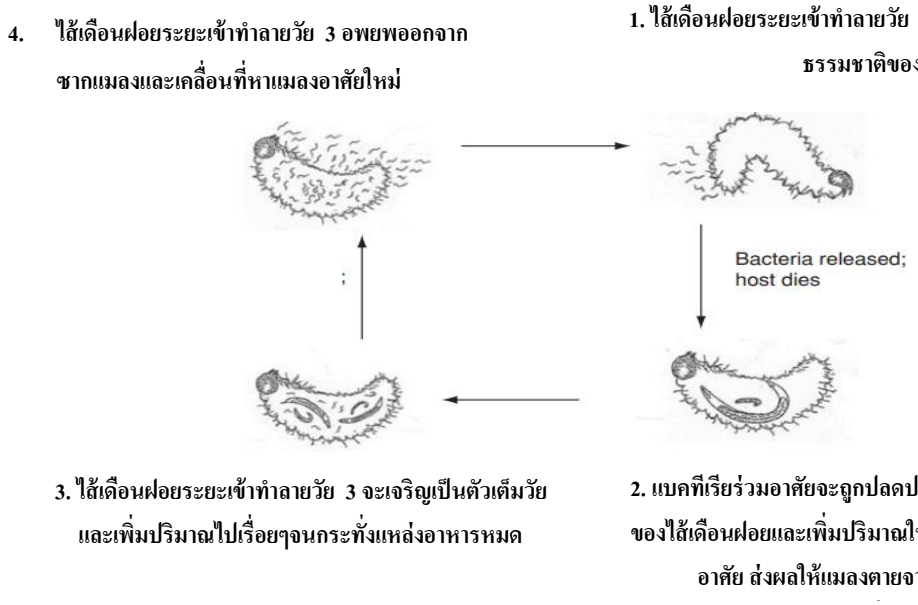
- ชีววิทยา

ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง จัดอยู่ในไฟลัม Nematoda อันดับ Rhabditida เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กคล้ายพยาธิ ไม่มีสี ไม่มีรยางค์และข้อปล้อง ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงเป็นหนึ่งในศัตรูธรรมชาติที่ถูกนำมาควบคุมแมลงได้หลากหลายชนิด สามารถค้นหาเหยื่อได้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพ และเกือบทุกระยะการเจริญเติบโต นิยมนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช

ทั่วโลก ไส้เดือนฝอยที่มีการศึกษาและนำมาใช้ในการควบคุมแมลง มี 2 สกุล ได้แก่ *Steinernema* และ *Heterorhabditis* ระยะตัวอ่อนเข้าทำลายแมลงวัย 3 (Infective juvenile; IJ_3 หรือ Dauer juvenile; DJ_3) จะมีแบคทีเรียร่วมอาศัย (symbiotic bacteria) *Xenorhadus nematophilus* ในไส้เดือนฝอยสกุล *Steinernema* sp. และ แบคทีเรีย *Photorhabdus luminescens* ในไส้เดือนฝอยสุกล *Heterorhabditis* sp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ ไม่มีสปอร์ อาศัยอยู่ในลำไส้ทำหน้าที่หลักเป็นแหล่งอาหารให้ไส้เดือนฝอยใช้ในการเจริญเติบโตและเป็นสาเหตุที่ทำให้แมลงอาศัยตาย ไส้เดือนฝอยมักจะเข้าทำลายแมลงที่มีแหล่งอาศัยอยู่ในที่ซ่อนเร้น เช่น ซอกกลีบดอก ใต้เปลือกไม้ และโดยเฉพาะที่มีแหล่งอาศัยอยู่ในดิน (ประกายจันทร์ และทิพย์สุคนธ์, 2560; รัตนพล, 2560; ภานุพงศ์, 2560)

- วงจรชีวิตและการเข้าทำลาย

วงจรชีวิตของไส้เดือนฝอยประกอบด้วย ระยะไข่ ระยะตัวอ่อน สามารถแบ่งย่อยได้อีก 4 ระยะ และตัวเต็มวัย โดยไส้เดือนฝอยตัวอ่อนวัย 3 เป็นระยะที่เข้าทำลายแมลงศัตรูพืช กลไกการเข้าทำลายแมลงของไส้เดือนฝอย เริ่มจากตัวอ่อนระยะเข้าทำลายแมลงวัยที่ 3 ชอนไชเข้าสู่รูเปิดธรรมชาติของแมลงศัตรูพืช เช่น ปาก รูหายใจ ทวาร เนื้อเยื่อผิวหนังและเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่ช่องว่างกลางลำตัว หลังจากนั้นไส้เดือนฝอยจะปลดปล่อยแบคทีเรียร่วมอาศัย (symbiotic bacteria) ออกมา ส่งผลให้แมลงเสียชีวิตภายใน 24-48 ชั่วโมง จากภาวะเลือดเป็นพิษ (septicemia) ซึ่งเกิดจากแบคทีเรียกระจายและย่อยสลายเนื้อเยื่อภายในของแมลง ไส้เดือนฝอยจะเพิ่มปริมาณและเจริญเติบโตอยู่ภายในแมลงอาศัย จนกระทั่งแหล่งอาหารหมดจะเคลื่อนที่ออกจากซากแมลงและหาแหล่งอาหารใหม่ ซึ่งวงจรชีวิตของไส้เดือนฝอย *Heterorhabditis* spp. และ *Steinernema* spp. คือตัวอ่อนระยะเข้าทำลายวัย 3 ของ *Heterorhabditis* spp. ในรุ่นแรกจะเจริญเป็นตัวอ่อนสองเพศ (hermaphroditic females) และจะเริ่มผลิตเพศผู้และเพศเมียในรุ่นที่สอง โดยตัวอ่อนสองเพศนั้นสามารถออกลูกได้โดยไม่ต้องผสมพันธุ์ ซึ่งลูกที่ออกมานั้นจะสามารถเจริญและผสมพันธุ์ได้ตามปกติ ขณะที่ *Steinernema* spp. ตัวอ่อนระยะเข้าทำลายวัย 3 เมื่อเข้าในตัวแมลงแล้วจะเจริญเป็นตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย และผสมพันธุ์วางไข่ในทุกรุ่น (Poinar, 1990; Griffin et al., 2015; ประกายจันทร์ และคณะ, 2557; ภานุพงศ์, 2560) (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.4 วงจรชีวิตและการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง
ที่มา: ดัดแปลงจาก: Griffin et al. (2015)

- พฤติกรรมและการค้นหาเหยื่อ

ไส้เดือนฝอยระยะเข้าทำลายวัย 3 จะมีอวัยวะรับความรู้สึกที่เรียกว่า Amphids อยู่บริเวณส่วนหน้า ทำหน้าที่ในการค้นหาและตรวจจับพฤติกรรมของแมลงอาศัย พฤติกรรมและการค้นหาเหยื่อของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน อาทิ เช่น ไส้เดือนฝอยชนิด *S. carpocapsae* และ *S. scapterisci* จะมีพฤติกรรมดักซุ่มรอเหยื่อ (Ambushes) ไส้เดือนฝอยเหล่านี้มักจะมีพฤติกรรมโดยการทำส่วนของลำตัวให้ตั้งตรงหรือตั้งฉากกับพื้นดิน ส่วนหัวโบกสะบัดเพื่อรอดักเหยื่อที่เคลื่อนที่ผ่านมา มักพบไส้เดือนฝอยกลุ่มนี้และเหยื่อบริเวณผิวหน้าดิน ที่ความลึกประมาณ 1-2 เซนติเมตร ส่วนไส้เดือนฝอย *H. bacteriophora* และ *S. glaser* จะมีพฤติกรรมเคลื่อนที่โดยการค้นหาเหยื่อ (Cruises) ไส้เดือนฝอยเหล่านี้จะมีตัวชี้นำทางเคมี ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ และการสั่นสะเทือน ที่ใช้ในการค้นหาตำแหน่งของเหยื่อแล้วจึงเข้าโจมตีเหยื่อ มักพบในชั้นดินที่ความลึกประมาณ 8 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังมีพฤติกรรมผสมของไส้เดือนฝอยระหว่างดักซุ่มรอเหยื่อและเคลื่อนที่เข้าหาเหยื่อ (Intermediate foraging strategy) ซึ่งเป็นพฤติกรรม

ของไส้เดือนฝอยชนิด *S. riobrave* และ *S. feltiae* (Campbell and Gaugler, 1993; Campbell et al., 1995; Perez and Lewis, 2002; Lortkipanidze et al., 2016)

- การเลี้ยงเพิ่มปริมาณ

ในปัจจุบันวิธีการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง มี 2 วิธี คือ การเลี้ยงบนตัวแมลง *(In vivo)* และการเลี้ยงในอาหารเทียม *(In vitro)* ซึ่งวิธีการเลี้ยงบนตัวแมลงมีการศึกษาว่าสามารถเลี้ยงได้ในแมลงหลายชนิด แต่ที่ให้ผลผลิตไส้เดือนฝอยในปริมาณสูงและเหมาะต่อการเลี้ยงเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการ คือ การเลี้ยงด้วยหนอนกินรังผึ้ง *Galleria mellonella* (Abu Hatab et al., 1998) อีกหนึ่งวิธีคือการเลี้ยงในอาหารเทียม *(In vitro)* มีด้วยกัน 2 รูปแบบ คือ อาหารเทียมแข็ง (Solid culture) และอาหารเทียมเหลว (Liquid culture) (Shapiro et al. 2003) ในประเทศไทยมีการพัฒนาสูตรอาหารเทียมในการเลี้ยงเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอย โดย นุชนาถ และบัญชา (2542) ได้ทำการศึกษาการเพาะเลี้ยงไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทย *Steinernema siamkayai* บนอาหารเทียม lipid agar พบว่าไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 1.31 ล้านตัวต่อ Petri dish (อาหาร 20 กรัม) นุชนาถ (2558) ยังได้รายงานสูตรอาหารเทียมไส้เดือนฝอยกำจัดแมลงศัตรูพืชแบบทำใช้เอง โดยใช้เลี้ยงเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทย *Steinernema* sp. Thai strain ซึ่งสูตรอาหารเทียม ประกอบด้วย ไข่เป็ดหรือไข่ไก่ น้ำมันหมู และน้ำสะอาด โดยมีอัตราส่วนเท่ากับ 4:2:4 สูตรอาหารเทียมนี้ไส้เดือนฝอยสามารถเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ในอาหารเพาะเลี้ยงและเพิ่มขึ้นเฉลี่ยถึง 300 เท่า ทั้งนี้ สาทิพย์ และวิไลวรรณ (2556) ศึกษาวิจัยและพัฒนาการผลิตขยายไส้เดือนฝอย *Steinernema glaseri* เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช พบว่า อาหารเทียมแข็งกึ่งเหลวที่ประกอบด้วยอาหารสุนัข น้ำมันหมู หนอนกินรังผึ้ง และน้ำ สามารถเลี้ยงเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยได้ในปริมาณมาก โดยไส้เดือนฝอย 5000 ตัว/flask สามารถเพิ่มปริมาณมากขึ้นเฉลี่ย 1.3 ล้านตัว/flask เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

- ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงและการนำไปใช้ควบคุมแมลงวันผลไม้

การใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงมาควบคุมแมลงวันผลไม้ เป็นเป้าหมายในการผลิตพืชผลในรูปแบบอินทรีย์ (Dolinski, 2010) ในปัจจุบันมีการศึกษาไส้เดือนฝอยหลายชนิดมาควบคุมแมลงในกลุ่มแมลงวันผลไม้ เช่น การศึกษาของ Cristhiane et al. (2012) พบว่าไส้เดือนฝอย

Heterorhabditis sp. และ *Steinernema carpocapsae* ที่อัตราไส้เดือนฝอย 125 ตัว/หนอน มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนวัยสุดท้ายแมลงวันผลไม้ *C. capitata* ได้สูง 80 และ 90% ตามลำดับ ภายในเวลา 24 ชั่วโมง เช่นเดียวกับงานทดลองของ Ilker et al. (2015) ที่ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพไส้เดือนฝอย 3 ชนิดในการควบคุมหนอนวัยสุดท้าย พบว่าที่อุณหภูมิ 25 °C ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงสายพันธุ์ *S. feltiae H. bacteriophora* และ *H. marelatus* มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนวัยสุดท้ายของแมลงวันเชอรี่ *R. cerasi* สูงถึง 95 82 และ 76% ตามลำดับ ในอัตราไส้เดือนฝอย 1,000 ตัว/หนอนแมลงวัน และงานทดลองของ James et al. (2018) พบว่าไส้เดือนฝอยชนิด *H. noenieputensis* มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนวัยสุดท้ายแมลงวันผลไม้ *C. capitata* ได้สูงสุดถึง 100% ที่อัตราไส้เดือนฝอย 200 ตัว/หนอน นอกจากนี้ยังมีการใช้ไส้เดือยฝอยในการควบคุมระยะดักแด้ของแมลงวันอีกด้วย เช่น งานทดลองของ ภานุพงศ์ (2560) ได้ทดสอบพบว่าไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ *S. siamkayai* มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงวันพริก *B. latifrons* ในระยะหนอนวัยสุดท้าย และดักแด้สูงถึง 94 และ 86.66% ตามลำดับ และการทดสอบของ Godjo et al. (2018) ซึ่งได้ทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอย *H. taysearae* Azohoue2 และ *H. taysearae* Hessa1 ในการควบคุมหนอนวัยสุดท้ายของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* พบว่าที่อัตราไส้เดือนฝอย 100 ตัว/หนอน มีประสิทธิภาพทำให้มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 90 และ 90.09% ตามลำดับ (ตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.4 ประสิทธิภาพไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงต่างสายพันธุ์ในการควบคุมแมลงในกลุ่มแมลงวันผลไม้

ชนิดไส้เดือนฝอย	ชนิดแมลงวันผลไม้	ระยะหนอน		ระยะดักแด้		อ้างอิง
		อัตราที่ใช้ (ตัว/หนอน)	การตาย (%)	อัตราที่ใช้ (ตัว/ดักแด้)	การตาย (%)	
Heterorhabditis sp.	*Ceratitis capitata*	125	80	-	-	Rohde et al., 2012
Steinernema carpocapsae	*Ceratitis capitata*	125	90	-	-	Rohde et al., 2012
Steinernema feltiae	*Rhagoletis cerasi*	1,000	95	-	-	Ilker et al., 2015
Heterorhabditis bacteriophora	*Rhagoletis cerasi*	1,000	82	-	-	Ilker et al., 2015
Heterorhabditis marelatus	*Rhagoletis cerasi*	1,000	76	-	-	Ilker et al., 2015
Steinernema siamkayai	*Bactrocera latifrons*	3,000	94.44	4,000	86.66	ภานุพงศ์ (2560)
Heterorhabditis noenieputensis	*Ceratitis capitata*	200	100	-	-	James et al., 2018
Heterorhabditis taysearae Azohoue2	*Bactrocera dorsalis*	100	90	-	-	Godjo et al., 2018
Heterorhabditis taysearae Hessa1	*Bactrocera dorsalis*	100	96.09	-	-	Godjo et al., 2018

3. การบูรณาการการใช้ไส้เดือนฝอยร่วมกับชีวภัณฑ์อื่นในควบคุมแมลงวันผลไม้และแมลงศัตรูพืช

ปัจจุบันมีการบูรณาการการใช้ไส้เดือนฝอยในควบคุมแมลงวันผลไม้เพื่อเสริมฤทธิ์การเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยให้ได้ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น Muhammad et al. (2020) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการบูรณาการการใช้ไส้เดือนฝอย *S. riobrave* (355 strain) ร่วมกับเชื้อรา *Isaria javanica* (wf GA17) พบว่า ที่ความเข้มข้น 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพทำให้แมลงวันเชอรี่ *R. pomonella* ไม่สามารถเจริญเป็นตัวเต็มวัยถึง 97% การศึกษาของ Mahmoud (2009) พบว่าการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงสายพันธุ์ *S. feltiae* ร่วมกับสารสกัดสะเดา ในการควบคุมหนอนแมลงวันผลไม้ชนิด *B. zonata* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้ง สุภาภรณ์ (2542) รายงานว่าไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงเมื่อนำมาผสมกับเหยื่อโปรตีนให้ตัวเต็มวัยแมลงวันผลไม้กิน สามารถควบคุมแมลงวันผลไม้ได้ ทั้งนี้ยังมีการบูรณาการการใช้ไส้เดือนฝอยร่วมกับชีวภัณฑ์หรือสารอื่นในการควบคุมแมลงในหลายๆ ชนิด อาทิเช่น ประกายจันทร์ และคณะ (2557) ได้ทดสอบประสิทธิภาพการเข้าทำลายแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* ของไส้เดือนฝอยร่วมกับสารจับใบยี่ห้อ Super พบว่า สารจับใบสามารถช่วยเสริมฤทธิ์การเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย ส่งผลทำให้แมลงหวี่ขาวตายสูงถึง 86.48% ทั้งยังมีการศึกษาของอังคณา และคณะ (2562) ถึงการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง *S. siamkayai* ร่วมกับครามต่อการควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้ายในมะเขือเทศ ผลการศึกษาพบว่า หลังการพ่นไส้เดือนฝอยร่วมกับน้ำหมักครามสีชาครั้งที่ 4 พบหนอนเจาะสมอฝ้ายเพียง 0.33 ตัว/แปลง ทั้งนี้ Namara et al. (2018) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราร่วมกับไส้เดือนฝอยในการควบคุมด้วงงวงต้นสน (*Hylobius abietis*) พบว่า เชื้อรา *M. brunneum* ใช้ร่วมกับไส้เดือนฝอย *H. downesi* และ เชื้อรา *B. caledonica* ใช้ร่วมกับไส้เดือนฝอย *H. downesi* มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเจริญเป็นตัวเต็มวัยเพียง 7 และ 14% ตามลำดับ รวมไปถึงการศึกษาของ ศิริลักษณ์ และประไพ (2554) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของบีที และไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* เพื่อควบคุมแมลงศัตรูของแหนแดง พบว่า การใช้ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดศัตรูพืชร่วมกับชีวภัณฑ์บีที สามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูแหนแดงได้สูงเกือบ 100% โดยที่แหนแดงในบ่อทดลองมีระดับความเสียหายไม่เกิน 10%

4. ต้นทุนการใช้เชื้อรา ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง และสารสกัดสะเดาในการควบคุมศัตรูพืช

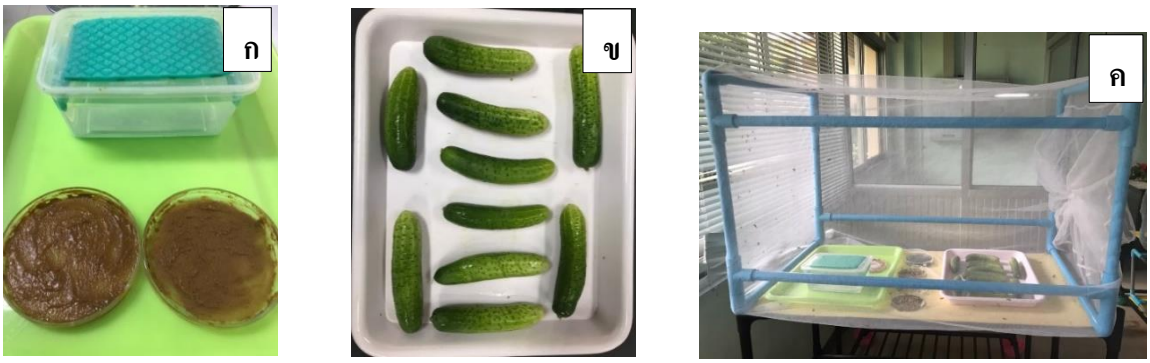
ปัจจุบันได้มีการหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการทำลายแมลงศัตรูพืชสูงแต่ต้นทุนต่ำ และไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมายในการควบคุมแมลงวันผลไม้ โดยเฉพาะการใช้ศัตรูธรรมชาติ และชีวภัณฑ์ควบคุมศัตรูพืช ซึ่งข้อดีของการใช้ศัตรูธรรมชาติและชีวภัณฑ์ควบคุมศัตรูพืช เกษตรกรสามารถผลิตขยายใช้เอง ในราคาถูก ประหยัดค่าใช้จ่าย ช่วยให้ต้นทุนด้านควบคุมศัตรูพืชถูกลง (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2563, ปาณิศา, 2557) อาทิเช่น สุวรรณา และคณะ (2563) ได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนการใช้เชื้อราเขียว มน. 048 และสารเคมีในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พบว่า ต้นทุนในแปลงที่พ่นเชื้อราเขียวมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าแปลงที่พ่นสารเคมี โดยที่ต้นทุนการใช้เชื้อราเขียว มน. 048 คิดเป็นร้อยละ 24 ของต้นทุนทั้งหมด ขณะที่ต้นทุนในการใช้สารเคมี คิดเป็นร้อยละ 32.6 ของต้นทุนทั้งหมด เสาวนิตย์ และคณะ (2561) ได้ทำการผลิตชีวภัณฑ์เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมแบบอัดเม็ดและประยุกต์ใช้ในการกำจัดด้วงแรด (*Oryctes rhinoceros* L.) พบว่า สูตรการผลิตราเขียวเมตาไรเซียม ซึ่งประกอบด้วย Pumice, ราเขียว รูปแบบเชื้อสด, น้ำมันพืช และน้ำนึ่ง มีประสิทธิภาพทำให้หนอนด้วงแรดติดเชื้อสูงถึง 97.5% โดยมีต้นทุนการผลิตเพียง 38.82 บาท/กก. นอกจากนี้ยังมีไส้เดือนฝอยซึ่งเป็นหนึ่งในศัตรูธรรมชาติที่น่าสนใจในการนำมาควบคุมศัตรูพืช ทั้งนี้ นุชนาถ (2558) ได้รายงานว่า การเพาะเลี้ยงไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยเพื่อใช้กำจัดแมลงศัตรูพืชเกษตรกรสามารถทำได้เอง มีขั้นตอนไม่ยุ่งยาก ประหยัดเวลา และแรงงาน รวมถึงต้นทุนต่ำ ช่วยลดรายจ่ายในการซื้อผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอยที่มีจำหน่ายเป็นการค้าได้มากกว่า 10 เท่า นอกจากนี้ พนา (2557) กล่าวว่าการใช้สารสกัดสะเดาในกำจัดแมลงศัตรูพืชต้นทุนจะถูกกว่าการใช้สารเคมี และการใช้สารสกัดสะเดาในระยะยาวจะช่วยลดต้นทุนการผลิต ประหยัดค่าใช้จ่าย เวลา และแรงงาน ที่สำคัญไม่มีสารพิษตกค้างและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเลี้ยงเพิ่มปริมาณ

1.1 แมลงวันแตง

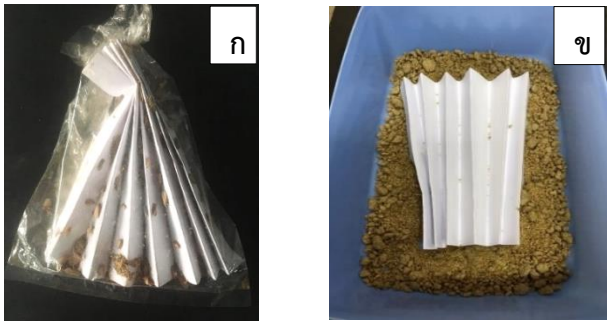
ปลูกแตงกวาสายพันธุ์เขียวมาลัย เป็นสายพันธุ์ที่เกษตรกรผู้ปลูกแตงในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นนิยมปลูกในแปลงปลูกขนาด 1×2 เมตร ระยะห่างระหว่างต้น 0.2 เมตร ระหว่างแถว 0.5 เมตร ณ ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อพืชเจริญเข้าสู่ระยะติดผล (28 วันหลังปลูก) นำผลแตงกวาที่ถูกแมลงวันแตงเข้าทำลายโดยสภาพธรรมชาติบรรจุลงในกล่องพลาสติกขนาด 20×20×8 เซนติเมตร รองพื้นกล่องด้วยแกลบเผาหนาประมาณ 2 เซนติเมตร และวางแผ่นตะแกรงพลาสติกบนแกลบเผา เจาะรูระบายอากาศบนฝากล่องขนาด 10×10×4 เซนติเมตร แล้วจึงปิดด้วยผ้าขาวบาง นำไปวางในห้องควบคุมอุณหภูมิประมาณ 25±2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 65±5% จากนั้นคัดแยกดักแด้แมลงวันแตงออกจากแกลบเผาด้วยวิธีการร่อน ดักแด้ที่ได้จะถูกย้ายไปไว้ในกรงผ้าตาข่ายขนาด 60×90×60 เซนติเมตร เพื่อรอฟักเป็นตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยจะถูกเลี้ยงด้วยน้ำ และอาหาร ที่ประกอบด้วยน้ำผึ้งและบริวเวอร์ยีสต์ อัตรา 1:3 ส่วน (น้ำผึ้ง 2 มิลลิลิตร และบริวเวอร์ยีสต์ 60 กรัม) (ภาพที่ 3.1ก) นำผลแตงกวาสดมาเจาะรูให้ทั่วทั้งผลแล้วบรรจุในถาดพลาสติกขนาด 15×35 เซนติเมตร (ภาพที่ 3.1ข) ย้ายไปไว้ในกรงผ้าตาข่ายเพื่อล่อให้ตัวเต็มวัยเพศเมียอายุ 15-20 วัน (อรัญ และคณะ, 2558) วางไข่ที่ผลแตงกวา (ภาพที่ 3.1ค) นำผลแตงกวาที่มีไข่แมลงวันแตงไปเลี้ยงเพิ่มปริมาณตามกระบวนการข้างต้น หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยในรุ่น F2 เป็นต้นไปจะถูกนำไปใช้ในการทดสอบและอีกส่วนนำไปใช้ในการเพิ่มปริมาณรุ่นถัดไป



ภาพที่ 3.1 การเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงวันแตง: อาหารและน้ำที่ใช้เลี้ยงตัวเต็มวัย (ก) ผลแตงกวาสดใช้ล่อ ตัวเต็มวัยวางไข่ (ข) และกรงผ้ามุ้งตาข่ายเลี้ยงเพิ่มปริมาณตัวเต็มวัย (ค)

1.2 หนอนกินรังผึ้ง

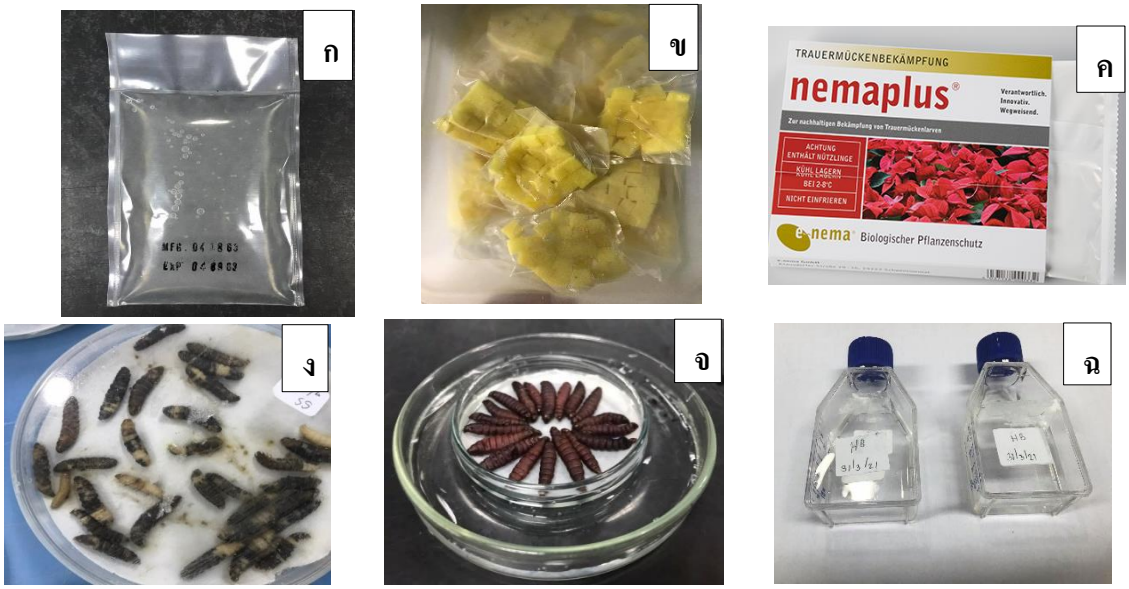
นำผีเสื้อหนอนกินรังผึ้งตัวเต็มวัยเพศเมีย และเพศผู้ จำนวน 20 คู่ บรรจุในถุงพลาสติกใส ขนาด 7×14 นิ้ว ที่มีรูขนาดเล็กกระจายทั่วถุง ใส่กระดาษพับจีบภายในถุงเพื่อให้ผีเสื้อวางไข่ (ภาพที่ 3.2ก) เมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน นำกระดาษที่มีไข่ย้ายไปเลี้ยงในกล่องพลาสติกใบใหม่ ขนาด 20×32×9 เซนติเมตร ภายในบรรจุอาหารเทียมเพื่อเลี้ยงระยะหนอน (รำข้าว 500 กรัม นมผงสำเร็จรูป 100 กรัม น้ำตาลทราย 100 กรัม ยีสต์ 100 กรัม น้ำผึ้ง 100 มิลลิลิตร กลีเซอรอล 200 มิลลิลิตร และพาราฟิน 100 กรัม) (ภาพที่ 3.2ข) วางกล่องเลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 25±2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65±5% เมื่อหนอนเจริญเข้าสู่ระยะสุดท้ายจะถูกนำมาใช้ในการเลี้ยงเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง และอีกส่วนหนึ่งนำไปเลี้ยงเพื่อใช้เพิ่มปริมาณในรุ่นถัดไป



ภาพที่ 3.2 การเลี้ยงเพิ่มปริมาณหนอนกินรังผึ้ง: การจับคู่ผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยหนอนกินรัง ผึ้งในถุงพลาสติก (ก) และ กระดาษพับจีบที่มีไข่หนอนกินรังผึ้งบรรจุอยู่บนอาหารเทียม (ข)

1.3 ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง

เลี้ยงเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยบนหนอนกินรังผึ้ง *(In vivo)* ด้วยวิธี Paper assay เริ่มจากนำหนอนกินรังผึ้งวัย 4-5 จำนวน 10 ตัว มาวางบนฝา Petri dish ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ที่มีกระดาษกรองเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร วางด้านบนฝา ทำการเตรียมหัวเชื้อไส้เดือนฝอยชนิด *S. siamkayai* (ภาพที่ 3.3ก) และ *S. carpocapsae* (ภาพที่ 3.3ข) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หัวเชื้อของกรมวิชาการเกษตร และไส้เดือนฝอยชนิด *H. indica* และ *H. bacteriophora* เป็นผลิตภัณฑ์หัวเชื้อที่ผลิตเพื่อจำหน่ายโดยบริษัท ARBICO Organic (ภาพที่ 3.3ค) ในน้ำกลั่นและหยดอัตรา 100 ตัวต่อหนอน 1 ตัว (ไส้เดือนฝอย 1,000 ตัว/หนอน 10 ตัว/Petri dish) ปิด Petri dish ด้วยพาราฟิล์ม (ภาพที่ 3.3ง) บ่มไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25±2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 65±5% นาน 5 วัน จากนั้นนำฝา Petri dish ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ที่มีกระดาษกรองขนาด 5 เซนติเมตร บรรจุอยู่ภายใน วางลงในฝา Petri dish ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร นำหนอนกินรังผึ้งที่ตายด้วยไส้เดือนฝอยวางบนกระดาษกรอง เติมน้ำให้กระดาษกรองชุ่ม จากนั้นนำไปบ่มในห้องควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้ไส้เดือนฝอยระยะเข้าทำลายวัย 3 เคลื่อนที่ออกจากซากหนอนลงสู่น้ำ วิธีการนี้เรียกว่า White trap (White, 1927) (ภาพที่ 3.3จ) ซึ่งเป็นวิธีการแยกไส้เดือนฝอยออกจากซากแมลง หลังจากนั้นนำไส้เดือนฝอยไปล้างในน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-12 °C ก่อนนำมาใช้ในการทดลองภายใน 1-2 สัปดาห์ (ภาพที่ 3.3ฉ)

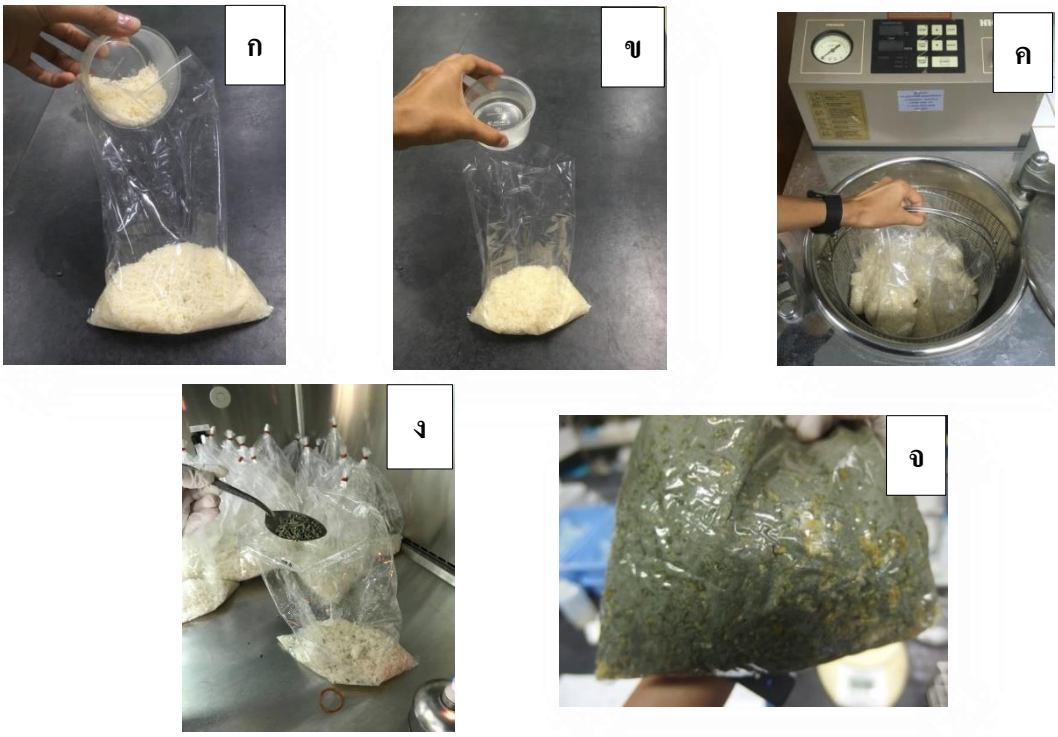


ภาพที่ 3.3 การเลี้ยงเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง: หัวเชื้อไส้เดือนฝอย *Steinernema siamkayai* (ก) หัวเชื้อไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* (ข) หัวเชื้อไส้เดือนฝอย

Heterorhabditis indica และ *Heterorhabditis indica* (ค) วิธีการ Paper assay (ง) วิธีการ White trap (จ) และการเก็บไส้เดือนฝอย (ฉ)

1.4 เชื้อราเขียว

นำหัวเชื้อราเขียว สายพันธุ์ PSUM02 ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติภาคใต้ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มาเพิ่มปริมาณบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt agar (MA) ในจานเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร บ่มเชื้อนาน 7-14 วัน ภายใต้ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25±2 ˚C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80% RH จากนั้นย้ายเชื้อไปเลี้ยงบนข้าวสารจ้าว (subculture) โดยใช้ข้าวสารจ้าว 375 กรัม บรรจุในถุงพลาสติกขนาด 8×12 นิ้ว เติมน้ำ 150 มิลลิลิตร (ภาพที่ 3.4ก,ข) หลังปิดปากถุงเรียบร้อยแล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121˚C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 30 นาที ด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (ยี่ห้อ Hirayama รุ่น HA-300M ผลิตโดยประเทศญี่ปุ่น) (ภาพที่ 3.4ค) ย้ายหัวเชื้อราเขียว 10 กรัม/ถุง ภายในตู้เขี่ยเชื้อ (ยี่ห้อ Haier รุ่น HR1200-IIA2 ผลิตโดยประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน) (ภาพที่ 3.4ง) ปิดปากถุง และคลุกหัวเชื้อให้กระจายทั่วทั้งถุงนำถุงเพาะเชื้อไปบ่มในห้องมืดควบคุมอุณหภูมิ 25±2 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80% นาน 7-14 วัน จากนั้นจึงเตรียมสารแขวนลอยของเชื้อรา โดยการนำเชื้อราเขียว 10 กรัม (ภาพที่ 3.4จ) ผสมร่วมกับสารละลาย 0.05% (v/v) Tween 80 (Sigma, St. Louis, MO, USA) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ให้เข้ากันในหลอดทดลอง เขย่าสารด้วยเครื่องเขย่าสาร (ยี่ห้อ Velp Scientifica รุ่น ZX4 ผลิตโดยประเทศอิตาลี) แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น โดยดำเนินการในสภาพปลอดเชื้อ (aseptic technique) ตรวจนับปริมาณสปอร์ต่อปริมาตรด้วย haemacytometer ปรับความเข้มข้นของสารแขวนลอยสปอร์ตามระดับความเข้มข้นที่ต้องการใช้ในการทดสอบ



ภาพที่ 3.4 การเลี้ยงเพิ่มปริมาณเชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02: การบรรจุข้าวเสาไห้ (ก) การบรรจุน้ำ (ข) การนึ่งข้าวด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (ค) และการเขี่ยหัวเชื้อราลงในถุงภายใต้ตู้เขี่ยเชื้อ (ง) และลักษณะของเชื้อราที่สามารถนำไปใช้ในการทดสอบ (จ)

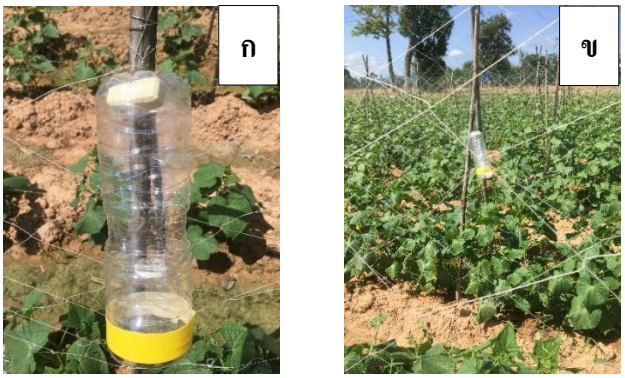
2. ศึกษาประชากรแมลงวันแตงและศัตรูธรรมชาติในแปลงเกษตรกรจังหวัดขอนแก่น

คัดเลือกแปลงปลูกแตงกวาของเกษตรกรจำนวน 4 แปลง สายพันธุ์เขียวมาลัย (ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก) โดยแบ่งกลุ่มเกษตรกรออกเป็น 2 แบบ คือ แปลงเกษตรกรที่มีรูปแบบการจัดการศัตรูพืชโดยไม่ใช้สาร (แปลงเกษตรกรรายที่ 1 และ 2) และใช้สารป้องกันกำจัดแมลง (แปลงเกษตรกรรายที่ 3 และ 4) (ตารางที่ 3.1) ดำเนินการสุ่มสำรวจแบบเป็นระบบ (Systemic sampling) เว้นสองแถวจากขอบแปลงทุกด้าน เริ่มสำรวจตั้งแต่ระยะกล้าจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ประมาณ 14-60 วัน หลังย้ายปลูก (สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2561) สัปดาห์ละครั้ง จำนวน 2 ปีปลูก (ปีที่ 1 ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-กุมภาพันธ์ 2562 และปีที่ 2 ระหว่างเดือนตุลาคม 2562-มกราคม 2563) เพื่อให้ทราบจำนวนประชากร ระยะเวลาที่ตัวเต็มวัยของแมลงวันแตงเริ่มเข้าทำลายพืช และตำแหน่งของต้นที่แมลงวันแตงชอบเข้าทำลายสูงที่สุด ใช้เครื่องมือในการสุ่มสำรวจ 2 วิธี โดยวิธีแรกคือการใช้กับดัก

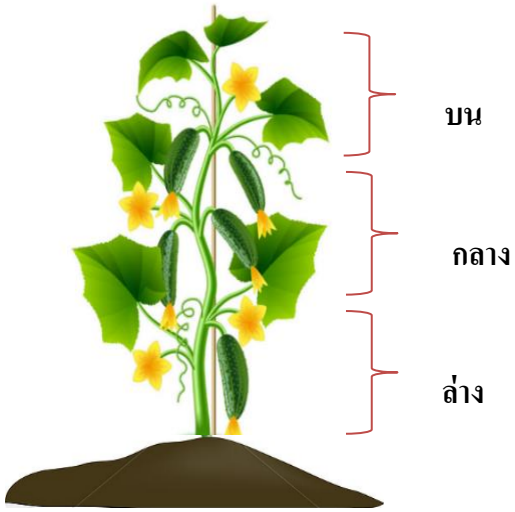
สารล่อฟีโรโมน cue-lure จำนวน 25 ค้าง/กับดัก (นริศ และคณะ, 2559) โดยมีระยะห่างระหว่างกับดักประมาณ 3 เมตร ความสูงกับดัก 1 เมตร (ภาพที่ 3.5) เพื่อศึกษาประชากรตัวเต็มวัยแมลงวันแตงและช่วงเวลาที่เริ่มอพยพเข้าสู่แปลงปลูก และวิธีที่สองคือการสุ่มนับความเสียหายของผลผลิตและตำแหน่งที่แมลงวันแตงชอบเข้าทำลาย ทำการสุ่มสำรวจต้นแตงกวาจำนวน 20 ต้น โดยแต่ละต้นสุ่มนับประชากรแมลง 3 ตำแหน่ง (บน กลาง ล่าง) (ภาพที่ 3.6) เพื่อศึกษาตำแหน่งของทรงต้นที่แมลงวันแตงชอบเข้าทำลายและทำความเสียหายมากที่สุด โดยบันทึกจำนวนผลดีและผลเสีย ผลเสียของแต่ละตำแหน่ง ผลเสียจะถูกนำกลับมาห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจนับปริมาณประชากรแมลงวันแตง และศัตรูธรรมชาติ รวมถึงบันทึกข้อมูลปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นของดิน ปริมาณน้ำฝน และรูปแบบการจัดการแปลงปลูก เป็นต้น นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาทำการประมวลผลทางสถิติด้วยโปรแกรม Statistix 10

ตารางที่ 3.1 พิกัดแปลงเกษตรกรที่ปลูกแตงกวาในจังหวัดขอนแก่น

แปลงปลูกแตงกวา	พิกัด
เกษตรกรรายที่ 1	16°44'13.7"N 102°40'23.9"E
เกษตรกรรายที่ 2	16°30'23.5"N 102°59'17.6"E
เกษตรกรรายที่ 3	16°44'01.2"N 102°40'35.9"E
เกษตรกรรายที่ 4	16°29'44.9"N 102°54'57.5"E



ภาพที่ 3.5 กับดักสารล่อฟีโรโมน Cue-lure: ขวดน้ำดื่มขนาด 1.25 ลิตร สำหรับทำกับดัก (ก) ตำแหน่งที่ ติดกับดักสูงจากพื้นดิน 1 เมตร (ข)



ภาพที่ 3.6 วิธีการสุ่มนับประชากรแมลงวันแตงและความเสียหายของผลแตงในแต่ละตำแหน่งของต้น

3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

3.1 ประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงต่อหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง

วางแผนการทดลองแบบ Factorial experiments in CRD มีทั้งหมด 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ชนิดไส้เดือนฝอยมีทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ *Steinernema siamkayai, Steinernema carpocapsae, Heterorhabditis indica,* และ *Heterorhabditis bacteriophora* และปัจจัย B คือ อัตราไส้เดือนฝอยมีทั้งหมด 7 ระดับ ดังนี้ 0, 1,000, 5,000 , 10,000, 15,000, 20,000 และ 25,000 ตัว/หนอน ทั้งหมด 28 ทรีทเมนต์คอมบิเนชั่น (Treatment combination) จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 10 ตัว ทำการวางหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตงซึ่งดักแด้แมลงวันแตงอายุประมาณ 3-5 วัน (ดักแด้จะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งแตกต่างจากดักแด้ที่เพิ่งเข้าใหม่) (สัญญาณี และคณะ, 2555) จำนวน 10 ตัว/ Petri dish ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ขนาดความสูง 1.5 เซนติเมตร ที่บรรจุทรายที่มีความชื้น 10% v/w ทรายที่ใช้จะผ่านการอบฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิประมาณ 90 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง กลบทรายบนหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้ จากนั้นทำการหยดไส้เดือนฝอยตามอัตราที่แตกต่างกัน (Sand assay) ดังแผนผังการทดลอง

ปัจจัย A	ปัจจัย B
ไส้เดือนฝอย ***Steinernema siamkayai***	กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ไส้เดือนฝอย 1,000 ตัว กรรมวิธีที่ 3 ไส้เดือนฝอย 5,000 ตัว กรรมวิธีที่ 4 ไส้เดือนฝอย 10,000 ตัว กรรมวิธีที่ 5 ไส้เดือนฝอย 15,000 ตัว กรรมวิธีที่ 6 ไส้เดือนฝอย 20,000 ตัว กรรมวิธีที่ 7 ไส้เดือนฝอย 25,000 ตัว
ไส้เดือนฝอย ***Steinernema carpocapsae***	กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ไส้เดือนฝอย 1,000 ตัว กรรมวิธีที่ 3 ไส้เดือนฝอย 5,000 ตัว กรรมวิธีที่ 4 ไส้เดือนฝอย 10,000 ตัว กรรมวิธีที่ 5 ไส้เดือนฝอย 15,000 ตัว กรรมวิธีที่ 6 ไส้เดือนฝอย 20,000 ตัว กรรมวิธีที่ 7 ไส้เดือนฝอย 25,000 ตัว
ไส้เดือนฝอย ***Heterorhabditis indica***	กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ไส้เดือนฝอย 1,000 ตัว กรรมวิธีที่ 3 ไส้เดือนฝอย 5,000 ตัว กรรมวิธีที่ 4 ไส้เดือนฝอย 10,000 ตัว กรรมวิธีที่ 5 ไส้เดือนฝอย 15,000 ตัว กรรมวิธีที่ 6 ไส้เดือนฝอย 20,000 ตัว กรรมวิธีที่ 7 ไส้เดือนฝอย 25,000 ตัว

ปัจจัย A	ปัจจัย B
ไส้เดือนฝอย *Heterorhabditis bacteriophora*	กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น (ควบคุม)
	กรรมวิธีที่ 2 ไส้เดือนฝอย 1,000 ตัว
	กรรมวิธีที่ 3 ไส้เดือนฝอย 5,000 ตัว
	กรรมวิธีที่ 4 ไส้เดือนฝอย 10,000 ตัว
	กรรมวิธีที่ 5 ไส้เดือนฝอย 15,000 ตัว
	กรรมวิธีที่ 6 ไส้เดือนฝอย 20,000 ตัว
	กรรมวิธีที่ 7 ไส้เดือนฝอย 25,000 ตัว

ตรวจนับจำนวนตัวตายของหนอนแมลงวันแตงวัยสุดท้ายและดักแด้เมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน โดยใช้กล้องสเตอริโอเพื่อตรวจสอบลักษณะการตายของหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้จากไส้เดือนฝอยเข้าทำลายซึ่งจะมีลักษณะสีเข้มและสามารถมองทะลุผ่านผิวหนังจะเห็นไส้เดือนฝอยหรือเมื่อทำการผ่าจะพบไส้เดือนฝอยอยู่ภายในซากศพ (ภาพที่ 3.7ก,ค) โดยเปรียบเทียบกับลักษณะหนอนและดักแด้ที่ไม่ถูกไส้เดือนฝอยเข้าทำลาย (ภาพที่ 3.7ข,ง) นำข้อมูลการตายที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์การตายและหาค่า LD_{50} และ LD_{90} โดยใช้โปรแกรม Probit analysis และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี โดยวิธี Tukey's HSD test ($P \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรม Statistic 10

ภาพที่ 3.7 ลักษณะหนอนและดักแด้ที่ตายจากไส้เดือนฝอยเข้าทำลายและไม่ถูกเข้าทำลาย: หนอนที่ตายจากไส้เดือนฝอยเข้าทำลาย (ก) หนอนที่ไม่ถูกไส้เดือนฝอยเข้าทำลาย (ข) ดักแด้ที่ตายจากไส้เดือนฝอยเข้าทำลาย (ค) ดักแด้ที่ไม่ถูกไส้เดือนฝอยเข้าทำลาย (ง)

3.2 ประสิทธิภาพของเชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* PSUM02 ต่อหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) จำนวน 5 กรรมวิธีๆละ 4 ซ้ำๆละ 10 ตัว เตรียมสปอร์เชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02 ที่ระดับความเข้มข้นของสปอร์แขวนลอย 10^5-10^8 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาตรอย่างละ 100 มิลลิลิตร พ่นสารแขวนลอยสปอร์เชื้อราเขียวในแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบนหนอนแมลงวันแตงวัยสุดท้ายหรือดักแด้ที่ถูกฝังในทรายที่มีความชื้น 10% V/W ใน Petri dish ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ดังแสดงในแผนผังการทดลอง ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น (ควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 สปอร์เชื้อรา *M. anisopliae* PSUM02 ที่ความเข้มข้น $1x10^5$ สปอร์/มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 3 สปอร์เชื้อรา *M. anisopliae* PSUM02 ที่ความเข้มข้น $1x10^6$ สปอร์/มิลลิลิต

กรรมวิธีที่ 4 สปอร์เชื้อรา *M. anisopliae* PSUM02 ที่ความเข้มข้น $1x10^7$ สปอร์/มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 5 สปอร์เชื้อรา *M. anisopliae* PSUM02 ที่ความเข้มข้น $1x10^8$ สปอร์/มิลลิลิตร

บันทึกจำนวนตัวหนอนและดักแด้ที่ตาย นำข้อมูลการตายที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์การตาย และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี โดยวิธี Tukey's HSD test ($P \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรม Statistix 10

3.3 การรอดชีวิตของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงหลังผสมร่วมกับเชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* PSUM02

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) มี 8 กรรมวิธีๆ 4 ซ้ำๆละ 100 ตัว/Petri dish เตรียมไส้เดือนฝอย 4 ชนิด ได้แก่ *Steinernema siamkayai, Steinernema carpocapsae, Heterorhabditis bacteriophora, Heterorhabditis indica* นำมาผสมร่วมกับ

สารแขวนลอยสปอร์เชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02 ที่ความเข้มข้น 10^8 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใน Petri dish ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ดังแสดงในแผนผังการทดลอง

กรรมวิธีที่ 1 ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai*

กรรมวิธีที่ 2 ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae*

กรรมวิธีที่ 3 ไส้เดือนฝอย *H. bacteriophora*

กรรมวิธีที่ 4 ไส้เดือนฝอย *H. indica*

กรรมวิธีที่ 5 ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* ผสมร่วมกับสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา

กรรมวิธีที่ 6 ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ผสมร่วมกับสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา

กรรมวิธีที่ 7 ไส้เดือนฝอย *H. bacteriophora* ผสมร่วมกับสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา

กรรมวิธีที่ 8 ไส้เดือนฝอย *H. indica* ผสมร่วมกับสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา

บันทึกจำนวนตัวตายและตัวที่มีชีวิตทุกวัน นาน 7 วัน โดยใช้กล้องสเตอริโอตรวจสอบ นำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี Tukey's HSD test ($P \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรม Statistix 10

3.4 ประสิทธิภาพไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับเชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* PSUM02 ต่อหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) มี 14 กรรมวิธีๆ 4 ซ้ำๆละ 10 ตัว/ดักแด้ ทำการทดสอบหนอนวัยสุดท้ายหรือดักแด้แมลงวันแตงโดยแยก Petri dish ทดสอบ จำนวน 10 ตัว/ดักแด้ ฝังแมลงทดสอบลงในทรายที่ถูกเตรียมตามวิธีการในข้อก่อนหน้า ในกรรมวิธีที่มีการพ่นไส้เดือนฝอยจะใช้อัตราพ่นที่ได้จากการทดลองก่อนหน้า (ไส้เดือนฝอยอัตรา 25,000 ตัว) เช่นเดียวกับกรรมวิธีที่พ่นเชื้อรา (สารแขวนลอยสปอร์ $1x10^8$ สปอร์/มิลลิลิตร) ขณะที่กรรมวิธีที่ 5, 8, 11, 14 จะทำการแช่ไส้เดือนฝอยในสารแขวนลอยเชื้อรานาน 24 ชั่วโมง ก่อนทำการพ่นจะล้างด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นทำการหยดไส้เดือนฝอยและเชื้อราร่วมกับน้ำกลั่นปริมาตร 2 มิลลิลิตร ตามอัตราที่แตกต่างกัน (Sand assay) ดังแผนผังการทดลอง

กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น (ควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 สารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา

กรรมวิธีที่ 3 ไส้เดือนฝอย *Steinernema siamkayai*

กรรมวิธีที่ 4 ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* + สารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา

กรรมวิธีที่ 5 ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* ที่ผ่านการแช่ในเชื้อรา 24 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 6 ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae*

กรรมวิธีที่ 7 ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* + สารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา

กรรมวิธีที่ 8 ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ที่ผ่านการแช่ในเชื้อรา 24 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 9 ไส้เดือนฝอย *Heterorhabditis indica*

กรรมวิธีที่ 10 ไส้เดือนฝอย *H. indica* + สารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา

กรรมวิธีที่ 11 ไส้เดือนฝอย *H. indica* ที่ผ่านการแช่ในเชื้อรา 24 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 12 ไส้เดือนฝอย *H. bacteriophora*

กรรมวิธีที่ 13 ไส้เดือนฝอย *H. bacteriophora* + สารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา

กรรมวิธีที่ 14 ไส้เดือนฝอย *H. bacteriophora* ที่ผ่านการแช่ในเชื้อรา 24 ชั่วโมง

ทำการตรวจนับจำนวนตัวตายของหนอนแมลงวันแตงวัยสุดท้ายและดักแด้เมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน โดยใช้กล้องสเตอริโอ นำข้อมูลการตายที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์การตาย และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี โดยวิธี Tukey's HSD test ($P \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรม Statistix 10

4. การทดสอบประสิทธิภาพสารชีวภัณฑ์ที่มีผลต่อการวางไข่แมลงวันแตงในสภาพโรงเรือน

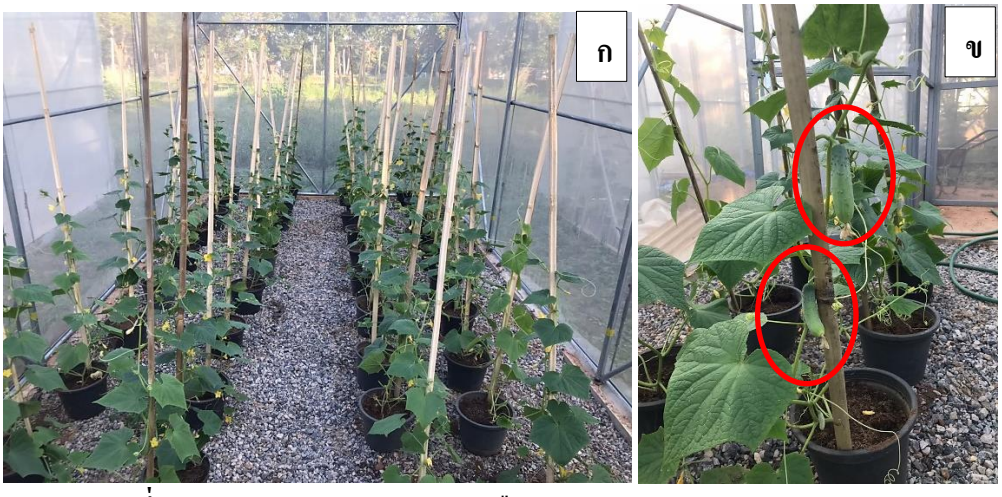
วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) ทั้งหมด 3 กรรมวิธีๆละ 4 ซ้ำๆละ 10 ต้น/โรงเรือน ปลูกแตงกวาสายพันธุ์เขียวมาลัยในโรงเรือนทดลอง ขนาด 5×10×8 ม. (ภาพที่ 3.8ก) ณ ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อแตงกวาเข้าสู่ระยะติดผล (28 วันหลังย้ายปลูก) (ภาพที่ 3.8ข) คัดเลือกผลแตงกวาให้เหลือที่ตำแหน่งส่วนกลางลำต้น จำนวน 2 ผล/ต้น (จากการสำรวจแปลงเกษตรพบว่าเป็นตำแหน่งที่แมลงวันแตงชอบเข้าทำลาย) จากนั้นดำเนินการพ่นสารชีวภัณฑ์ ตามแผนผังการทดลอง

กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น 1 ลิตร (ควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 สารสกัดสะเดา อัตรา 0.2 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1 ลิตร

กรรมวิธีที่ 3 เชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02 ที่ความเข้มข้น $1x10^8$ สปอร์/มิลลิลิตร อัตรา 60 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร

จากนั้นทำการปล่อยตัวเต็มวัยเพศเมียอายุ 15-20 วัน ที่ผ่านการผสมพันธุ์แล้ว (อรัญ และคณะ, 2558) จำนวน 100 ตัว/โรงเรือน (5 ตัว/ผล) หลังพ่นสาร ชีวภัณฑ์ตามแผนการทดลองที่ระยะเวลา 0, 3, 5 และ 7 วัน บันทึกรอยทำลายที่เกิดจากการวางไข่ทุก 24 ชั่วโมง นาน 3 วัน (ตัวเต็มวัยแมลงวันแตงจะมีชีวิตโดยไม่กินอาหารเป็นเวลาประมาณ 3 วันหลังปล่อยในกรงทดสอบ) เมื่อครบ 3 วัน เก็บผลเสียที่ได้ไปบ่มในห้องปฏิบัติการ เพื่อทำการบันทึกจำนวนดักแด้และเปอร์เซ็นต์ฟักจากดักแด้ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี โดยวิธี Tukey's HSD test ($P \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรม Statistix 10



ภาพที่ 3.8 ปลูกแตงกวาในสภาพโรงเรือน (ก) แตงกวาระยะติดผล (ข)

5. การทดสอบการบูรณาการการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับชีวภัณฑ์อื่นในการป้องกันกำจัดแมลงวันแตงในสภาพแปลงทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) มี 3 กรรมวิธีๆละ 3 ซ้ำๆละ 10 ต้น โดยปลูกแตงกวาสายพันธุ์เขียวมาลัย ณ แปลงทดลองศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขนาดแปลงละ 1×2 เมตร ระยะห่างต้น 20 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแปลงปลูก 1 เมตร ติดตั้งกับดักกาวเหนียวสีเขียวแปลงละ 2 กับดัก (หัวและท้ายแปลง) เพื่อให้ทราบช่วงเวลาที่ตัวเต็มวัยแมลงวันแตงเริ่มเข้าทำลายพืช ปล่อยให้แมลงวันแตงเข้าทำลายผลผลิตด้วยวิธีธรรมชาติแล้วจึงคลุมมุ้งตาข่าย ขนาด 2.3×2.9×2 เมตร เมื่อแตงกวามีอายุ 60 วันหลังปลูก (มีอายุผลครบทุกขนาด) (ภาพที่ 3.9) และดำเนินการตามแผนผังการทดลอง ดังนี้

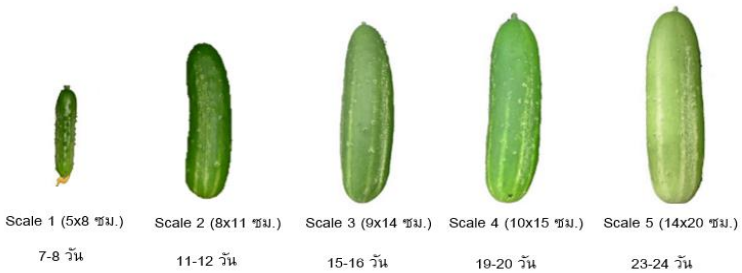
กรรมวิธีที่ 1 ไม่มีการจัดการ (ควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 พ่นสารอิมิดาโคลพริด อัตรา 3 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (วิถีปฏิบัติของเกษตรกร)

กรรมวิธีที่ 3 ผสมผสาน

ในกรรมวิธีที่ 3 เริ่มพ่นสารสกัดสะเดาอัตรา 100 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร เมื่อพบแมลงวันแตงในกับดัก(ช่วงระยะพืชเริ่มติดผลหรือประมาณ 30 วัน) และทำการพ่นไส้เดือนฝอยเมื่อพบตัวหนอนวัยสุดท้าย ทำการพ่นทุก 3 วัน จนกว่าจะฟักเป็นตัวเต็มวัย โดยมีอัตราพ่นไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* 12.5 ล้านตัว/ตารางเมตร บันทึกรอยทำลายของแมลงวันแตงในผลแตงแต่ละขนาด โดยแบ่งออกเป็น 5 Scale ดังแสดงในภาพที่ 3.10 บันทึกจำนวนประชากรแมลงวันแตงในกับดัก cue-lue และกับดักกาวเหนียว เก็บข้อมูลทุกวันตั้งแต่ระยะติดผลจนถึงระยะเก็บเกี่ยว นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี โดยวิธี Tukey's HSD test ($P \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรม Statistix 10 นอกจากนี้จะทำการคำนวณต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของแต่ละกรรมวิธีเพื่อให้เกษตรกรใช้เป็นแนวทางพิจารณาในการตัดสินใจเลือกวิธีการจัดการป้องกันกำจัดแมลงวันแตงให้ได้คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ

ภาพที่ 3.9 การทดสอบประสิทธิภาพไส้เดือนฝอยร่วมกับชีวภัณฑ์อื่นในสภาพแปลงทดลอง



ภาพที่ 3.10 ขนาดและอายุผลหลังออกดอกของแตงกวา

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ศึกษาประชากรแมลงวันแตงและศัตรูธรรมชาติในแปลงเกษตรกรจังหวัดขอนแก่น

การสำรวจประชากรแมลงวันแตงในแปลงเกษตรกรผู้ปลูกแตงกวาในปีที่ 1 พบว่า แปลงเกษตรกรที่มีรูปแบบการจัดการศัตรูพืชโดยใช้สารเคมีเพียงอย่างเดียว มีจำนวนประชากรมากกว่าแปลงที่ไม่ใช้สารเคมี โดยมีผลรวมประชากรในกับดัก cue-lure เท่ากับ 1,606 และ 1,138 ตัว ตามลำดับ และมีผลรวมประชากรแมลงวันแตงจากผลเสีย เท่ากับ 14,107 และ 13,541 ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) ซึ่งระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นเริ่มพบประชากรแมลงวันแตงเข้ามาในแปลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 โดยพบการระบาดของประชากรแมลงวันแตงในกับดักมากที่สุดในช่วงสัปดาห์ที่ 5 และ 6 (ระยะติดดอกออกผล) เท่ากับ 370 275 274 และ 469 ตัว ตามลำดับ และเริ่มลดลงในสัปดาห์ที่ 7 เป็นต้นไป (ภาพที่ 4.1) ผลการศึกษาตำแหน่งของทรงต้น (บน กลาง ล่าง) ในแปลงเกษตรกรทั้งที่มีการใช้และไม่ใช้สารเคมี พบว่าแมลงวันแตงชอบเข้าทำลายผลบริเวณตำแหน่งกลางทรงต้นของแตงกวามากที่สุด โดยพบเปอร์เซ็นต์ความเสียหายเท่ากับ 60.54-61.89% และพบว่าผลรวมความเสียหายในทุกตำแหน่งในแปลงที่มีการใช้สารเคมีมากกว่าแปลงที่ไม่ใช้สารเคมี เท่ากับ 816 และ 795 ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) เมื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของสองปัจจัย พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation; r) ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของแตงกับจำนวนประชากรแมลงวันแตงจากผลแตงที่ถูกทำลายในแปลงเกษตรกร มีค่า r อยู่ในช่วง 0.07 ถึง 0.61 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเสียหายแตงมีความสัมพันธ์โดยตรงในเชิงบวกกับจำนวนแมลงวันแตง (ตารางที่ 4.2) กล่าวคือความเสียหายของแตงที่เพิ่มมากขึ้นเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนแมลงวันแตง

การสำรวจประชากรแมลงวันแตงในแปลงเกษตรกรผู้ปลูกแตงกวาในปีที่ 2 พบว่า แปลงเกษตรกรที่มีรูปแบบการจัดการศัตรูพืชโดยใช้สารเคมี มีจำนวนประชากรมากกว่าแปลงที่ไม่ใช้สารเคมี โดยมีผลรวมประชากรในกับดัก cue-lure เท่ากับ 1,306 และ 1,138 ตัว ตามลำดับ และมีผลรวมประชากรแมลงวันแตงจากผลเสีย เท่ากับ 14,090 และ 13,606 ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) พบการระบาดของประชากรแมลงวันแตงในกับดักมากที่สุดในช่วงสัปดาห์ที่ 5 และ 6 (ระยะติดดอกออกผล) เท่ากับ 412 301 301 และ334 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.2) ผลการศึกษาตำแหน่งของทรงต้น (บน กลาง ล่าง) ในแปลงเกษตรกรทั้งที่มีการใช้และไม่ใช้สารป้องกันกำจัดแมลง พบว่าแมลงวันแตงชอบเข้า

ทำลายผลบริเวณตำแหน่งกลางทรงต้นของแตงกวามากที่สุด โดยพบเปอร์เซ็นต์ความเสียหายเท่ากับ 69.01 และ 57.57 ตามลำดับ ซึ่งคล้ายคลึงกับปีที่ 1 และสอดคล้องกับ Dhillon et al. (2005) ที่กล่าวว่า แมลงวันแตงจะเข้าทำลายพืชและสร้างความเสียหายให้แก่พืชในช่วงติดดอกถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต และรายงานของ Sulaeha et al. (2020) ได้รายงานว่า แมลงวันแตงเพศเมียจะชอบเข้าทำลายผลแตงกวาในช่วงอายุผลประมาณ 17-30 วัน หลังออกดอก

ทั้งนี้พบว่าผลรวมความเสียหายในทุกตำแหน่งในแปลงที่มีการใช้สารเคมี มีค่าน้อยกว่าแปลงที่ไม่ใช้สารเคมี เท่ากับ 710 และ 846 ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) ซึ่งต่างจากปีที่ 1 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของผลแตงกับจำนวนประชากรแมลงวันแตงจากผลแตงที่ถูกทำลายในแปลงเกษตรกร มีค่า r อยู่ในช่วง 0.39 ถึง 0.53 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเสียหายของผลแตงมีความสัมพันธ์โดยตรงในเชิงบวกกับจำนวนแมลงวันแตง (ตารางที่ 4.2) ซึ่งความเสียหายของผลแตงมีแนวโน้มคล้ายกับปีที่ 1 และเมื่อเปรียบเทียบ 2 ปีปลูก พบว่าแปลงที่ใช้สารเคมีมีการระบาดของแมลงวันแตงมากกว่าแปลงที่ไม่ใช้สารเคมี อาจเนื่องจากเกษตรกรในกลุ่มที่ใช้สารเคมี มีการใช้สารเคมีในปริมาณมากและต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทั้งยังเลือกใช้สารที่มีการรายงานการต้านทาน อาจเป็นผลทำให้เกิดการต้านทานสารเคมีและเกิดการระบาด ทั้ง 2 ปีปลูก ซึ่งสอดคล้องกับ Magana (2007) ที่กล่าวว่าระดับความถี่ในการฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงส่งผลให้เกิดการต้านทานของแมลงในกลุ่มแมลงวันผลไม้ อีกทั้งมีรายงานการดื้อยาในการทดสอบในสภาพแปลงของแมลงวัน *B. cucurbitae* ต่อสารไซเพอร์เมทรินมากถึง 29 เท่า และแมลงวันแตงค่อนข้างต้านทานสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เช่น คลอไพริฟอส เป็นต้น (Hsu and Feng, 2006) จากการศึกษาปัจจัยทางกายภาพอื่น พบว่า ในปีที่ 1 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 26.16 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 67.10% ปริมาณน้ำฝน 19.05 มิลลิลิตร อุณหภูมิดิน 15.75 °C ในปีที่ 2 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 27.25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 67.95% ปริมาณน้ำฝน 20.03 มิลลิลิตร อุณหภูมิดิน 15.55 °C จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 ปีปลูก ให้ค่าที่ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากพื้นที่ศึกษาอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ปัจจัยเหล่านี้ไม่น่าจะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้จำนวนแมลงวันแตงและความเสียหายแตกต่างกันในแต่ละแปลง นอกจากนี้ยังพบแมลงวันชนิด *Z. cucurbitae* มากที่สุด รองลงมาคือ *B. nigrofemoralis* และ *Z. tau* ในแปลงที่มีการใช้สารเคมีและไม่ใช้สารเคมี ทั้ง 2 ปีปลูก (ภาพที่4.3,4.4)

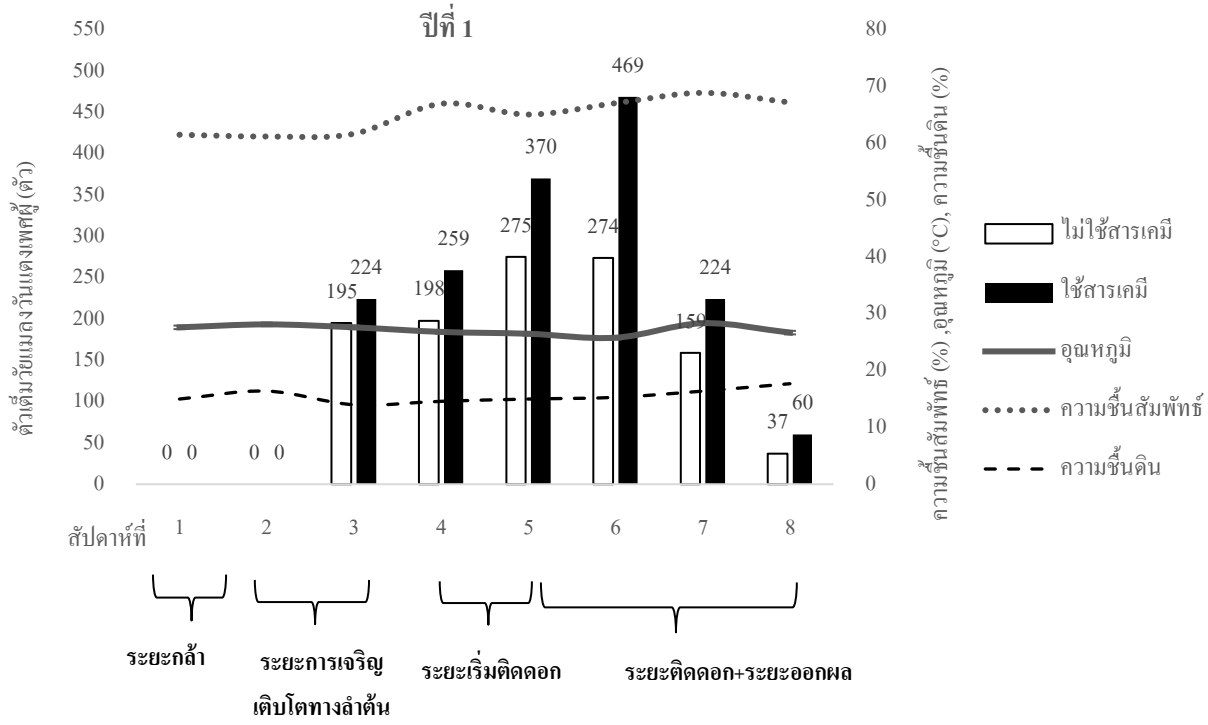
`

ตารางที่ 4.1 รูปแบบการป้องกันกำจัดตามลงศัตรูแตงกวาของเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น ใน 2 ปีปลูก

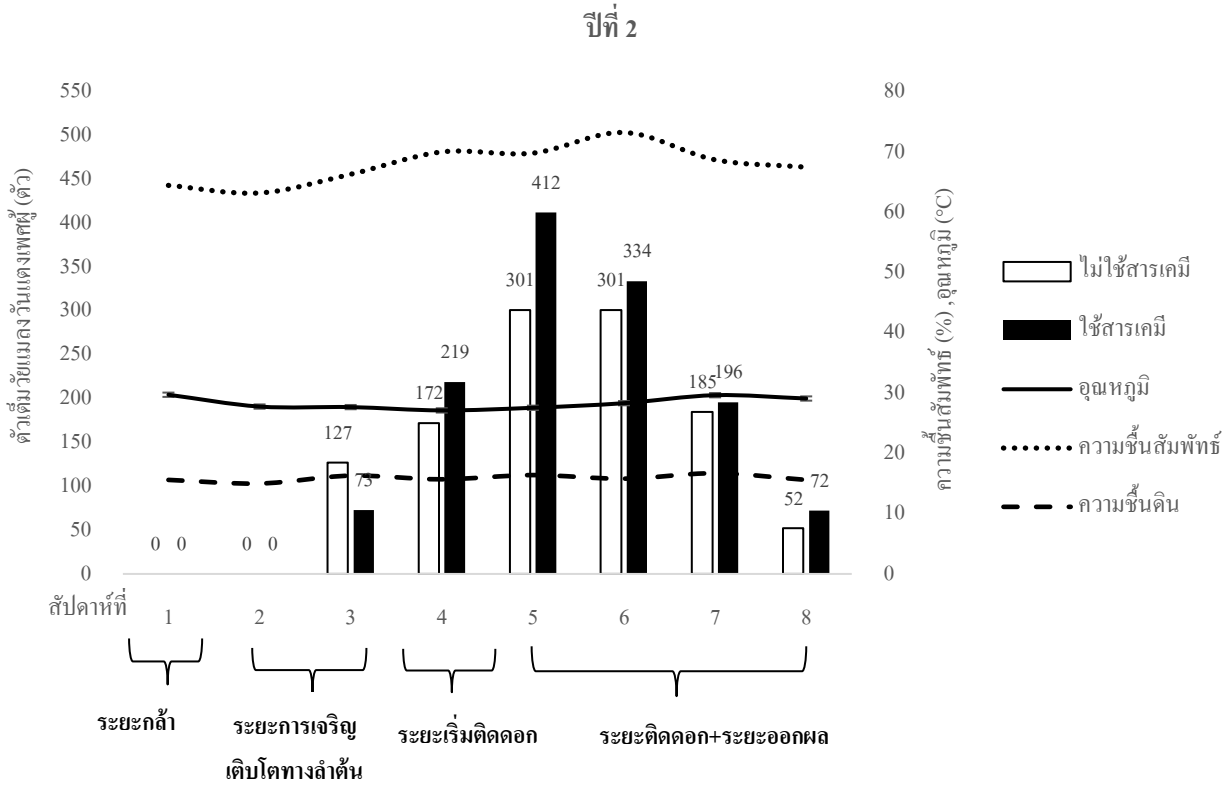
ฤดูกาลปลูกที่[1/]	รูปแบบการจัดการศัตรูพืช[2/]	ชนิดของสาร	การพ่นสาร (ครั้ง)	ผลรวมแมลงวันแตงในกับดัก (ตัว/แปลง)[3/]	ผลรวมแมลงวันแตงจากผลเสีย (ตัว)	ตำแหน่งทรงต้น	จำนวนผลดี	จำนวนผลเสีย	ผลเสีย (%)	ความเสียหายของผลแตงกวา (%)[4/]	ผลรวมความเสียหายของผลแตงกวาในทุกตำแหน่งของทรงต้น (ผล)
1	ไม่ใช้สารเคมี	ฮอร์โมนไข่, น้ำส้มควันไม้, สารสกัดสะเดา	4-7	1,138 A	13,541	บน	301	169	35.96	21.26 AB	795
						กลาง	482	492	50.51	61.89 A	
						ล่าง	284	134	32.06	16.86 AB	
	ใช้สารเคมี	อิมิดาโคลพิด, คลอไพริฟอส, ไซเปอร์เมทริน	7-8	1,606 A	14,107	บน	422	123	22.57	15.07 AB	816
						กลาง	551	494	47.27	60.54 A	
						ล่าง	391	199	33.73	24.39 AB	
2	ไม่ใช้สารเคมี	ฮอร์โมนไข่, น้ำส้มควันไม้, สารสกัดสะเดา	6-8	1,138 A	13,606	บน	472	231	32.86	27.30 AB	846
						กลาง	509	487	48.90	57.57 A	
						ล่าง	315	128	28.89	15.13 AB	
	ใช้สารเคมี	อิมิดาโคลพิด, คลอไพริฟอส, ไซเปอร์เมทริน	7-8	1,306 A	14,090	บน	316	119	27.36	16.76 AB	710
						กลาง	495	490	49.75	69.01 A	
						ล่าง	289	101	25.90	15.31 B	
	F-test			ns						**	
	CV (%)			87.63						84.87	

[1/] ปีที่ 1 (ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562), ปีที่ 2 (ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 – มกราคม พ.ศ. 2563 [2/] ไม่ใช้สารเคมี (เกษตรกรรายที่ 1 และ 2), ใช้สารเคมี (เกษตรกรรายที่ 3 และ 4)

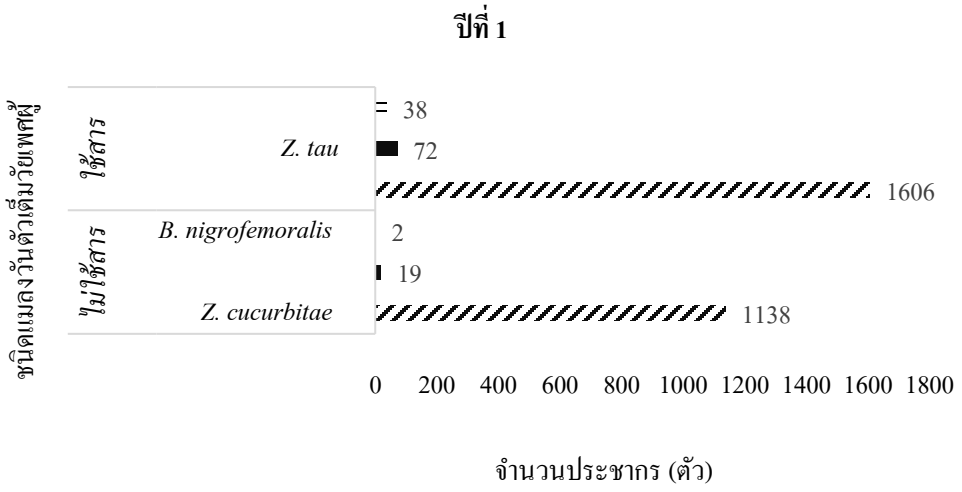
[3/] และ [4/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



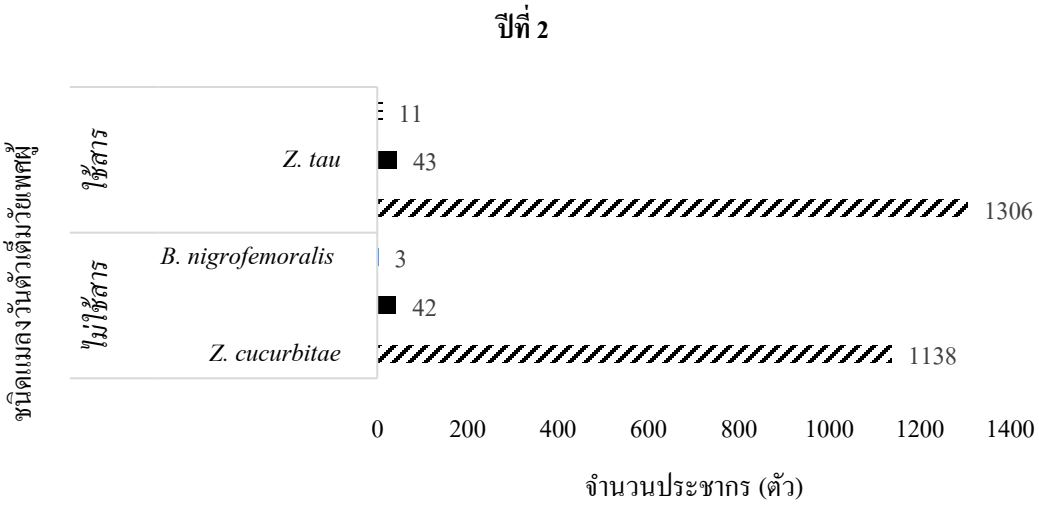
ภาพที่ 4.1 จำนวนประชากรแมลงวันแตงเพศผู้ *Zeugodacus cucurbitae* ในกับดัก Cue-lure ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561- กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 (ปีที่ 1)



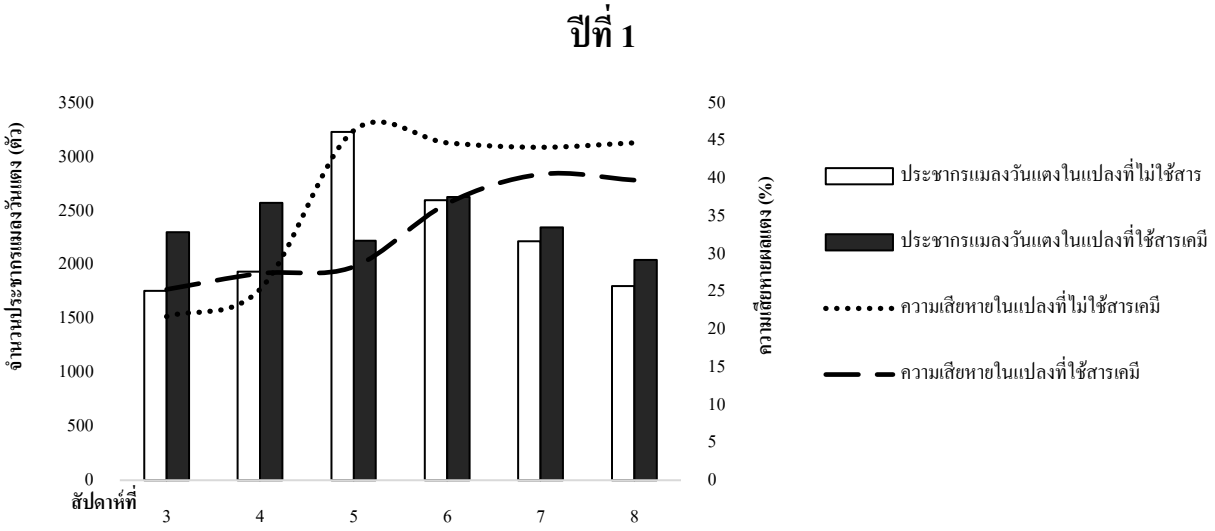
ภาพที่ 4.2 จำนวนประชากรแมลงวันแตงเพศผู้ *Zeugodacus cucurbitae* ในกับดัก Cue-lure ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562- มกราคม พ.ศ. 2563 (ปีที่ 2)



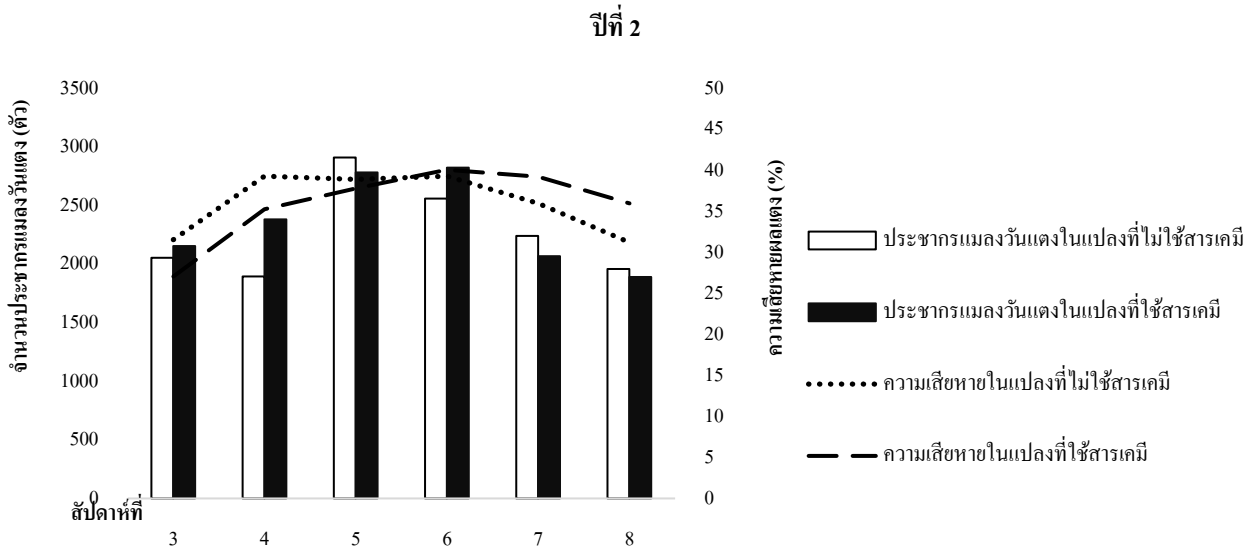
ภาพที่ 4.3 จำนวนประชากรแมลงวันแตงเพศผู้ *Bactrocera nigrofemoralis, Zeugodacus tau, Zeugodacus cucurbitae* ในกับดัก Cue-lure ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561- กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 (ปีที่ 1)



ภาพที่ 4.4 จำนวนประชากรแมลงวันแตงเพศผู้ *Bactrocera nigrofemoralis, Zeugodacus tau, Zeugodacus cucurbitae* ในกับดัก Cue-lure ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562- มกราคม พ.ศ. 2563 (ปีที่ 2)



ภาพที่ 4.5 จำนวนประชากรแมลงวันแตงจากผลแตง *Zeugodacus cucurbitae* ที่ถูกทำลายและเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของผลแตง ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 (ปีที่ 1)



ภาพที่ 4.6 จำนวนประชากรแมลงวันแตงจากผลแตง *Zeugodacus cucurbitae* ที่ถูกทำลายและเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของผลแตง ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562-มกราคม พ.ศ. 2563 (ปีที่ 2)

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation; r) ของความเสียหายแตงกับจำนวนแมลงวันแตงในแปลงเกษตรกรที่มีการจัดการแตกต่างกันทั้ง 2 ปีปลูก

แปลงเกษตรกร	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation; r)	
	ปีที่ 1 (พ.ย. 2561-ก.พ. 2562)	ปีที่ 2 (ต.ค. 2562-ม.ค. 2563)
	ความเสียหายแตงกับจำนวนแมลงวันแตง	ความเสียหายแตงกับจำนวนแมลงวันแตง
ไม่ใช้สารเคมี	0.61	0.53
ใช้สารเคมี	0.07	0.39

2. ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

2.1 ประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงต่อหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง 4 ชนิด พบว่า ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด 25,000 ตัว/หนอน สามารถทำให้หนอนวัยสุดท้ายตายได้สูงสุด 97.50% รองลงมา คือ *S. siamkayai H. bacteriophora* และ*H. indica* มีการตายอยู่ที่ 90 67.50 และ 75% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Cristhiane et al. (2012) และ Toledo et al. (2006) ที่ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ในการควบคุมหนอนวัยสุดท้ายแมลงวันผลไม้เมดิเตอร์เรเนียน *Ceratitis capitata* แมลงวันผลไม้ของอินเดียตะวันตก *Anastrepha obliqua* และ แมลงวันผลไม้อเมริกาใต้ *A. fraterculus* ทำให้หนอนวัยสุดท้ายมีการตาย เท่ากับ 90 94.1 และ 90.5% ตามลำดับ

ทั้งนี้การที่ไส้เดือนฝอยสกุล *Steinernema* spp. สามารถเข้าทำลายแมลงอาศัยที่มีการเคลื่อนที่สูงในดินได้ดี อาจมีสาเหตุมาจากพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของไส้เดือนฝอยแต่ละชนิดที่มีผลต่อการเข้าทำลายแมลงศัตรูพืช โดยพบว่า ไส้เดือนฝอยชนิด *S. carpocapsae* และ *S. siamkayai* จะมีพฤติกรรมดักซุ่มรอเหยื่อ (Ambushes) มักพบไส้เดือนฝอยกลุ่มนี้บริเวณผิวหน้าดิน ที่ความลึกประมาณ 1-2 เซนติเมตร โดยจะใช้ส่วนของลำตัวยืดตรงตั้งฉากกับพื้นดิน ส่วนหัวโบกสะบัดเพื่อรอดักเหยื่อที่เคลื่อนที่ผ่านมา (Jame and Gaugler, 1993) จึงเหมาะกับเหยื่อที่มีการเคลื่อนที่สูง เช่น หนอนวัยสุดท้าย จึงทำให้เปอร์เซ็นต์การตายในระยะหนอนมีค่าสูงกว่า ไส้เดือนฝอยสกุล *Heterorhabditis* spp.

ขณะที่เปอร์เซ็นต์การตายของดักแด้ พบว่า ไส้เดือนฝอยชนิด *S. carpocapsae* ที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด 25,000 ตัว/หนอน ทำให้ดักแด้มีเปอร์เซ็นต์การตายสูงที่สุด รองลงมาคือ *S. siamkayai H. indica* และ *H. bacteriophora* เท่ากับ 95 90 75 และ 42.50% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) เมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันพบว่าค่า LD_{50} ของไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae S. siamkayai H. indica* และ *H. bacteriophora* ในระยะหนอนเท่ากับ 9,987 4,234 10,722 16,756 ตัว/หนอน ตามลำดับ และค่า LD_{90} มีค่าเท่ากับ 22,316 16,285 53,113 71,926 ตัว/หนอน ตามลำดับ ขณะที่ค่า LD_{50} ในระยะดักแด้เท่ากับ 10,011 8,357 14,283 36,696 ตัว/ดักแด้ ตามลำดับ และ LD_{90} มีค่าเท่ากับ 23,187 24,565 70,300 81,244 ตัว/ดักแด้ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยต่อระยะหนอนกับระยะดักแด้ พบว่าในระยะหนอนมีเปอร์เซ็นต์การตายมากกว่าในระยะดักแด้ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ ภานุพงศ์ (2560) ได้ทดสอบประสิทธิภาพไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทย พบว่าไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* มี

ประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงวันพริก *Bactrocera latifrons* ในระยะหนอนวัยสุดท้าย และดักแด้สูง ถึง 94 และ 86.66% เมื่อพ่นอัตราไส้เดือนฝอยที่ 3,000 และ 4,000 ตัวต่อหนอน/ดักแด้ ตามลำดับ เช่นเดียวกับงานทดลองของ Rohde et al. (2012) ได้ทดสอบประสิทธิภาพไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ในการควบคุมแมลงวันเมดิเตอร์เรเนียน *C. capitata* ในระยะหนอนวัยสุดท้ายสูงกว่าดักแด้ถึง 30%

งานวิจัยที่ผ่านมาอธิบายว่า ไส้เดือนฝอยสามารถเข้าทำลายระยะหนอนได้ดีกว่าระยะดักแด้ เนื่องจากขณะที่หนอนเคลื่อนที่ จะมีการปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการค้นหาตำแหน่งของแมลงอาศัยของไส้เดือนฝอยที่มีคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวชี้นำทางเคมี และการสั่นสะเทือนของแมลงเป้าหมาย (Perez and Lewis, 2002) นอกจากนี้ช่องเปิดทางธรรมชาติ ของหนอนจะมีขนาดใหญ่กว่าดักแด้ ทำให้ไส้เดือนฝอยสามารถชอนไชเข้าสู่ช่องว่างกลางลำตัวของระยะหนอนได้ดีกว่าระยะดักแด้ (Minas et al., 2016) ทั้งนี้ยังมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยในระยะดักแด้ คือ ความหนาของผนังดักแด้ Grewal (2012) การปล่อยสารเคมีออกมาขณะที่ดักแด้เกิดการพัฒนาสร้างชั้นผิวหนัง (Hazir et al., 2003)

นอกจากนี้ Barberchecek and Kaya (1990) ได้กล่าวว่า ประสิทธิภาพการเข้าทำลายแมลงของไส้เดือนฝอยนั้นอาจขึ้นอยู่กับ ชนิดของไส้เดือนฝอย ขนาดของไส้เดือนฝอย โดย Adams and Nguyen (2002) รายงานว่าขนาดของ *S. carpocapsae* มีขนาด 438 um ขนาดของ *S. siamkayai* เท่ากับ 446 um ส่วน *H. bacteriophora* มีขนาด 570 um (Stock et al., 1998) และ *H. indica* มีขนาด 528 um (Poinar, 1990) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ที่พบว่าไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae และ S. siamkayai* มีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายระยะหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตงสูงกว่า *H. indica* และ *H. bacteriophora* โดยพบว่าสามารถเข้าทำลายในระยะหนอนได้ดีกว่าระยะดักแด้อีกด้วย

ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนวัยสุดท้ายแมลงวันแตงหลังพ่นด้วยไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงต่างชนิดที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

ระดับความเข้มข้นของไส้เดือนฝอย (ตัว/แมลงอาศัย)	การตายของหนอนวัยสุดท้ายหลังพ่นไส้เดือนฝอยแต่ละชนิด (% ± SD)[1/]				F -test	CV (%)
	Ss[/2]	Sc[/2]	Hi[/2]	Hb[/2]		
น้ำกลั่น (ควบคุม)	0.00 ± 0.00 Fa	0.00 ± 0.00 Da	0.00 ± 0.00 Ca	0.00 ± 0.00 Da		
1,000	20.00 ± 0.82 Eb	55.00 ± 1.29 Ca	37.50 ± 0.50 Bab	40.00 ± 0.82 Cab	**	25.95
5,000	40.00 ± 0.82 Db	62.50 ± 0.96 Ca	57.50 ± 0.50 Aa	22.50 ± 0.96 Ca	**	18.17
10,000	52.50 ± 0.50 Ca	70.00 ± 1.63 BCa	62.50 ± 0.96 Aa	60.00 ± 0.82 Ba	ns	17.32
15,000	70.00 ± 0.82 Bb	92.50 ± 0.50 ABa	65.00 ± 1.29 Ab	57.50.00 ± 0.50 ABb	**	11.81
20,000	87.50 ± 0.96 Aab	92.50 ± 0.50 ABa	65.00 ± 0.58 Ac	72.50 ± 0.96 ABbc	**	9.79
25,000	90.00 ± 0.00 Aa	97.50 ± 0.50 Aa	67.50 ± 0.96 Ab	75.00 ± 0.58 Ab	**	7.42
F-test	**	**	**	**		
CV (%)	13.49	14.74	16.96	18		

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเดียวกันทั้งตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็กที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์และแถว ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P<0.05$)

[/2] Ss= *Steinernema siamkayai*, Sc= *Steinernema carpocapsae*, Hi= *Heterorhabditis indica*, Hb= *Heterorhabditis bacteriophora*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การตายของดักแด้แมลงวันแตงหลังพ่นด้วยไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงต่างชนิดที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

ระดับความเข้มข้นของไส้เดือนฝอย (ตัว/แมลงอาศัย)	การตายของดักแด้หลังพ่นไส้เดือนฝอยแต่ละชนิด (% ± SD)[1]				F-test	CV (%)
	Ss[2]	Sc[2]	Hi[2]	Hb[2]		
น้ำกลั่น (ควบคุม)	0.00 ± 0.00 Da	0.00 ± 0.00 Ea	0.00 ± 0.00 Da	0.00 ± 0.00 Ba	ns	
1,000	25.00 ± 1.00 Ca	40.00 ± 0.82 Da	40.00 ± 0.50 Ca	2.50 ± 0.50 Bb	**	29.90
5,000	27.50 ± 0.96 Ca	52.50 ± 1.26 CDa	45.00 ± 1.71 Ca	22.50 ± 1.71 ABa	*	39.34
10,000	67.50 ± 0.50 Ba	65.00 ± 1.29 BCa	52.50 ± 0.96 BCa	27.50 ± 0.96 Ab	**	16.90
15,000	72.50 ± 1.50 Ba	72.50 ± 1.50 Ba	57.50 ± 1.41 ABCa	30.00 ± 1.41 Ab	**	22.07
20,000	77.50 ± 0.96 Aa	75.00 ± 1.29 Aa	72.50 ± 0.96 Aa	32.50 ± 0.96 Ab	**	16.32
25,000	90.00 ± 0.82 Aab	95.00 ± 0.58 Aa	75.00 ± 0.96 Ab	42.50 ± 0.96 Ac	**	9.92
F-test	**	**	**	**	**	
CV (%)	18	17.96	19.30	47.26		

[1] ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเดียวกันทั้งตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็กที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์และแถว ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P<0.05$)

[2] Ss= *Steinernema siamkayai*, Sc= *Steinernema carpocapsae*, Hi= *Heterorhabditis indica*, Hb= *Heterorhabditis bacteriophora*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.5 ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงที่มีต่อหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง

ชนิดไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง	ระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันแตง					
	หนอนวัยสุดท้าย		Slope	ดักแด้		Slope
	LD_{50}	LD_{90}	(R^2)	LD_{50}	LD_{90}	(R^2)
Steinernema siamkayai	9,987	22,316	0.981	10,011	23,187	0.961
Steinernema carpocapsae	4,234	16,285	0.944	8,357	24,565	0.918
Heterorhabditis indica	10,722	53,113	0.942	14,283	70,300	0.947
Heterorhabditis bacteriophora	16,756	71,926	0.926	36,696	81,244	0.926

2.2 ประสิทธิภาพของเชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* PSUM02 ต่อหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02 ต่อหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง พบว่าความเข้มข้นของสปอร์แขวนลอยสูงสุด คือ 1×10^{8} สปอร์/มิลลิลิตร ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การตายในระยะหนอนเท่ากับ 61.25 % รองลงมาคือ 1×10^{7} 1×10^{6} 1×10^{5} สปอร์/มิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 45.63 23.75 และ 8.13% ตามลำดับ ในระยะดักแด้เช่นเดียวกับระยะหนอน พบความเข้มข้นของสปอร์แขวนลอยสูงสุด คือ 1×10^{8} สปอร์/มิลลิลิตร รองลงมาคือ 1×10^{7} 1×10^{6} 1×10^{5} สปอร์/มิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 59.38 50 37.50 และ 18.75% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) ใกล้เคียงกับงานทดลองของ Ekesi et al. (2003) ได้ทำการทดสอบเชื้อรา *M. anisopliae* ICIPE 20 ที่ความเข้มข้นของสปอร์แขวนลอย 1×10^{8} สปอร์/มิลลิลิตร ในการควบคุมแมลงวันผลไม้แอฟริกา *C. rosa* และ *C. cosyra* ในระยะดักแด้ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 48.8 และ 68.8% ตามลำดับ ที่ความชื้นดิน 12 % และการทดสอบของ Moraga et al. (2006) ได้ทำการทดสอบเชื้อรา *M. anisopliae* EAMa 01/58-Su ที่ความเข้มข้นของสปอร์แขวนลอย 3.3×10^{6} สปอร์/มิลลิลิตร ควบคุมแมลงวันผลไม้ *C. capitata* ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การตายในระยะดักแด้ 52.5% ที่ความชื้นดิน 13% จากการทดสอบของผู้วิจัยพบว่าเปอร์เซ็นต์ตายใกล้เคียงกับรายงานที่ผ่านมา โดยผู้วิจัยใช้ความชื้นดินที่ 10% ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมในการทดสอบในสภาพดินทราย แต่กลับพบว่านอกจากปัจจัยเรื่องความชื้นของดินแล้ว Khlaywi et al. (2014) ยังได้อธิบายอีกว่า ความเข้มข้นของสปอร์แขวนลอยที่สูงขึ้นมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงที่เพิ่มขึ้นด้วย โดยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *M. anisopliae* กับระยะหนอนวัยสุดท้ายของแมลงวันผลไม้ *C. capitata* ที่ความเข้มข้นของสปอร์แขวนลอยที่ 1×10^{9} สปอร์/มิลลิลิตร ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การตายอยู่ที่ 73.80 % นอกจากนี้ Shi and Feng (2004) ยังกล่าวอีกว่า ระยะการเจริญเติบโตของแมลงอาศัยมีผลต่อการเข้าทำลายของเชื้อราด้วย เช่น การศึกษาของ เมธาสิทธิ์ และคณะ (2560) ที่ได้ศึกษาศักยภาพของเชื้อราก่อโรคแก่แมลงในการควบคุมแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* พบว่า *Metarhizium* sp. ไอโซเลท M14 และ M22 ที่ความเข้มข้น 1×10^{9} สปอร์/มิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์เข้าทำลายตัวเต็มวัย 87.92 และ 86.50% ตามลำดับรวมไปถึงชนิดของแมลงอาศัยที่ใช้ทดสอบอีกด้วย (Milner et al., 1998) จะเห็นได้ว่ามีหลายปัจจัยที่ทำให้เชื้อราเขียวนั้นมีประสิทธิภาพแตกต่างกันไป

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตงหลังพ่นด้วยเชื้อราเขียวที่ระดับความเข้มข้นของสารแขวนลอยสปอร์เชื้อราเขียวที่แตกต่างกัน

ความเข้มข้นของเชื้อราเขียว (สปอร์/มิลลิลิตร)	การตายของแมลงวันแตง (%) (Means ± SD)[1/]		T-test
	หนอนวัยสุดท้าย	ดักแด้	
น้ำกลั่น (ควบคุม)	4.38±3.15 Da	3.75±4.33 Da	ns
1×10^5	8.13±6.25 Db	18.75±8.54 Ca	**
1×10^6	23.75±5.95 Cb	37.50±6.12 Ba	*
1×10^7	45.63±10.28 Ba	50.00±3.54 ABa	ns
1×10^8	61.25±4.33 Aa	59.38±9.44 Aa	ns
F-Test	**	**	
CV (%)	22.83	20.05	

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเดียวกันทั้งตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็กที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์และแถว ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P<0.05$)

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2.3 การรอดชีวิตของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงหลังผสมร่วมกับเชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* PSUM02

จากการศึกษาการรอดชีวิตของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง 4 ชนิด พบว่า เมื่อผสมไส้เดือนฝอยร่วมกับน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) เป็นเวลา 7 วัน ไส้เดือนฝอยทั้ง 4 ชนิด มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 100% ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธี และเมื่อผสมไส้เดือนฝอยแต่ละชนิดร่วมกับเชื้อราเขียว ที่ความเข้มข้นของสปอร์แขวนลอยที่ 1×10^{8} สปอร์/มิลลิลิตร พบว่า ไส้เดือนฝอยชนิด *S. siamkayai* มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 99.50% ชนิด *S. carpocapsae* มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 99.75% ไส้เดือนฝอยชนิด *H. indica* และ *H. bacteriophora* มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 99% ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.7) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ งานทดลองของ Ansari et al. (2008) ได้ทำการทดสอบการรอดชีวิตของไส้เดือนฝอยชนิด *H. bacteriophora* เมื่อผสมกับเชื้อรา *M. anisopliae* เป็นเวลา 1 วัน ก่อนนำไปทดสอบ พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 100% เช่นเดียวกับการศึกษาของ Cuadros et al. (2016) เมื่อนำเชื้อราเขียวมาผสมร่วมกับไส้เดือนฝอย *H. bacteriophora* HNI100 และทำการประเมินการรอดชีวิตของไส้เดือนฝอยที่ 0, 2, 4 และ 6 วัน พบว่า เชื้อราไม่มีผลทำให้ไส้เดือนฝอยตาย ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Mora et al. (2017) ที่ได้กล่าวว่า โปรตีนภายในโครงสร้างสปอร์ของเชื้อราและผนังลำตัวของแมลงที่มีความจำเพาะเจาะจงกัน และสปอร์เชื้อราสามารถแทงเข้าผิวหนังแมลงได้ ซึ่งโครงสร้างผนังลำตัวไส้เดือนฝอยนั้นแตกต่างจากแมลง ทั้งนี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เชื้อราไม่สามารถเจาะเข้าทำลายไส้เดือนฝอยได้ และ Koppenhofer and Grewal (2005) ได้อธิบายว่า การใช้เชื้อราร่วมกับไส้เดือนฝอยนั้นเป็นการเสริมฤทธิ์ซึ่งกันและกัน เนื่องจากเชื้อราและไส้เดือนฝอยทำงานกันอย่างอิสระ เมื่อนำมาใช้ร่วมกันจึงไม่เป็นปฏิปักษ์ต่อกัน แต่กลับเพิ่มประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้ร่วมกันในการทดสอบ

ตารางที่ 4.7 การรอดของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงในการผสมร่วมกับเชื้อราเขียว

กรรมวิธี	การรอดชีวิตที่ระยะเวลาแตกต่างกัน (%±SD)[1/]				F-test	CV (%)
	1	3	5	7		
Steinernema siamkayai +น้ำกลั่น	100±0.00 Aa	100±0.00 Aa	100±0.00 Aa	100±0.00 Aa	ns	-
Steinernema carpocapsae +น้ำกลั่น	100±0.00 Aa	100±0.00 Aa	100±0.00 Aa	100±0.00 Aa	ns	-
Heterorhabditis bacteriophora+น้ำกลั่น	100±0.00 Aa	100±0.00 Aa	100±0.00 Aa	100±0.00 Aa	ns	-
Heterorhabditis indica+น้ำกลั่น	100±0.00 Aa	100±0.00 Aa	100±0.00 Aa	100±0.00 Aa	ns	-
Steinernema siamkayai+เชื้อราเขียว	100±0.00 Aa	99.5± 0.58 ABa	99.5± 0.58 ABa	99.5± 0.58 ABa	ns	0.53
Steinernema carpocapsae+เชื้อราเขียว	99.75±0.50 ABa	99.75± 0.50 Aa	99.75± 0.50 Aa	99.75± 0.50 Aa	ns	0.48
Heterorhabditis bacteriophora+เชื้อราเขียว	100±0.00 Aa	99± 0.00 Bb	99± 0.00 Bb	99± 0.00 Bb	**	0.21
Heterorhabditis indica+เชื้อราเขียว	99.25±0.50 Ba	99± 0.00 Bb	99± 0.00 Bb	99± 0.00 Bb	**	0.19
F-test	**	**	**	**		
CV (%)	0.25	0.27	0.27	0.27		

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเดียวกันทั้งตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็กที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์และแถว ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P<0.05$)

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2.4 ประสิทธิภาพไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับเชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* PSUM02 ต่อหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง

จากการศึกษาประสิทธิภาพไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง 4 ชนิด ร่วมกับเชื้อราเขียว พบว่า เมื่อผสมไส้เดือนฝอยทุกชนิด ร่วมกับน้ำกลั่นหรือเชื้อราสามารถทำให้หนอนวัยสุดท้ายมีเปอร์เซ็นต์การตายได้สูงกว่าดักแด้ในทุกกรรมวิธี และพบว่าเปอร์เซ็นต์การตายทั้งหนอนและดักแด้ในการทดสอบในตารางที่ 4.8 มีการตายมากกว่าผลการทดสอบในตารางที่ 4.3-4.4 อาจเนื่องมากจากปริมาตรน้ำที่ผสมร่วมนั้นมีความแตกต่างกัน โดยในวิธีการทดสอบในตารางที่ 4.3-4.4 ใช้น้ำปริมาตร 2 มิลลิลิตร ในขณะที่ตารางที่ 4.8 ใช้น้ำปริมาตร 3 มิลลิลิตร ซึ่งไส้เดือนฝอยชนิด *S. carpocapsae* หลังผสมร่วมกับเชื้อราและหลังจากแช่เชื้อราเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนพ่น พบว่า มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตายในหนอนวัยสุดท้ายสูงสุด 100% และในดักแด้มีเปอร์เซ็นต์การตายสูงถึง 82.50 และ 85% ตามลำดับ รองลงมาคือไส้เดือนฝอยชนิด *S. siamkayai* พบเปอร์เซ็นต์การตายในหนอนและดักแด้ เท่ากับ 90, 87.5 และ 70, 75% ตามลำดับขณะที่ *H. indica* และ*H. bacteriophora* พบเปอร์เซ็นต์การตายในหนอน เพียง 57.5 62.5 และ 50 52.5% ตามลำดับ และในดักแด้ 57.7 60 และ 35.5 45% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) จากที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า ไส้เดือนฝอยชนิด *S. carpocapsae* มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมหนอนวัยสุดท้าย ซึ่งใกล้เคียงกับงานทดลองของ Cristhiane et al. (2012) พบว่าไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนวัยสุดท้ายแมลงวันผลไม้ *C. capitata* ได้สูงถึง 90% และยังพบว่าการใช้ไส้เดือนฝอยชนิด *S. carpocapsae* ร่วมกับชีวภัณฑ์อื่น มีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายสูงเช่นกัน เช่นการศึกษาของ ศิริลักษณ์ และประไพ (2554) พบว่า ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* เมื่อใช้ร่วมกับชีวภัณฑ์บีทีสามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูแหนแดงได้สูงเกือบ 100% ทั้งนี้การใช้ไส้เดือนฝอยร่วมกับเชื้อรา หรือการแช่ไส้เดือนฝอยก่อนการฉีดพ่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าเชื้อราไม่มีผลต่อการตายของไส้เดือนฝอย สอดคล้องกับงานทดลองของ Ansari et al. (2008) ที่ได้ทำการทดสอบการรอดชีวิตของไส้เดือนฝอยชนิด *H. bacteriophora* เมื่อผสมกับเชื้อรา *M. anisopliae* เป็นเวลา 1 วัน ก่อนนำไปทดสอบ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 100% ทั้งนี้ทำให้เห็นว่าการใช้ไส้เดือนฝอยร่วมกับเชื้อราหรือการแช่ก่อนการใช้ทดสอบไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันของทั้งไส้เดือนฝอยและเชื้อรา เช่นงานทดลองของ Ansari et al. (2008) ที่ได้ทำการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างไส้เดือนฝอย *H. bacteriophora, S. feltiae* ที่อัตราไส้เดือนฝอย 120 ตัว/ด้วง 1 ตัว ร่วมกับเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* V275 ที่ความเข้มข้นสาร

แขวนลอยสปอร์ที่ 1.1 × 10^9 สปอร์/มิลลิลิตร ในการควบคุมด้วงงวงอุ่นสีดำ วัย 3 เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การตาย เท่ากับ 100% ในไส้เดือนฝอยทั้ง 2 ชนิด ซึ่งเป็นปฏิสัมพันธ์แบบเสริมฤทธิ์กัน หรือที่เรียกว่า Synergistic

ตารางที่ 4.8 ประสิทธิภาพการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับเชื้อราเขียวในการควบคุมหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การตาย (%) (Means ± SD)[1]		T-test
	หนอนวัยสุดท้าย	ดักแด้	
น้ำกลั่น (ควบคุม)	0±0.00 C	0±0.00 G	
เชื้อราเขียว	55±0.58 Ba	45±1.00 DEFa	ns
Steinernema siamkayai+น้ำกลั่น	82.50±0.50 Aa	75±0.58 ABa	ns
Steinernema carpocapsae+น้ำกลั่น	87.50±0.96 Aa	80±0.82 Aa	ns
Heterorhabditis indica+น้ำกลั่น	57.50±0.96 Ba	57.50±0.50 CDEa	ns
Heterorhabditis bacteriophora+น้ำกลั่น	47.50±0.50 Ba	42.50±0.50 EFa	ns
Steinernema siamkayai+เชื้อราเขียว	90±0.82 Aa	70±0.00 ABCb	**
Steinernema carpocapsae+เชื้อราเขียว	100±0.00 Aa	82.50±0.50 Ab	**
Heterorhabditis indica+เชื้อราเขียว	57.50±0.96 Ba	57.50±0.96 CDEa	ns
Heterorhabditis bacteriophora+เชื้อราเขียว	50±0.82 Ba	37.50±0.50 Fa	ns
Steinernema siamkayai ที่ผ่านการแช่ในเชื้อราเขียว 1 วัน	87.50±0.50 Aa	75±0.58 ABa	ns
Steinernema carpocapsae ที่ผ่านการแช่ในเชื้อราเขียว 1 วัน	100±0.00 Aa	85±0.58 Aa	ns
Heterorhabditis indica ที่ผ่านการแช่ในเชื้อราเขียว 1 วัน	62.50±0.96 Ba	60±0.82 BCDa	ns
Heterorhabditis bacteriophora ที่ผ่านการแช่ในเชื้อราเขียว 1 วัน	52.50±0.96 Ba	45±0.58 DEFa	ns
F-test	**	**	
CV (%)	10.7	10.88	

[1] ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเดียวกันทั้งตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็กที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์และแถวที่ต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% (P<0.05)

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3. ประสิทธิภาพสารชีวภัณฑ์ที่มีผลต่อการวางไข่แมลงวันแตงในโรงเรือน

จากการศึกษาประสิทธิภาพสารชีวภัณฑ์ต่อการวางไข่ของแมลงวันแตง พบว่า หลังพ่นสารสกัดสะเดา ผลแตงกวามีจำนวนรอยทำลายของแมลงวันแตงต่ำที่สุดในวันที่ 1 และ 2 เท่ากับ 1.30 และ 1.20 รอย/ผล ลำดับถัดไป คือ เชื้อราเขียว 3.35 และ 2.50 รอย/ผล และสุดท้ายคือ กรรมวิธีควบคุม เท่ากับ 3.70 และ 2.55 รอย/ผล ซึ่งกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อราเขียวและกรรมวิธีควบคุมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และในวันที่ 3 พบรอยทำลายน้อยลงไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 4.9) เมื่อเวลาผ่านไป 3 วันหลังพ่นสารทุกกรรมวิธี พบว่า หลังพ่นด้วยสารสกัดสะเดา มีจำนวนรอยทำลายต่ำที่สุดในวันที่ 1 เท่ากับ 1.25 รอย/ผล ลำดับถัดไป คือ เชื้อราเขียวและกรรมวิธีควบคุม เท่ากับ 2.65 และ 3.50 รอย/ผล ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ในวันที่ 2 พบรอยทำลายไม่แตกต่างกันทางสถิติในกรรมวิธีเชื้อราและกรรมวิธีควบคุม และในวันที่ 3 พบรอยทำลายไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 4.10) และเมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน กรรมวิธีที่พ่นสารสกัดสะเดามีผลทำให้จำนวนรอยทำลายต่ำสุด ในวันที่ 1 พบรอยทำลาย 0.80 รอย/ผล รองลงมาคือ กรรมวิธีควบคุมและเชื้อราเขียว เท่ากับ 1.55 และ1.45 รอย/ผล ซึ่งไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ ในวันที่ 2 พบรอยทำลายไม่แตกต่างกันในทุกกรรมวิธี แต่ในวันที่ 3 การพ่นด้วยสารสกัดสะเดาพบรอยทำลายสูงกว่ากรรมวิธีเชื้อราเขียวและกรรมวิธีควบคุม เท่ากับ 1.10 0.55 และ 0.60 รอย/ผล ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11)

จะเห็นได้ว่าสารสกัดสะเดาให้ผลดีกว่าเชื้อราและกรรมวิธีควบคุม ในการลดความเสียหายจากการเข้าทำลายของแมลงวันแตง ซึ่งจากการทดสอบนี้สารสกัดสะเดามีผลต่อการขับไล่ อาจทำให้แมลงวันแตงวางไข่ได้น้อยเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น จึงเป็นผลให้จำนวนดักแด้ต่อผลน้อยที่สุดในกรรมวิธีที่พ่นด้วยสารสกัดสะเดาทั้งการพ่นทันที หลังพ่นที่ 3 และ 5 วัน ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ กฤษฎา และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาการขับไล่แมลงวันแตง *B. cucurbitae* ในห้องปฏิบัติการ พบว่า ผงเมล็ดสะเดาช้างและน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง มีเปอร์เซ็นต์การขับไล่ 82.19% เช่นเดียวกันกับ อรัญ และคณะ (2558) ได้ทดสอบการประยุกต์ใช้เชื้อรา ร่วมกับเมล็ดสะเดาช้างในการควบคุมแมลงวันแตง พบว่า การใช้เชื้อรา *M. anisopliae* กับสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง สามารถยับยั้งการวางไข่ได้สูง 77.1% วัชระ (2557) ได้กล่าวว่าในสะเดา มีสารสำคัญ คือ อะซาดิแรกติน (Azadirachtin) ซึ่งลดความสามารถในการวางไข่ โดยมีผลต่อฮอร์โมนที่ทำการสร้างและสุกแก่ของไข่ด้วย Khattak et al. (2009) ได้ทำการศึกษาผลของสารสกัดเมล็ดสะเดาในยับยั้งการวางไข่และการเข้าทำลายของแมลงวันแตง พบว่า ที่ สารสกัด

เมล็ดสะเดา เข้มข้น 3% ส่งผลทำให้จำนวนดักแด้เฉลี่ยน้อยที่สุดเพียง 18.33 ตัว/ผล แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมที่พบจำนวนดักแด้ถึง 54.67 ตัว/ผล แต่กลับพบว่าสารสกัดเมล็ดสะเดาไม่ส่งผลต่อการฟักของดักแด้ ซึ่งสามารถฟักได้ถึง 83. 79-91.56% จากการทดสอบในครั้งนี้ยังพบว่าในบางวันที่ทำการนับรอยทำลายกรรมวิธีที่พ่นสารสกัดสะเดามีรอยทำลายที่สูงกว่ากรรมวิธีอื่น อาจเป็นไปได้ว่าแมลงวันจะเจาะผลเรื่อยๆ จนกว่าจะได้พืชอาหารที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Chistenson and Foote (1960) ที่ได้รายงานว่า แมลงวันผลไม้จะมีพฤติกรรมการเจาะผลซ้ำๆ จนกว่าจะได้ตำแหน่งและพืชอาหารที่เหมาะสมต่อการวางไข่ เช่นเดียวกับการรายงานของ Sulaeha et al. (2020) ที่รายงานว่า ผลแตงกวาที่มีอายุผลมากขึ้นจะมีความนุ่มของเนื้อเยื่อที่ลดลง ซึ่งมีผลต่อการเลือกเข้าทำลายของแมลงวันแตง

ตารางที่ 4.9 ผลของสารชีวภัณฑ์ต่อการวางไข่แมลงวันแตงหลังพ่นทันที

กรรมวิธี	จำนวนรอย/ผล[1/]			จำนวนดักแด้/ผล	การฟักของดักแด้ (%)
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3		
น้ำกลั่น (ควบคุม)	3.70±0.80 A	2.55±0.60 A	1.10±0.72 A	15.95±2.37 A	87.15±2.29 A
สารสกัดสะเดา	1.30±0.57 B	1.20±0.41 B	1.35±0.49 A	5.15±1.90 B	88.35±1.64 A
เชื้อราเขียว	3.35±1.04 A	2.50±0.61 A	1.05±0.69 A	14.55±1.73 A	91.07±1.97 A
F-test	**	**	ns	**	ns
CV (%)	29.7	26.33	54.80	16.99	13.37

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.10 ผลของสารชีวภัณฑ์ต่อการวางไข่แมลงวันแตงหลังพ่น 3 วัน

กรรมวิธี	จำนวนรอย/ผล[1/]			จำนวนดักแด้/ผล	การฟักของดักแด้ (%)
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3		
น้ำกลั่น (ควบคุม)	3.50±0.95 A	2.10±0.72 A	1.55±0.83 A	14.05±1.61 A	86.48±1.90 A
สารสกัดสะเดา	1.25±0.64 C	0.90±0.45 B	1.20±0.41 A	3.50±1.54 B	85.71±1.52 A
เชื้อราเขียว	2.65±1.09 B	1.85±0.88 A	1.60±0.94 A	13.25±2.29 A	95.47±1.98 A
F-test	**	**	ns	**	**
CV (%)	36.93	43.47	52.44	17.96	17.44

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเดียวกันทั้งตัวพิมพ์ใหญ่ที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% (P<0.05)

ตารางที่ 4.11 ผลของสารชีวภัณฑ์ต่อการวางไข่แมลงวันแตงหลังพ่น 5 วัน

กรรมวิธี	จำนวนรอย/ผล[1/]			จำนวนดักแด้/ผล	การฟักของดักแด้ (%)
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3		
น้ำกลั่น (ควบคุม)	1.55±0.69 A	1.00±0.65 A	0.60±0.50 B	9.60±2.74 A	88.54±2.19 A
สารสกัดสะเดา	0.80±0.70 B	0.90±1.02 A	1.10±0.31 A	2.70±1.49 C	94.44±1.50 A
เชื้อราเขียว	1.45±0.76 A	0.95±0.89 A	0.55±0.60 B	7.70±1.34 B	98.70±1.23 A
F-test	**	ns	**	**	**
CV (%)	56.41	91.16	65.01	29.42	17.27

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเดียวกันทั้งตัวพิมพ์ใหญ่ที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% (P<0.05)

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4. การบูรณาการการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับชีวภัณฑ์อื่นในการป้องกันกำจัดแมลงวันแตงในสภาพแปลงทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิการบูรณาการการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับสารสกัดสะเดาในการป้องกันกำจัดแมลงวันแตง พบว่าในกรรมวิธีที่มีการผสมผสานมีค่าเฉลี่ยรอยทำลายของแมลงวันแตงต่ำที่สุด รองลงมาคือกรรมวิธีสารป้องกันกำจัดแมลงและควบคุมเท่ากับ 0.96 1.46 และ 1.60 รอย/ผล ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ โดยตำแหน่งที่แมลงวันแตงชอบเข้าทำลายพบว่าอยู่บริเวณตำแหน่งกลาง โดยพบรอยทำลายเฉลี่ยอยู่ที่ 2.05 รอย/ผล รองลงมาคือ ตำแหน่งบนและล่างเท่ากับ 1.48 และ 1.10 รอย/ผล ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และขนาดของแตงกวามีผลต่อการชอบเข้าทำลายของแมลงวันแตงพบว่าผลที่มีขนาดประมาณ 9×14 เซนติเมตร มีรอยทำลายมากที่สุด 3.86 รอย/ผล (ตารางที่ 4.12) สอดคล้องกับงานทดลองของ Sulaeha et al. (2020) ได้ทำการศึกษาปัจจัยในการเข้าทำลายผลของแตงกวาของแมลงวันแตง *Z. cucurbitae* พบว่า แมลงวันแตงชอบเข้าทำลายผลที่มีขนาดในช่วง Scale 3 (10×14 เซนติเมตร) หรืออายุผลประมาณ 17-18 วัน ส่วนประชากรแมลงวันแตงในกับดัก cue-lure และกับดักกาวเหนียวสีเขียว พบว่าในกรรมวิธีที่ไม่มีการจัดการมีผลรวมของจำนวนแมลงวันแตงมากที่สุดเท่ากับ 28.73 ตัว ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเคมี และกรรมวิธีผสมผสาน เท่ากับ 18.53 และ 10.95 ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) สอดคล้องกับการศึกษาของ Alvarenga et al. (2012) ที่ได้ศึกษาการใช้สารสกัดเมล็ดสะเดาในการควบคุมแมลงวันผลไม้ *C. capitata* พบว่า นอกจากมีฤทธิ์ในการขับไล่แล้วยังมีผลต่อหนอนวัยสุดท้ายและเปอร์เซ็นต์การฟักของดักแด้ด้วย ที่สารสกัดเมล็ดสะเดาเข้มข้น NSC 30% สามารถส่งผลทำให้ดักแด้ไม่ฟักออกเป็นตัวเต็มวัยถึง 100% รวมถึง Torrini et al. 2017 กล่าวว่า ปัจจุบันมีการนำไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงมาใช้ควบคุมแมลงวันผลไม้อย่างแพร่หลาย ทดแทนการใช้สารป้องกันกำจัดแมลง โดยนิยมใช้ไส้เดือนฝอยมาควบคุมแมลงในระยะการเจริญเติบโตในดิน เช่นระยะหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้ของแมลงวันในกลุ่มแมลงวันผลไม้

เมื่อคิดค่าต้นทุนของสารป้องกันกำจัดแมลงวันแตง การใช้สารป้องกันกำจัดแมลงเพียงอย่างเดียวซึ่งเป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้เปรียบเทียบกับกรรมวิธีผสมผสานสารสกัดสะเดาร่วมกับไส้เดือนฝอย พบว่าพื้นที่ 70 ตารางเมตร (ต้นแตงกวาจำนวน 90 ต้น) ต้นทุนในการใช้วิธีสารป้องกันกำจัดแมลงป้องกันกำจัดแมลงที่เกษตรกรนิยมใช้คือ สารอิมิดาโคลพริด มีการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงเฉลี่ยทั้งหมด 7 ครั้ง (ต้นทุนต่อครั้งเท่ากับ 45 บาท) โดยมีค่าใช้จ่ายตลอดฤดูกาลเท่ากับ 315 บาท ต้นทุน

ในการใช้วิธีแบบผสมผสานตลอดฤดูกาลคิดเป็นเงิน 515 บาท ได้แก่ สารสกัดสะเดาคิดเป็น 140 บาท พ่นทั้งหมด 7 ครั้ง (ต้นทุนต่อครั้งเท่ากับ 20 บาท) และไส้เดือนฝอยคิดเป็น 375 บาท พ่น 5 ครั้ง (ต้นทุนต่อครั้งเท่ากับ 75 บาท) จะเห็นได้ว่าต้นทุนวิธีผสมผสานสารสกัดสะเดาร่วมกับไส้เดือนฝอยนั้นถึงแม้จะมีต้นทุนที่สูงกว่าการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงป้องกันกำจัดแมลงที่เกษตรกรนิยมใช้ประมาณ 200 บาท แต่ประสิทธิภาพการใช้วิธีผสมผสานนั้นมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผลผลิต ต่อเกษตรกร และผู้บริโภคมากยิ่งกว่า

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยความเสียหายจากแมลงวันแตงเข้าทำลาย

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยรอยทำลาย/ลูก (Means ± SD)
แปลง (A)	
ควบคุม	1.60±1.68 A
เคมี	1.46±1.50 A
ผสมผสาน	0.96±0.81 B
ตำแหน่ง (B)	
บน	1.48±1.34 B
กลาง	2.05±1.67A
ล่าง	1.01±0.93 C
ขนาด (C)[1/]	
Scale 1 (5×8 เซนติเมตร)	0.05±0.23 D
Scale 2 (8×11 เซนติเมตร)	1.41±1.06 B
Scale 3 (9×14 เซนติเมตร)	3.86±1.79A
Scale 4 (10×15 เซนติเมตร)	1.75±0.99 B
Scale 5 (14×20 เซนติเมตร)	0.50±0.51 C
F-test	
A	**
B	**
C	**
CV (%)	42.18

[1/] Scale 1 = อายุผล 7-8 วัน, Scale 2 = อายุผล 11-12 วัน, Scale 3 = อายุผล 15-16 วัน, Scale 4 อายุผล 19-20 วัน, Scale 5 = อายุผล 23-24 วัน

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยตัวเต็มวัยที่ติดบนกับดัก Cue-lure กับดักกาวเหนียวสีเขียว และในกรงทดสอบในสภาพไร่ในแต่ละสัปดาห์

กรรมวิธี	จำนวนตัวเต็มวัยในแต่ละสัปดาห์ (ตัว±SD) [1/]												
	จำนวนตัวเต็มวัยในกับดัก Cue-lure				จำนวนตัวเต็มวัยในกับดักกาวเหนียว				จำนวนตัวเต็มวัยในกรงทดสอบ				
	สัปดาห์ 1	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 1	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 1	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4	ผลรวม
ไม่มีการจัดการ	3.05 ±0.80A	2.71 ± 0.56A	2.48 ± 0.75A	3.24 ±1.18A	2.76 ±1.09A	2.38±1.20A	2.62±0.86A	2.86±0.73A	1.48 ±0.60A	1.86 ±1.15A	1.67 ±0.58A	1.62 ±0.67A	28.73
สารป้องกันกำจัดแมลง	1.86 ±0.72B	1.24 ± 0.62B	1.76 ± 0.62B	2.33 ±0.73B	2.05 ±0.80B	1.29±0.56B	1.62±0.74B	2.05±0.86B	1.33 ±0.58A	1.00 ±0.71B	1.19 ±0.93AB	0.81 ±0.75B	18.53
ผสมผสาน	1.19 ±0.60C	0.62 ± 0.50C	0.90 ± 0.54C	1.19 ±0.68C	1.10±0.62C	1.00±0.55B	0.95±0.67C	1.52±0.60C	0.86 ±0.48B	0.57 ±0.68B	0.57 ±0.68B	0.48 ±0.68B	10.95
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	
CV (%)	35.51	36.42	35.79	38.59	38.47	53.48	42.65	31.63	44.04	66.83	73.21	70.85	

[1/] ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. ศึกษาประชากรแมลงวันแตงและศัตรูธรรมชาติในแปลงเกษตรกรจังหวัดขอนแก่น

แปลงเกษตรที่ใช้สารป้องกันกำจัดแมลงเป็นหลักพบจำนวนประชากรแมลงวันแตงและความเสียหายจากการเข้าทำลายของแมลงวันแตงมากกว่าแปลงเกษตรกรที่ไม่ใช้สารเคมี ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการใช้สารสารเคมี ที่ผิดวิธีและต่อเนื่องเป็นเวลานาน ขณะที่ในทุกแปลงที่สำรวจไม่พบประชากรศัตรูธรรมชาติเลย ข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้จากการสำรวจแสดงให้เห็นว่าความเสียหายของผลผลิตส่วนมากพบในตำแหน่งกลางของทรงต้น เนื่องจากบริเวณนี้มีขนาด อายุของผล และลักษณะของเนื้อผลที่แมลงวันแตงชอบเข้าทำลายมากกว่าตำแหน่งอื่นของทรงต้น

2. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

2.1 ประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงต่อหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง

ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* สามารถเข้าทำลายหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้ของแมลงวันแตงได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับไส้เดือนฝอย *S. siamkayai, H. indica* และ *H. bacteriophora* โดยอัตราพ่นที่เหมาะสมคือ 25,000 ตัวต่อหนอน/ดักแด้ ส่งผลให้การตายในหนอนและดักแด้แมลงวันแตง เท่ากับ 97.50 และ 95.00% และพบว่าในระยะหนอนนั้นค่อนข้างมีความอ่อนแอกว่าระยะดักแด้ ดังนั้นคำแนะนำในสภาพแปลงควรพ่นในอัตราที่สูงเทียบเท่าหรือมากกว่า 25,000 ตัว/แมลงอาศัย เพื่อให้การป้องกันกำจัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 ประสิทธิภาพของเชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* PSUM02 ต่อหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง

ถึงแม้ว่าเชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02 สามารถเข้าทำลายหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้ของแมลงวันแตงที่ระดับความเข้มข้นของสปอร์แขวนลอยที่ 1×10^{8} สปอร์/มิลลิลิตร ส่งผลให้มีการตายเท่ากับ 61.25 และ 59.38% ตามลำดับ แต่กลับพบว่าเปอร์เซ็นต์การตายยังต่ำกว่าไส้เดือนฝอย

2.3 การรอดชีวิตของไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงหลังผสมร่วมกับเชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* PSUM02

เชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02 ไม่ส่งผลต่อการตายของไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae, S. siamkayai, H. indica* และ *H. bacteriophora* ถึงแม้จะมีการผสมร่วมกันนานถึง 7 วัน โดยพบเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุด 99 – 99.75%

2.4 ประสิทธิภาพไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับเชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* PSUM02 ต่อหนอนวัยสุดท้ายและดักแด้แมลงวันแตง

ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ร่วมกับเชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02 สามารถเข้าทำลายหนอนวัยสุดท้ายของแมลงวันแตงได้ดีที่สุด 100% โดยให้ผลเทียบเท่ากับการพ่นไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* เพียงอย่างเดียว แต่มีความแตกต่างกับการพ่นเชื้อราอย่างเดียวที่ให้ผลเพียง 61.25% ขณะที่ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ที่ผ่านการแช่ร่วมกับเชื้อราเขียว *M. anisopliae* PSUM02 นาน 1 วัน มีการตายที่ 85% ในระยะดักแด้ ซึ่งให้ผลไม่ต่างกันมากกับการพ่นไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* เพียงอย่างเดียว แต่แตกต่างกับการใช้เชื้อราเพียงอย่างเดียวที่ให้ผลเพียง 59.38% เท่านั้น

3. ประสิทธิภาพสารชีวภัณฑ์ที่มีผลต่อการวางไข่แมลงวันแตงในโรงเรือน

สารสกัดสะเดา มีผลต่อการวางไข่ของแมลงวันแตงและจำนวนรอยทำลายผลแตงที่สุด โดยมีช่วงระยะเวลาออกฤทธิ์ครอบคลุมสูงสุดที่ 5 วันหลังพ่น การพ่นด้วยเชื้อราให้ผลเทียบเท่ากรรมวิธี

พ่นน้ำกลั่น (ควบคุม) ดังนั้นในสภาพแปลงจึงควรมีการแนะนำให้พ่นสารสกัดสะเดาเริ่มตั้งแต่ระยะที่สำรวจพบตัวเต็มวัยเข้ามาในแปลงปลูก และควรพ่นอย่างต่อเนื่องทุก 3-5 วัน

4. การบูรณาการการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับชีวภัณฑ์อื่นในการป้องกันกำจัดแมลงวันแตงในสภาพแปลงทดลอง

การทดสอบในสภาพไร่ให้ผลในทิศทางเดียวกันกับโรงเรือน พบว่าเมื่อมีการบูรณาการการใช้สารสกัดสะเดาร่วมกับไส้เดือนฝอยให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมแมลงวันแตง เมื่อเทียบกับกรรมวิธีใช้สารป้องกันกำจัดแมลง และควบคุม โดยพบจำนวนรอยทำลายเฉลี่ยน้อยที่สุดเพียง 0.96 รอย/ผล และจำนวนตัวเต็มวัยที่สำรวจในกับดัก เพียง 10.95 ตัว/6 ตารางเมตร ขณะที่กรรมวิธีใช้สารป้องกันกำจัดแมลง และควบคุมเท่ากับ 18.53 และ 28.73 ตัว/6 ตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนวิธีการบูรณาการการใช้สารสกัดสะเดาร่วมกับไส้เดือนฝอยพบว่ามีต้นทุนที่สูงกว่าการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงที่ใช้เพียงเล็กน้อย แต่ประสิทธิภาพการใช้วิธีการบูรณาการนั้นมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผลผลิต ต่อเกษตรกร และผู้บริโภคสูงกว่า

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา หมื่นหนู สนั่น ศุภธีรสกุล และสุนทร พิพิธแสงจันทร์. 2552. การขับไล่แมลงวันแตง (*Bactrocera cucurbitae* Coq Diptera: Tephritidae) ของเมล็ดสะเดาช้างและตะไคร้หอม. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 12(1): 27–37.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558. การระบาดของแมลงวันผลไม้: ข่าวแจ้งเตือนภัยการเกษตร การระบาดของศัตรูพืชและสัตว์ในจังหวัดพัทลุง. แหล่งข้อมูล: https://www.alro.go.th/phatthalung/article_attach/pf35_107_4.pdf. ค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2561.

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. การควบคุมแมลงวันผลไม้: การควบคุมแมลงวันผลไม้โดยวิธีผสมผสาน. แหล่งข้อมูล: https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2018/12/การควบคุมแมลงวันผลไม้.pdf. ค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2561.

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2563. พื้นที่ปลูกแตงกวาในประเทศไทย. แหล่งข้อมูล :https://www.doae.go.th/km_list.php?Cat=SXpUVVF0TGdXb0Y1SlRFOVNBdnhqUT09. ค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2563.

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2563. การใช้เชื้อจุลินทรีย์ (ชีวภัณฑ์) ในการควบคุมศัตรูพืช. แหล่งข้อมูล: https://www.opsmoac.go.th/phuket-article_prov-files-431391791802. ค้นเมื่อ 16 กรกฎาคม 2564.

จิรภา พุทธิวงศ์ เสาวนี เขตสกุล และสมพงษ์ สุขเขตต์. 2550. ศึกษาระยะปลูกและการจัดการต้นเพื่อผลผลิตและคุณภาพในการผลิตแตงกวาอินทรีย์. โครงการวิจัยสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีษะเกษ. ศรีษะเกษ.

เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา และภัสรา ชวประดิษฐ์. 2539. การปลูกแตงกวา: กลุ่มพืชผัก กองส่งเสริมพืชสวน. กรมส่งเสริมการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งข้อมูล: http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb_gar/cocomber.pdf. ค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2561.

ดวงกมล บุญช่วย ชัยรัตน์ จันทร์หนู กมลวรรณ แจ้งดี และพยอม โคเบลลี่. 2561. ประสิทธิภาพเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล. การประชุมวิชาการข้าวและธัญญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 35.

ทศพล แทนรินทร์. 2547. เทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมัน. กลุ่มวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) แหล่งข้อมูล: http://nkc.tint.or.th/nkc5001/nkc5001w.html. ค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2561.

นริศ ท้าวจันทร์ และอนุชิต ชินาจริยวงศ์. 2551. ประสิทธิภาพการควบคุมของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ในแมลงวันผลไม้ (Diptera: Tephritidae). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร(พิเศษ) 39: 21–25.

นริศ ท้าวจันทร์ ยาวารีย๊ะห์ สาเมาะ และกนกกาญจน์ ตลึงผล. 2559. อิทธิพลของสีกับดักและช่วงเวลาระหว่างวันต่อการดักจับแมลงวันแตง *Zeugodacus cucurbitae* (Couqillett) (Diptera: Tephritidae) ด้วยสารคิว-ลัวร์ในสภาพแปลง. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3(4): 44–48.

นุชนาถ ตั้งสมคิด และบัญชา ชินศรี. 2542. การเพาะเลี้ยงไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงสายพันธุ์ไทย (*steinernema* sp.) บนอาหารเทียมชนิด lipid agar. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37. 3–5 กุมภาพันธ์ 2542. กรุงเทพฯ. 401 หน้า.

นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด. 2558. การผลิตชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลงศัตรูพืชแบบทำใช้เอง. ผลงานวิจัย: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2558.

ประกายจันทร์ นิ่มกิ่งรัตน์ นุชรีย์ ศิริ และจันทร์เพ็ญ ชาดาเม็ก. 2557. ประสิทธิภาพไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงในการป้องกันกำจัดแมลงหวี่ขาวในพริก. แก่นเกษตร 42(2): 255–264.

ประกายจันทร์ นิ่มกิ่งรัตน์ และทิพย์สุคนธ์ อนุภาพ. 2560. ประสิทธิภาพไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงสายพันธุ์ไทย *Steinernema siamkayai* ร่วมกับสารป้องกันกำจัดแมลงกำจัดแมลง. แก่นเกษตร. 45 (ฉบับพิเศษ 1) 475–480.

ประพนธ์ ปราณโสภณ วณิช ลิ่มโอภาสมณี สุชาดา เสกสรร วิริยะ ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ ทศพล แทนรินทร์ สาธิต วงษ์ชีรี และบุญญา สุดาทิศ. 2548. การควบคุมแมลงวันผลไม้แบบพื้นที่กว้างโดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันผสมผสานกับวิธีการอื่น. แหล่งข้อมูล: http://nkc.tint.or.th/nkc5001/nkc5001q.html. ค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2561.

ประพฤติ อำขำ และนายพัฒน์ โกจินอก. 2563. การวิจัยและพัฒนาการผลิตเชื้อราแบบผงจากวัสดุในท้องถิ่นเพื่อใช้ประโยชน์ในระบบเกษตรอินทรีย์. แบบเสนอโครงการวิจัยสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563.

ปาณิศา ธรรมเสวตร และนริศ ท้าวจันทร์. 2557. ผลของระยะเวลาการติดเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium anisopliae* PSUM02 ต่อการวางไข่ และระยะตัวอ่อนแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae*. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 1(1): 54–58.

พนา จันทร์ศิริ. 2557. สารสกัดสะเดากับแปลงปลูก. แหล่งข้อมูล: https://www.dailynews.co.th/agriculture/276590/. ค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2563.

ภานุพงศ์ แสนบุดดา. 2560. ประสิทธิภาพการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงในการควบคุมแมลงวันพริก (*Bactrocera latifrons* Hendel). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มูลนิธิโครงการหลวง. 2555. เชื้อราเขียว: เชื้อราสาเหตุโรคแมลง (Entomopathogenic Fungi). แหล่งข้อมูล: http://www.royalprojectthailand.com/node/1595. ค้นเมื่อ 5 เมษายน 2564.

เมธาสิทธิ์ คนการ อิสเรส เทียนทัด ณัฏฐิณี ศิริมาจันทร์ และเสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์. 2560. ศักยภาพของเชื้อราโรคแมลง (Entomopathogenic Fungi) ในการควบคุมแมลงวันผลไม้ (*Bactrocera dorsalis*). รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2560. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร. 846–858.

มนตรี จิรสุรัตน์. 2541. แมลงวันผลไม้.การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กรุงเทพฯ. 128–135.

รัตนพล ศรีสุขสร้อย. 2560. ไส้เดือนฝอย: ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง. แหล่งข้อมูล: http://www.baansanrakorganic.com/catpic/97_ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง.pdf. ค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2561.

วิภาดา ปลอดครบุรี สัญญาณี ศรีคชา เกรียงไกร จำเริญมา และอัมพร วิโนทัย. 2552. การศึกษาชนิดของแมลงวันผลไม้ศัตรูธรรมชาติและฤดูการระบาดของแมลงวันผลไม้ที่สำคัญในแหล่งปลูกพริก. หน้า 11–17 ใน: การประชุมสัมมนาวิชาการอารักขาพืช. สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ณ โรงแรมเมธาวลัย อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 1-3 มิถุนายน 2552.

วัชระ ลุ้งใส้. 2557. ผลของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม และสารสกัดเมล็ด สะเดาช้างต่อการเข้าทำลายของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) ในบวบเหลี่ยม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา 73 หน้า.

ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต และประไพ ทองระอา. 2554. การใช้สารสกัดสะเดา บีทีและไส้เดือนฝอยควบคุมแมลงศัตรูของแหนแดง. วารสารวิชาการปีที่ 29. ฉบับที่ 3.

ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืชจังหวัดเชียงใหม่. 2560. เชื้อราเขียว: เชื้อราสาเหตุโรคแมลง (Entomopathogenic Fungi). แหล่งข้อมูล: http://www.pmc08.doae.go.th/metarhizium.htm. ค้นเมื่อ 7 เมษายน 2564.

สาทิพย์ มาลี และวิไลวรรณ เวชยันต์. 2556. วิจัยและพัฒนาการผลิตขยายไส้เดือนฝอย *Steinernema glaseri* เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช. รายงานผลงานวิจัยประจำปี ๒๕๕๖ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร. 721–731.

สุภาภรณ์ เสียงศรี 2542. การศึกษาการทำให้เกิดโรคของไส้เดือนอฝอย *Steinernema carpocapsae* (Weiser) ในแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 54 หน้า.

สุวรรณา ทองภู วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว บูรณพานิชพันธุ์ จิราพร กุลสาริน และวิภา หอมหวล. 2563. การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการใช้เชื้อราเขียว มน. 048 ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าวเขตชลประทาน: กรณีศึกษา ตำบลรังนก อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร. วารสารเกษตร 36(1): 23–34.

สุเทพ สหายา. 2560. กลไกการออกฤทธิ์: กลไกการออกฤทธิ์สารป้องกันกำจัดแมลงป้องกกำจัดแมลง 29 กลุ่ม. แหล่งข้อมูล: http://www.ppsf.doae.go.th. ค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2561.

สัญญาณี ศรีคชา, วิภาดา ปลอดครบุรี, ยุวรินทร์ บุญทบ และเกรียงไกร จำเริญมา. 2555. ชีววิทยา การเข้าทำลายฤดูกาลระบาดของแมลงวันทองชนิด *Bactrocera cucurbitae* (Coquillet). รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 2196–2200.

สำนักงานเกษตรอำเภอสุคิริน. 2556. การใช้เชื้อรา. การใช้เชื้อราเพื่อการควบคุมแมลงศัตรูพืช. แหล่งข้อมูล: http://sukhirin.narathiwat.doae.go.th. ค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2561.

สำนักงานเกษตรจังหวัดตราด. 2557. แตงกวา: ข่าวพยากรณ์และเตือนภัยการระบาดศัตรูพืช. แหล่งข้อมูล: http://www.trat.doae.go.th/. ค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2561.

สำนักงานเกษตรจังหวัดตราด. 2562. แตงกวา:ข่าวพยากรณ์และเตือนภัยการระบาดศัตรูพืช “ลดต้นทุนและปลอดภัย หากเกษตรกรใช้การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน”. แหล่งข้อมูล:http://www.trat.doae.go.th/. ค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2564.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 2563. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าเมล็ดพันธุ์แตงกวาของประเทศไทย ระหว่าง ปี พ.ศ. 2560-2562. แหล่งข้อมูล: http://www.doa.go.th/ard/?page_id=314. ค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2563.

สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. 2561. การปลูกปลูกและดูแลแตงกวา. แหล่งข้อมูล: http://www.agriman.doae.go.th/km62/download/Poster_vet_cucumber.png. ค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2563.

เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์, อิศเรส เทียนทัด, เมธาสิทธิ์ คนการ, อนุสรณ์ พงษ์มี. 2561. การผลิตชีวภัณฑ์เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมแบบอัดเม็ดและการประยุกต์ใช้ในการกำจัด ด้วงแรด (*Oryctes rhinoceros* L.). วารสารวิชาการเกษตร 36: 199–210.

หงส์ฟ้า แซ่เตื้อง และนริศ ท้าวจันทร์. 2557. ผลของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* PSUM02 ต่อการจับคู่ผสมพันธุ์ของแมลงวันพริก *Bactrocera latifrons* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) ในห้องปฏิบัติการ. แก่นเกษตร 42 (ฉบับพิเศษ 3): 625–528.

หงส์ฟ้า แซ่เตื้อง. 2558. ศักยภาพการควบคุมของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin ไอโซเลต PSUM02 ต่อแมลงวันพริก *Bactrocera latifrons* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) ในห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง. หน้า 10–11 ใน: วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อัญชลี นาทองคำ, ศิวิลัย สิริมังคารัตน์, วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริ, หทัยรัตน์ อุไรรงค์ และเบญจมาศ แก้วรัตน์. ประสิทธิภาพของเชื้อราเขียว *Metarhizium spp.* ไอโซเลตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในการควบคุมแมลงศัตรูที่สำคัญทางเศรษฐกิจ. วารสารวิจัย มข. 15(10): 930–939.

อรัญ งามผ่องใส นริศ ท้าวจันทร์ และวัชลี โสพิน. 2558. การประยุกต์ใช้เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียมและผลิตภัณฑ์เมล็ดสะเดาช้างควบคุมแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) ในบวบเหลี่ยม. รายงายวิจัยภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ศูนย์บริหารศตัรูพืชสงขลา จังหวัดสงขลา.

อังคณา เทียนกล พรกมล สาม้อง และสุรชาติ เทียนกล. 2562. การศึกษาการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงและความต่อการควบคุมแมลงศัตรูพืชในมะเขือเทศ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 21. ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2562. 86–95.

Abu Hatab M., R. Gaugler and R.U. Ehlers. 1998. Influence of culture method on *steinernema glaseri* lipids. Journal of parasitology. Department of Entomology, Rutgers University. New Brunswick, New Jersey. 84: 2.

Adams, B.J. and K.B. Nguyen. 2002. Taxonomy and systematics. In: Gaugler, R. (Ed.) Entomopathogenic Nematology. CABI, New York, New York. 1–33.

Alvarenga, C.D., W.M. Cranca, T.A. Giustolin, B.A.J. Paranhos, G.N.L. Lopes, P.L. Cruz and P.R.R. Barbosa. 2012. Toxicity of neem (*Azadirachta indica*) seed cake to larvae of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), and its parasitoid, *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). Florida Entomologist 95(1): 57–62.

Ansari, M.A., F.A. Shah, and T.M. Butt. 2008. Combined use of entomopathogenic nematodes and *Metarhizium anisopliae* as a new approach for black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus*, control. Entomologia Experimentalis *et* Applicata 129: 340–347.

Barbercheck, M.E. and H.K. Kaya. 1990. Interactions between *Beauveria bassiana* and the entomopathogenic nematodes, *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis heliothidis*. Journal of Invertebrate Pathology 55: 225–234.

Bautista, R.C., E.J. Harris, R.I. Vargas and E.B. Jangb. 2004. Parasitization of melon fly (Diptera: Tephritidae) by *Fopius arisanus* and *Psyttalia fletcheri* (Hymenoptera: Braconidae) and the effect of fruit substrates on host preference by parasitoids. Biological Control 30: 156–164.

Campbell, J.F. and R. Gaugler 1993. Nictation behaviour and its ecological implications in the host search strategies of entomopathogenic nematodes (*Heterorhabditidae* and *Steinernematidae*). Behaviour 126: 155–169.

Campbell, J.F., E. Lewis, F. Yoder, and R. Gaugler. 1995. Entomopathogenic Nematode (Heterorhabditidae and Steinernematidae) Seasonal Population Dynamics and Impact on Insect Populations in Turfgrass. 5(4): 598–606.

Christenson, L.D. and R.H. Foote. 1960. Biology of fruit flies. Annual Review of Entomology 5: 171–192.

Cristhiane, R., M. Alcides, M. Junior, T. Aurelio, S. Da, and C. Fabiano. 2012. Effect of *Heterorhabditis* sp. and *Steinernema carpocapsae* applied in different periods of soil infestation with larvae of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia 5(3): 79–84.

Cuadros, J.P.C., A. Saenz Aponte, and M.X. Rodriguez Bocanegra. 2016. In vitro interaction of *Metarhizium anisopliae* Ma9236 and *Beauveria bassiana* Bb9205 with *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 for the control of *Plutella xylostella*. SpringerPlus 5: 1–8.

Dhillon, M. K., R. Singh, J. S. Naresh and N. K. Sharma. 2005. Influence of physico-chemical traits of bitter gourd, *Momordica charantia* L. on larval density and resistance to melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett). Journal of Applied Entomology 129(7): 393–399.

Dimbi, S., N.K. Maniania and S. Ekesi. 2009. Effect of *Metarhizium anisopliae* inoculation on the mating behavior of three species of African Tephritid fruit flies, *Ceratitis capitata*, *Ceratitis cosyra* and *Ceratitis fasciventris*. Biological Control 50: 111–116.

Dolinski, C., C.C.S. Pinto, R.R. Robaina and L.L. Bellini. 2010. Effect of soil texture on the mobility of *Heterorhabditis baujardi* 'LPP7' (Rhabditida: Heterorhabditidae). Nematologia Brasileira 34: 123–128.

Ekesi, S., N. K. Maniania, and S. A. Lux. 2003. Mortality in three African tephritid fruit fly puparia and adults caused by the entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. Biocontrol Science and Technology 12: 7–17.

EPPO. 2018. PM 7/135 (1) *Zeugodacus cucurbitae*. EPPO Bulletin 48(3): 432–437.

Foelkell, E., B. L. Monteiroi and M. Vossi. 2016. Virulence of nematodes against larvae of the south-American fruit fly in laboratory using soil from Porto Amazonas, Paraná, Brazil, as substrate. Ciencia Rural, Santa Maria. Crop Protection 46(3): 405–410.

Follett, P.A., and J.W. Armstrong. 2004. Revised irradiation doses to control melon fly, Mediterranean fruit fly and Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) and a generic dose for Tephritid fruit flies. Journal of Economic Entomology 97: 1254–1262.

Follett, P.A., M. Wall, and W. Bailey. 2013. Influence of modified atmosphere packaging on radiation tolerance in the phytosanitary pest melon fly (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology 106: 2020–2026.

Godjoa, A., L. Zadjia, W. Decraemerc, A. Willemsb and L. Afouda. 2018. Pathogenicity of indigenous entomopathogenic nematodes from Benin against mango fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) under laboratory conditions. Biological Control 117: 68–77.

Grewal, P. S. 2012. Entomopathogenic nematodes as tools in integrated pest management. In D. P. Abrol & U. Shankar (Eds.), Integrated Pest Management: Principles and Practice. Wallingford, UK: CABI 162–236.

Griffin, C. 2015. Behavior and population dynamics of entomopathogenic nematodes following application. In: R. Campos-Herrera (Ed). Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 57–95.

Haniotakis, GE., T. Broumas, C. Liaropoulos. 1998. Comparative field studies of various traps and attractants for the olive fruit fly, *Bactrocera oleae*. Entomol Hellenica 12: 71–79.

Hazir, S., H.K. Stock and S.P. Keskin. 2003. Entomopathogenic nematoses (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for biocontrol of soil pests. Turkish Journal of Biology 27: 181–202.

Hu, G. and R.J. Leger. 2002. Field studies using a recombinant mycoinsecticide (*Metarhizium anisopliae*) reveal that it is rhizosphere competent. Applied and Environmental Microbiology 68: 6383–6387.

Hsu, J.C. and H.T. Feng. 2006. Development of resistance to spinosad in oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in laboratory selection and cross-resistance. Journal of Economic Entomology 99(3): 931–936.

IAEA (International Atomic Energy Agency). 2003. Trapping guidelines for area-wide fruit fly programs. Insects Pest Control Section. Austria. Available from: http://wwwpub.iaea.org/MTCD/publications/ PDF/TG -FFPweb.pdf.

Ilker, K., H. Selcuk, and O. Ayse. 2015. Evaluation of native entomopathogenic nematodes for the control of the European cherry fruit fly *Rhagoletis cerasi* L. (Diptera: Tephritidae) larvae in soil. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 39: 74–79.

James, F.C., and R. Gaugler. 1993. Nictation behaviour and its ecological implications in the host search strategies of entomopathogenic nematodes (*Heterorhabditidae* and *Steinernematidae*). Behaviour 126(3): 155–169.

James M., A. Paula, A.P. Malan and P. Addison. 2018. Surveying and screening South African entomopathogenic nematodes for the control of the Mediterranean fruit fly*, Ceratitis capitata* (Wiedemann). Crop Protection 105: 41–48.

Khattak, M. K., Rashid M. M. and K. Abdullah. 2009. Effect of neem derivatives on infestation, setting and oviposition of melon fruit fly (*Bactrocera cucurbitae* coq.) (Tephritidae: Diptera). Pakistan Entomologist 31(1): 11–16.

Khlaywi, S.A., M.W. Khudhair, H.F. Alrubeai, A.K. Shbar, and S.A. Hadi. 2014. Efficacy of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to control Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata.* International Journal of Entomological Research 02(03): 169–173.

Koppenhofer, A.M., and P.S. Grewal. 2005. 20 Compatibility and Interactions with Agrochemicals and Other Biocontrol Agents. Nematodes as Biocontrol Agents 363.

Lortkipanidze, M.A., O.A. Gorgadze, G.S. Kajaia, N.G. Gratiashvili and M.A. Kuchava. 2016. Foraging behavior and virulence of some entomopathogenic nematodes. Annals of Agrarian Science I4: 99–103.

Louise, M.N., K. Apostolos, D.W. Christopher, O.T. Padraig, K. Kavanagh and C.T. Grifn. 2018. Efficacy of entomopathogenic fungi against large pine weevil, *Hylobius abietis* and their additive effects when combined with entomopathogenic nematodes. Journal of Pest Science 91: 1407–1419.

Magana, C., P. Hernandez-Crespo, F. Ortego and P. Castanera. 2007. Resistance to malathion in field populations of *Ceratitis capitata*. Journal of Economic Entomology 100(6): 1836–1843.

Mahmoud M.F. 2009. Pathogenicity of three commercial products of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, *Metarhizum anisopilae* and *Lecanicillium lecanii* against adults of olive fly, *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae) in the laboratory. Plant Protection Science 45: 98–102.

Minas, R., S. Souza, R.M. Dolinski, C. Carvalho, R. Da and S. Burla. 2016. Potential of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae) to control Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) soil stages. Nematoda 3: e02016.

Milner, B., L.R. Squire and E.R. Kandel. 1998. Cognitive neuroscience and the study of memory. Neuron 20: 445–468.

Moraga, E. Q., A. Ruiz-Garci, and C. Santiago-alvarez. 2006. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against puparia and adults of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology 99(6): 1955–1966.

Muhammad, U., S. Gulzar, W. Waqas, S. Wu, C. Jaime Pinero, C.L. Tracy, J.N. Laura, O.H. Camila, D.T. Michael and D. Shapiro-Ilan. 2020. Virulence of entomopathogenic fungi to *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) and interactions with entomopathogenic nematodes. Journal of Economic Entomology 113(6): 2627–2633.

Mir, S.H., S.A. Dar, G.M. Mir, and S.B. Ahmad. 2014. Biology of *Bactrocera Cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) on cucumber. Florida Entomologist 97(2): 753–758.

Namara, L.M., A. Kapranas, C.D. Williams, P.O. Tuama, K. Kavanagh and C.T. Griffin. 2018. Efficacy of entomopathogenic fungi against large pine weevil, *Hylobius abietis*, and their additive effects when combined with entomopathogenic nematodes. Journal of Pest Science 91: 1407–1419.

Peng, G., Z. Wang, Y. Yina, D. Zeng and Y. Xia. 2008. Field trials of *Metarhizium anisopliae* var. acridum (Ascomycota: Hypocreales) against oriental migratory locusts, *Locusta migratoria manilensis* (Meyen) in Northern China. Journal of Crop Protection 27(9): 1244–1250.

Perez, E.E. and E.E. Lewis. 2002. Use of entomopathogenic nematodes to suppress meloidogyne incognita on greenhouse tomatoes. Journal of Nematology 34(2): 171–174.

Poinar, G.J. 1990. Biology and taxonomy of Steinernematidae and Heterorhabditidae. In: R. Gaugler and H.K. Kaya (eds). Entomopathogenic Nematode in Biological Control. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 23–61.

Quesada-Moraga, E., I. Martin-Carballo, I. Garrido-Jurado and C. Santiago-Alvarez. 2008. Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* among laboratory populations of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). Biological Control 47: 115–124.

Rashad M.M., A.H. El-Heneidy, K. Djelouah, N. Hassan and S.A. Shaira. 2015. On the pathogenicity of entomopathogens to the peach fruit fly, *Bacterocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control. 25(3): 649–654.

Rohde, C., A. M. Junior, P.A.D. Silva and F.D. Carvalho. 2012. Effect of *Heterorhabditis* sp. and *Steinernema carpocapsae* applied in different periods of soil infestation with larvae of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). Journal of Applied Technology for Agricultural Science 5(3):79–84.

Shapiro-Ilan, D.I., E.E. Lewis, W.L. Tedders and Y. So. 2003 Superior efficacy observed in entomopathogenic nematodes applied in infected-host cadavers compared with application in aqueous suspension. Journal of Invertebrate Pathology 83: 270–272.

Shelly, T.E. 2020. Yeast hydrolysate deprivation and the mating success of male melon flies (Diptera: Tephritidae). Florida Entomologist 100(4): 772–776.

Shi, W.B. and M.G. Feng. 2004. Lethal effect of *Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae*, and *Paecilomyces fumosoroseus* on the eggs of *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) with a description of a mite egg bioassay system. Biological Control 30(2): 165–173.

Stock, S.P., V. Somsook, and A.P. Reid. 1998. *Steinernema siamkayai* n. sp. (Rhabditida: Steinemematidae), an entornopathogenic nematode from Thailand. Systematic Parasitology 4l: 105–113.

Sulaeha S., E.S.R. Purwantiningsih and A. Rauf. 2020. Population dynamics of melon fly *Zeugodacus cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) and damage level of fruits based on phenology and altitude. Earth and Environmental Science 486: 012151.

Tanada, Y. and H.K. Kaya. 1993. Insect Pathology. Academic Press, New York.

Tangthirasunun, N., S. Poeaim, K. Soytong, P. Sommartya, and S. Popoonsak. 2010. Variation in morphology and ribosomal DNA among isolates of *Metarhizium anisopliae* from Thailand. Journal of Agricultural Technology 6(2): 317–329.

Toledo, J., P. Liedo, S. Flores, S.E. Campos, A. Villasensor and P. Montoya. 2006. Use of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for fruit fly control: A novel approach. Proceedings of the 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, pp. 127–132.

Torrini, G., C. Benvenuti, F. Binazzi, L. Marianelli, F. Paoli, G.S. Peverieri and P.F. Roversi. 2017. Entomopathogenic fungi and nematodes against larvae of the chestnut weevil, *Curculio elephas* (Coleoptera: Curculionidae): a laboratory evaluation. International Journal of Pest Management 64(4): 287–293.

Wei, D., H.Q. Xu, D. Chen, S.Y. Zhang, W.J. Li, G. Smagghe and J.J. Wang. 2020. Genome-wide gene expression profling of the melon fly, *Zeugodacus cucurbitae*, during thirteen life stages. Source: https://www.nature.com/articles/s41597-020-0387-9. Search date: 20 September 2020.

Weems, H.V.J., J.B. Heppner, and T.R. Fasulo. 2015. Melon Fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Insecta: Diptera: Tephritidae). IFAS Extension, UF.

White, G.F. 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. Science 66: 302–303.

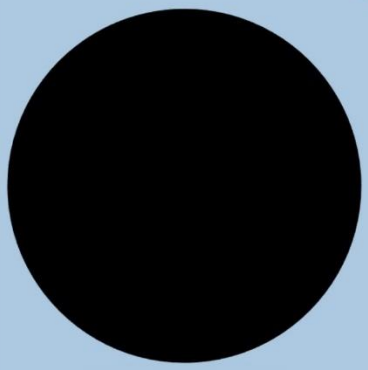
White, I.M. and M.M. Elson-Harris. 1992. Fruit Flies of Economic Significance: their Identification and Bionomic. International and ACIAR, United Kingdom.

ภาคผนวก

Erasmus+ KA2 Capacity Building in Higher Education

Project No. 586157-EPP-1-2017-1-TH-EPPKA2-CBHE-JP

Memorandum of Understanding (MoU) and Memorandum of Agreement (MoA) between Thai partners for Double Degree Master's programme



Erasmus+ KA2 Capacity Building in Higher Education

Project No. 586157-EPP-1-2017-1-TH-EPPKA2-CBHE-JP

Memorandum of Understanding (MoU)

MEMORANDUM OF UNDERSTANDING
FOR INSTITUTIONAL COOPERATION
AMONG

MEMBERS OF THE THAI UNIVERSITIES FOR GRADUATE EDUCATION UNDER PISAI PROJECT (ERASMUS PLUS CAPACITY BUILDING PROJECT)

This Memorandum of Understanding is entered into this 20th day of July 2018, by and between the following Thai University Project Partners for Graduate Education in Agriculture and Natural Resources under PISAI - Erasmus Plus Capacity Building Project:

PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY, with official address at 15 Karnjanawanich Road, Hat Yai, Songkhla, Thailand and represented herein by its President, Asst. Prof. Dr. Niwat Keawpradub,

KASETSART UNIVERSITY, with official address at 50 Ngam Wong Wan Rd, Lat Yao Chatuchak Bangkok, Thailand and represented herein by its President,

CHIANG MAI UNIVERSITY, with official address at 239 Huay Kaew Road, Muang District, Chiang Mai, Thailand and represented herein by its President,

KHON KAEN UNIVERSITY, with official address at 123 Mittapap Road, Moo 16, Nai-Muang, Muang District, Khon Kaen, Thailand and represented herein by its President, Dr. Kittichai Triratanasirichai,

WITNESS:

WHEREAS, the partner university members have complementary objective and a mutual desire to collaborate in a number of areas to pursue common education, training, and research objective, and

WHEREAS, the partner university members recognize the comparative advantage of joining forces to improve the quality and relevance of graduate education in sufficiency and sustainable agriculture and related fields to make these programs globally competitive and easily accessible to the clients in the region.

Now, THEREFORE, and in consideration of the foregoing premises, the parties hereto have agreed and do hereby agree as follows:

1. To collaborate in undertaking joint activities such as joint graduate modules/ courses and dual/double degree programs in agriculture, natural resources and other fields relevant to the PISAI project,

2. To execute separate agreements in writing for any particular undertaking jointly implemented, wherein a sharing of responsibilities shall be specified, such case as exemption of tuition fee for the students under the PISAI Project.

This Memorandum shall remain in force for a period of 5 years from the date of signing by the authorized representatives of the Parties hereto and may not be modified except upon mutual written agreement of the parties herein, It shall be extended for another 5 years, unless either party gives written notice to terminate the agreement at least six (6) months prior to the expiration date.

IN WITNESS WHEREOF, the parties hereinto have affixed their signatures this 20th day of July 2018 at Office of the Higher Education Commission, Bangkok, Thailand.

PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY BY:

N. Keawpradub

Asst. Prof. Dr. Niwat Keawpradub
President

KASETSART UNIVERSITY BY:

Chongrak

Dr. Chongrak Wachrinrat
Acting President

CHIANG MAI UNIVERSITY BY:

N. Nantachit

Clin. Prof. Niwes Nantachit, M.D
President

KHON KAEN UNIVERSITY BY:

Kittichai T.

Assoc. Prof. Dr. Kittichai Triratanasirichai
President

Erasmus+ KA2 Capacity Building in Higher Education

Project No. 586157-EPP-1-2017-1-TH-EPPKA2-CBHE-JP

Memorandum of Agreement (MoA)

Trilateral Agreement between

Chiang Mai University

Khon Kaen University

Prince of Songkla University

บันทึกข้อตกลง (MEMORANDUM OF AGREEMENT)
ในการดำเนินการโครงการจัดการเรียนการสอนหลักสูตรสองปริญญา
ระดับบัณฑิตศึกษา

ชื่อมหาวิทยาลัยคู่สัญญา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และมหาวิทยาลัยขอนแก่น
หลักสูตรคู่สัญญา:

- ระดับมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และมหาวิทยาลัยขอนแก่น

ข้อตกลงความร่วมมือนี้ ทำขึ้น
ระหว่าง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ มีที่ตั้งสำนักงานใหญ่อยู่ที่เลขที่ 15
ถนนกาญจนวณิชย์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

ในที่นี้ ชื่อว่า “ม.อ.”

และ
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ มีที่ตั้งสำนักงานใหญ่อยู่ที่เลขที่ 239 ถนนห้วยแก้ว
ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

ในที่นี้ ชื่อว่า “มช.”

และ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ มีที่ตั้งสำนักงานใหญ่อยู่ที่เลขที่ 123 หมู่ 16
ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

ในที่นี้ชื่อว่า “มข.”

ข้อตกลงนี้ทำขึ้นโดยเป็นไปตามระเบียบและ/หรือข้อบังคับว่าด้วยการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่บังคับใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยมีข้อตกลงในด้านต่างๆ ของคู่สัญญาทั้งสามฝ่าย ดังนี้

1. ขอบข่ายความร่วมมือ

1.1 เป็นความร่วมมือเป็นลายลักษณ์อักษรระหว่าง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และมหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งเป็นคู่สัญญาในการจัดทำโครงการจัดการเรียนการสอนหลักสูตรสองปริญญา ระดับบัณฑิตศึกษา อันสืบเนื่องมาจากโครงการ PISAI (Participatory and Integrative Support for Agricultural Initiative) ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก Erasmus+ Programme (European Union)

1.2 โครงการนี้จะนำไปสู่การได้รับปริญญาโทจากมหาวิทยาลัยคู่สัญญา

1.3 ความร่วมมือนี้ จำกัดเฉพาะกับหลักสูตรที่เข้าร่วมโครงการจัดการเรียนการสอนหลักสูตรสองปริญญา โดยมีความร่วมมือในการดำเนินการโครงการในด้านต่างๆ ของคู่สัญญา

2. การคัดเลือกผู้เข้าศึกษา

2.1 เป็นไปตามข้อบังคับว่าด้วยการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ของมหาวิทยาลัยคู่สัญญา

2.2 มหาวิทยาลัยคู่สัญญาต้องยอมรับคุณสมบัติของผู้เข้าศึกษาร่วมกัน

2.3 การรับนิสิต/นักศึกษาเข้าศึกษาต้องได้รับความเห็นชอบจากมหาวิทยาลัยคู่สัญญา

3. การลงทะเบียนเรียน

3.1 นิสิต/นักศึกษาต้องลงทะเบียนเป็นนักศึกษาของทั้งสองมหาวิทยาลัยคู่สัญญา

3.2 นิสิต/นักศึกษาต้องลงทะเบียนเรียนเป็นนักศึกษาแบบเต็มเวลา (Full time student) ทั้งสองมหาวิทยาลัยคู่สัญญา

3.3 มหาวิทยาลัยคู่สัญญาจะต้องทำการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับนิสิต/นักศึกษาตามขั้นตอนมาตรฐานของแต่ละหลักสูตรในแต่ละมหาวิทยาลัย

3.4 มหาวิทยาลัยคู่สัญญาจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับประวัติการศึกษาของนิสิต/นักศึกษาเมื่อได้รับการร้องขอ

3.5 ระยะเวลาการศึกษามีดังนี้

โครงการจัดการเรียนการสอนหลักสูตรสองปริญญา	ระยะเวลาดังระบุในระเบียบของ สกอ.	ระยะเวลาขั้นต่ำที่ต้องเรียนในแต่ละสถาบัน
ปริญญาโท	2 ปี	อย่างน้อย 1 ปีการศึกษา

4. การจัดการเรียนการสอน

4.1 การจัดการเรียนการสอนให้เป็นไปตามข้อตกลงของมหาวิทยาลัยคู่สัญญา

4.2 นิสิต/นักศึกษา ต้องสามารถเข้าถึงข้อมูลของหลักสูตรที่เข้าศึกษาของแต่ละสถาบันคู่สัญญา

4.3 การแต่งตั้งคณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิต/นักศึกษา ต้องประกอบด้วยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักจากสถาบันต้นสังกัด และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมจากสถาบันคู่สัญญา

5. กฎระเบียบและข้อบังคับ

5.1 นิสิต/นักศึกษาจะต้องปฏิบัติตามกฎและข้อบังคับว่าด้วยการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยคู่สัญญา

6. วิทยานิพนธ์

นิสิต/นักศึกษาต้องทำวิทยานิพนธ์และปฏิบัติตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

6.1 จัดทำวิทยานิพนธ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ โดยจัดทำเป็นฉบับเดียว

6.2 การจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ ต้องเป็นไปตามข้อบังคับของมหาวิทยาลัยต้นสังกัด และคู่สัญญา

6.3 มหาวิทยาลัยต้นสังกัดต้องรับผิดชอบในการแต่งตั้งคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ให้เป็นไปตามข้อบังคับว่าด้วยการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยต้นสังกัด

6.4 การส่งรูปเล่มวิทยานิพนธ์ต้องส่งที่มหาวิทยาลัยต้นสังกัด และมหาวิทยาลัยคู่สัญญา หลังจากได้รับการอนุมัติขั้นสุดท้าย ต้องจัดทำวิทยานิพนธ์ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ส่งให้กับทั้งสองมหาวิทยาลัย

7. ข้อร้องเรียน การร้องทุกข์และการกระทำผิด

7.1 การร้องเรียนและการอุทธรณ์จะต้องดำเนินการตามขั้นตอนการร้องเรียนและการอุทธรณ์ของทั้งสองมหาวิทยาลัย โดยทางมหาวิทยาลัยทั้งสองต้องให้ข้อมูลดังกล่าวแก่นิสิต นักศึกษา

8. การสำเร็จการศึกษา

8.1 นิสิต/นักศึกษาจะได้รับปริญญาจากมหาวิทยาลัยต้นสังกัดและมหาวิทยาลัยคู่สัญญา เมื่อปฏิบัติตามข้อบังคับของมหาวิทยาลัยต้นสังกัดและมหาวิทยาลัยคู่สัญญาครบถ้วน โดยเป็นไปตามบันทึกข้อตกลง

8.2 การขอสำเร็จการศึกษาปริญญาเดียว อาจกระทำได้ในกรณีที่มีเหตุอันสมควร ทั้งนี้โดยความเห็นชอบของมหาวิทยาลัยต้นสังกัดและมหาวิทยาลัยคู่สัญญา

9. การประกันคุณภาพการศึกษา

9.1 การประกันคุณภาพให้เป็นไปตามนโยบายและขั้นตอนการประกันคุณภาพตามปกติของแต่ละมหาวิทยาลัยคู่สัญญา

10. สิทธิในทรัพย์สินทางปัญญา

10.1 ทรัพย์สินทางปัญญาหรือผลประโยชน์อันเนื่องมาจาก วิทยานิพนธ์ของนิสิต/นักศึกษาภายใต้ความร่วมมือ ให้เป็นของมหาวิทยาลัยต้นสังกัดและมหาวิทยาลัยคู่สัญญาร่วมกัน เว้นแต่ได้จัดทำข้อตกลงเฉพาะกรณีเป็นลายลักษณ์อักษร

10.2 การละเมิด หากมหาวิทยาลัยใดทราบถึงการละเมิดสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยคู่สัญญา จะต้องแจ้งเป็นลายลักษณ์อักษรให้มหาวิทยาลัยคู่สัญญาทราบ โดยไม่สงวนสิทธิ์ในการดำเนินการทางกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

10.3 การจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญาร่วมกัน ให้เป็นไปตามข้อตกลงเป็นลายลักษณ์อักษร

11. ข้อตกลงทางการเงิน

11.1 นิสิต/นักศึกษาต้องจ่ายค่าธรรมเนียมการศึกษาแก่มหาวิทยาลัยในขณะที่อยู่ที่มหาวิทยาลัยนั้น ๆ ทั้งนี้ การยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษาหรือการให้สิทธิพิเศษ ให้ขึ้นอยู่กับความยินยอมของแต่ละมหาวิทยาลัย ดังในเอกสารแนวปฏิบัติระหว่างสถาบันคู่สัญญา

11.2 นิสิต/นักศึกษาต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ค่าที่พักและค่าครองชีพทั้งหมด

12. การเปลี่ยนแปลงความร่วมมือ

12.1 ความร่วมมือนี้ รวมถึงข้อตกลงที่เกิดขึ้นภายใต้ความร่วมมือฉบับนี้ อาจมีการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงได้หลังจากการลงนามโดยผู้ที่มีอำนาจ โดยต้องกระทำเป็นลายลักษณ์อักษรและ ลงนามโดยผู้มีอำนาจ

12.2 มหาวิทยาลัยคู่สัญญามีสิทธิ์ที่จะถอนตัวออกจากโครงการ หากฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งต้องการที่จะถอนตัวออกจากความร่วมมือนี้ ต้องแจ้งเป็นลายลักษณ์อักษรไม่น้อยกว่า 12 เดือน ก่อนวันที่ต้องการถอนตัว อย่างไรก็ตาม มหาวิทยาลัยคู่สัญญาต้องร่วมรับผิดชอบนิสิต/นักศึกษา ที่ยังคงค้างให้ได้รับการสนับสนุนตามที่ระบุไว้ในความร่วมมือฉบับนี้จนกว่าจะสำเร็จการศึกษา การบอกเลิกความร่วมมือจะต้องไม่ส่งผลกระทบใด ๆ ต่อการศึกษาวิจัยของนิสิต/นักศึกษา ที่คงค้างอยู่

13. ระยะเวลาของความร่วมมือ

ความร่วมมือนี้มีระยะเวลา 3 ปี นับจากวันที่ลงนามด้านล่างและอาจมีการตกลงเพื่อต่ออายุสัญญาภายใน 12 เดือนก่อนวันหมดอายุ

ให้ความเห็นชอบโดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิวัติ แก้วประดับ วันที่ 30 ต.ค. 2561
อธิการบดี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ให้ความเห็นชอบโดย

ศาสตราจารย์คลินิก นายแพทย์นิเวศน์ นันทจิต วันที่ ๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๑
อธิการบดี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ให้ความเห็นชอบโดย

รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย วันที่ -3 ธ.ค. 2561
อธิการบดี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวจุรีพร สุคติภูมิ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 6210620006

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2559
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (กีฏวิทยา)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2564

ทุนการศึกษา

- ทุนโครงการ Participatory and Integrative Support for Agricultural Initiative (PISAI) Project ภายใต้การสนับสนุนจาก ERASMUS +-Capacity Building in Higher Education Programme

ผลงานนำเสนอทางวิชาการ

Sukhatiphum, J., P. Nimkingrat and N. Thaochan. 2014. Control potential of entomopathogenic nematodes and entomophathogenic fungi against melon fruit fly *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett). The 1st International Conference on Sustainable Agriculture and Aquaculture: For Well Being and Food Security, 11-12 January 2021 Prince of Songkla University, Hat Yai, Songhla, 90110, Thailand.