ผลของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม และสารสกัดเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการเข้าทำลายของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) ในบวบเหลี่ยม

Effects of *Metarhizium anisopliae*, Petroleum Oil and Thiem Seed Extracts on Infestation of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) in Angled Luffa

วัชระ ลุ้งใส้

Watchara Loongsai

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Entomology
Prince of Songkla University
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม และสารสกัดเมล็ดสะเดาช้างต่อการเข้าทำลายของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) ในบวบเหลี่ยม

ผู้เขียน นายวัชระ ลุ้งใส้

สาขาวิชา กีฏวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	**คณะกรรมการสอบ**
……...	.....ประธานกรรม
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ งามผ่องใส)	(รองศาสตราจารย์ ดร.อนุชิต ชินาจริยวงศ์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	…..กรรมการ
	(รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ งามผ่องใส)
.....	
(ดร.นริศ ท้าวจันทร์)	…….....กรรมการ
	(ดร.นริศ ท้าวจันทร์)
	…….....กรรมการ
	(รองศาสตราจารย์ ดร.จิราพร เพชรรัตน์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ลงชื่อ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ งามผ่องใส)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....
(ดร.นริศ ท้าวจันทร์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ.....
(นายวัชระ ลุ้งใส้)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นายวัชระ ลุ้งใส้)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	ผลของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม และสารสกัดเมล็ดสะเดาช้างต่อการเข้าทำลายของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) ในบวบเหลี่ยม
ผู้เขียน	นายวัชระ ลุ้งใส้
สาขาวิชา	กีฏวิทยา
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

แมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) เป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจของผลบวบเหลี่ยม การควบคุมแมลงชนิดนี้ให้มีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องใช้วิธีการควบคุมแบบบูรณาการ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาการใช้เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง เพื่อควบคุมการเข้าทำลายของแมลงวันแตงในผลบวบเหลี่ยม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของสารดังกล่าวต่อการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์เชื้อรา *M. anisopliae* และประยุกต์ใช้เชื้อรา *M. anisopliae* ร่วมกับสารดังกล่าวในการควบคุมแมลงวันแตงทั้งในห้องปฏิบัติการและในโรงเรือนทดลอง

ทดสอบผลต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *M. anisopliae* โดยนำสารทดสอบดังกล่าวผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อรา SDAY เทในจานเลี้ยงเชื้อก่อนนำเชื้อรามาวางตรงกลางจานดังกล่าว ตรวจวัดการเจริญของเส้นใยที่เวลา 7, 14 และ 21 วัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ผสมสารทดสอบดังกล่าว น้ำมันปิโตรเลียมและน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างทำให้การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *M. anisopliae* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างมีผลต่อการเจริญของเส้นใยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ส่วนการทดสอบผลต่อการงอกของสปอร์นั้น ผสมสารทดสอบและสารแขวนลอยสปอร์เชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อ หลังจากนั้นตรวจนับการงอกของสปอร์ที่เวลา 12, 24, 36, 48 และ 60 ชั่วโมง สารทดสอบทุกชนิดยับยั้งการงอกของสปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดควบคุม ที่เวลา 60 ชั่วโมง การงอกของสปอร์ของสารทดสอบอยู่ในช่วง 63.25-64.50% ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าดังกล่าวเท่ากับ 91.00 %

ทดสอบผลของการใช้เชื้อรา *M. anisopliae* ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างต่อการวางไข่ในห้องปฏิบัติการ โดยนำผลบวบฉีดพ่นด้วยสารทดสอบดังกล่าวเปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงมาลาไธออนและน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม หลังจากนั้นนำผลบวบไปวางไว้ในกรงที่มีแมลงวันแตงเพศเมียพร้อมวางไข่เป็นเวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 วัน นับจำนวน

ไข่ที่วางในทรีทเมนต์ต่างๆ พบว่าสารมาลาไธออนสามารถป้องกันการวางไข่ได้สูงสุด 96.40% เนื่องจากตัวเต็มวัยตายหลังจากทดสอบ ส่วนการใช้เชื้อรา *M. anisopliae* + สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง และเชื้อรา *M. anisopliae* + น้ำมันปิโตรเลียม + สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง สามารถยับยั้งการวางไข่ได้ 77.01% และ 69.02% ตามลำดับ นอกจากนี้ได้ศึกษาผลต่อการพัฒนาของไข่กระทั่งเข้าสู่ระยะดักแด้และตัวเต็มวัยโดยวิธีการเดียวกันกับการทดลองข้างต้น ผลบวบที่ฉีดพ่นสารมาลาไธออนไม่พบระยะดักแด้ ส่วนบวบที่ฉีดพ่นเชื้อรา *M. anisopliae* + น้ำมันปิโตรเลียม+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง พบจำนวนดักแด้เฉลี่ย 77.75 ตัว/ผล ขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยดังกล่าว 355 ตัว/ผล ส่วนการฉีดพ่นเชื้อรา *M. anisopliae* เดี่ยวๆ พบการพัฒนาเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยต่ำสุดเฉลี่ย 55.83% ในขณะที่ชุดควบคุมพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย 99.37%

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมแมลงวันแตงในสภาพโรงเรือนนั้น พบว่าสารฆ่าแมลงมาลาไธออน มีประสิทธิภาพควบคุมแมลงวันแตงดีที่สุด โดยพบหนอนที่เข้าทำลาย และจำนวนดักแด้ต่ำสุดเท่ากับ 39.22% และ 39.39% ตามลำดับ การใช้เชื้อรา *M. anisopliae* ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียม มีค่าดังกล่าวเท่ากับ 42.46% และ 41.99% ตามลำดับ ส่วนการใช้เชื้อรา *M. anisopliae* แบบเดี่ยวๆ สามารถยับยั้งการพัฒนาเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยอย่างเด่นชัด โดยพบตัวเต็มวัยต่ำสุด 65.25% เมื่อเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์อื่นๆ และชุดควบคุมที่มีค่าดังกล่าวอยู่ในช่วง 87.62-99.35% แต่อย่างไรก็ตาม การฉีดเชื้อราดังกล่าวเดี่ยวๆ ควบคุมหนอนและดักแด้ได้ต่ำ โดยพบหนอนและดักแด้ 91.38% และ 91.56% ตามลำดับ

ดังนั้นควรนำเชื้อรา *M. anisopliae* มาประยุกต์ใช้ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียม เพื่อลดการใช้สารฆ่าแมลงควบคุมแมลงศัตรูดังกล่าวในการปลูกบวบเหลี่ยม เพื่อความปลอดภัยต่อเกษตรกร ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม

Thesis Title	Effects of *Metarhizium anisopliae*, Petroleum Oil and Thiem Seed Extracts for Infestation of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) in Angled Luffa
Author	Mr. Watchara Loongsai
Major Program	Entomology
Academic Year	2013

Abstract

Melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett), is an economically important insect pest of angled luffa. Integrated pest management is needed to apply for the effective control of this insect. Therefore, the application of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.), petroleum oil, oil and crude extracts of thiem seed was investigated for controlling *B. cucurbitae* in angled luffa. The objectives were to test the effects of those substances on mycelial growth and spore germination of the fungus *M. anisopliae* in a laboratory as well as to apply the *M. anisopliae* together with those substances for controlling *B. cucurbitae* under laboratory and green house conditions.

A test on mycelial growth was done by mixing tested substances with a fungus medium culture SDAY prior to pouring it in a Petri dish. The fungus was placed on the center of the Petri dish and the mycelial growth was checked at 7, 14 and 21 days after enoculation as compared to the control without mixing the tested substances. Petroleum oil and thiem seed oil significant ($P<0.05$) reduced growth of *M. anisopliae*, whereas the crude extract of thiem seed did not significantly inhibit the mycelial growth as compared to the control. Spore germination of *M. anisopliae* was also investigated after mixing tested substances and spore suspension with the SDAY. Spore germination was checked at 12, 24, 36, 48 and 60 hours. All tested substances significantly ($P<0.05$) reduced spore germination as compared to the control. At 60 hours, spore

germination of tested substances ranged from 63.25-64.50%, whereas that of the control was 91.00%.

Effects on oviposition of *B. cucurbitae* following application of *M. anisopliae* together with petroleum oil, oil and crude extracts of thiem seed were compared to malathion and water as control in laboratory. Angled luffa fruits were sprayed with tested substances before placing it in an insect cage containing 10 gravid females. Eggs were collected at 1, 2, 3, 4 and 5 days after treatment. Malathion markedly inhibited egg laying of 96.40% due to high mortality of females. Egg inhibition percentages were 77.01% and 9.02% after spraying *M. anisopliae* + crude extracts and *M. anisopliae* + petroleum oil + crude extracts, respectively. Another study was also done in the same method of the previous experiment to determine egg development to pupa and adult stages. Pupa was absent in angled luffa fruits treated with malathion. Mean number of pupa was 77.75 pupae/fruit in angled luffa fruits treated with *M. anisopliae* + petroleum oil + thiem seed oil + thiem seed crude extracts, whereas that of the control was 355 pupae/fruit. The lowest emerged adult was 55.83% in angled luffa fruits sprayed with a sole *M. anisopliae*, whereas that of the control was 99.37%.

For a greenhouse test, malathion showed the most effective control for *B. cucurbitae* with the lowest larva and pupa occurrence of 39.22% and 39.39%, respectively. Those values of the *M. anisopliae* + petroleum oil were 42.46% and 41.99%, respectively. The single application of *M. anisopliae* evidently inhibited adult emergence of *B. cucurbitae* with the lowest emergence of 65.25% as compared to 87.62-99.35% of other treatments and control. However, this application was not effective to control larva and pupa with their high occurrence of 91.38% and 91.56%, respectively.

The application of *M. anisopliae* with petroleum oil should be used to reduce insecticide spray for controlling this insect pest in angled luffa production to safe for farmers, consumers and also the environment.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ งามผ่องใส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร. นริศ ท้าวจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. จิราพร เพชรรัตน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. อนุชิต ชินาจริยวงศ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัยทั้งในห้องปฏิบัติการ และการทดลองในสภาพโรงเรือนทดลอง

ขอบขอบคุณศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ศูนย์ภาคใต้ คุณสายฝน แซ่ตัน และคุณศรายุทธ ไกรแก้ว ที่อำนวยความสะดวกในการเพาะเลี้ยงแมลง คุณฤทธิพร เบ็ญอาหลี ที่ช่วยเหลือเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Metarhizium anisopliae*

ขอขอบคุณ คุณปัทมพร อินสุวรรณโณ ที่ช่วยเหลืองานด้านธุรการ เจ้าหน้าที่ภาควิชาการจัดการศัตรูพืชทุกท่านที่ให้ความกรุณาตลอดเวลาการทำวิจัย พี่ เพื่อน และน้องนักศึกษาทั้งระดับปริญญาเอกและปริญญาโท ทุกท่านสำหรับความช่วยเหลือทุกด้านในการทำวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนหลักจากโครงการการประยุกต์ใช้เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ร่วมกับน้ำมัน ปิโตรเลียมและน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง ควบคุมแมลงวันแตงในบวบเหลี่ยมจากงบประมาณแผ่นดินปี 2554-2556 ทุนวิจัยเพิ่มเติมจาก บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และสถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ

วัชระ ลุ้งใส้

สารบัญ

สารบัญ	หน้า
บดคัดย่อ	(5)
Abstract	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(11)
รายการตารางภาคผนวก	(12)
รายการภาพประกอบ	(14)
บทที่	
1. บทนำ	
- บทนำต้นเรื่อง	1
- ตรวจเอกสาร	3
- วัตถุประสงค์	17
2. วัสดุ อุปกรณ์ และระเบียบวิธีวิจัย	18
3. ผลและวิจารณ์ผล	32
4. สรุปและข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	63
ประวัติผู้เขียน	73

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ทำอาหารเทียมเพื่อเลี้ยงหนอนแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) 23
2. ทรีทเมนต์ต่างๆ ที่ใช้ศึกษาผลของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการเจริญของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin 25
3. ทรีทเมนต์ต่างๆ ที่ใช้ทดสอบการวางไข่ทั้งอิทธิพลเดี่ยวและร่วมในห้องปฏิบัติการ 26
4. ทรีทเมนต์ต่างๆ ที่ใช้คัดเลือกมาทดสอบอิทธิพลเดี่ยว และร่วมในสภาพโรงเรือน 31
5. ปริมาณของน้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างที่สกัดได้จากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างหนัก 13.50 กิโลกรัม 32
6. ผลของน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin ในห้องปฏิบัติการ 35
7. ผลของน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin ในห้องปฏิบัติการ 36

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1. การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 7 วัน	63
2. การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 14 วัน	63
3. การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 21 วัน	63
4. การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 12 ชั่วโมง	63
5. การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 24 ชั่วโมง	64
6. การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 36 ชั่วโมง	64
7. การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 48 ชั่วโมง	64
8. การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 60 ชั่วโมง	64
9. เปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* โดยวิธี Repeated Measures Analysis	65
10. การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* โดยวิธี Repeated Measures Analysis	65
11. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการวางไข่สะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ	66
12. เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของแมลงวันแตงตัวเต็มวัย *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ	66
13. จำนวนดักแด้เฉลี่ยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ	66
14. เปอร์เซ็นต์ดักแด้สะสมที่ไม่ฟักของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ	67
15. เปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ	67
16. เปอร์เซ็นต์ตัวเต็มวัยเพศผู้สะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ	67
17. เปอร์เซ็นต์ตัวเต็มวัยเพศเมียสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ	68

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

18. เปอร์เซ็นต์สัดส่วนเพศตัวเต็มวัยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ 68
19. เปอร์เซ็นต์จำนวนหนอนสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน 68
20. เปอร์เซ็นต์หนอนที่ตายสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน 69
21. เปอร์เซ็นต์ดักแด้สะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน 69
22. เปอร์เซ็นต์ดักแด้สะสมที่ไม่พัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมงในสภาพโรงเรือน 69
23. เปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน 70
24. จำนวนตัวเต็มวัยเพศผู้สะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน 70
25. จำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน 70
26. เปอร์เซ็นต์สัดส่วนเพศตัวเต็มวัยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน 71

รายการภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ลักษณะของบวบเหลี่ยม ใบ (ก) ลำต้นที่มีลักษณะเป็นเถา (ข) ดอกตัวผู้ (ค) ดอกตัวเมีย (ง) ผลอ่อน (จ) และ ผลแก่ (ฉ)	4
2. ลักษณะแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)	5
3. ลักษณะแมลงวันแตง *Bactrocera tau* (Walker)	6
4. วงจรชีวิตของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* ระยะไข่ (ก) ระยะตัวหนอน (ข) ระยะดักแด้ (ค) ระยะตัวเต็มวัย (ง)	7
5. ลักษณะแถบสีดำตามแนวขวางของปีกของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) ที่ใช้จำแนกออกจากแมลงวันแตงชนิด *Bactrocera tau* (Walker)	8
6. กลไกการเข้าทำลายแมลงของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae*	9
7. ลักษณะ conidia ของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae*	10
8. สูตรโครงสร้างของสารอะซาดิแรกติน (ก) และสาร1-tigloyl-acetylazadirachtol (ข)	14
9. เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* PSUM02	18
10. สารทดสอบน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง (ก) และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง (ข)	19
11. ลักษณะเมล็ดสะเดาช้าง (ก) และลักษณะเนื้อในสดเมล็ดสะเดาช้าง (ข)	19
12. การแช่ยุ่ยเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างในขวดแก้วขนาด 20 ลิตร (ก) เครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (rotary evaporator) (ข)	20
13. ขั้นตอนการสกัดน้ำมัน และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง	21
14. ลักษณะการวางกระดาษทิชชูบนอาหารเทียมก่อนการวางไข่	23
15. การวางเส้นใยเชื้อราตรงกลางจานทดลอง	25
16. ลักษณะของชิ้นบวบที่คว้านส่วนของเนื้อในออก (ก) และบวบที่เป็นเป้าล่อวางไข่ (ข)	28
17. ลักษณะชิ้นบวบยาวชิ้นละ 10 เซนติเมตร เป็นเป้าล่อทดสอบ	29
18. โรงเรือนปลูกพืชทดลองสำเร็จรูปที่ใช้ในการทดลอง	31
19. เปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* โดยวิธี Repeated Measures Analysis	37
20. การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* โดยวิธี Repeated Measures Analysis	38

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

21. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการวางไข่สะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำเปล่า) ที่อุณภูมิเฉลี่ย 26.40±1.18 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.23±5.76% ในห้องปฏิบัติการ 40
22. เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของตัวเต็มวัยแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำเปล่า) ที่อุณภูมิเฉลี่ย 26.40±1.18 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.23±5.76% ในห้องปฏิบัติการ 40
23. จำนวนดักแด้เฉลี่ยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำเปล่า) ที่อุณภูมิเฉลี่ย 26.89±1.09 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 81.54±4.31% ในห้องปฏิบัติการ 41
24. เปอร์เซ็นต์ดักแด้ที่ไม่ฟักสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนดักแด้ทั้งหมด ที่อุณภูมิเฉลี่ย 26.09 ±1.09 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 81.50 ± 4.31% ในห้องปฏิบัติการ 42
25. เปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนดักแด้ทั้งหมดที่อุณภูมิเฉลี่ย 26.09±1.09 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 81.50±4.31%ในห้องปฏิบัติการ 43
26. สัดส่วนเพศของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* สะสมหลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนตัวเต็มวัยทั้งหมด ที่อุณภูมิเฉลี่ย 26.09±1.09 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 81.50±4.31%ในห้องปฏิบัติการ 44
27. เปอร์เซ็นต์หนอนสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และเปอร์เซ็นต์หนอนที่ตายเปรียบเทียบกับจำนวนหนอนทั้งหมด หลังพ่นสารทดสอบเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณภูมิเฉลี่ย 29.44±2.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 69.88±5.0 % ในสภาพโรงเรือน 46
28. เปอร์เซ็นต์ดักแด้สะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และเปอร์เซ็นต์ดักแด้ที่ไม่ฟักเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนดักแด้ทั้งหมด หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณภูมิเฉลี่ย 29.44 ±2.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 69.88 ± 5.0 % ในสภาพโรงเรือน 47

รายการภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 48

29. เปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 48 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนดักแด้ทั้งหมดที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29.44 ±2.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 69.88±5.0 % ในสภาพโรงเรือน 48

30. สัดส่วนเพศของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* สะสมหลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณภูมิเฉลี่ย 29.44±2.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 69.88 ± 5.0 % ในสภาพโรงเรือน 48

31. ลักษณะของดักแด้ปกติ (ก) และลักษณะของดักแด้ผิดปกติ (ข) 50

32. ลักษณะของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เจริญบนดักแด้ที่ไม่ฟัก 50

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

บวบเหลี่ยม (*Luffa acutangular* Roxb.) เป็นพืชผักสวนครัวพื้นบ้านชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกกันทั่วประเทศ เนื่องจากเป็นพืชพื้นเมืองในแถบเอเชียเขตร้อน สามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายชนิด นอกจากนี้บวบเหลี่ยมยังมีสรรพคุณทางยาใช้สำหรับรักษาโรคได้ ปัญหาสำคัญประการหนึ่ง ซึ่งทำให้ผลผลิตบวบตกต่ำคือ การเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช เช่น ด้วงเต่าแตง และแมลงวันผลไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการระบาดอย่างรุนแรงของแมลงวันผลไม้

แมลงวันผลไม้สร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจทั้งทางตรง และทางอ้อมโดยทางตรงนั้นทำให้เกิดความเสียหายกับผลผลิต โดยตัวหนอนของแมลงวันผลไม้ที่ฟักออกจากไข่กัดกินอยู่ภายในผล นอกจากนี้รอยแผลที่เกิดขึ้นจากการวางไข่ยังส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชเข้าทำลายทำให้ผลเน่า และร่วงหล่นก่อนถึงระยะเก็บเกี่ยว (Collins and Collins, 1998; Dhillon *et al*., 2005) ส่วนทางอ้อมนั้นเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการบริหารจัดการ และการควบคุมแมลงวันผลไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืชผัก และผลไม้ที่ส่งออกไปต่างประเทศนั้น ประเทศต่างๆได้มีกฎหมายกักกันพืช เพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนของแมลงวันผลไม้ในผลผลิตที่นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นมาตรการป้องกันการแพร่ระบาดของแมลงวันผลไม้มาสู่ประเทศของตน (Norrbom, 2004) ในตลาดโลกความเสียหายของผลผลิตที่เกิดจากแมลงวันผลไม้มีมูลค่าสูงมากถึง 24,927,880 ล้านบาท (Armstrong and Jang, 1997) ส่วนในแถบประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มูลค่าความเสียหายเกิดขึ้นประมาณ 32,290 ล้านบาท (Drew, 2006) สำหรับประเทศไทย ความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตร จากการทำลายของแมลงวันผลไม้สูงถึง 1 หมื่นล้านบาทต่อปี (มนตรี, 2542)

ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงใช้สารฆ่าแมลงในการควบคุม ซึ่งส่งผลกระทบตามมาในภายหลังหากใช้ไม่ถูกต้อง เช่น ตกค้างในผลผลิต เป็นพิษต่อผู้ใช้ และแมลงที่มีประโยชน์ รวมทั้งสภาพแวดล้อมต่างๆ ดังนั้นการควบคุมแมลงศัตรู โดยไม่ใช้สารฆ่าแมลงหรือใช้ในปริมาณน้อยที่สุด เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงเป็นแนวทางสำคัญที่เกษตรกรต้องปรับตัว เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค ที่ให้ความสำคัญกับอาหารปลอดภัยทั้งในและต่างประเทศ

การควบคุมแมลงวันผลไม้โดยไม่ใช้สารฆ่าแมลง หรือใช้ในปริมาณน้อยที่สุด สามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การใช้วิธีเขตกรรม โดยการไถพรวน และตากดิน เพื่อกำจัดดักแด้ในดิน การเก็บทำลายผลที่ร่วงลงพื้นดิน การลดการทำลายโดยยับยั้งการวางไข่จากการใช้สารจากธรรมชาติ และสารสกัดจากพืชบางชนิด เช่น น้ำมันปิโตรเลียม และผลิตภัณฑ์จากเมล็ดสะเดาช้าง(อรัญ, 2553) การห่อผล การใช้เหยื่อโปรตีนล่อตัวเต็มวัย (protein bait spray) การใช้สารดึงดูด (attractants) หรือสารกระตุ้นการกินอาหาร (feeding stimulants) ผสมกับ สารฆ่าแมลง เช่น สารฆ่าแมลง malathion พ่นเป็นจุดๆ ได้มีการพัฒนานำมาใช้กำจัดตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้ และสามารถลดปริมาณของตัวเต็มวัยลงได้ในผลไม้หลายชนิด (Ferra, 1988) นอกจากนี้เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin ยังสามารถควบคุมแมลงวันผลไม้ได้หลายชนิด เช่น *Anastrepha ludens* (Loew) (Toledo *et al*., 2006), *Cerratitis capitata* (Wiedemann) (Quesada-Moraga *et al*., 2008), *C. cosyra* (Walker) (Dimbi *et al*., 2009), *C. fasciventris* (Bezzi) (Dimbi *et al*., 2003) และ *B. papaya*e (นริศ และอนุชิต, 2551) อย่างไรก็ตามการควบคุมแมลงวันแตงในประเทศไทย โดยวิธีการใดวิธีการหนึ่งนั้นยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียม และผลิตภัณฑ์เมล็ดสะเดาช้างเพื่อควบคุมแมลงวันแตง *B. cucurbitae* ทั้งในห้องปฏิบัติการและในโรงเรือนทดลอง ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการควบคุมแมลงวันแตง เพื่อลดการใช้สารฆ่าแมลงที่อาจเป็นอันตรายต่อเกษตรกรผู้ใช้ ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม

ตรวจเอกสาร

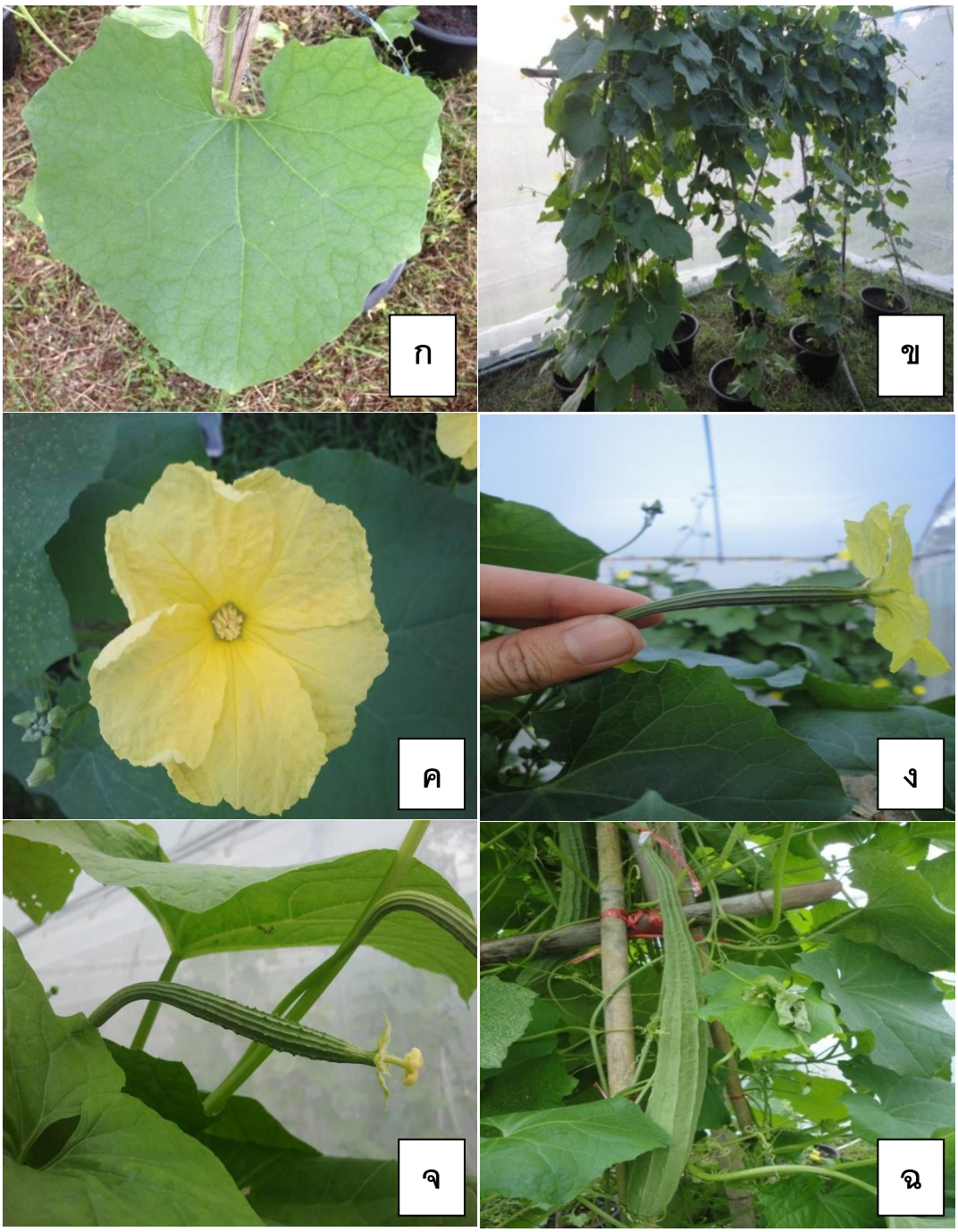
ความสำคัญของบวบเหลี่ยม

บวบเหลี่ยมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Luffa acutangular* มีชื่อสามัญ คือ Angled Luffa หรือ Chinese Okra เป็นพืชผักที่อยู่ในตระกูล *Cucurbitaceae* มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย และมีการปลูกมากในเอเชียตะวันออก เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และอินเดีย (Yamaguchi, 1983) สำหรับประเทศไทยสามารถปลูกบวบเหลี่ยมได้ทั่วทุกภาคและปลูกได้ตลอดทั้งปี บวบเหลี่ยมมีคุณสมบัติพิเศษ คือ ทนแล้ง ทนฝน ปลูกง่าย โตเร็ว อายุการเก็บเกี่ยว 40 – 45 วัน นิยมบริโภคกันมากทั้งชาวไทย จีน ฮ่องกง และอินเดีย (อุไร, 2547)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของบวบเหลี่ยม

บวบเหลี่ยมเป็นพืชเถาเลื้อยอายุสั้นแต่ไม่เหมือนบวบชนิดอื่น คือ มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่คนละดอกในต้นเดียวกัน แต่มีลักษณะแตกต่างกันที่ใบเลี้ยง ต้นกล้าบวบเหลี่ยมมีสีเขียว ใบแก่มีสีเขียวอ่อนกว่า ใบใหญ่กว่าใบอ่อนเล็กน้อย ลอนบนใบตื้นกว่า ดอกบานในช่วงเวลาเย็น ตั้งแต่ 17. 30 น. บวบเหลี่ยมมีลำต้นเป็นเหลี่ยมสันตามข้อ มีมือที่ใช้เกาะเกี่ยวเป็นเส้นยาว ใบเป็นแบบใบเดี่ยวเรียงสลับกัน แผ่นใบเป็นรูปเหลี่ยมมีจำนวน 5-7 เหลี่ยม ตามขอบใบมีรอยเว้าตื้นๆ ปลายใบค่อนข้างแหลม ส่วนโคนใบเว้าลึกเข้าด้านในจนดูคล้ายกับรูปหัวใจ ก้านใบยาวราว 4-9 เซนติเมตร และเป็นเหลี่ยมเหมือนกับลำต้น ดอกมีสีเหลือง ออกดอกตามง่ามใบ ทั้งแบบเป็นดอกเดี่ยวๆ หรือเป็นช่อโดยมีดอกทั้งตัวเมียและตัวผู้อยู่บนต้นเดียวกัน สำหรับผลเป็นรูปทรงคล้ายกระบอกกลมยาวประมาณ 20 เซนติเมตร ผลมีลักษณะเป็นเหลี่ยมตามความยาวของผล ตั้งแต่หัวจรดปลายผล ผิวค่อนข้างขรุขระมีสีเขียวแก่นับได้ 10 เหลี่ยมเท่ากันทุกผล (ภาพที่ 1) (เมฆ, 2541; สุนทร, 2541)

บวบเหลี่ยมสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด และดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ ดินที่ค่อนข้างเป็นกรดเล็กน้อย ดินมีความชื้นสูงพอสมควร เป็นพื้นที่ๆได้รับแสงแดดเต็มที่ ในระหว่างการปลูกอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 20–30 องศาเซลเซียส สามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล



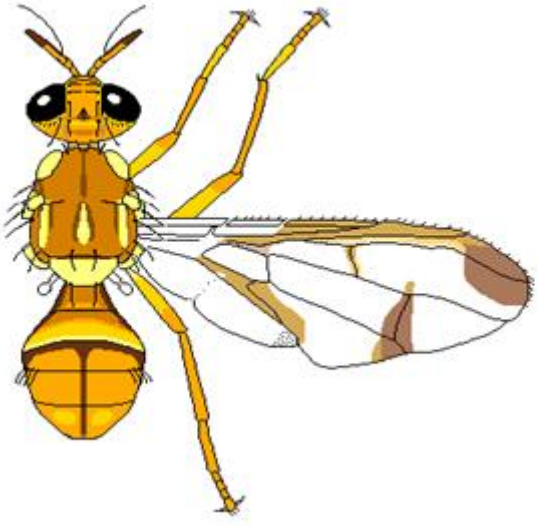
ภาพที่ 1 ลักษณะของบวบเหลี่ยม ใบ (ก) ลำต้นที่มีลักษณะเป็นเถา (ข) ดอกตัวผู้ (ค) ดอกตัวเมีย (ง) ผลอ่อน (จ) และ ผลแก่ (ฉ)

ความสำคัญของแมลงวันแตง

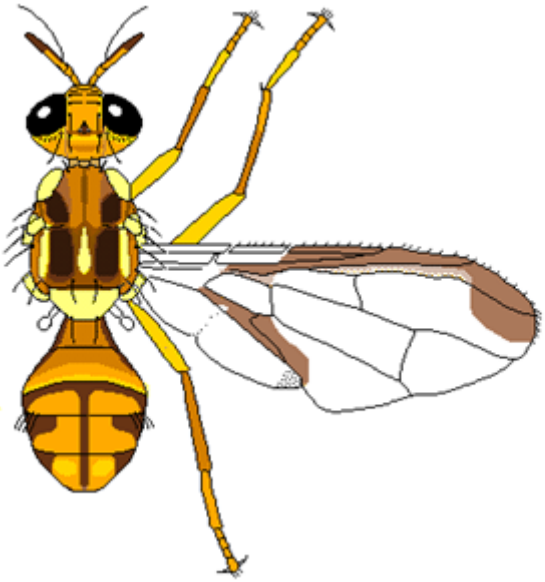
แมลงวันแตง หรือ Melon fly มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) เป็นแมลงวันผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีการแพร่กระจายไปทั่วทุกแห่งของโลก ทั้งในเขตอบอุ่น เขตร้อน และเขตกึ่งร้อน สามารถเข้าทำลายพืชได้มากถึง 81 ชนิด (Dhillon *et al*., 2005) โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชในวงศ์ *Cucurbitaceae* เช่น มะระ แตงไทย แตงโม ฟักทอง แตงกวา บวบงู และบวบเหลี่ยม เป็นต้น (Doharey, 1983; White and Elson-Harris, 1992; Allwood *et al*., 1999; Weems and Heppner, 2001) แมลงวันแตงทำความเสียหายผลผลิตอยู่ระหว่าง 30-100% ความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชตระกูลแตง และสภาพฤดูกาล การระบาดของแมลงวันแตงมีมากในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 32 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ระหว่าง 60-70% (Dhillon *et al*., 2005)

แมลงวันแตงแพร่ระบาดในทวีปเอเชียหลายประเทศได้แก่ อินเดีย ปากีสถาน เนปาล ศรีลังกา พม่า ไทย มาเลเซีย จีน สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน ซาลาวัก และติมอร์ (Christenson and Foote, 1960; White and Elson-Harris, 1992; Waterhouse, 1993; Clarke *et al*., 2001; Weems and Heppner, 2001; Dhillon *et al*., 2005) นอกจากนี้แมลงวันแตงยังทำลายบริเวณลำต้นของมะเขือที่ปลูกโดยวิธีการไฮโดรโปนิกส์ (hydroponic) อีกด้วย (Carey and Dowell, 1989)

สำหรับในบวบเหลี่ยมนั้นมีแมลงวันผลไม้เข้าทำลาย 2 ชนิด คือ แมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (ภาพที่ 2) และ *B. tau* (Walker) (ภาพที่ 3) ในประเทศไทยมีรายงานการแพร่ระบาดทั่วทุกภาคของประเทศ (Clarke *et al*., 2001)



ภาพที่ 2 ลักษณะแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)
ที่มา: นิรนาม (2557ก)



ภาพที่ 3 ลักษณะแมลงวันแตง *Bactrocera tau* (Walker)
ที่มา: นิรนาม (2557ข)

วัฏจักรชีวิตของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae*

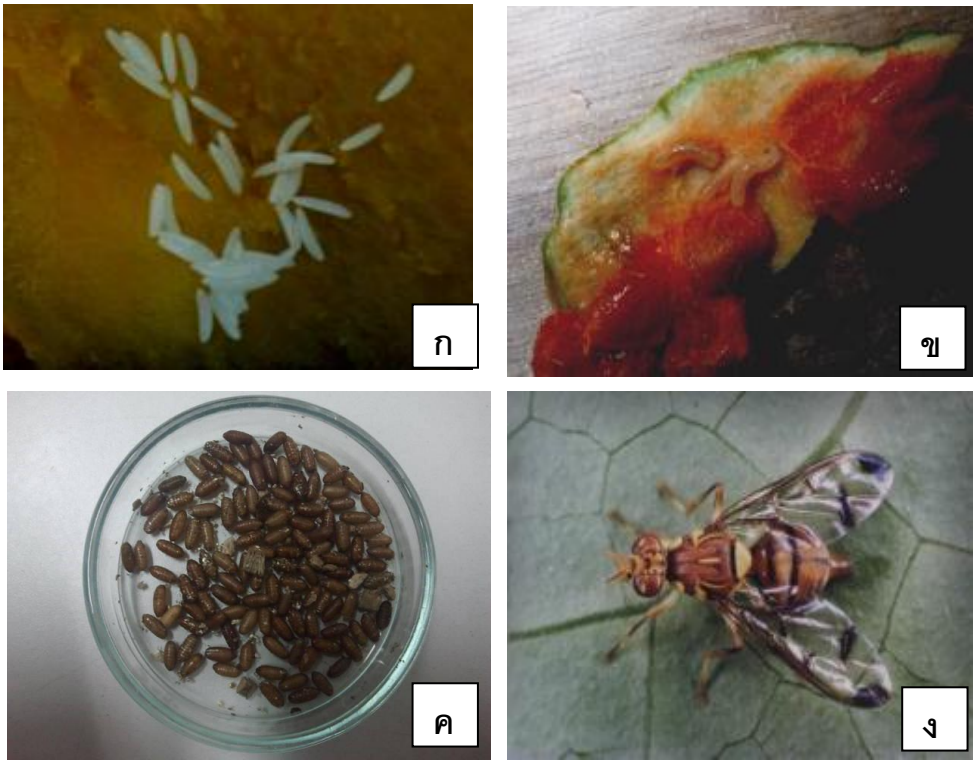
แมลงวันแตงมีการเจริญเติบโตแบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis) แบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ ไข่ ตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย

ไข่ (egg) มีรูปทรงคล้ายเมล็ดข้าวสาร (ภาพที่ 4ก) มีขนาดกว้าง 0.2 มิลลิเมตร ยาว 2.0 มิลลิเมตร มีสีขาวถึงขาวปนเหลืองเล็กน้อย ไข่ฟักเป็นตัวหนอนภายใน 1-2 วัน (Clausen, 1978)

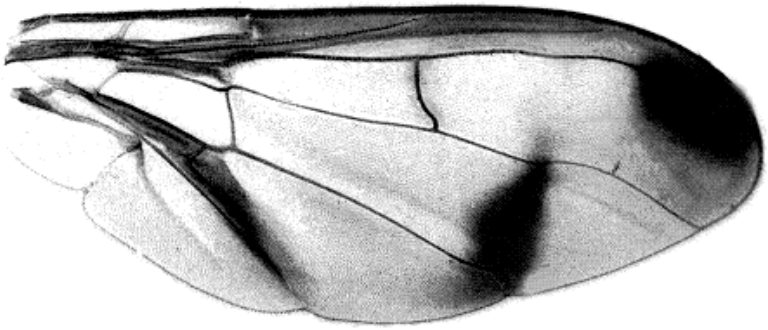
ตัวหนอน (larva) มีลักษณะแบบหนอนแมลงวัน (maggot) (ภาพที่ 4ข) ไม่มีระยางค์บนลำตัว ระยะหนอนมี 3 วัย ใช้เวลา 4-17 วัน หนอนกินเนื้อภายในผลของพืชเป็นอาหาร เมื่อเจริญเติบโตถึงวัยที่ 3 มีความยาว 9.0-11.0 มิลลิเมตร หนอนที่โตเต็มที่จะทิ้งตัวลงบนดิน และพัฒนาเป็นดักแด้ฝังตัวอยู่ในดินใต้ต้นพืชอาศัย (Clausen, 1978)

ดักแด้ (pupa) มีลักษณะทรงกลมรี (coarctate) (ภาพที่ 4ค) เป็นแบบ coarctate ไม่มีส่วนของระยางค์ให้เห็นมีความยาว 4.0-6.0 มิลลิเมตร มีสีเหลืองอ่อน และสีเข้มขึ้นจนเป็นสีน้ำตาลไหม้ ระยะดักแด้ใช้เวลา 7-13 วัน จึงพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย (Clausen, 1978)

ตัวเต็มวัย (adult) แมลงวันแตง (ภาพที่ 4ง) มีความยาวจากส่วนหัวจนถึงปลายของส่วนท้อง 7.0-8.0 มิลลิเมตร ตัวเต็มวัยเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์วางไข่ใต้ผิวเปลือกของผลของพืชอาศัย ตลอดอายุขัยของแมลงวันแตงเพศเมีย อาจวางไข่ได้มากกว่า 1,000 ฟอง พบตัวเต็มวัยได้ตลอดปี และเริ่มจับคู่ผสมพันธุ์เมื่อออกจากดักแด้ได้ 10-12 วัน โดยทั่วไปตัวเต็มวัยอาจมีอายุได้ถึง 5 เดือน ในกรณีอากาศหนาวเย็นที่เหมาะสมอาจมีอายุได้ถึง 15 เดือน ลักษณะเด่นของแมลงวันแตงที่ใช้จำแนกออกจากแมลงวันผลไม้ชนิดอื่นคือ ลำตัวมีสีน้ำตาลอมส้ม มีแถบสีเหลืองบนอกด้านสันหลัง 3 แถบ ปีกมีแถบสีดำตามแนวขวางของปีก มีแถบสีดำหนาที่ปลายปีกจนดูเป็นจุดที่ปลายปีก (ภาพที่5) (Christenson and Foote, 1960; Clausen, 1978; Waterhouse, 1993) แมลงวันแตงสามารถบินได้ไกล 50-100 กิโลเมตร เพื่อค้นหาพืชอาหาร และวางไข่ (Fletcher, 1989)



ภาพที่ 4 วงจรชีวิตของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* ระยะไข่ (ก) ระยะตัวหนอน (ข) ระยะดักแด้ (ค) ระยะตัวเต็มวัย (ง)



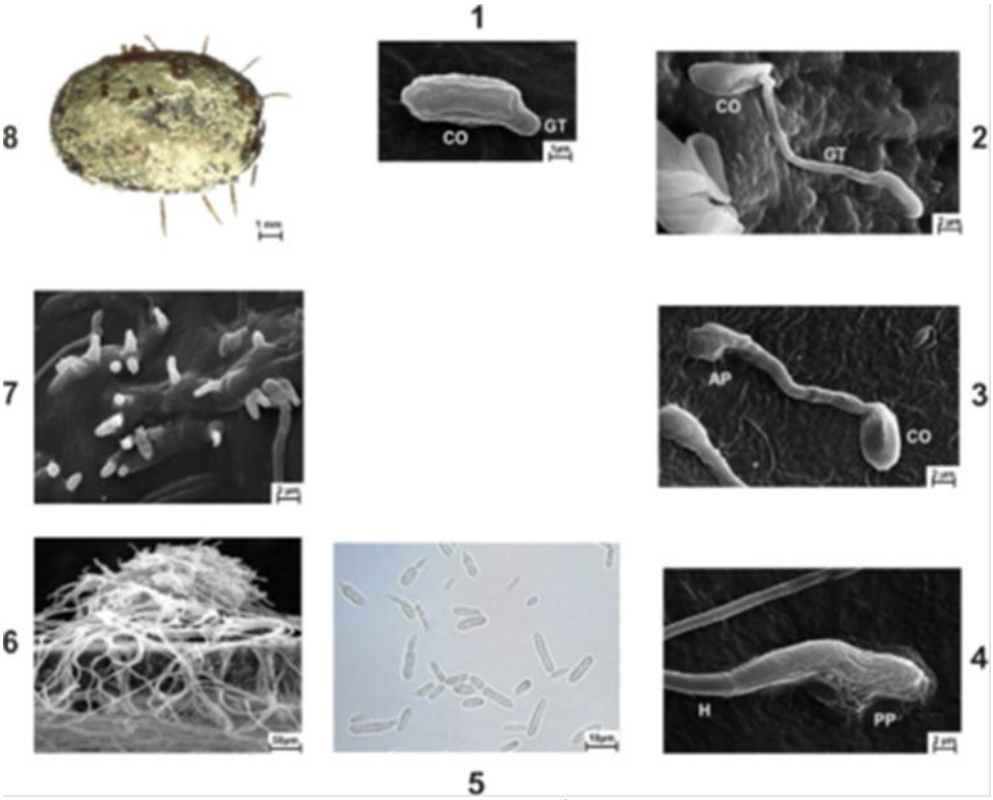
ภาพที่ 5 ลักษณะแถบสีดำตามแนวขวางของปีกของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) ที่ใช้จำแนกออกจากแมลงวันแตงชนิด *Bactrocera tau* (Walker)

ที่มา: นิรนาม (2557ก)

เชื้อรา *Metarhizium anisopliae*

เชื้อรา *M. anisopliae* เป็นเชื้อราสาเหตุโรคของแมลง ที่จัดอยู่ใน Class Deuteromycetes อันดับ Moniliales วงศ์ Moniliaceae เป็นเชื้อราที่มีวงจรชีวิตไม่สมบรูณ์ ไม่พบระยะการสืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ มีถิ่นอาศัยอยู่ในดิน โดยทั่วไปเจริญได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 15–30 องศาเซลเซียส (Kershaw *et al*., 1999) สามารถสร้าง conidia ได้มากที่สุด เมื่อได้รับแสงสว่างอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน (Sideney *et al*., 2001) มีความสามารถเข้าทำลายแมลงได้หลายชนิด และเข้าทำลายทุกระยะการเจริญเติบโตของแมลง เชื้อรามีกลไกเข้าทำลายแมลงทางผิวลำตัวโดยตรง กระบวนการติดเชื้อของแมลงแสดงในภาพที่ 6

เชื้อรา *M. anisopliae* ยังสร้างสารพิษ destruxins ซึ่งพบแล้วไม่ต่ำกว่า 35 ชนิด (Pedras *et al*., 2002) โดย destruxins เป็นสารฆ่าแมลง และทำให้ความรุนรุนแรงในการเกิดโรคเพิ่มสูงขึ้น (Brousseau *et al*., 1996; Kershaw *et al*., 1999; Mohammadi *et al*., 2010) แมลงที่ตายเพราะเชื้อราลำตัวมักแห้งแข็ง มีเส้นใยและสปอร์ปกคลุมทั่วลำตัว สปอร์สามารถแพร่กระจายต่อไปได้ ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพของแมลงอาศัย การตายของแมลงขึ้นอยู่กับเงื่อนไข และปัจจัยอื่นๆ ด้วย (มะลิวัลย์, 2534; สมศักดิ์, 2544; Milner, 2000; Moino *et al*., 2002)



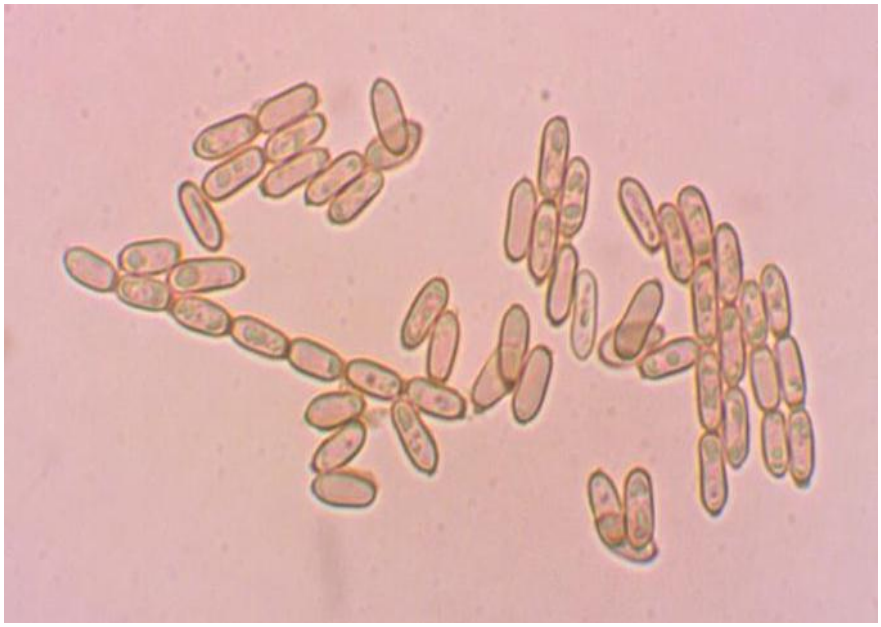
ภาพที่ 6 กลไกการเข้าทำลายแมลงของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae*

ที่มา: Schrank และ Vainstein (2010)

1. สปอร์ของเชื้อรายึดเกาะบนผนังลำตัวของแมลง
2. สปอร์งอก (germination)
3. สปอร์สร้าง apressoria
4. เส้นใยปล่อยเอนไซม์เจาะผนังลำตัวแมลง
5. ลักษณะของสปอร์ที่มีผนังหนา
6. เส้นใยเจริญภายในลำตัวของแมลง
7. เส้นใยแทงทะลุผ่านผนังลำตัวของแมลงออกมา
8. เชื้อราสร้างสปอร์ และก้านชูสปอร์บนตัวแมลงที่ตายแล้วเพื่อขยายพันธุ์ต่อไป

ลักษณะรูปร่างของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae*

สปอร์ของเชื้อรามีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก เส้นใยมีผนังกั้นเป็นปล้องๆ ไม่มีสี เส้นใยแผ่ขยายเจริญเติบโตสร้าง conidia มีลักษณะยาวรีคล้ายเมล็ดข้าว เป็นลูกโซ่ต่อกันตรงรอยคอคอด (ภาพที่ 7) เรียกว่า conidium ตอนแรกมีสีขาว เมื่อเจริญเต็มที่เปลี่ยนเป็นสีเขียว (Tanada and Kaya, 1993)



ภาพที่ 7 ลักษณะ conidia ของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae*

การใช้เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ควบคุมแมลงวันผลไม้ และแมลงศัตรูพืชชนิดอื่นๆ

นริศ และอนุชิต (2551) ได้รายงานว่าเชื้อรา *M. anisopliae* สามารถทำให้เกิดโรคในแมลงวันผลไม้ *B. papayae* ได้ และสามารถแพร่กระจายตัวของเชื้อรา จากประชากรแมลงวันผลไม้ที่ติดเชื้อไปสู่ประชากรแมลงวันผลไม้ปกติได้ ในช่วงการจับคู่ผสมพันธุ์ของแมลง นอกจากนี้เชื้อรา *M. anisopliae* ยังสามารถนำไปใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชหลายชนิด และใช้ได้กับแมลงหลายอันดับ เช่น ตั๊กแตน (Peng *et al*., 2008) หนอนใยผัก (Furlong and Pell, 2001) Japanese beetle (Klien and Lacey, 1999) และ แมลงวันผลไม้ (Ekesi *et al*., 2007) เชื้อราชนิดนี้สามารถเข้าทำลายแมลงได้หลายระยะการเจริญเติบโต ทั้งระยะไข่ ระยะหนอน ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย (Castillo *et al*., 2000; Lazama-Gutierrez *et al*., 2000 และ Ekesi *et al*., 2002)

เชื้อราชนิดนี้ทำให้เกิดโรคในแมลงวันผลไม้ชนิด *B. papayae* และแพร่กระจายจากประชากรแมลงวันผลไม้ที่ติดเชื้อราไปสู่ประชากรแมลงวันผลไม้ปกติได้ในช่วงจับคู่ผสมพันธุ์ (นริศ และอนุชิต, 2551) นอกจากนี้แมลงวันผลไม้เพศผู้ที่ติดเชื้อมีผลต่อการจับคู่ผสมพันธุ์ โดยตัวผู้ที่ติดเชื้อราใช้ระยะเวลาในการผสมพันธุ์นานกว่าตัวผู้ปกติ (Dimbi *et al*., 2009) ในตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้สกุล *Ceratitis capitata* และ *C. rosa var. fasciventris* นอกจากนี้ เชื้อรา *M. anisopliae* ก่อให้เกิดโรคได้เช่นกัน โดยหลังจากการปลูกเชื้อ 4 วัน แมลงทั้ง 2 ชนิดมีอัตราการตายอยู่ที่ 7-100% และ 11.4-100% ตามลำดับ (Dimbi *et al*., 2003) มีการนำเชื้อราดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับระยะอื่นๆของแมลงวันผลไม้ เช่น ตัวหนอนระยะที่ 3 ซึ่งเป็นระยะสุดท้ายก่อนเข้าดักแด้ พบว่า สามารถทำลายตัวหนอนระยะดังกล่าวรวมถึงดักแด้ได้อีกด้วย และสามารถลดจำนวนของตัวเต็มวัยที่เพิ่งลอกคราบใหม่ได้ (Ekesi *et al*., 2002) ในแมลงวันผลไม้สกุล *Anastrepha ludens* (Loew) เชื้อรา *M. anisopliae* สามารถก่อให้เกิดโรคได้ทั้งในระยะตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ที่ความหนาแน่นของสปอร์ 10^8 สปอร์/มิลลิลิตร โดยระยะตัวหนอน และระยะดักแด้มีอัตราการตายสะสมอยู่ในช่วง 37.9-98.75% มีค่า LT_{50} อยู่ในช่วง 1.8-6.2 วัน และมีค่า LC_{50} อยู่ที่ $3.7\text{-}4.8\times10^5$ สปอร์/มิลลิลิตร (Ekesi *et al*., 2002) นอกจากนี้เชื้อรา *M. anisopliae* สามารถส่งผลต่อพฤติกรรมการจับคู่ผสมพันธุ์ในแมลงวันผลไม้ *C. capitata, C. cosyra* และ *C. fasciventris* โดยเปรียบเทียบในช่วงของการเริ่มต้นการจับคู่ผสมพันธุ์ในเพศผู้ที่ปกติ ใช้เวลา เริ่มต้นที่ 15-16 นาที และในเพศผู้ที่ได้รับเชื้อรา *M. anisopliae* ใช้เวลาการจับคู่ผสมพันธุ์ที่นานกว่าถึง 70-80 นาที (Lazama-Gutierrez *et al*., 2000) การใช้สปอร์ของเชื้อรา *M. anisopliae* ใช้ได้ทั้งในรูปแห้งและรูปเปียก สปอร์รูปแห้งสามารถทำให้เกิดการตายในแมลงวันผลไม้สกุล *C. capitata* สูงกว่าการใช้สปอร์รูปเปียก แต่การใช้สปอร์ทั้ง 2 แบบทำให้มีการตายของแมลงสูงถึง 95-100% นอกจากนี้ยังสามารถถ่ายทอดเชื้อจากตัวผู้ที่ติดเชื้อไปสู่ ตัวเมียปกติมีการถ่ายทอดเชื้อ 90% ในสปอร์เปียก และ 100% ในสปอร์แห้ง ซึ่งสูงกว่าการถ่ายทอดเชื้อจากตัวเมียติดเชื้อสู่ตัวผู้ปกติ โดยการถ่ายทอดเชื้อ 60% ในสปอร์เปียก และ 90% ในสปอร์แห้ง (Castillo *et al.,* 2000)

สะเดาช้าง

สะเดาช้างเป็นพืชวงศ์ Meliaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Azadirachta excelsa* Jack. เจริญเติบโตได้ในเขตร้อนทั่วไป เชื่อว่ามีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศอินเดียและพม่า แพร่กระจายไปยังประเทศอื่น ๆ โดยการปลูกเพื่อเป็นการค้า และใช้ประโยชน์ด้านเชื้อเพลิง ตลอดจนเพื่อการปลูกป่า เช่น แอฟริกา อเมริกากลาง หมู่เกาะแคริเบียน และออสเตรเลีย (กองวัตถุมีพิษการเกษตร, 2539)

ในประเทศไทยมีสะเดาที่เป็นพืชสกุลเดียวกันอยู่ 3 ชนิด คือ สะเดาไทย *(Azadirachta indica* var*siamensis* Valeton) สะเดาอินเดีย (*Azadirachta indica* Jack.) และสะเดาช้างหรือไม้เทียม (*Azadirachta excelsa* Jack.) (คำนึง, 2527)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสะเดาช้าง

สะเดาช้าง หรือต้นเทียม มีชื่อเรียกต่าง ๆ กันในแต่ละพื้นที่ โดยแถบคาบสมุทรมาลายู เรียกว่า Sentang ส่วนฟิลิปปินส์ เรียกว่า Marrango เป็นไม้ที่โตเร็ว ลำต้นตรง เนื้อไม้ใช้ประโยชน์ได้มาก มอด ปลวก และแมลงต่าง ๆ เข้าทำลายน้อย เนื้อไม้เป็นเสี้ยนตรง ผลของสะเดาช้างเป็นสมุนไพร และใช้เป็นสารฆ่าแมลงได้ เป็นไม้ที่โตเร็วในที่ชุ่มชื้น ขึ้นปะปนกันกับไม้ชนิดต่าง ๆ และดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ ลำต้นสูงประมาณ 30.0–40.0 เมตร แต่ในต้นที่มีอายุมากกว่า 50 ปี มีความสูงเกิน 50.0 เมตร เนื้อไม้เป็นสีน้ำตาลอ่อน เปลือกเรียบสีน้ำตาลแดง เมื่ออยู่ในที่แจ้ง หากอยู่ในที่ร่มรำไรเปลือกมีสีเทาอ่อน เรือนยอดเป็นพุ่มค่อนข้างโปร่ง มีกิ่งก้านค่อนข้างน้อย และทยอยผลัดใบไปเรื่อย ๆ ใบเป็นแบบใบประกอบ (compound leaf) ออกสลับกัน (alternate) เป็นใบรวมแบบขนนก (pinnately compound) ก้านใบยาวประมาณ 20.0–60.0 เซนติเมตร ขึ้นรวมกันเป็นกระจุกที่ปลายกิ่ง ตรงโคนก้านใบมีร่องเล็กๆ ร่องใบขึ้นเยื้องสลับกันเล็กน้อย จำนวน 7-11 คู่ ขนาด 4.0-4.2 × 2.0-3.5 เซนติเมตร ก้านใบย่อยยาวประมาณ 2.0 มิลลิเมตร ใบย่อยมีรูปทรงแบบรูปหอก แก้มใบมนใบค่อนข้างเบี้ยวไม่ได้สัดส่วน ปลายใบแหลมติ่งใบสั้น ๆ ใบหนาเกลี้ยงสีขาวเป็นมัน ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย ยกเว้นตอนที่เป็นกล้าไม้ขอบใบย่อยหยักเป็นฟันเลื่อย (Kijkar and Boontawee, 1995)

หลังจากผลัดใบแล้วเริ่มออกดอกประมาณเดือนมีนาคม ดอกมีสีขาวอมเขียวอ่อนมีกลิ่นหอม ก้านดอกยาวประมาณ 1.0 มิลลิเมตร มีขนสั้นละเอียดปกคลุม กลีบดอกยาวประมาณ 1.0 มิลลิเมตร จำนวน 5 กลีบ ก้านชูเกสรตัวผู้เชื่อมติดกันยาวประมาณ 4.0 มิลลิเมตร ผนังด้านในมีขนสั้นปกคลุม ผนังด้านนอกเป็นสันยาวตลอดแนว จำนวน 10 สัน ตรงปลายเกสรตัวผู้เป็นแฉกตื้น ๆ มีอับเรณู ยึดติดอยู่ด้านใน ท่อรังไข่มี 3 ห้อง แต่ละห้องมี 2 หน่วย เกสรตัวเมีย 1 อัน ก้านชูเกสรตัวเมียมีสีเขียวอ่อนตรงปลายเป็นแฉกทู่ๆ 3 แฉก ผลมีลักษณะกลมรีเป็นรูปไข่ มีสีเขียวอ่อน ถ้ารีดดูมีน้ำยางสีขาวไหลออกมา ผลสุกภายใน 3 เดือน หลังจากออกดอก ซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป เมื่อผลสุกเต็มที่ มีสีเหลืองขนาด 2.4-3.2 × 1.3-1.5 เซนติเมตร ผลสุกมีเปลือกหนา เนื้อนุ่มรับประทานได้ ใน 1 ผลมี 1 เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ดบางแต่แข็ง เมื่อผ่าเมล็ดออกพบเนื้อในเมล็ดซึ่งมี

กลิ่นแรง ผลสดมีน้ำหนักเฉลี่ยผลละ 8.23 กรัม ส่วนเมล็ดมีน้ำหนักเฉลี่ยเมล็ดละ 2.01 กรัม (สุทัศน์ และไววิทย์, 2534)

เนื่องจากสะเดาสามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน ทนทานต่อสภาวะแวดล้อมได้ดี มีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่สามารถนำลำต้นมาทำเฟอร์นิเจอร์ ใบและดอกใช้เป็นอาหารและยา กิ่งใช้เป็นแปรงสีฟันและยาสีฟัน ผล เมล็ดใช้เป็นสารป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช ส่วนของสะเดาที่นำมาใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ผลดีที่สุด คือส่วนของเมล็ด สารสกัดจากเมล็ด (ขวัญชัย และคณะ, มปป.) ดังนั้นการนำเมล็ดสะเดามาใช้ในทางเกษตร จึงแปรรูปมาได้หลายรูปแบบ เช่น น้ำมันสะเดา (neem oil) สารสกัดสะเดา (neem extracts) และกากสะเดา (neem cake) มาใช้ประโยชน์ในการกำจัดแมลง

ฤทธิ์ของสารสกัดเมล็ดสะเดาที่มีผลต่อแมลง

อัญชลี (2543) กล่าวว่า สารสกัดสะเดาที่ใช้ในการป้องกัน และกำจัดแมลงศัตรูพืช แสดงลักษณะการออกฤทธิ์ (mode of action) และประสิทธิภาพ (efficiency) ต่อแมลงได้หลายรูปแบบในคราวเดียวกัน โดยการเปลี่ยนแปลงความสมดุลของฮอร์โมนของแมลงในระหว่างการเจริญเติบโตดังนี้

การยับยั้งกระบวนการลอกคราบ

ลักษณะการออกฤทธิ์ต่อแมลงที่เป็นที่รู้จักกันดี คือ คุณสมบัติในการยับยั้งการลอกคราบ (molt disrupting effect) และการพัฒนาเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแมลง (metamorphosis) สารออกฤทธิ์ของสะเดาที่มีผลต่อการลอกคราบ คือ กลุ่มสาร azadirachtin สารสกัดออกฤทธิ์โดยตรงต่อระบบต่อมไร้ท่อ หรือระบบฮอร์โมนของแมลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณ ecdysone และ juvenile hormone ซึ่งลักษณะการออกฤทธิ์นี้ ไปขัดขวางกระบวนการลอกคราบของแมลง ทำให้แมลงมีรูปร่างผิดปกติ (ขวัญชัย, 2540)

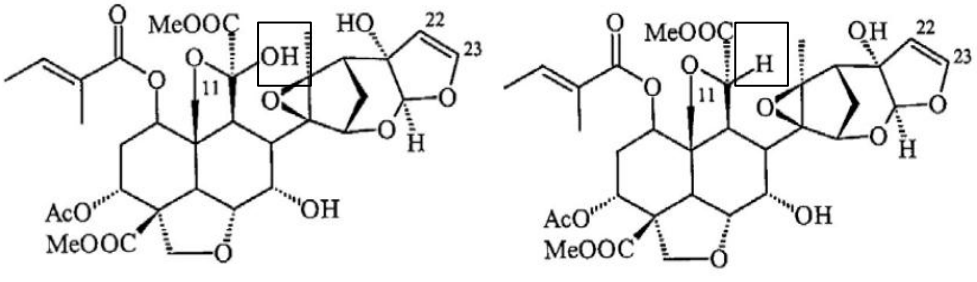
การยับยั้งการกินอาหาร

ลักษณะการเป็นสารยับยั้งการกินอาหารของแมลง (antifeedant effect) ที่เกิดจากสารสกัดสะเดา สาเหตุแรกเกิดจากสารออกฤทธิ์จากสะเดา ทำให้อวัยวะรับกลิ่น และรสชาติจากอาหาร ทำหน้าที่ผิดปกติไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราความเข้มข้นของสารสกัดสะเดาที่ใช้ ตลอดจนชนิดของพืชอาหาร สาเหตุที่สองเป็นผลจากสารอะซาดิแรกติน (azadirachtin) ยับยั้งการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบ ในกระเพาะส่วนกลางของแมลง (inhibition of midgut peristalsis) ซึ่งมีผลทำให้การย่อยอาหารผิดปกติและมีผลต่อการกินอาหารของแมลงในที่สุด (อัญชลี, 2543)

การลดความสามารถในการวางไข่และการฟักไข่ออกเป็นตัว

ผลต่อความสามารถในการวางไข่และการผลิตลูกหลาน เนื่องจากสารอะซาดิแรกติน มีผลโดยตรงต่อการสร้างฮอร์โมนที่มีผลต่อการสร้างและสุกแก่ของไข่ในรังไข่ของแมลง ทำให้การผลิตไข่ลดน้อยลง ตลอดจนไข่ที่วางไม่สามารถฟักออกเป็นตัว (Schmutterer and Rambold, 1995)

อะซาดิแรกตินจัดเป็นสารกลุ่มอินทรีย์ tetranortriterpenoids สารกลุ่มนี้เป็นอนุพันธ์ ของสารกลุ่ม triterpenoid โดยคาร์บอนอะตอมที่ตำแหน่ง C_{24}-C_{27} หายไป และคาร์บอนอะตอมที่เหลือจับตัวเป็น furan ring จึงมีชื่อเรียกว่า tetranortriterpenoid (Djerassi, 1994) โครงสร้างสารอะซาดิแรกติน มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol ซึ่งเป็นสารประกอบหลักที่มีอยู่ในเมล็ดสะเดาช้าง โดยมีความแตกต่างกันที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 11 โดยสารอะซาดิแรกติน มี OH มาเกาะ ในขณะที่สาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol มีเฉพาะ H มาเกาะเท่านั้น (Kraus *et al*., 1997) ดังแสดงในภาพที่ 8 (ก.) และ (ข.) โดยยังไม่มีนักวิทยาศาสตร์คนใดที่สามารถสกัดเอาสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol บริสุทธิ์จาก *A. excelsa* ได้สำเร็จจากการฉีดสารสกัดเพื่อตรวจสอบสารประกอบต่างๆ ในการสกัดด้วยเครื่อง HPLC (high performance liquid chromatography) เนื่องจากสาร 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol กับสารอะซาดิแรกติน อยู่ชิดกันมากทำให้ยากแก่การที่จะแยกสารดังกล่าวให้บริสุทธิ์ได้ (Kalinowski., *et al*., 1997)



ก ข

ภาพที่ 8 สูตรโครงสร้างของสารอะซาดิแรกติน (ก) และสาร 1-tigloyl-acetylazadirachtol (ข)
ที่มา: Kraus และคณะ (1997)

การใช้ผลิตภัณฑ์เมล็ดสะเดาช้างควบคุมแมลงวันผลไม้และศัตรูพืชชนิดอื่น

น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสามารถยับยั้งการวางไข่ของผีเสื้อหนอนใยผักได้ 49.20% และแมลงวันผลไม้ *B. papayae* ได้ 84.10% (ทิวา, 2543) จันทร์จิรา (2543) ทดสอบสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้างที่สกัดด้วย *n*-hexane ที่ระดับความเข้มข้น 100,000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถลดการวางไข่ที่ระยะห่าง 30 และ 60 เซนติเมตรได้ 82.20% และ 75.00% ตามลำดับ วิภาวดี (2548) ได้ศึกษาฤทธิ์ขับไล่ยุงรำคาญ *Culex quinquefasciatus* (Say) พบว่าน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างให้ประสิทธิภาพในการขับไล่ยุงชนิดนี้ใกล้เคียงกับน้ำมันตะไคร้หอม จากการศึกษาผลในการฆ่าลูกน้ำและดักแด้ยุงรำคาญ น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสามารถฆ่าลูกน้ำ และดักแด้ยุงรำคาญได้ 100% หลังจากหยดน้ำมันบนผิวน้ำที่มี ลูกน้ำและดักแด้ยุงดังกล่าวอยู่ อรัญ และคณะ (2552) ได้ศึกษาผลของผลิตภัณฑ์เมล็ดสะเดาช้างในการควบคุมยุงลายบ้าน *Aedes aegypti* (Linnaeus) ทั้งในห้องปฏิบัติการและสภาพชุมชนที่มีการระบาดของยุงลายพบว่า ทั้งผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบ และผลิตภัณฑ์น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสามารถควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ ผลิตภัณฑ์สารสกัดหยาบ และผลิตภัณฑ์น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง สามารถออกฤทธิ์ควบคุมยุงลายได้หลายแบบ ทั้งฆ่าลูกน้ำและดักแด้ยุงลาย ป้องกันการวางไข่และยับยั้งการฟักออกจากไข่

น้ำมันปิโตรเลียม

มีการใช้น้ำมันปิโตรเลียมในการควบคุมแมลง และไรศัตรูพืชมาอย่างยาวนาน น้ำมันปิโตรเลียมซึ่งผสมด้วยสาร emulsifiers สามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในไม้ผล สารพวกนี้อาจเรียกว่า white oil หรือ summer oil น้ำมันปิโตรเลียมบางชนิดใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชได้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นตัวทำละลายในกระบวนทำรูปผลิตภัณฑ์ของสารเคมีควบคุมศัตรูพืช ในประเทศไทยมีการนำเข้าของสาร white oil มาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช (วิทย์, 2543)

การใช้น้ำมันปิโตรเลียมควบคุมแมลงวันผลไม้ และแมลงศัตรูพืชชนิดอื่น

มีการใช้น้ำมันปิโตรเลียมในประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อควบคุมศัตรูพืชทางการเกษตรมานานตั้งแต่ปี ค.ศ.1870 โดยใช้ในรูปของน้ำมันก๊าด และน้ำมันหล่อลื่น ถึงแม้ว่าน้ำมันปิโตรเลียมมีพิษต่อแมลง และไรศัตรูพืชแต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดพิษต่อพืชด้วย ต่อมานักวิทยาศาสตร์จึงได้พัฒนารูปผลิตภัณฑ์ของน้ำมันปิโตรเลียม เพื่อลดความเป็นพิษต่อพืช ในปัจจุบันจึงสามารถนำน้ำมันปิโตรเลียมมาใช้ควบคุมแมลง และไรศัตรูพืชได้ในขณะที่ความเป็นพิษ

ต่อพืชลดลง รุจ (2542) รายงานว่าน้ำมันปิโตรเลียมสามารถนำมาใช้ควบคุมแมลงได้โดยตรง และโดยอ้อม โดยทางตรงสามารถนำน้ำมันปิโตรเลียมที่อยู่ใน รูปผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปไปฉีดพ่นควบคุมแมลง และไรศัตรูพืชได้ โดยออกฤทธิ์เคลือบผนังลำตัวของแมลงทำให้กระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซถูกยับยั้ง แมลงจึงไม่สามารถหายใจได้ ส่วนโดยทางอ้อมน้ำมันปิโตรเลียมถูกนำมาใช้ในกระบวนการทำรูปผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (formulation) ของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช น้ำมันปิโตรเลียมสามารถควบคุมไร เพลี้ยอ่อน เพลี้ยหอย นอกจากนี้ยังสามารถฆ่าไข่ของแมลงได้อีกด้วย (McEwen and Stephenson, 1979) ประเทศจีนมีการใช้น้ำมันปิโตรเลียมควบคุมหนอนชอนใบส้มอย่างกว้างขวาง (Rae *et al*., 1996) ส่วนในประเทศไทย รุจ (2541) รายงานว่าสามารถใช้น้ำมันปิโตรเลียมควบคุมศัตรูพืชได้มากกว่า 20 ชนิด ในไม้ผล ส้ม ผัก ฝ้าย และไม้ดอกไม้ประดับ นอกจากนี้ อรัญ (2553) รายงานว่าน้ำมันปิโตรเลียมสามารถลดการวางไข่ของแมลงวันผลไม้ *B. papayae* ในพริกหยวกได้ดี ในห้องปฏิบัติการ และในโรงเรือนทดลอง

เห็นได้ว่า สารสกัดเมล็ดสะเดาช้าง น้ำมันปิโตรเลียม และเชื้อรา *M. anisopliae* มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงได้หลายชนิดรวมถึงแมลงวันแตง จึงได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงวันแตง ให้ดียิ่งขึ้นกว่าการใช้เดี่ยวๆ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

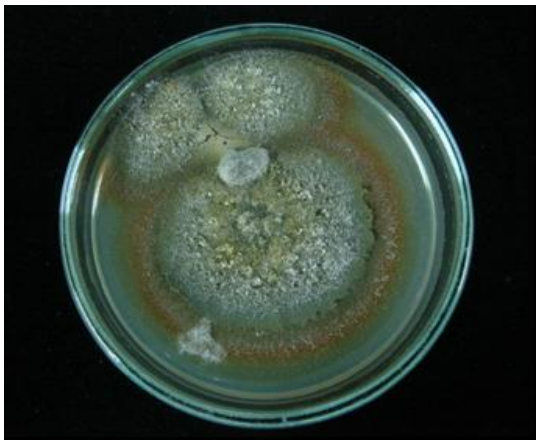
1. เพื่อศึกษาผลของน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างต่อการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *M. anisopliae* ในห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เชื้อรา *M. anisopliae* ร่วมกับ น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างในการควบคุมการเข้าทำลายบวบเหลี่ยมของแมลงวันแตงในห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และระเบียบวิธีวิจัย

1. การเตรียมเชื้อรา *Metarhizium anisopliae*

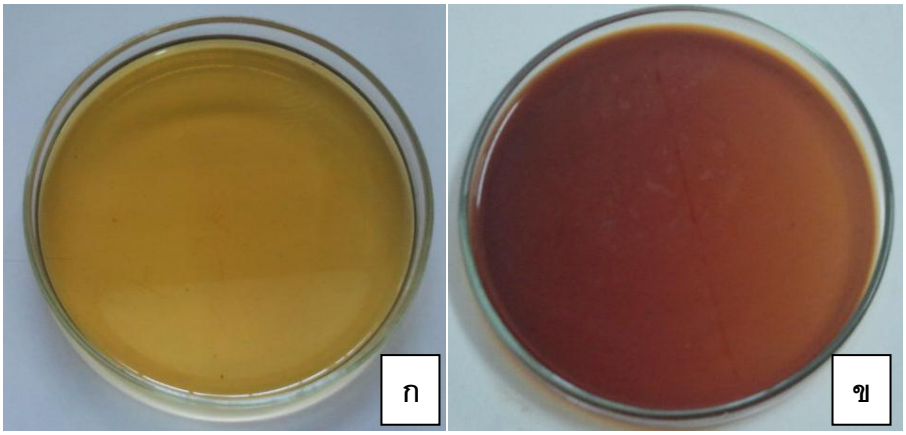
เตรียมเชื้อรา *M. anisopliae* สายพันธุ์ PSUM02 (ภาพที่ 9) ที่มีประสิทธิภาพในการก่อโรคกับแมลงวันแตง ที่ได้รับจากศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ศูนย์ภาคใต้ (นริศ และคณะ, 2554) โดยเพาะเลี้ยงเพิ่มจำนวนบนอาหารเลี้ยงเชื้อ SDAY ที่อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน หรือจนกว่าเชื้อราสร้างสปอร์



ภาพที่ 9 เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* PSUM02

2. การเตรียมผลิตภัณฑ์เมล็ดสะเดาช้าง

เตรียมผลิตภัณฑ์เมล็ดสะเดาช้าง 2 แบบ คือ น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง (ภาพที่ 10ก) และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง (ภาพที่ 10ข) ซึ่งมี 2 ขั้นตอน คือ การเตรียมเมล็ดสะเดาช้างก่อนการสกัด และการสกัดน้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง โดยมีวิธีการดังนี้



ภาพที่ 10 สารทดสอบน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง (ก) และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง (ข)

2.1 การเตรียมเมล็ดสะเดาช้างก่อนการสกัดสารทดสอบ

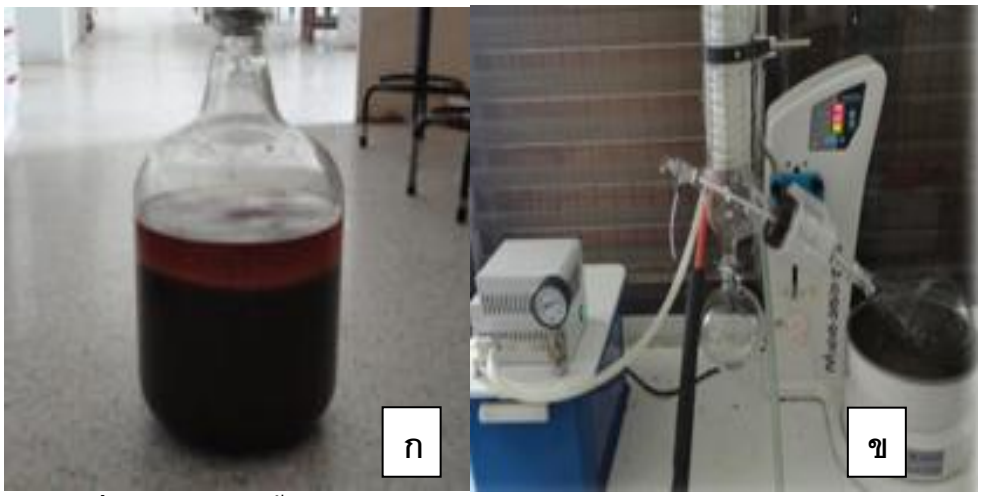
เก็บเมล็ดสะเดาช้างจาก ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา แล้วนำผลสุกมาแยกเอาส่วนของเนื้อในออกให้เหลือเฉพาะส่วนของเมล็ด จากนั้นนำเมล็ดไปตากแดด 2-3 วัน เพื่อให้เมล็ดแห้ง (ภาพที่ 11ก) ก่อนนำไปกะเทาะเปลือก หลังจากกะเทาะเมล็ดออกนำส่วนของเนื้อในทั้งหมดไปชั่งน้ำหนักก่อน หลังจากนั้นนำเนื้อในสดเมล็ดสะเดาช้างบดละเอียดด้วยเครื่องปั่น (blender) และชั่งน้ำหนักอีกครั้ง หลังจากปั่นหยาบเรียบร้อยแล้ว (ภาพที่ 11ข)

ภาพที่ 11 ลักษณะเมล็ดสะเดาช้าง (ก) และลักษณะเนื้อในสดเมล็ดสะเดาช้าง (ข)

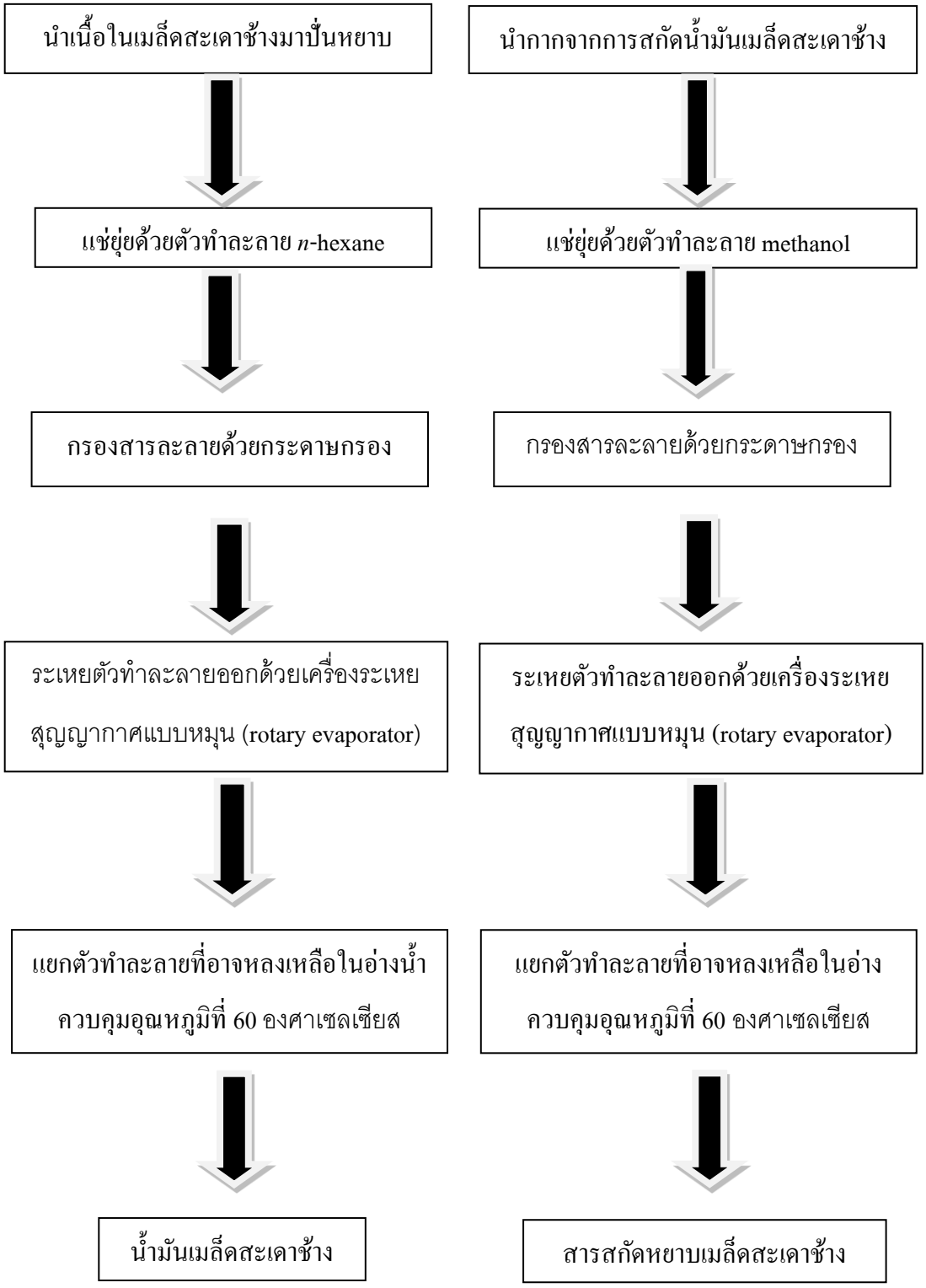
2.2 การสกัดน้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง

ขั้นตอนการสกัดน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง (ภาพที่ 13) นำเนื้อในสดเมล็ดสะเดาช้างบดละเอียดด้วยเครื่องปั่นใส่ขวดแก้วขนาด 20 ลิตร (ภาพที่ 12ก) สกัดสารโดยวิธีการแช่ยุ่ย (maceration) ด้วยตัวทำละลาย *n*-hexane เติมตัวทำละลายจนท่วมตัวอย่าง ปิดปากขวดให้สนิทด้วยการปิดจุกยางที่หุ้มด้วยกระดาษตะกั่ว (foil) ทิ้งไว้นาน 7 วัน เมื่อครบตามกำหนดจึงเทสารละลายออก กรองด้วยกระดาษกรองแบบหยาบ แล้วนำไปลดปริมาณตัวทำละลายด้วยเครื่อง (rotary evaporator) (ภาพที่ 12ข) นำสารที่ได้ไปใส่ในบีกเกอร์ก่อนนำไปวางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ water bath ที่อุณภูมิ 60 องศาเซลเซียส อีกครั้ง เพื่อแยกตัวทำละลายที่อาจหลงเหลืออยู่ออกให้หมด ส่วนตัวทำละลายที่แยกออกมาได้ นำกลับไปแช่กากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างอีกครั้ง ทำซ้ำจนกว่าไม่สามารถสกัดน้ำมันออกมาได้อีก ในการศึกษาครั้งนี้ต้องการสกัดทั้งหมด 7 ครั้ง นำสารสกัดทั้งหมดในแต่ละครั้งมารวมกัน เรียกสารสกัดที่ได้ว่า “น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง” ก่อนทดลองนำน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง ผสมกับสารเพิ่มประสิทธิภาพ ในอัตราส่วนน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง : 0.01% Tween® 80 (9:1) เพื่อช่วยเพิ่มการแพร่กระจายในน้ำให้ดีขึ้น (เอกราช, 2552)

ขั้นตอนการสกัดสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง โดยการนำกากที่ได้จากการสกัดเอาน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างออกไปแล้ว มาทำการสกัดต่อโดยวิธีการเช่นเดียวกับการสกัดน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างแต่เปลี่ยนตัวทำละลายจาก *n*-hexane เป็น methanol สารที่สกัดได้ เรียกว่า “สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง”



ภาพที่ 12 การแช่ยุ่ยเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างในขวดแก้วขนาด 20 ลิตร (ก) เครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (rotary evaporator) (ข)



ภาพที่ 13 ขั้นตอนการสกัดน้ำมัน และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง

3. การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)

เก็บตัวอย่างผลบวบเหลี่ยมจากแปลงทดลองภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ระหว่างเดือนเมษายน ถึงเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2555-2556 และแปลงปลูกของเกษตรกร อำเภอ รัตภูมิ จังหวัดสงขลา ที่มีรอยทำลายของแมลงวันแตง นำมาใส่กล่องพลาสติกขนาด 16.5 × 23.5 × 9.5 เซนติเมตร ที่รองพื้นด้วยขี้เลื่อยสูง 1.0 เซนติเมตร ที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ นำใส่กล่องพลาสติกไปวางไว้ในกรงเลี้ยงแมลงขนาด 30.0 × 30.0 × 30.0 เซนติเมตร หลังจากไข่ฟักเป็นหนอนแล้วจึงเข้าดักแด้ในขี้เลื่อย จนกระทั่งดักแด้กลายเป็นตัวเต็มวัย นำไปคัดแยกเฉพาะแมลงวันแตงสกุล *B. cucurbitae* เท่านั้น โดยดูลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกตามรายละเอียดดังภาพที่ 3 และตามลักษณะอนุกรมวิธาน (Hardy, 1973) ให้อาหารตัวเต็มวัยดังกล่าวด้วยอาหารเทียมสูตรของ แสน (2529) เลี้ยงเพิ่มปริมาในห้องปฏิบัติการทางกีฏวิทยา ที่ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ศูนย์ภาคใต้ ในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

นำตัวเต็มวัยแมลงวันแตง *B. cucurbitae* มาเลี้ยงเพิ่มปริมาณ ในกรงเลี้ยงแมลงขนาด 30.0 × 30.0 × 30.0 เซนติเมตร ให้อาหารตัวเต็มวัยด้วยยีสต์ผสมน้ำตาลก้อน อัตราส่วน 1:1 วางฟองน้ำไว้ในกรงเลี้ยงแมลงเพื่อเป็นแหล่งน้ำ และเพิ่มความชื้น

เมื่อตัวเต็มวัยอายุได้ประมาณ 15-20 วัน ซึ่งพร้อมวางไข่ นำแตงกวามาผ่าซีกแล้วนำไปวางในกรงเลี้ยงแมลงเมื่อผ่านไป 24 ชั่วโมง นำแตงกวาออกมาวางบนอาหารเทียมสูตรดังรายละเอียดในตารางที่ 1 โดยวางกระดาษทิชชูบนอาหารเทียมก่อนวางไข่ลงไป เพื่อป้องกันไข่จมลงไปในอาหารเทียม (ภาพที่ 12)

หลังจากไข่ฟักออกเป็นตัวหนอน และกินอาหารเทียมหลังจากนั้น 4 วัน จึงนำอาหารเทียมที่มีตัวหนอนไปใส่ในจานแก้ว ใส่กล่องพลาสติกขนาด 16.5 × 23.5 × 9.5 เซนติเมตร ที่รองพื้นด้วยขี้เลื่อยสูง 1.0 เซนติเมตร แล้วนำไปวางไว้ในกรงเลี้ยงแมลงขนาด 30.0 × 30.0 × 30.0 เซนติเมตร จนกระทั่งหนอนทั้งหมดเข้าดักแด้ และเจริญเป็นตัวเต็มวัย (F1) หลังจากตัวเต็มวัยมีอายุระหว่าง 15-20 วัน จึงนำแมลงไปศึกษาในหัวข้อถัดไป

ภาพที่ 14 ลักษณะการวางกระดาษทิชชูบนอาหารเทียมก่อนการวางไข่

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ทำอาหารเทียมเพื่อเลี้ยงหนอนแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)

วัสดุ	ปริมาณ
ข้าวโพด	150.0 กรัม
กล้วยน้ำว้า	150.0 กรัม
ทิชชูหยาบ	30.0 กรัม
น้ำตาลทราย	30.0 กรัม
Brewer's yeast	30.0 กรัม
Sodium benzoate	0.6 กรัม
Hydrochloric acid	6.0 มิลลิลิตร
H_2O	300.0 มิลลิลิตร

ที่มา : แสน (2529)

4. ศึกษาผลของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการเจริญของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ในห้องปฏิบัติการ

4.1 การทดสอบผลของน้ำมันปิโตรเลียม และสารสกัดเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการงอกของสปอร์เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae*

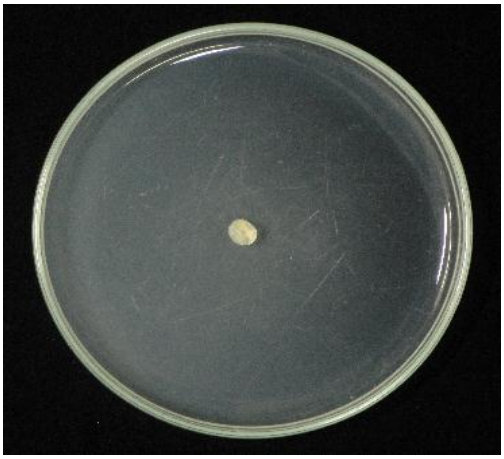
วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทรีทเมนต์ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด คือน้ำมันปิโตรเลียม SK99® ที่ระดับความเข้มข้น 2,500 ppm น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างที่ระดับความเข้มข้น 5,000 ppm สำหรับสปอร์ของเชื้อรา *M. anisopliae* ที่ระดับความหนาแน่น 1×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร เป็นชุดควบคุมแสดงดังในตารางที่ 2 ทดลองกรรมวิธีละ 5 ซ้ำ สำหรับทรีทเมนต์ใดที่มีน้ำมันปิโตรเลียม SK99® น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างให้ใช้อัตราของสารทั้ง 3 ชนิด ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 ระหว่างผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด (ทรีทเมนต์ 5 และ 6) อัตราส่วน 1:1:1 ระหว่างผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด (ทรีทเมนต์ 7)

เตรียมสารละลายแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *M. anisopliae* ที่ระดับความหนาแน่น 1×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาตร 40.0 มิลลิลิตร และเตรียมอาหาร Sabouraud dextrose broth plus yeast (SDBY) ในหลอดทดลองปริมาตรหลอดละ 10.0 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมสารละลายสารทดสอบลงในอาหาร และผสมกับสารเพิ่มประสิทธิภาพ Tween® 80 ตามอัตราความเข้มข้นเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น เติมสารละลายแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *M. anisopliae* หลอดละ 1.0 มิลลิลิตร ตรวจนับเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อราทุก 12, 24, 36, 48 และ 60 ชั่วโมง โดยวิธีการสุ่มนับจำนวนการงอกของสปอร์จำนวน 100 สปอร์ มีเกณฑ์การสังเกตจาก germ tube ของสปอร์ต้องยาวเกินครึ่งหนึ่งของความกว้างสปอร์จึงถือว่าสปอร์นั้นงอก นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การงอก โดยใช้วิธีการตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี DMRT และ วิเคราะห์ Repeated Measures Anova

4.2 การทดสอบผลของน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมัน และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae*

ทดสอบโดยเตรียมอาหาร Sabouraud dextrose agar plus yeast (SDAY) ในขวดทดลองขนาด 250 มิลลิลิตร หลังจากนั้นผสมสารทดสอบลงในอาหารตามความเข้มข้นที่คำนวณไว้ข้างต้น รวมเตรียมอาหาร SDAY ทั้งหมด 35 จานทดลอง แต่ละจานทดลองมีปริมาตรอาหาร SDAY 20 มิลลิลิตร ในแต่ละทรีทเมนต์นำเส้นใยเชื้อรา *M. anisopliae* ที่เจริญบนอาหาร SDAY อายุ 3 วัน

บ่มที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.0 มิลลิเมตร เจาะเส้นใยเชื้อราวางตรงกลางจานทดลอง (ภาพที่ 15) ตรวจดูการเจริญของเส้นใยเชื้อรา โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อราทั้งสองแนวแกนทุก 7, 14 และ 21 วัน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเจริญของเส้นใยระหว่าง ทรีทเมนต์โดยใช้วิธี DMRT และ วิเคราะห์ Repeated Measures Anova



ภาพที่ 15 การวางเส้นใยเชื้อราตรงกลางจานทดลอง

ตารางที่ 2 ทรีทเมนต์ต่างๆ ที่ใช้ศึกษาผลของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการเจริญของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin

ทรีทเมนต์
1. เชื้อรา *M. anisopliae*
2. เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม SK99®
3. เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง
4. เชื้อรา *M. anisopliae*+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
5. เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม SK99®+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง
6. เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม SK99®+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
7. เชื้อรา *M. anisopliaee*+น้ำมันปิโตรเลียม SK99®+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง

5. การทดสอบผลของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างต่อการวางไข่ของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* ในห้องปฏิบัติการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทรีทเมนต์ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด คือ เชื้อรา *M. anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม SK99® น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างที่อัตราความเข้มข้นเดียวกับการทดลองในหัวข้อที่ 4 เปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงมาลาไธออนระดับความเข้มข้น 2,000 ppm และน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม ทำการทดลองทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ ทรีทเมนต์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3 ใช้แมลงวันแตงเพศเมีย 10 ตัว/ซ้ำ

ตารางที่ 3 ทรีทเมนต์ต่างๆที่ใช้ทดสอบการวางไข่ทั้งอิทธิพลเดี่ยวและร่วมในห้องปฏิบัติการ

ทรีทเมนต์
1. เชื้อรา *M. anisopliae*
2. น้ำมันปิโตรเลียม SK99®
3. น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง
4. สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
5. เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม SK99®
6. เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง
7. เชื้อรา *M. anisopliae*+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
8. น้ำมันปิโตรเลียม SK99®+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง
9. น้ำมันปิโตรเลียม SK99®+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
10. เมล็ดสะเดาช้าง+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
11. เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม SK99®+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง
12. เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม SK99®+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
13. เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม SK99®+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
14. สารฆ่าแมลงมาลาไธออน
15. ชุดควบคุม (น้ำเปล่า)

การเตรียมเป้าล่อวางไข่ของแมลงวันแตงเพศเมีย โดยนำผลบวบอายุประมาณ 10 วัน มีขนาดใกล้เคียงกัน และไม่มีร่องรอยการเข้าทำลายของแมลงชนิดใดๆ ล้างด้วยน้ำเปล่า แล้วนำไปแช่ด่างทับทิมนาน 10 นาที หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำเปล่า และแช่น้ำเปล่าไว้นาน 10 นาที เพื่อลดสารเคมีที่อาจตกค้างบนผลบวบ นำผลบวบที่ได้มาตัดเป็นชิ้นความยาวชิ้นละ 10 เซนติเมตร ตัดส่วนเหลี่ยมของบวบออกให้หมดเพื่อให้มีพื้นผิวเท่าๆ กัน เพื่อง่ายต่อการเข้ามาวางไข่ ผ่าชิ้นบวบออกเป็น 2 ซีกตามความยาว และคว้านเนื้อในออกจนเหลือแต่ส่วนปลายทั้ง 2 ด้าน (ภาพที่ 16ก) จากนั้นใช้เข็มหมุดเจาะรูบนผิวบวบจำนวน 20 รู พ่นสารทดสอบตามอัตราความเข้มข้นที่กำหนดไว้ วางชิ้นบวบทิ้งไว้จนแห้งจากนั้นใช้แผ่นพาราฟิล์มห่อชิ้นบวบเพื่อป้องกันไม่ให้แมลงวางไข่ในบริเวณที่ไม่ต้องการแล้วเจาะรูผ่านแผ่นพาราฟิล์มเจาะรูให้ตรงกับรูเดิมอีกครั้ง (ภาพที่ 16ข) นำชิ้นบวบวางบน Petri dish แล้วนำไปวางไว้ในกรงผ้าเลี้ยงแมลงขนาด 30.0 × 30.0 × 30.0 เซนติเมตร ภายในกรงจัดเตรียมน้ำตาลก้อน ยีสต์สกัด และน้ำ เป็นแหล่งอาหาร นำแมลงวันแตงเพศเมียที่ผ่านการผสมพันธุ์แล้ว และมีการพัฒนาไข่จนสมบูรณ์ อายุ 15-20 วัน จำนวน 10 ตัว/ซ้ำ ปล่อยเข้าไปในกรงทดสอบ เก็บข้อมูลการวางไข่ทุก 1, 2, 3, 4 และ 5 วัน นับจำนวนไข่ทั้งหมดภายใต้กล้อง stereo microscope ตลอดการทดลองบันทึกผลของอุณภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ นำตัวเลขจำนวนไข่ที่ได้ ในทรีทเมนต์ต่างๆ ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการวางไข่ของแมลงวันแตงโดยใช้สูตร (Nagpal *et al.*, 2001)

$$\% \text{ AR} = \frac{\mathbf{[NC - NT]}}{\mathbf{NC}} \times \mathbf{100}$$

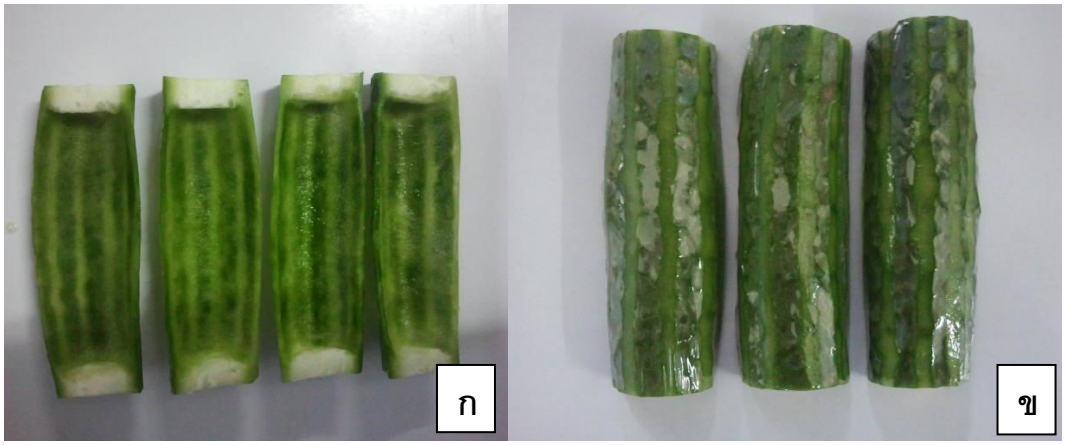
% AR = เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการวางไข่

NC = จำนวนไข่ของแมลงวันแตงในชุดควบคุม

NT = จำนวนไข่ของแมลงวันแตงในชุดทดสอบ

นำผลเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการวางไข่ของแมลงวันแตง วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยทดสอบการกระจายตัวแบบปกติของข้อมูล (test of normality) และความเป็นเอกพันธ์

ของความแปรปรวน (test of homogeneity of variance) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 16 ลักษณะของชิ้นบวบที่คว้านส่วนของเนื้อในออก (ก) และบวบที่เป็นเป้าล่อวางไข่ (ข)

6. ศึกษาการประยุกต์ใช้เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง ต่อจำนวนดักแด้ ตัวเต็มวัย และสัดส่วนเพศในห้องปฏิบัติการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทรีทเมนต์ประกอบด้วยอิทธิพลเดี่ยวและอิทธิพลร่วม ของผลิตภัณฑ์ 4 ชนิดคือ เชื้อรา *M. anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม SK99® น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง และ สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง ในอัตราความเข้มข้นเดียวกันกับการทดลองในข้อที่ 4 เปรียบเทียบกับ สารฆ่าแมลงมาลาไธออน อัตราความเข้มข้นเดียวกันกับการทดลองในข้อที่ 5 และมีน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 3 ทำการทดลองทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ ใช้แมลงวันแตงเพศเมีย 10 ตัว/ซ้ำ

6.1 การศึกษาอิทธิพลเดี่ยว ประกอบด้วย ทรีทเมนต์ 1-4, 14 และ15

6.2 การศึกษาอิทธิพลร่วม ประกอบด้วย ทรีทเมนต์ 5-13

เตรียมผลบวบอายุประมาณ 10 วัน ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และไม่มีร่องรอยการเข้าทำลายของแมลงชนิดใดๆ แล้วทำการล้างผลบวบในด่างทับทิมเพื่อลดสารเคมีที่อาจปนเปื้อนบนผลบวบด้วยกรรมวิธีเดียวกับการทดลองที่ 5 จากนั้นเตรียมชิ้นบวบที่ใช้ทดสอบ โดยตัดบวบเป็นชิ้นยาวชิ้นละ 10.0 เซนติเมตร วางบน Petri dish (ภาพที่ 17) แล้วนำไปวางไว้ในกรงผ้าเลี้ยงแมลงขนาด 30.0 × 30.0 × 30.0 เซนติเมตร ภายในกรงจัดเตรียม น้ำตาลก้อน ยีสต์สกัด และน้ำเป็นแหล่งอาหาร

นำแมลงวันแตงเพศเมียที่ผ่านการผสมพันธุ์แล้ว และมีการพัฒนาไข่จนสมบูรณ์ อายุ 15-20 วัน จำนวน 10 ตัว/ซ้ำ ปล่อยเข้าไปในกรงทดสอบ เก็บข้อมูลทุก 1, 2, 3, 4 และ 5 วัน แล้วนำผลบวบไปวางไว้ ในกล่องเลี้ยงแมลงที่รองพื้นด้วยขี้เลื่อยที่อบฆ่าเชื้อ เพื่อให้หนอนเข้าดักแด้ หลังจากนั้นตรวจนับจำนวนดักแด้ทั้งหมด แล้วนำดักแด้ที่ได้ไปวางไว้ในกรงเลี้ยงแมลง เพื่อนับจำนวนดักแด้ที่ไม่พัฒนาเป็นตัวเต็มวัย จำนวนตัวเต็มวัยทั้งหมด และสัดส่วนเพศ ในการทดลองต้องบันทึกอุณภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ นำตัวเลขที่ได้ในทรีทเมนต์ต่างๆ ไปทดสอบการกระจายตัวแบบปกติของข้อมูล และความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี DMRT

ภาพที่ 17 ลักษณะชิ้นบวบยาวชิ้นละ 10 เซนติเมตร เป็นเป้าล่อทดสอบ

7. การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมัน และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการเข้าทำลายในสภาพโรงเรือน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) โดยทรีทเมนต์ที่ใช้ทดลองนี้ได้จากการคัดเลือกสารทดสอบที่ให้ผลดี ในการยับยั้งการวางไข่ของแมลงวันแตง *B. cucurbitae* จากการทดลองในหัวข้อที่ 5 ผลต่อจำนวนดักแด้ตัวเต็มวัย และสัดส่วนเพศจากการทดลองในหัวข้อที่ 6 ซึ่งประกอบด้วยทรีทเมนต์ (ตารางที่ 4)

คัดเลือกมาทดสอบในสภาพโรงเรือนปลูกพืชทดลองสำเร็จรูปขนาด กว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 4.0 × 4.0 × 2.5 เมตร (ภาพที่ 18) ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ระหว่างเดือนเมษายน ถึงเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2556

การทดลองเริ่มจากการเพาะต้นกล้าบวบ โดยใช้เมล็ดพันธุ์ ตราสิงโต ของบริษัทพืชพันธุ์ตราสิงห์ จำกัด หลังจากต้นกล้าเริ่มออกใบจริง 3-4 ใบ จึงย้ายลงปลูกในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40.0 เซนติเมตร จำนวนทั้งหมด 64 กระถางๆ ละ 2 ต้น นำกระถางบวบทั้งหมดวางในโรงเรือนปลูกพืชสำเร็จรูป ให้น้ำทางสายยางทุกวัน วันละ 3 ครั้ง ให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เมื่อต้นบวบเริ่มติดผล เปลี่ยนปุ๋ยจากสูตร 15-15-15 มาเป็นสูตร 15-15-21 ฉีดพ่นสารฆ่าแมลงอะบาแม็กติน (abamectin) 18.0% EC ในอัตรา 40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ครั้งแรกเมื่อสุ่มพบการเข้าทำลายของไรแดง 2-3 ตัว/ยอด/ต้น และหยุดพ่นสารฆ่าแมลงทุกชนิดเป็นเวลา 7 วัน ก่อนเริ่มทดสอบสารตามทรีทเมนต์ต่างๆ ดังตารางที่ 4 โดยคัดเลือกทรีทเมนต์ที 1 จากผลศึกษาเปอร์เซ็นดักแด้ที่ไม่ฟักเป็นตัวเต็มวัยสูง และ ทรีทเมนต์ที่ 5 จากผลการศึกษาเปอร์เซ็นการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย (การทดลองที่ 3) คัดเลือกทรีทเมนต์ที่ 2, 3 และ 4 จากผลการยับยั้งการวางไข่ (การทดลองที่ 2)

เมื่อบวบเริ่มติดผลควบคุมจำนวนผลให้เท่ากันในรุ่นเดียวกัน โดยใช้แถบป้ายบอกข้อมูลผลบวบที่ติดผลรุ่นเดียวกัน จากนั้นตัดผลที่เกินออกแล้วห่อผลบวบเหลี่ยมทั้งหมดด้วยถุงกระดาษ โดยในแต่ละทรีทเมนต์ทดสอบกับบวบเหลี่ยมที่ปลูกในแปลงดังกล่าวข้างต้น เมื่อบวบเริ่มติดผลอายุได้ 8-10 วัน จึงเริ่มทดสอบโดยแกะกระดาษที่ห่อผลบวบไว้ออกตามจำนวนทรีทเมนต์ที่ใช้ทดสอบ แล้วปล่อยตัวเต็มวัยแมลงวันแตงเพศเมียอายุ 15-20 วัน จำนวน 100 ตัว/กรง เข้าสู่โรงเรือนก่อนฉีดพ่นสารทดสอบทรีทเมนต์ต่างๆ บนผลบวบ โดยฉีดพ่นสารทดสอบครั้งแรกในวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2556 ทำการทดสอบครั้งเดียวกันจำนวน 4 กรง หลังจากฉีดพ่น 1 และ 2 วัน จึงเก็บตัวอย่างผลบวบทั้งหมด ไปวางไว้ในกล่องเลี้ยงแมลงที่รองพื้นด้วยขี้เลื่อยที่อบฆ่าเชื้อแล้ว ตรวจนับจำนวนหนอนที่ออกจากผลมาเข้าดักแด้ จำนวนหนอนที่ตาย หลังจากนั้นนำดักแด้ไปวางไว้ในกรงเลี้ยงแมลง เก็บข้อมูลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองในหัวข้อที่ 6 นำข้อมูลที่ได้ในทรีทเมนต์ต่างๆ ไปทดสอบการกระจายตัวแบบปกติของข้อมูล และความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4 ทรีทเมนต์ต่างๆ ที่ใช้คัดเลือกมาทดสอบอิทธิพลเดี่ยว และร่วมในสภาพโรงเรือน

ทรีทเมนต์
1. เชื้อรา *M. anisopliae*
2. เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม SK99®
3. เชื้อรา *M. anisopliae*+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
4. เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม SK99®+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
5. เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม SK99®+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
6. สารฆ่าแมลงมาลาไธออน
7. ควบคุม (น้ำเปล่า)

ภาพที่ 18 โรงเรือนปลูกพืชทดลองสำเร็จรูปที่ใช้ในการทดลอง

8. **ทดสอบการติดเชื้อของดักแด้แมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* ที่ไม่สามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยในห้องปฏิบัติการ**

นำดักแด้ที่ผิดปกติ และไม่สามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้ ไปเพาะเชื้อในจานอาหาร Petri dish ที่รองด้วยกระดาษกรอง ฉีดน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อลงบนกระดาษกรองจนชุ่ม ตรวจดูความชื้นบนกระดาษกรอง ระวังอย่าให้กระดาษกรองแห้ง บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ สังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผล

1. การเตรียมน้ำมัน และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง

จากการนำเมล็ดสะเดาช้างจำนวน 40 กิโลกรัม มากะเทาะเปลือกออก ปรากฏว่าได้เนื้อในเมล็ดสะเดาช้างหนัก 13.50 กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็น 33.75% ของน้ำหนักเมล็ดสะเดาช้างทั้งหมด ทำการสกัดด้วยวิธีการแช่ยุ่ยโดยใช้ตัวทำละลาย *n*-hexane ปรากฏว่า ได้น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างจำนวน 4,710 กรัม คิดเป็น 34.89 % ของเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างทั้งหมด ลักษณะของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างที่ได้ มีสีเหลืองปนน้ำตาล หนืด และมีกลิ่นสะเดารุนแรง นำกากเมล็ดสะเดาช้างที่ได้แช่ต่อด้วยตัวทำละลาย methanol ผลปรากฏว่าได้สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างจำนวน 2,600 กรัม คิดเป็น 19.26% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักของเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง (ตารางที่ 5) ลักษณะของสารสกัดหยาบมีสีน้ำตาลดำ หนืด และกลิ่นรุนแรงน้อยกว่าน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง

ตารางที่ 5 ปริมาณของน้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างที่สกัดได้จากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างหนัก 13.50 กิโลกรัม

		ปริมาณสารที่สกัดได้	
สารสกัด	ตัวทำละลาย	น้ำหนัก(กรัม)	(%)
น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง	*n*-hexane	4,710	34.89
สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง	methanol	2,600	19.26

จากการศึกษาครั้งนี้ได้ปริมาณของน้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักของเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างทั้งหมด มีค่าน้อยกว่าการศึกษาของวิภาวดี (2548) ซึ่งสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างได้คิดเป็น 40.90% และได้สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างคิดเป็น 15.50% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเมล็ดสะเดาช้างทั้งหมด ส่วน กฤษฎา (2552) ได้สกัดสารจากเมล็ดสะเดาช้างจำนวน 15 กิโลกรัม สกัดน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างได้ปริมาณ 6.5 กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็น 43.33% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งของเมล็ดสะเดาช้างทั้งหมด อรัญ (2553) ได้สกัดสารจากเมล็ดสะเดาช้างจำนวน 15.10 กิโลกรัม สกัดน้ำมันจากเมล็ดสะเดาช้างได้ 53.40% และได้สารสกัดหยาบจากเมล็ดสะเดาช้างคิดเป็น 19.30% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งของเมล็ด

สะเดาช้างทั้งหมด ขณะที่ Liauw และคณะ (2008) ได้สกัดสารจากเมล็ดสะเดาอินเดีย (*Azadirachta indica A. Juss)* ด้วยตัวทำละลาย *n*-hexane ได้น้ำมันสะเดาที่ได้คิดเป็น 44.29% สำหรับสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลาย ethanol คิดเป็น 41.11%

2. ศึกษาผลของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการเจริญของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบผลของน้ำมันปิโตรเลียม และสารสกัดเมล็ดสะเดาช้าง ต่อ การงอกของสปอร์ และการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae*

สำหรับการศึกษาเปอร์เซ็นต์การการงอกของสปอร์เชื้อรา *M. anisopliae* ในอาหาร SDBY พบว่า ที่ 60 ชั่วโมง การงอกของสปอร์ของเชื้อราเพียงอย่างเดียวสูงที่สุด เท่ากับ 91.00% (ตารางที่ 6) แตกต่างกับทรีทเมนต์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) รองลงมาคือทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อราร่วมกับสารทดสอบ 1 และ 2 ชนิด ส่วนทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อราผสมกับน้ำมันปิโตรเลียม และสารสกัดเมล็ดสะเดาช้างทั้งสองชนิดเข้าด้วยกันที่เวลา 60 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์ต่ำที่สุดเท่ากับ 36.05%

การศึกษาผลของน้ำมันปิโตรเลียม และสารสกัดเมล็ดสะเดาช้างต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *M. anisopliae* ในอาหาร SDAY โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน พบว่า กรรมวิธีที่มีแต่เชื้อราเพียงอย่างเดียวมีการเจริญของเส้นใยสูงสุดเท่ากับ 3.19, 6.28 และ 8.28 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับทรีทเมนต์อื่นๆ รองลงมาคือ *M. anisopliae*+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างมีค่าดังกล่าวเท่ากับ 2.96, 6.08 และ 8.03 เซนติเมตร ส่วนทรีทเมนต์อื่นที่ใช้ เชื้อรา *M. anisopliae* ร่วมกับสารทดสอบ 1 และ 2 ชนิด ซึ่งค่าดังกล่าวอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันสำหรับทรีทเมนต์ที่มีการผสมสารทดสอบ 3 ชนิด พบว่าสารทดสอบมีผลทำให้มีอัตราการเจริญของเส้นใยเชื้อราน้อยที่สุด เท่ากับ 2.36, 4.35 และ 6.25 เซนติเมตร ตามลำดับ

จากการศึกษาผลของน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์ และการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *M. anisopliae* พบว่าสารทดสอบมีผลลดเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์ และการเจริญของเส้นใยเชื้อราชนิดนี้ แต่ไม่ได้ทำให้เชื้อราหยุดการเจริญ โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์ และการเจริญของเส้นใย เมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งทั้งการการงอกของสปอร์ และการเจริญของเส้นใยยังมีการเจริญเพิ่มมากขึ้น ส่วนสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างมีผลกระทบต่อเชื้อราน้อยที่สุด เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์ และการเจริญของเส้นใยใกล้เคียงกับชุดควบคุม สำหรับน้ำมันปิโตรเลียม และน้ำมันเมล็ด

สะเดาช้างมีผลกระทบต่อเชื้อราใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *M. anisopliae* ร่วมกับสารทดสอบ 2 ชนิดแต่ในกรณีที่มีการใช้เชื้อรา *M. anisopliae* ร่วมกับสารทดสอบ 3 ชนิด พบว่ามีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใย และการงอกของสปอร์ลดลงเป็นอย่างมาก

ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับ Aguda และคณะ (1986) ทดสอบผลของน้ำมันเมล็ดสะเดาอินเดียมีผลกระทบต่อเชื้อรา *M. anisopliae* โดยน้ำมันเมล็ดสะเดาที่ระดับความเข้มข้น 5% มีผลยับยั้งการงอก และการสร้างสปอร์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ส่วนการนำน้ำมันเมล็ดสะเดาไปใช้ร่วมกับ *M. anisopliae* โดยการสเปรย์ลงบนพืชควรใช้ในระดับความเข้มข้นต่ำ เพราะมีแนวโน้มว่ายิ่งใช้น้ำมันเมล็ดสะเดาที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลในการลดประสิทธิภาพของเชื้อราชนิดนี้ ในทำนองเดียวกัน Alves และคณะ (1998) ทดสอบน้ำมันเมล็ดสะเดาอินเดียมีผลกระทบต่อเชื้อรา *M. anisopliae* แต่สามารถใช้ร่วมกันได้ระหว่างสารฆ่าแมลงและเชื้อราสาเหตุโรคแมลง ต่อมา Hirose และคณะ (2001) รายงานว่าน้ำมันเมล็ดสะเดาอินเดียมีผลต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *M. anisopliae* ลดลง 30.26% และเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์ลดลง 37.74% และ มีผลให้เชื้อรา *Beauveria bassiana* มีการเจริญของเส้นใยลดลง 36.62% และเปอร์เซ็นต์งอกของสปอร์ลดลง 45.27% ในขณะที่ Castiglioni และคณะ (2003) ทดสอบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันเมล็ดสะเดาอินเดีย (Nimkol-L®) ที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 1, 2 และ 5% ต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสปอร์ของเชื้อรา *M. anisopliae* ในอาหาร (PDA) มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการสร้างสปอร์ของเชื้อรา *M. anisopliae* เมื่อระดับความเข้มข้นสูงกว่า หรือเท่ากับ 5% นอกจากนี้ Sahayaraj และคณะ (2011) ได้ทดสอบผลของผลิตภัณฑ์เมล็ดสะเดา (Neemgold®) ต่อเชื้อราสาเหตุโรคแมลง พบว่าสารสกัดเมล็ดสะเดายับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *B. bassiana*, *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) และ *Isaria fumosorosea* (Wize) โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 11.34, 17.46 และ 17.52% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ตารางที่ 6 ผลของน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin ในห้องปฏิบัติการ

ทรีทเมนต์	% การงอกของสปอร์(ค่าเฉลี่ย±SD)[1/]				
	12 ชม.	24 ชม.	36 ชม.	48 ชม.	60 ชม.
M. anisopliae	10.75±0.96[a2/]	33.25±5.68[a]	67.50±4.21[a]	84.75±4.72[a]	91.00±3.16[a]
M. anisopliae + น้ำมันปิโตรเลียม	3.00±0.82[b]	12.75±2.99[b]	28.50±5.10[c]	60.00±8.04[b]	63.25±4.79[b]
M. anisopliae + น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง	0.25±0.50[c]	7.25±5.32[cd]	21.00±4.55[d]	49.00±5.94[c]	64.50±4.12[b]
M. anisopliae + สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง	4.00±1.41[b]	25.50±5.74[a]	40.00±9.11[b]	45.25±7.63[c]	63.75±6.24[b]
M. anisopliae + น้ำมันปิโตรเลียม+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง	0.75±0.50[c]	2.00±1.83[e]	17.50±4.51[d]	44.25±4.65[c]	61.50±11.47[b]
M. anisopliae + น้ำมันปิโตรเลียม+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง	2.75±1.26[b]	7.50±3.32c[bc]	17.75±3.77[d]	35.00±5.29[d]	51.25±7.18[c]
M. anisopliae+น้ำมันปิโตรเลียม+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง	0.50±0.58[c]	2.50±0.58[de]	9.75±1.71[e]	33.00±3.16[d]	36.50±4.12[d]
F-test	*	*	*	*	*
CV (%)	50.25	49.63	30.52	20.91	26.72

[1/]เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 4 ซ้ำ [2/]ตัวเลขในสดมภ์ที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT แปลงข้อมูลโดยวิธี Sqrt (x+0.5) (Gomez และ Gomez, 1976)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 7 ผลของน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin ในห้องปฏิบัติการ

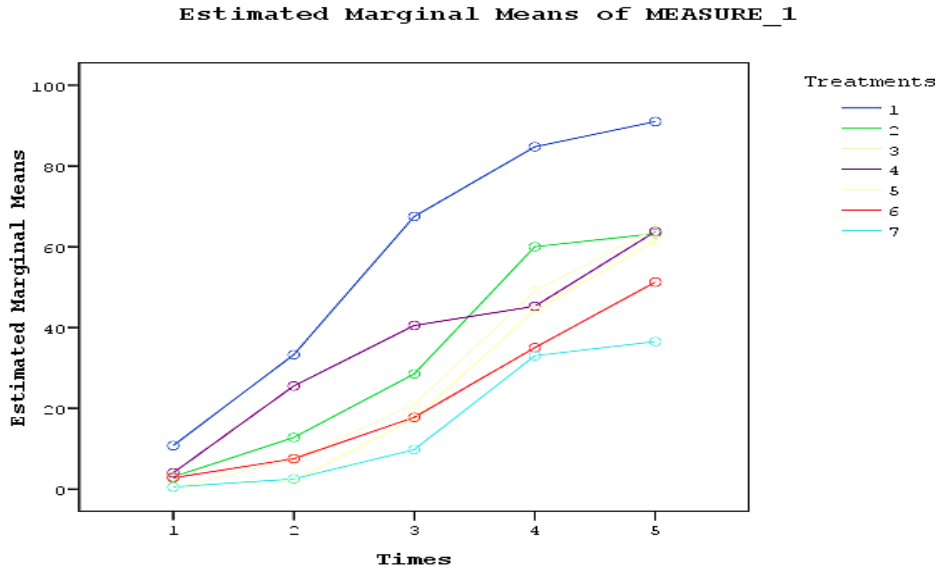
ทรีทเมนต์	เส้นใยเชื้อรา (ค่าเฉลี่ย±SD)[1/] (ซม.)		
	7 วัน	14 วัน	21 วัน
M. anisopliae	3.19±0.05[a2/]	6.28± 0.10[a]	8.28±0.06[a]
M. anisopliae+น้ำมันปิโตรเลียม	2.59± 0.05[de]	4.73± 0.03[c]	6.86±0.06[b]
M. anisopliae+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง	2.76± 0.05[c]	4.78± 0.19[c]	6.70±0.21[bc]
M. anisopliae+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง	2.96± 0.08[b]	6.08± 0.06[b]	8.03±0.06[a]
M. anisopliae+น้ำมันปิโตรเลียม+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง	2.61± 0.06[d]	4.70± 0.05[c]	6.48±0.21[cd]
M. anisopliae+น้ำมันปิโตรเลียม+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง	2.51± 0.09[e]	4.69± 0.05[c]	6.48±0.37[cd]
M. anisopliae+น้ำมันปิโตรเลียม+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง	2.36± 0.03[f]	4.35±0.07[d]	6.25±0.16[e]
F-test	*	*	*
CV (%)	10.00	14.17	11.10

[1/]ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 4 ซ้ำ

[2/]ตัวเลขในสดมภ์ที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

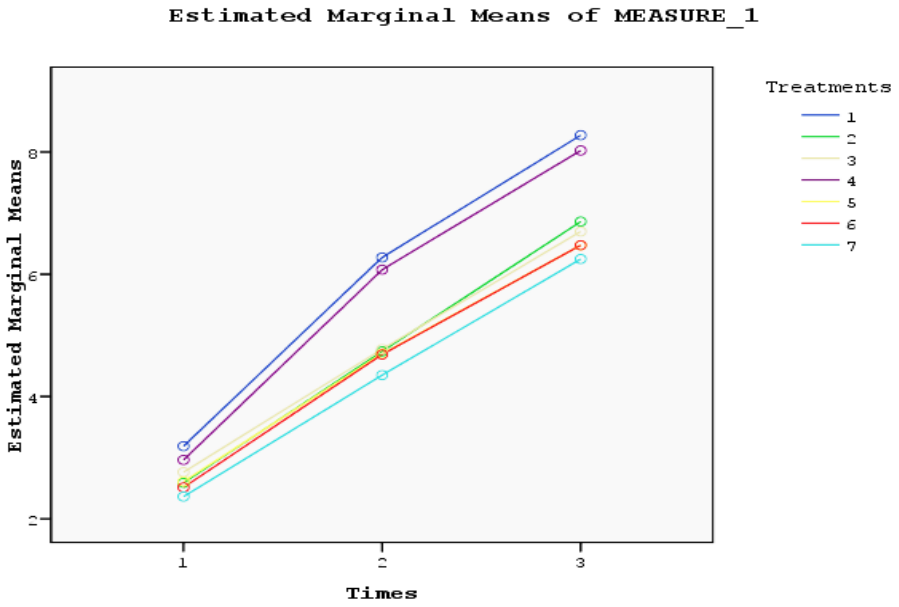
* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.05$)

สำหรับการนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์แบบ Repeated Measures Analysis ปรากฏว่าเปอร์เซ็นต์การการงอกของสปอร์เชื้อรา *M. anisopliae* เพียงอย่างเดียว มีเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์สูงที่สุด (ภาพที่ 19) รองลงมาคือ ทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อราร่วมกับสารทดสอบ 1 และ 2 ชนิด ส่วนทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อราร่วมกับสารทดสอบ มากกว่า 2 ชนิด มีเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์ต่ำที่สุด และเมื่อศึกษาการเจริญของเส้นใยเชื้อราดังกล่าว (ภาพที่ 20) ปรากฏว่า เชื้อราเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มการเจริญของเส้นใยสูงสุด รองลงมาคือ *M. anisopliae*+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง ส่วนทรีทเมนต์อื่นที่ใช้ เชื้อรา *M. anisopliae* ร่วมกับสารทดสอบ 1 และ 2 ชนิด สำหรับทรีทเมนต์ที่มีการผสมสารทดสอบ 3 ชนิด พบว่าสารทดสอบมีผลทำให้มีการเจริญของ เส้นใยเชื้อราน้อยที่สุด



ภาพที่19 เปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* โดยวิธี Repeated Measures Analysis

1. *M. anisopliae*
2. *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม
3. *M. anisopliae*+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
4 *M. anisopliae*+ น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง
5. *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง
6 *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม+ สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
7. *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง



ภาพที่ 20 การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* โดยวิธี Repeated Measures Analysis

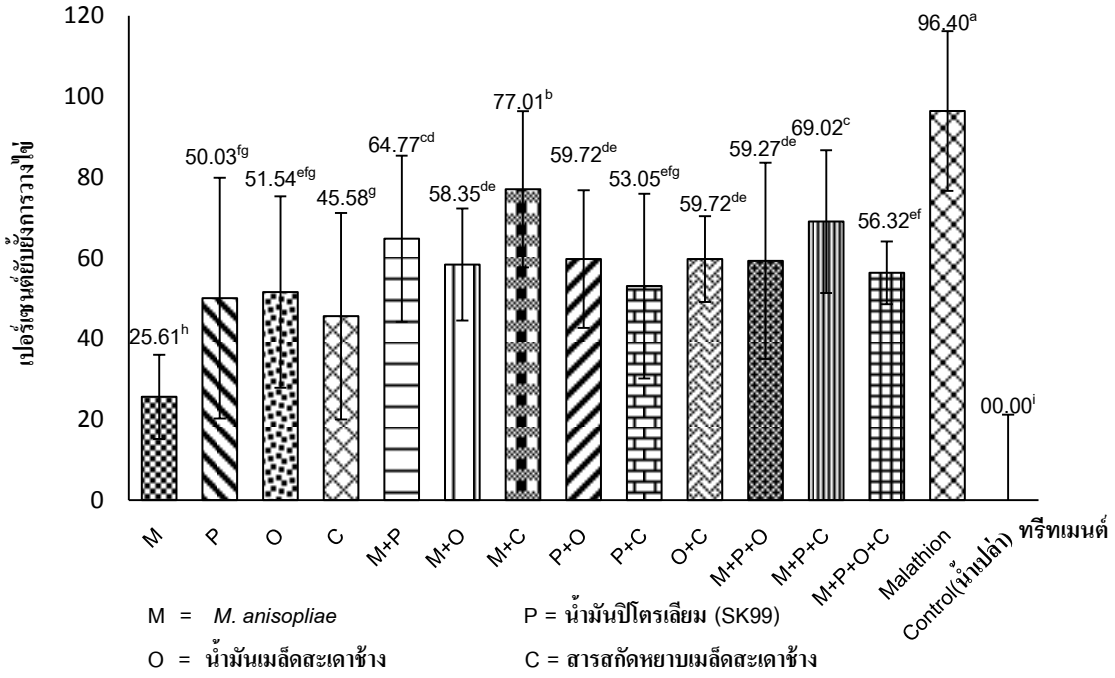
1. *M. anisopliae*
2. *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม
3. *M. anisopliae*+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
4 *M. anisopliae*+ น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง
5. *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง
6 *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม+ สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง
7. *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง

3. การทดสอบผลของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างต่อการวางไข่ของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* ในห้องปฏิบัติการ

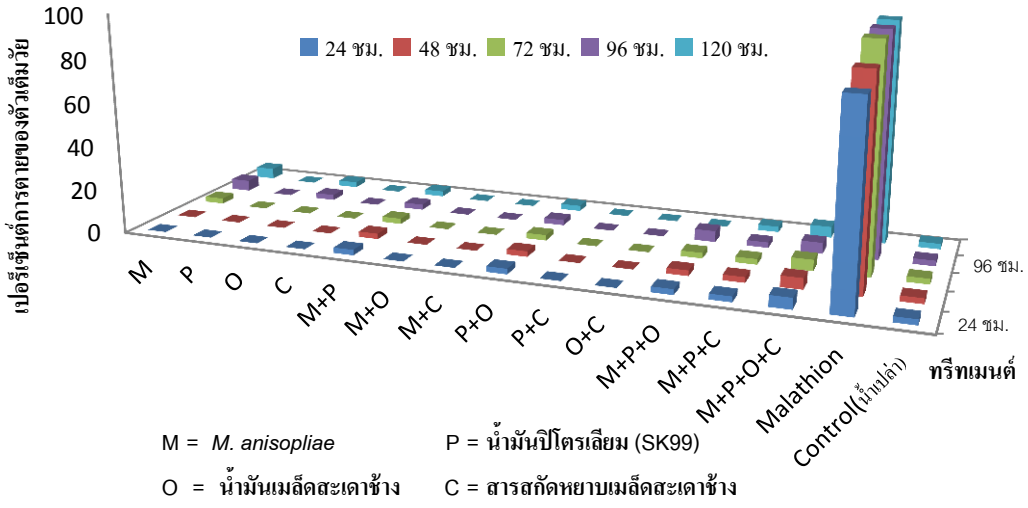
เมื่อตรวจนับจำนวนไข่ของแมลงวันแตง ในชิ้นบวบซึ่งเป็นเป้าล่อวางไข่ในทรีทเมนต์ต่างๆ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการวางไข่โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบการวางไข่ของแมลงวันแตงในทุกทรีทเมนต์ที่ใช้ทดสอบ การใช้เชื้อรา *M. anisopliae* ร่วมกับสารทดสอบให้ผลยับยั้งการวางไข่ของแมลงดังกล่าวได้ดีกว่าการใช้สารทดสอบเพียงอย่างเดียว ซึ่งเปอร์เซ็นต์การวางไข่ที่ถูกยับยั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

กับชุดควบคุม โดยทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อรา *M. anisopliae*+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการวางไข่เท่ากับ 77.01% แต่มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการวางไข่น้อยกว่าสารฆ่าแมลงมาลาไธออน ซึ่งสามารถยับยั้งการวางไข่ได้สูงที่สุดเท่ากับ 96.40% เนื่องจากแมลงทดสอบตายเมื่อได้รับสารทดสอบไม่เกิน 72 ชั่วโมง (ภาพที่ 22) รองลงมาได้แก่เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างซึ่งยับยั้งการวางไข่เท่ากับ 69.02% ส่วนทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อรา *M. anisopliae* เพียงอย่างเดียวยับยั้งการวางไข่น้อยที่สุด 25.61 % (ภาพที่ 21)

ทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อรา *M. anisopliae* เพียงอย่างเดียว ลดการวางไข่ของแมลงวันแตงได้เล็กน้อย ซึ่งแตกต่างจากสารทดสอบชนิดอื่นที่ลดการวางไข่ได้มากกว่า ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ อรัญ (2553) รายงานว่าน้ำมันปิโตรเลียมที่ระดับความเข้มข้น 5,000 ppm และน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถลดการเข้ามาวางไข่ของแมลงวันผลไม้ *B. papayae* ได้ ส่วน Jones และ Kim (1994) รายงานว่าแผลที่เกิดขึ้น และผ่านการวางไข่แล้วจะเป็นตัวกระตุ้น การเข้ามาวางไข่ของแมลงวันแตงได้เร็วและง่ายขึ้น เนื่องจากการทดสอบนี้มีการเจาะรูที่ผลบวบก่อนทำการทดสอบ เพื่อความสะดวกต่อการตรวจนับจำนวนไข่จึงเปรียบเสมือนเป็นรอยแผลที่ได้ตามธรรมชาติ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยสนับสนุนให้แมลงวันแตงเข้ามาวางไข่ ในทำนองเดียวกันกับ Akhtar และคณะ (2004) รายงานว่าสารสกัดเมล็ดสะเดาอินเดียด้วย ether สามารถลดจำนวนตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้ *Bactrocera zonata* ได้ 0.94 ตัว/ผล และลดการเข้ามาวางไข่ 1.00 ตัว/ผล ส่วนสารสกัดน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างด้วย acetone ลดการเข้ามาวางไข่ได้ 1.00 ตัว/ผล มีผลให้จำนวนของดักแด้ และตัวเต็มวัยที่นับได้มีจำนวนลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ขณะที่ Valencia-Botin และคณะ (2004) รายงานว่าการใช้น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง ร่วมกับการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานในส้มช่วยลดการวางไข่แมลงวันผลไม้เม็กซิกัน *Anastrepha ludens* (Loew) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ระดับความเข้มข้น 3 และ 5% Khattak และคณะ (2009) รายงานว่าทั้งน้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาอินเดียที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm ส่งผลกระทบต่อการเข้ามาวางไข่ของแมลงวันแตง *B. cucurbitae* โดยลดจำนวนของแมลงวันแตงที่เข้ามาวางไข่เท่ากับ 1.70 ตัว/ผล ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดควบคุม ที่มีจำนวนแมลงวันแตงเข้ามาวางไข่ เท่ากับ 7.30 ตัว/ผล



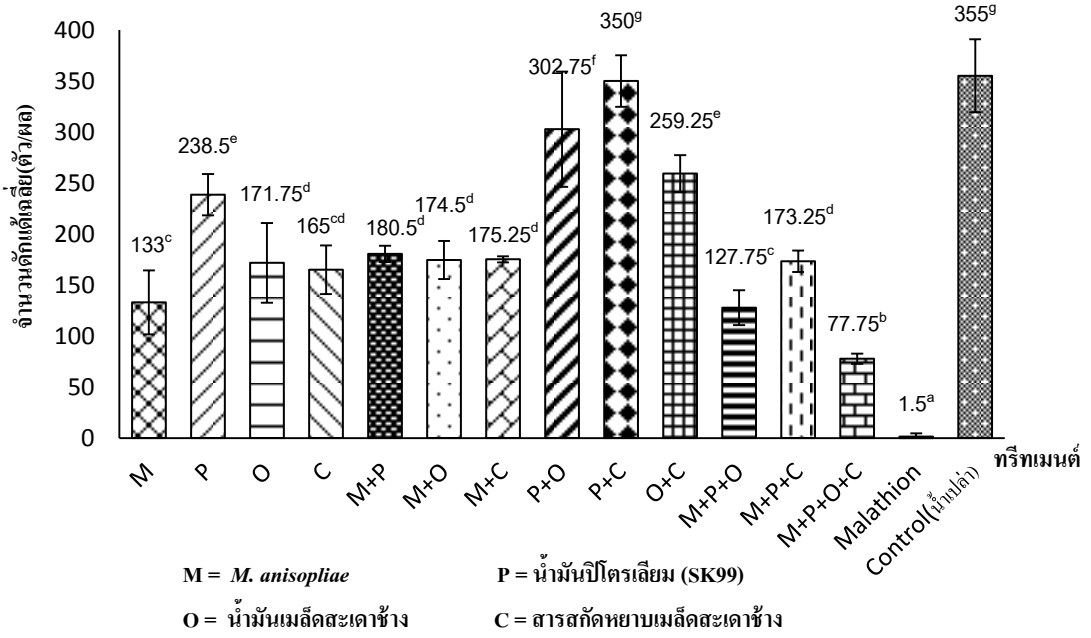
ภาพที่ 21 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการวางไข่สะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำเปล่า) ที่อุณภูมิเฉลี่ย 26.40±1.18 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.23±5.76% ในห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 22 เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของตัวเต็มวัยแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำเปล่า) ที่อุณภูมิเฉลี่ย 26.40±1.18 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.23±5.76%ในห้องปฏิบัติการ

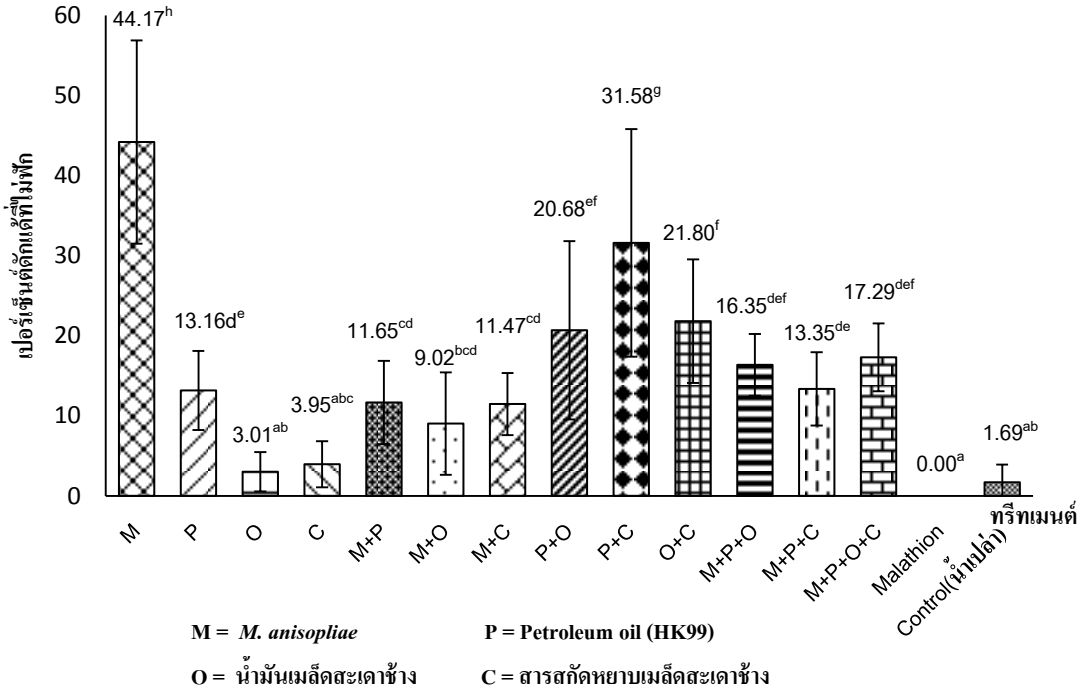
4. ศึกษาการประยุกต์ใช้เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างต่อจำนวนดักแด้ ตัวเต็มวัย และสัดส่วนเพศในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบอิทธิพลเดี่ยว และร่วมของเชื้อรา *M. anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม และผลิตภัณฑ์เมล็ดสะเดาช้าง โดยตรวจนับจำนวนดักแด้ จำนวนดักแด้ที่ไม่ฟัก จำนวนตัวเต็มวัย และสัดส่วนเพศ พบแมลงวันแตงเข้าทำลายในทุกทรีทเมนต์ที่ทำการทดสอบเช่นเดียวกับการศึกษาในหัวข้อที่ 3 หลังจากตรวจนับจำนวนดักแด้ของแมลงวันแตง อิทธิพลเดี่ยวมีจำนวนดักแด้เฉลี่ยสะสมของในทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อรา *M. anisopliae* น้ำมัน และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างเท่ากับ 133.00, 171.75 และ 165.00 ตัว/ผล ตามลำดับ (ภาพที่ 23) ส่วนอิทธิพลร่วม 1 ชนิด มีดักแด้เฉลี่ยสะสมใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 174.50-180.50 ตัว/ผล ซึ่งค่าดังกล่าวมีน้อยกว่าในชุดควบคุม (น้ำเปล่า) สำหรับทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง มีจำนวนดักแด้เฉลี่ยสะสมน้อยที่สุดเท่ากับ 77.75 ตัว/ผล ซึ่งมากกว่าทรีทเมนต์ที่ใช้สารฆ่าแมลงมาลาไธออน มีค่าดังกล่าวเพียง 1.50 ตัว/ผล เนื่องจากแมลงทดสอบตายเมื่อได้รับสารทดสอบไม่เกิน 72 ชั่วโมง เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3



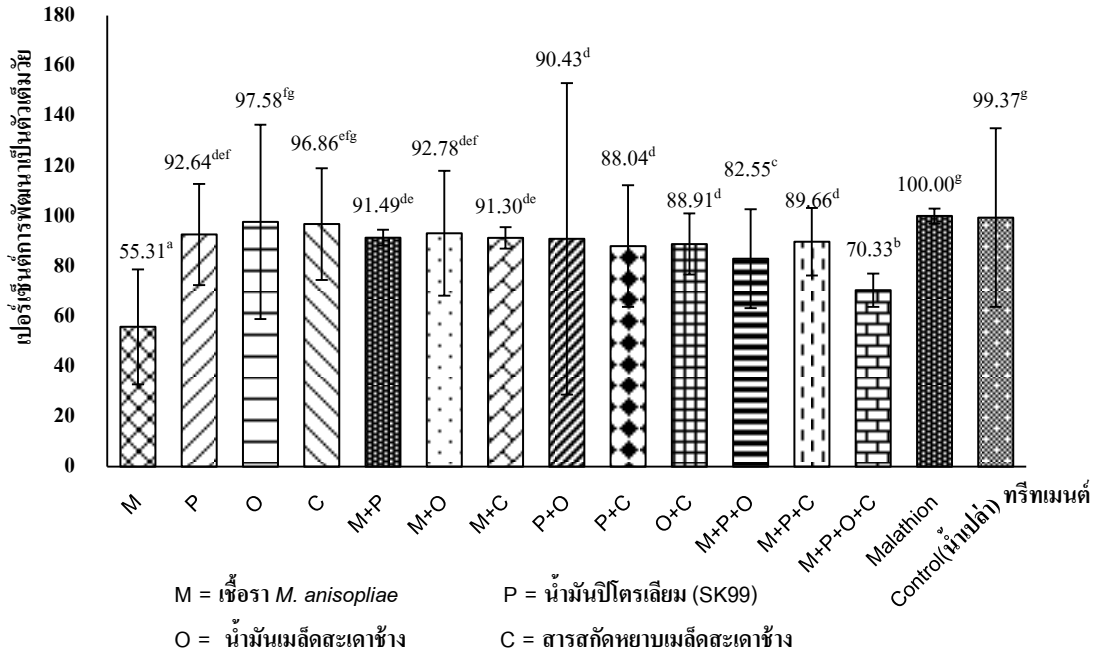
ภาพที่ 23 จำนวนดักแด้เฉลี่ยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำเปล่า) ที่อุณภูมิเฉลี่ย 26.89±1.09 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 81.50±4.31% ในห้องปฏิบัติการ

สำหรับเปอร์เซ็นต์ของดักแด้ที่ไม่ฟัก (ภาพที่ 24) โดยเปรียบเทียบกับจำนวนดักแด้ทั้งหมด พบว่าทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อรา *M. anisopliae* เพียงอย่างเดียว มีผลให้ดักแด้ไม่สามารถฟักออกเป็นตัวเต็มวัยได้สูงที่สุดเท่ากับ 44.17% ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับทรีทเมนต์อื่นๆ รองลงมาคือ น้ำมันปิโตรเลียม+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์จำนวนดักแด้ที่ไม่ฟักเท่ากับ 31.58% ส่วนทรีทเมนต์ที่ใช้สารฆ่าแมลงมาลาไธออนไม่มีผลต่อการฟักของดักแด้ออกมาเป็นตัวเต็มวัย ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างเดี่ยวๆ ให้ผลค่าดังกล่าวน้อยที่สุด เท่ากับ 3.01 และ 3.95% ตามลำดับ

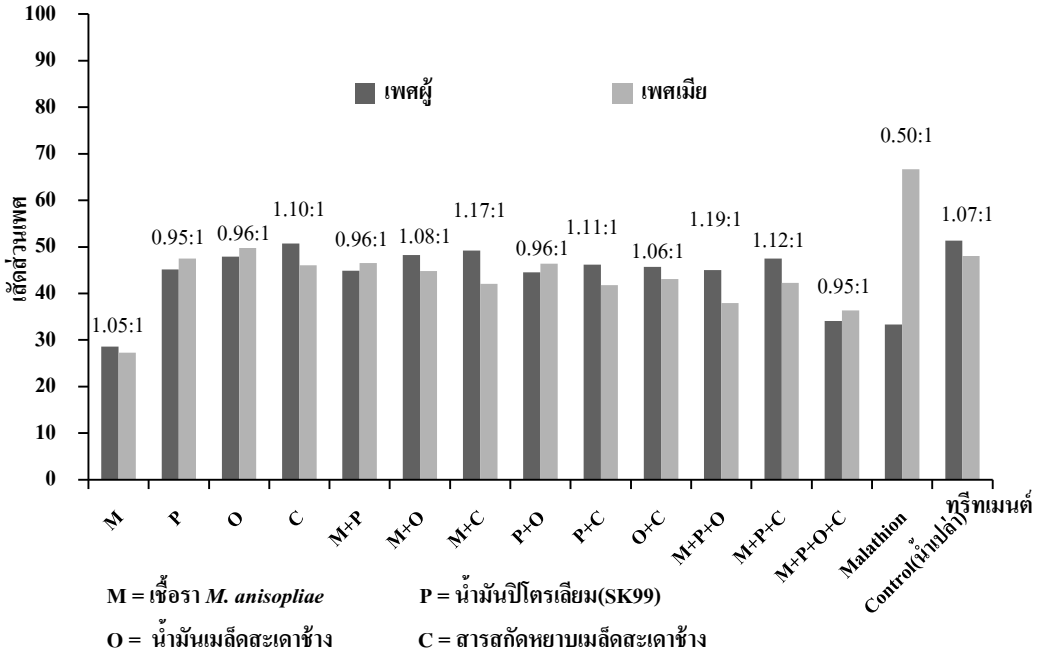


ภาพที่ 24 เปอร์เซ็นต์ดักแด้ที่ไม่ฟักสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนดักแด้ทั้งหมด ที่อุณภูมิเฉลี่ย 26.09±1.09 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 81.50 ± 4.31% ในห้องปฏิบัติการ

เปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันแตงที่ฟักออกมา (ภาพที่ 25) ทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อรา *M. anisopliae* เพียงอย่างเดียว แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับทรีทเมนต์อื่นๆ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยต่ำที่สุดเท่ากับ 55.83% รองลงมาคือเชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม+น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างมีค่าเท่ากับ 70.42% ส่วนสารฆ่าแมลงมาลาไธออน ถึงแม้จะมีจำนวนดักแด้น้อยที่สุด แต่ปรากฏว่าไม่มีผลต่อการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย ดักแด้จึงสามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้ 100.00% สำหรับทรีทเมนต์อื่นๆ มีเปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยที่ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 82.97-99.37% และเมื่อพิจารณาสัดส่วนเพศของตัวเต็มวัยทั้งเพศผู้ และเพศเมีย (ภาพที่ 26) มีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 1:(0.5-1.19) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)



ภาพที่ 25 เปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนดักแด้ทั้งหมดที่อุณภูมิเฉลี่ย 26.09±1.09 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 81.50 ± 4.31% ในห้องปฏิบัติการ



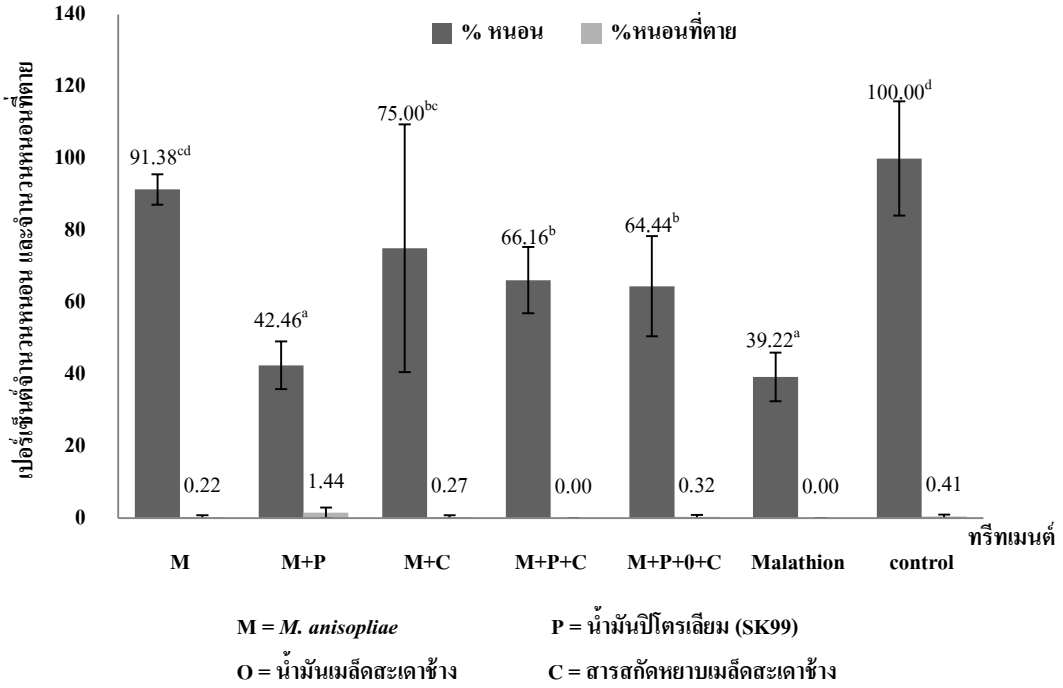
ภาพที่ 26 สัดส่วนเพศของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* สะสมหลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนตัวเต็มวัยทั้งหมด ที่อุณภูมิเฉลี่ย 26.09±1.09 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 81.50±4.31 ในห้องปฏิบัติการ

จากผลการทดสอบอิทธิพลเดี่ยว และร่วมของเชื้อรา *M. anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม และผลิตภัณฑ์เมล็ดสะเดาช้าง โดยตรวจนับจำนวนดักแด้ จำนวนดักแด้ที่ไม่ฟัก จำนวนตัวเต็มวัย และสัดส่วนเพศ ในห้องปฏิบัติการที่ได้กล่าวมาข้างต้น เห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกับรายงานของ Jilani และคณะ (2006) ทดสอบน้ำมันปิโตรเลียมที่ระดับความเข้มข้น 250, 500 และ 1,000 ppm. มีผลให้แมลงไม่สามารถเข้าดักแด้ได้ และเมื่อเติมสารดังกล่าวลงไปในอาหารเลี้ยงแมลงที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppm. มีผลให้ดักแด้ไม่สามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้ ส่วน Alvarenga และคณะ (2012) รายงานว่าผลิตภัณฑ์สะเดาอินเดียมีผลกระทบกับตัวอ่อน ของแมลงวันผลไม้ชนิด *Ceratitis capitata* (Wiedemann) และแตนเบียน *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25 และ 30% พบว่าสามารถลดการฟักออกมาเป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้ชนิดดังกล่าวได้ 75.50, 63.80, 68.80, 58.00, 52.80 และ 38.50% ตามลำดับ มีผลให้หนอนแตนเบียน *D. longicaudata* ลดลง 10.30, 11.30, 6.30, 6.30, 6.50 และ 5.00% ตามลำดับ สำหรับ Sharma และคณะ (2011) รายงานผลิตภัณฑ์เมล็ดเลี่ยน drek seed

kernels extract (DSKE) ที่ระดับความเข้มข้น 0.25, 0.50 และ 1% ผสมเหยื่อล่อโปรตีนในห้องปฏิบัติการที่ 1% DSKE มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดการวางไข่ 90.30 ฟอง/ตัวเมีย 10 ตัว รองลงมาคือ 0.50% DSKE และ 0.25% DSKE มีจำนวนไข่เท่ากับ 74.10 และ 62.30 ฟอง/ตัวเมีย 10 ตัว ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม จากผลดังกล่าวเห็นว่าการวางไข่ของแมลงจะลดลงตามความเข้มข้นของของสาร DSKE ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้น DSKE ยังสามารถลดปริมาณไข่ที่วางและขัดขวางการเข้ามาวางไข่ โดยที่ระดับความเข้มข้น 6% DSKE สามารถลดการวางไข่ได้ 62.50% สำหรับการศึกษาในแมลงชนิดอื่น Silva และคณะ (2013) รายงานการใช้ผลิตภัณฑ์สะเดาอินเดียพ่นลงบนไข่ของหนอนกออ้อย (*Diatraeas accharalis*) ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.3, 0.5, 1 และ 2% น้ำมันสะเดามีผลให้เปอร์เซ็นต์ของการฟักของหนอนลดลง 31.00-99.00% เพิ่มอัตราการตายของหนอน และทำให้รูปร่างผิดปกติอีกด้วย

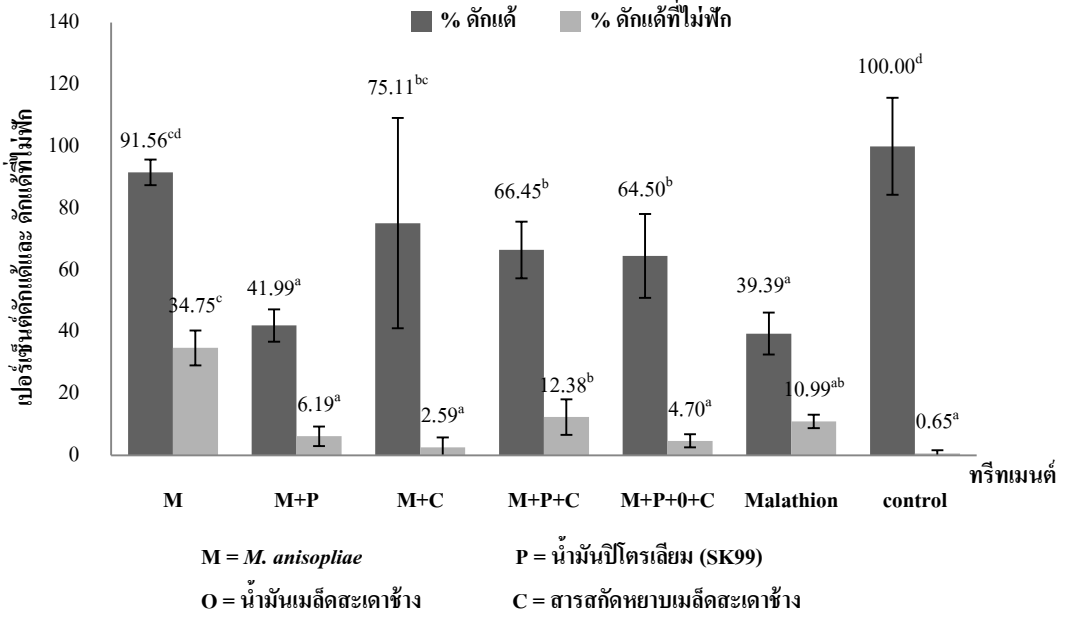
5. การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมัน และสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง ต่อการเข้าทำลายในสภาพโรงเรือน

ศึกษาการเข้าทำลายของแมลงวันแตงหลังจากฉีดพ่นสารทดสอบชนิดต่างๆ ลงบนผลบวบเป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน โดยการตรวจนับจำนวนหนอน จำนวนหนอนที่ตาย จำนวนดักแด้ จำนวนดักแด้ที่ไม่ฟัก จำนวนตัวเต็มวัย และสัดส่วนเพศ พบการเข้าทำลายของแมลงวันแตงในบวบเหลี่ยมในทุกทรีทเมนต์ และให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบจำนวนหนอนระหว่างทรีทเมนต์ต่างๆ พบว่าการใช้เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม มีแนวโน้มที่สามารถนำไปใช้ควบคุมแมลงวันแตงได้ดี เนื่องจากมีจำนวนหนอนที่เข้าทำลายน้อยที่สุด และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับการใช้สารฆ่าแมลงมาลาไธออน ส่วนการเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์อื่นๆให้ผลการควบคุมแมลงดังกล่าวใกล้เคียงกัน สำหรับเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนในทุกทรีทเมนต์มีค่าอยู่ระหว่าง 0 -1.44 % และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ภาพที่ 27)



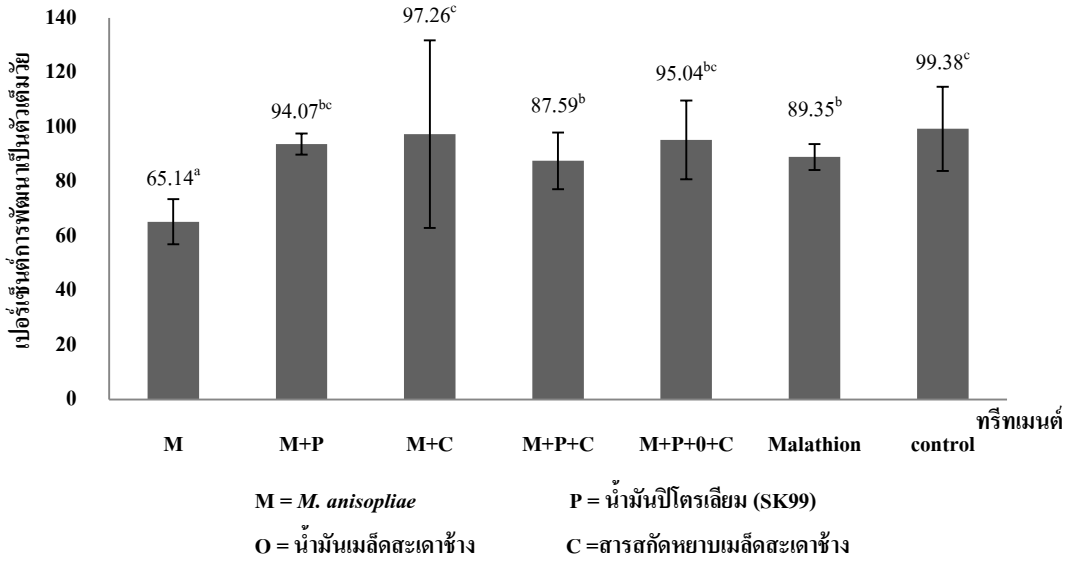
ภาพที่ 27 เปอร์เซ็นต์หนอนสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และเปอร์เซ็นต์หนอนที่ตายเปรียบเทียบกับจำนวนหนอนทั้งหมด หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณภูมิเฉลี่ย 29.44±2.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 69.88±5.0 % ในสภาพโรงเรือน

ผลการศึกษาจำนวนดักแด้ และเปอร์เซ็นต์ของดักแด้ที่ไม่ฟักของแมลงวันแตง (ภาพที่ 28) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบกับชุดควบคุม โดยทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม มีผลให้เปอร์เซ็นต์ดักแด้มีจำนวนน้อย และมีจำนวนดักแด้ใกล้เคียงกับสารฆ่าแมลงมาลาไธออน มีค่าเท่ากับ 41.99 และ 39.39% ส่วนในทรีทเมนต์อื่น พบจำนวนดักแด้ในระดับใกล้เคียงกัน แต่ค่าดังกล่าวยังคงน้อยกว่า ชุดควบคุม ยกเว้นในส่วนของ ทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อรา *M. anisopliae* เพียงอย่างเดียว ซึ่งพบจำนวนดักแด้ใกล้เคียงกับชุดควบคุม แต่ให้ผลในส่วนของเปอร์เซ็นต์ของดักแด้ที่ไม่ฟักสูงที่สุดถึง 34.75% ซึ่งค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกับทรีทเมนต์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบกับชุดควบคุม โดยในทรีทเมนต์อื่นมีผลให้เปอร์เซ็นต์ของดักแด้ที่ไม่ฟักอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

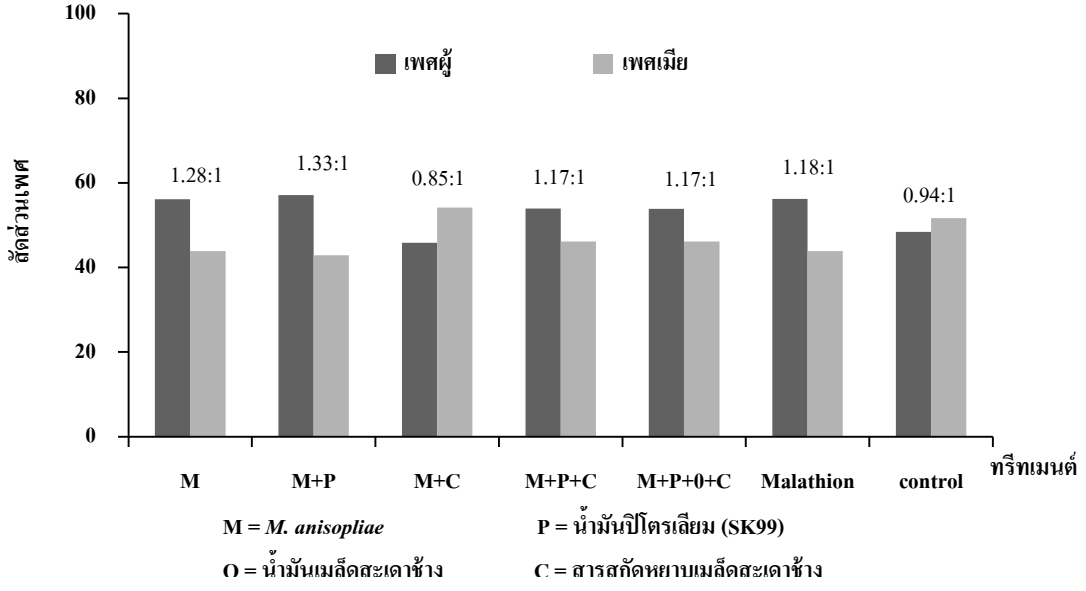


ภาพที่ 28 เปอร์เซ็นต์ดักแด้สะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และเปอร์เซ็นต์ดักแด้ที่ไม่ฟักเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนดักแด้ทั้งหมด หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณภูมิเฉลี่ย 29.44±2.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 69.88±5.0 % ในสภาพโรงเรือน

การศึกษาเปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันแตง โดยเปรียบเทียบกับจำนวนดักแด้ทั้งหมด (ภาพที่ 29) ทรีทเมนต์ที่ใช้เชื้อรา *M. anisopliae* เพียงอย่างเดียว พบเปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยต่ำที่สุดเท่ากับ 65.14% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ส่วนในทรีทเมนต์อื่นๆ มีเปอร์เซ็นต์พัฒนาเป็นตัวเต็มวัยค่อนข้างสูง คาดว่าเมื่อใช้เชื้อรา *M. anisopliae* ร่วมกับสารชนิดอื่น ทำให้ประสิทธิภาพของการยับยั้งการออกมาเป็นตัวเต็มวัยลดลง สำหรับผลต่อสัดส่วนเพศ พบว่าสารทดสอบในทุกทรีทเมนต์ไม่มีผลต่อสัดส่วนเพศ เนื่องจากสัดส่วนเพศผู้ และเพศเมียค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1:(0.85-1.33) และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 29 เปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 48 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนดักแด้ทั้งหมดที่อุณภูมิเฉลี่ย 29.44±2.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 69.88±5.0 % ในสภาพโรงเรือน



ภาพที่ 30 สัดส่วนเพศของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* สะสมหลังพ่นสารทดสอบที่เวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณภูมิเฉลี่ย 29.44±2.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 69.88±5.0 % ในสภาพโรงเรือน

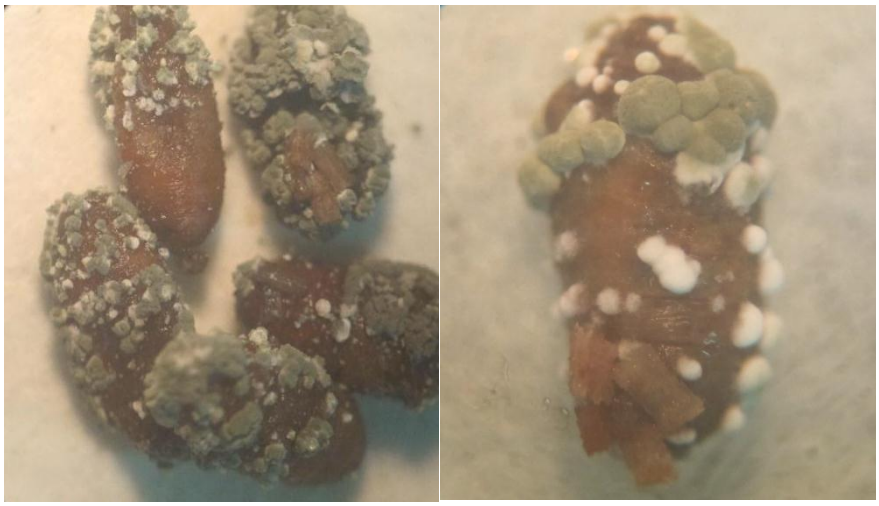
สำหรับผลการทดสอบอิทธิพลเดี่ยว และร่วมของเชื้อรา *M. anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียมและผลิตภัณฑ์เมล็ดสะเดาช้างโดยตรวจนับจำนวนหนอน หนอนที่ตาย จำนวนดักแด้ จำนวนดักแด้ที่ไม่ฟัก จำนวนตัวเต็มวัย และสัดส่วนเพศในสภาพโรงเรือน มีแนวโน้มใกล้เคียงกับรายงานของ Ranganath และคณะ (1997) ทดสอบน้ำมันสะเดาที่ระดับความเข้มข้น 1.20% เพื่อควบคุมแมลงวันแตงในแปลงปลูกแตงกวา และน้ำเต้า สามารถการลดความเสียหายได้ 6.20 และ 39.00% การควบคุมในมะระที่ระดับความเข้มข้น 4.00% และ DDVP 0.20% มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงวันแตง โดยลดความเสียหายที่ 9.10-9.50 % เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ในขณะที่ Silva และคณะ (2013) รายงานว่าสารสกัดจากสะเดาอินเดียสกัดด้วย dichloromethane (888 ppm) มีผลกระทบต่อความพร้อมในการวางไข่ของแมลงวันผลไม้ชนิด *Cerratitis capitata* (Wied.) ที่ 8 วัน โดยลดจำนวนของไข่ได้ 80.00% และลดการฟักไข่ได้ 30.00% ในขณะที่ Chen และคณะ (1996) รายงานว่าสารสกัดเมล็ดสะเดาผลในการลดการวางไข่ของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.2-4.0% ลดการวางไข่ได้ 87.50-99.20% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ส่วน Singh และ Singh (1998) รายงานผลของน้ำมันเมล็ดสะเดาอินเดีย ที่ระดับความเข้มข้น 4.00, 5.00 และ 6.00% มีผลต่อการฟักออกจากไข่ลดลง 59.50, 58.10 และ 56.40% ตามลำดับ ในขณะที่ Khan และคณะ (2007) พบว่าผงจากใบสะเดาสามารถควบคุมประชากรของ *B. cucurbitae* และ *B. dorsalis* นอกจากนี้ยังพบว่ามีผลต่อพัฒนาการของรังไข่ สำหรับในส่วนของพืชชนิดอื่นมีรายงานเช่นกันโดย Amandeep และคณะ (2010) รายงานว่าสารสกัดจากต้นกระถินณรงค์มีผลต่อระยะไข่ หนอน และตัวเต็มวัยของแมลงวันแตง ที่ได้รับสารทดสอบที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 1, 5, 25, 125 และ 625 ppm มีผลต่อการวางไข่ และฟักไข่ลดลง โดยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นสาร ที่ความเข้มข้น 625 ppm สามารถลดการฟักไข่ โดยสารสกัดด้วยอะซีโตนทำให้การฟักไข่ลดลง 49.15% สารสกัดที่สกัดด้วยน้ำ 45.75% ส่วนในระยะหนอนใช้ระยะเวลาในการพัฒนานานขึ้น และยังมีผลให้ดักแด้พัฒนาเป็นตัวเต็มวัยลดลง

6. ทดสอบการติดเชื้อของดักแด้แมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* ที่ไม่สามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยในห้องปฏิบัติการ

ผลทดสอบสาเหตุของดักแด้ที่ไม่สามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้ ซึ่งสามารถจำแนกลักษณะความแตกต่างระหว่างดักแด้ปกติ (ภาพที่ 31ก) และดักแด้ผิดปกติ (ภาพที่ 31ข) คือดักแด้ปกติมีสีเหลืองหรือสีน้ำตาลอ่อน ส่วนดักแด้ที่ไม่ปกติจะมีสีน้ำตาลคล้ำเกือบดำ หลังจากนำดักแด้ที่ผิดปกติไปเพาะเชื้อ สังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงตั้งแต่วันที่ 3 พบเส้นใยสีขาว และมีลักษณะสีเขียว

เข้มขึ้นจนเส้นใยปกคลุมดักแด้ที่ไม่ฟัก (ภาพที่ 32) ทำให้ทราบสาเหตุที่ดักแด้ไม่สามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้ เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *M. anisopliae* เข้าทำลายในระยะดักแด้

ภาพที่ 31 ลักษณะของดักแด้ปกติ (ก) และลักษณะของดักแด้ผิดปกติ (ข)



ภาพที่ 32 ลักษณะของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เจริญบนดักแด้ที่ไม่ฟัก

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง และสารสกัดหยาบต่อเปอร์เซ็นต์การงอก และการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราเขียว *M. anisopliae* ปรากฏว่าสารทดสอบดังกล่าว มีผลยับยั้งการงอกของสปอร์ และการเจริญของเส้นใย เชื้อรา *M. anisopliae* โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับสารทดสอบมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป แต่เชื้อราดังกล่าว สามารถเจริญเติบโตได้ที่ 12, 24, 36, 48 และ 60 ชั่วโมง มีแนวโน้มการพัฒนาทั้งการงอกของสปอร์ และการเจริญของเส้นใยเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับชุดควบคุม จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เชื้อรา *M. anisopliae* ร่วมกับสารดังกล่าวในการควบคุมแมลงวันแตงได้

การศึกษาผลต่อการวางไข่ของแมลงวันแตง *B. cucurbitae* การใช้เชื้อรา *M. anisopliae* เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถลดการวางไข่ของแมลงแมลงวันแตงได้ แต่เมื่อนำไปใช้ร่วมกับสารทดสอบชนิดอื่น สามารถลดการวางไข่ของแมลงวันแตงได้ค่อนข้างดี โดยเมื่อใช้ *M. anisopliae*+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง ยับยั้งการวางไข่ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง และ *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม ตามลำดับ แต่น้อยกว่าสารฆ่าแมลงมาลาไธออน ซึ่งมีผลให้ตัวเต็มวัยที่เข้ามาวางไข่ตาย ทำให้มีผลเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการวางไข่ได้ดีที่สุด

การศึกษาอิทธิพลเดี่ยว และร่วมของเชื้อรา *M. anisopliae* น้ำมันปิโตรเลียม และผลิตภัณฑ์เมล็ดสะเดาช้าง ต่อการตายของหนอน ดักแด้ ตัวเต็มวัย และสัดส่วนเพศในห้องปฏิบัติการ และสภาพโรงเรือนทดลอง ทรีทเมนต์ที่มีประสิทธิภาพดี สามารถลดการเข้าทำลายของแมลงวันแตงคือ เชื้อรา *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม และ *M. anisopliae*+น้ำมันปิโตรเลียม+สารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้าง ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการวางไข่ในห้องปฏิบัติการ ส่วนการทดสอบผลจำนวนหนอน และจำนวนหนอนที่ตาย ในทุกทรีทเมนต์มีผลทำให้หนอนตายค่อนข้างน้อย แต่มีผลต่อจำนวนดักแด้ที่จะพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย การใช้เชื้อรา *M. anisopliae* เพียงอย่างเดียว มีผลให้จำนวนดักแด้ไม่สามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้มากที่สุด ส่วนทรีทเมนต์อื่นๆ มีผลต่อการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยน้อยมาก และไม่มีผลต่อสัดส่วนเพศของตัวเต็มวัยของแมลงดังกล่าวเนื่องจากสัดส่วนเพศอยู่ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน จากผลทดสอบพบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันทั้งการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และสภาพโรงเรือนทดลอง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้ *M. anisopliae* ร่วมกับน้ำมันปิโตรเลียม ส่งผลให้ลดการเข้าทำลายของแมลงวันแตงได้ดีกว่า การใช้น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างเพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารฆ่าแมลงมาลาไธออน สามารถลดการเข้าทำลายของแมลงวันแตงได้ในระดับใกล้เคียงกัน จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีได้สำหรับใช้ในการลดการเข้าทำลายของแมลงวันชนิดนี้ได้

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา หมื่นหนู. 2552. ผลต่อการวางไข่ของแมลงวันแตง (*Bactrocera cucurbitae* CoQ.) ของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.). และตะไคร้หอม (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. .ในผลมะระ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 141-142 หน้า.

กองวัตถุมีพิษการเกษตร. 2539. สะเดา: สารธรรมชาติทางการเกษตร. กองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 39-48 หน้า.

ขวัญชัย สมบัติศิริ. 2540. สะเดา มิติใหม่ของการป้องกันและกำจัดแมลง: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป สัมพันธ์พาณิชย์, กรุงเทพฯ.

ขวัญชัย สมบัติศิริ, งามผ่อง คงคาทิพย์, สุรพล วิเศษสรรค์, อัญชลี สงวนพงษ์ และ กนกวรรณ อนุกูล วรรธตะ. มปป. สะเดา: สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช. [ออนไลน์]: จาก http://www.ku.ac.th/ED/ book/001/ kwanchai.html. (26 มีนาคม 2550).

คำนึง คำอุดม. 2527. สมุนไพรชาวบ้าน. สำนักพิมพ์มูลนิธิโกมลคีมทอง. กรุงเทพฯ.

จันทร์จิรา โพธิ์เสริฐ. 2543. การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการวางไข่ของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.) บนแมลงวันทอง [*Bactrocera papayae* sp. (Drew and Hancock)] ในผลพริกหยวก (*Capsicum annuum* L.). ปัญหาพิเศษ ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 29 หน้า.

ทิวา บุตรผา. 2543. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack) เพื่อควบคุมหนอนใยผัก (*Plutella xylostella*). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 145 หน้า.

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

นริศ ท้าวจันทร์ อนุชิต ชินาจริยวงศ์ และ วิวัฒน์ เสือสะอาด. 2554.ผลของเชื้อราโรคแมลง *Beauveria bassiana* และ *Metarhizium anisopliae* ต่อพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้ *Bactrocera papayae* (Diptera: Tephritidae). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร(พิเศษ) 42: 339-342.

นิรนาม. 2557ก. *Bactrocera cucurbitae*. [ออนไลน์]: จาก http://delta-intkey.com/ffa/images/Bacucurl.gif. (11 เมษายน 2557).

นิรนาม. 2557ข. *Bactrocera tau.* [ออนไลน์]: จาก http://delta-intkey.com/ffa/images/batau_1a.gif (11 เมษายน 2557).

เมฆ จันทน์ประยูร. 2541. ผักสวนครัว. โรงพิมพ์แอล.ที.เพรส. กรุงเทพฯ.

มนตรี จิรสุรัตน์. 2542. แมลงวันผลไม้. *ใน* แมลงศัตรูผลไม้. หน้า. 128-145. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูไม้ผล สมุนไพร และเครื่องเทศ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

มะลิวัลย์ ปันยารชุน. 2534. การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยใช้เชื้อรา. เอกสารวิชาการ การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี. หน้า 167-168 .กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

รุจ มรกต. 2541. เกร็ดความรู้น้ำมันปิโตรเลียมกำจัดศัตรูพืช. วารสารกีฏวิทยาและสัตววิทยา 20: 219-220.

รุจ มรกต. 2542. น้ำมันปิโตรเลียมกำจัดศัตรูพืช. วารสารเคหการเกษตร 23: 182-189.

วิทย์ นามเรืองศรี. 2543. วิธีการใช้น้ำมันปิโตรเลียมกำจัดศัตรูพืช. วารสารกีฏและสัตววิทยา. 22: 339-343.

วิภาวดี ชำนาญ. 2548. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.) เพื่อไล่ยุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus* Say.) วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา กีฏวิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 20 หน้า.

สมศักดิ์ ศิวิชัย. 2544. เชื้อราทำลายแมลง. วารสารชีวปริทรรศน์ 3: 9-12.

สุนทร เรืองเกษม. 2541. ผักกินใบ. สำนักพิมพ์เกษตรสยาม. กรุงเทพฯ.

แสน ติกวัฒนานนท์. 2529. การเลี้ยงแมลงวันทองในสกุลดาคัสสี่ชนิดให้ได้ปริมาณมากด้วยอาหารกึ่ง เทียม. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย์) 20 : 22-36.

สุทัศน์ จูงพงษ์ และ ไววิทย์ บูรณธรรม. 2534. เทียม (สะเดาช้าง: *Azadirachta excelsa* Jack.).ศูนย์เพาะชำกล้าไม้สงขลา เขตที่ 14, สงขลา. 63 หน้า.

อรัญ งามผ่องใส สนั่น ศุภธีรสกุล และธีระพล ศรีชนะ. 2552. การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันและสารสกัดเมล็ดสะเดาช้างเพื่อควบคุมยุงลายบ้าน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 215 หน้า.

อรัญ งามผ่องใส. 2553. การใช้น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack) และเหยื่อล่อโปรตีนควบคุมแมลงวันผลไม้ (*Bactrocera papayae* Drew & Hancock) (Diptera: Tephritidae). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 45 หน้า.

อัญชลี สงวนพงษ์. 2543. เทคโนโลยีการผลิตสารสกัดสะเดา. ปาปิรุส พับลิเคชั่น. กรุงเทพฯ. 136 หน้า.

อุไร จิรมงคลการ. 2547. ผักพื้นบ้าน 2. บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จากัด (มหาชน). กรุงเทพฯ.

เอกราช แก้วนางโอ. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันและสารสกัดหยาบเนื้อในเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.) เพื่อควบคุมยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti* Linnaeus).วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา กีฏวิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ , สงขลา. 25 หน้า.

Aguda, R. M., Rombach, M. C. and Shepard, B. M. 1986. Effect of "neem" oil on germination and sporulation of the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae*, International Rice Research Newsletter 11: 34-35.

Alvarenga, C.D., França, W.M., Giustolin, T.A., Paranhos, B.A.J., Lopes, G.N., Cruz, P.L. and Barbosa, P.R.R. 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: Bracoidae) Florida Entomologist 95: 57-62.

Alves, S.B., Moino, Jr. A. and. Almeida, J.E.M. 1998. Produtos fitossanitários e entomo patógenos, p.217-238. In S.B. Alves (ed.), Controle microbiano de insetos. Piracicaba, FEALQ. 1163 p.

Allwood, A.J., Chinajariyawong, A., Drew, R.A.I., Hamacek, E.L., Hancock, D.L., Hengsawad, C., Jinapin, J.C., Jirasurat, M., Kong Krong, C., Kritsaneepaiboon, S., Leong, C.T.S., Vijaysegaran, S. 1999. Host plant records for fruit flies (Diptera:Tephritidae) in South-East Asia. The Raffles Bulletin of Zoology 7: 1-99.

Amandeep, K., Sohal, S. K., Singh, R. and Arora, S. 2010. Development inhibitory effect of *Acacia auriculiformis* extracts on *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) influence of *Acacia auriculiformis* extracts on *Bactrocera cucurbitae.* Journal of Biopesticides 3: 499-504.

Armstrong, J.W. and Jang, E.B. 1997. An overview of present and future fruit fly research in Hawaii and the US mainland. *In*: Allwood, A.J. and Drew, R.A.I. (eds). *Managemant of Fruit Flies in the Pacific*, a Regional Symposium, Nadi, Fiji 28-31 October 1996. ACIAR Proceedings 76: 30-42.

Akhtar, N., Jilani, G., Mahmood, R., Ashfaq, M. and Iqbal, J. 2004. Effect of plant derivatives on settling response and fecundity of peach fruit fly (*Bactrocera zonata*) (Saund.). Sarhad Journal of Agriculture 20: 269-274.

Brousseau, C., Charpentier, G. and Belloncik S. 1996. Susceptibility of spruce budworm, *Choristoneura Fumiferana* Clemens, to destruxins, cyclodepsipeptidic mycotoxins of *Metarhizium anisopliae*. Journal of Invertebrate Pathology 68: 180-182.

Castiglioni, E., Vendramin, J.D. and Alves, S.B. 2003. Compatibility between *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* with Nimkol-L in the control of *Heterotermes tenuis*. Manejo Integrado de Plagas Agro-ecological 69: 38-44.

Castillo, M.A., Moya, P., Hernandez, E. and Primo-Yufera, E. 2000. Susceptibility of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) to entomopathogenic fungi and their extracts. Biological Control 19: 274-282.

Carey, J.R. and Dowell, R.V. 1989. Exotic fruit pests and California agriculture. California Agriculture 43: 38–40.

Chen, C., Dong, Y., Cheng, L. and Hou, R. F. 1996. Deterrent effect of neem seed kernel extract on oviposition of the Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in guava. Journal of Economic Entomology 89: 462-466.

Clarke, A.R., Allwood, A., Chinajariyawong, A., Drew, R.I.A., Hengsawad, C., Jirasurat, M., Kong Krong, C. and Kritsaneepaiboon, S. 2001. Seasonal abundance and host use patterns of seven *Bactrocera* Macquart species (Diptera: Tephritidae) in Thailand and Malaysia. The Raffles Bulletin of Zoology 49: 207-220.

Clausen, C.P. 1978. Tephritidae (Trypetidy, Trupaneidae). *In:* Introduced Parasite and Predators of Arthropod Pests and Weeds, a World Review. Agricultural Handbook. Washington DC. pp. 320-355.

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

Collins, D.J. and Collins, B.A. 1998. Fruit fly in Malaysia and Thailand 1985-1993. ACIAR. 27 pp.

Dhillon, M.K., Singh, R., Naresh, J.S. and Sharma, H.C. 2005. The melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae*: A review of its biology and managemant. Journal of Insect Science 5: 1-16.

Dimbi, S., Maniania, N.K. and Ekesi, S. 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.

Dimbi, S., Maniania, N.K., Luk, S.A., Ekesi, S. and Mueke, J.K. 2003. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, to three adult fruit fly species: *Ceratitis capitata* (Weidemann), *C. rosa* var *fasciventris* Karsch and *C. cosyra* (Walker) (Diptera: Tephritidae). Mycopathologia 156: 375-382.

Djerassi, C. 1994. Dictionary of Natural Product Vol. I. London; Chapman and Hall. 106 p.

Doharey, K.L. 1983. Bionomics of fruit flies (*Dacus* spp.) on some fruits. Indian Journal of Entomology 45: 406-413.

Drew, R.A.I. 2006. No flies on them thanks to Queensland innovation. [Online]: from http://www.smartstate.qld.gov.au/resouces/publications/catalyt/2005/issue_14/story3.shtm. (7 June 2011).

Ekesi, S., Dimbi, S. and Maniania, N.K. 2007. The role of entomopathogenic fungi in the integrated management of tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) with emphasis on species occurring in Africa. *In*: Ekesi, S., and Maniania, N.K. (eds). *Use of Entomopathogenic Fungi in Biological Pest Management*. pp. 239-274. Research SignPost, Kerala.

Ekesi, S., Maniania, N.K. and Lux, S.A. 2002. Mortality in three African tephritid fruit fly puparia and adults caused by the entomophathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. Biocontrol Science and Technology 12: 7-17.

Ferra, P. 1988. Fruit flies in Asia and the Pacific: problems and possible approaches for solution. Working Paper No. 13. ACIAR. Australia.

Fletcher, B.S. 1989. Ecology life history strategies of tephritid fruit flies. *In*: Robinson, A.S. and Hooper, G. World Crop Pests 3B. Fruit Flies, Their Biology, Natural Enemies and Control 195-206 pp.

Furlong, M.J. and Pell, J.K. 2001. Horizontal transmission of entomophathogenic fungi by the diamondback moth. Biological Control 22: 288-299.

Gomez, K.A. and Gomez, A.A. 1976. Statistical Procedures for Agricultural Research with Emphasis on Rice International Rice Research Institute. Library and Documentation Center. Los Banos, Philippines. 297 pp.

Hardy, D.E. 1973. The fruit flies (Tephritidae: Diptera) of Thailand and bordering countries. Pacific Insects Monograph 31: 353 pp.

Hirose, E., Neves, P.M.O.J., Zequi, J.A.C, Martins L.H, Peralta, C.H. and Moino, A .J.r. 2001. Effect of biofertilizers and neem oil on the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. Brazilian Archives of Biology and Technology 44: 419–423.

Jilani, G., Khattak, M. K. and Shahzad, M. F. 2006. Toxic and growth regulating effect of ethanol extract and petroleum ether extract of *Valariana officianalis* L. against *Bactrocera zonata* (Saund.). Pakistan Journal of Biological Sciences 28: 11-14.

Jones, S. R., and Kim, K. C. 1994. Aculeus wear and oviposition in 4 species of Tephritidae (Diptera). Annals of the Entomological Society of America 87: 104–107.

Kalinowski, O.H., Krack, C., Ermel, K. and Chriathamjaree, C. 1997. Isolation and characterization of 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol from the seed kernels of the Thai neem (*Azadirachta siamensis* Veleton). Verlag der Zeitschrift fur Naturaforschung. pp. 1413-1417

Kershaw, M.J., Moorhouse, E.R., Bateman, R., Reynolds, S.E. and Charnley, A.K. 1999. The role of destruxins in the pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* for three species of insect. Journal of Invertebrate Pathology 74: 213-223.

Khan, M., Hossain, A. M. and Islam, S. M. 2007. Effects of neem leaf dust and a commercial formulation of a neem compound on the longevity, fecundity and ovarian development of the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) and the Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae). Pakistan Journal of Biological Sciences 10: 3656–3661.

Khattak, M. K., Rashid, M.M. and Abdullah, K. 2009. Effect of neem derives on infestation, settling and oviposition of melon fruit fly, (*Bactrocera cucurbitae* Coq.) (Tephritidae: Diptera). Pakistan Journal of Biological Sciences 3: 11-15.

Kijkar, S. and Boontawee, B. 1995. *Azadirachta excelsa* (jack): Alesser Known Species. Review Paper, ASEAN Forest Tree Seed Centre Project Paper N0. 3 Mualk-Lek, Saraburi, Thailand. 33 pp.

Klein, M.G. and Lacey, L.A. 1999. An attractant trap for autodissemination of entomophathogenic fungi into populations of the Japanese beetle *Popillia laponica* (Coleoptera: Scarabaeidae). Biocontrol Science and Technology 9: 151-158.

Kraus, W., Maile, R., Vogler, B. and Wundrak, B. 1997. 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol, a new limonoid from the Marrango tree, *Azadirachta excelsa* Jack (Meliaceae). Journal of Indian Chemical Society 74: 870-873.

Lazama-Gutierraz, R., Trujillo-de la Luz, A., Moliana-Ochoa, J., Rebolledo-Dominguez, O., Pescador, A.R., Lopez-Edwards, M. and Aluja, M. 2000. Virulence of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae): Laboratory and field trials. Journal of Economic Entomology 93: 1080-1084.

Liauw, M. Y., Natan, F. A., Widiyanti, P., Ikasari, D., Indraswati, N. and Soetaredjo, F. E. 2008. Extraction of neem oil (*Azadirachta indica* A. Juss) using n-hexane and ethanol:studies of oil quality kinetic and thermodynamic. Journal of Engineering and Applied Sciences. 3: 49-54

McEwen, F.L. and Stephenson, G.R. 1979. The Use and Significance of Pesticides in the Environment. New York –Chichester-Brisbane-Toronto, 538 p.

Milner, R.J. 2000. Current status of *Metarhizium* as a mycoinsecticide in Australia. Biocontrol/News and Information 21: 47-50.

Mohammadi, S.M., Hadizadeh A.R. and Tajick Ghanbary, M. A. 2010. Evaluating toxicity of extracted destruxin from *Metarhizium anisopliae* against citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella.* American Journal of Environmental Sciences. 6: 379-382.

Moino, A. Jr., Alves, B., Lopes, R. B., Oliveira, P.M., Neves, J., Roberto, M. P. and Vieira, S. A. 2002. External development of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in the subterranean termite *Heterotermes tenuis*. Scientia Agricola 59: 267- 273.

Nagpal, B.H., Srivastana, A., Valecha, N. and Sharma, V.P. 2001. Repellent action of neem cream against *An. culicifacies* and *Cx. quinquefasciatus*. Current Science 10: 1270-1271.

Norrbom, A.J. 2004. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) economic importance. [Online]: from http://www.sel.barc/usda.gov/diptera/tephriti/TephEcIm.htm. (12 June 2011).

Pedras, M.S.C., Zaharia, I.L. and Ward, D.E. 2002. The destruxins : Symthesis, biosynthesis, biotranformation and biological sctivity. Phytochemistry 59: 579-596

Peng, G., Wang, Z., Yin, Y., Zeng, D. and Xia, Y. 2008. Field trial of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* (Ascomycota: Hypocreales) against Oriental migratory locusts, *Locusta migatroia manilensis* (Meyen) in northern China. Crop Protection 27: 1244-1250.

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

Rae, D.J., Watson, D.M., Liang, W.G., Tan, B.L., Li, M., Huang, M.D., Ding, Y., Xiong, J.J., Du, D.P. Tang, J. and Beattie, G.A.C. 1996. Comparision of petroleum spray oils, abamectin, cartap and methomyl for control of citrus leaf miner (Lepidoptera: Gracillariidae) in southern China. Journal of Economic Entomology 89: 493-500.

Ranganath, H.R., Suryanarayana, M.A. and Veenakumari, K. 1997. Management of melon fly (*Bactrocera* (*Zeugodacus*) *cucurbitae* Coquillett) in cucurbits in South Andaman. Insect Environment 3: 32-33.

Sahayaraj, K., Karthick Raja Namasivayam, S. and Martin Rathi, J. 2011. Compatibility of entomopathogenic fungi with extracts of plants and commercial botanicals. African Journal of Biotechnology 10: 933-938.

Schrank, A. and Vainstein, M.H. 2010. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. Toxicon 56: 1267-1274.

Sharma, I.D., Kumar, S., Chandel, R.S. and Patyal, S.K. 2011. Evaluation of drek, *Melia azedarach* for the management of fruit flies, *Bactrocera tau* in tomato. Journal of Biopesticides 4: 1 – 5.

Schmutterer, H. and Rambold, H. 1995, List of insect pest susceptible to neem products. In H. Schmutterer (ed.), The Neem Tree-Source of Unique Natural products for Integrated Pest Management, Medicine, Industry and Other Purposes. VCH. Weinheim, New York, Basel, Tokyo. 195-204 pp.

Sideney, B.O., Miniuk, C. M., Barros, N. M. d. and Azevedo, J. L. 2001. Growth and sporulation of *Metarhizium flavoviride* var. *flavoviride* on culture media and lighting regimes. Journal of Agricultural Science 58: 613-616.

Silva, D.C.V., Schneider, L.C.L. and Conte, H. 2013. Toxicity and residual activity of a commercial formulation of oil from neem, *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae), in the embryonic development of *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Crambidae). Florida Entomologist 4: 131.

Singh, S. and Singh, R.P. 1998. Neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extract and azadirachtin as oviposition deterrents against the melon fly (*Bactrocera cucurbitae*) and Oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*). Phytoparasitica 26: 1-7.

Tanada, Y. and Kaya, H.K. 1993. Insect Pathology. Academic Press, Inc. San Diego, CA.

Toledo, J., Liedo, P., Flores, S., Campos, S.E., Villasensor, A. and Montoya, P. 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.

Valencia-Botin, A. J., Bautista-Martinez, N. and Lopez-Buenfil, J. A. 2004. Use of neem (*Azadirachta indica* A Juss) aqueous extract on the oviposition of Mexican fruit fly, (*Anastrepha ludens* Loew) (Diptera: Tephritidae) in Valencia orange. Fitosanidad 8: 57-59.

Waterhouse, D.F. 1993. The Major Arthropod Pests and Weeds of Agriculture in Southeast Asia. Canberra: ACIAR. 141 pp.

Weems, H.V. Jr. and Heppner, J.B. 2001. Melon fly, *Bactrocera cucurbitae* Coquillett (Insect: Diptera: Tephritidae). Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, and T.R. Fasulo, University of Florida Publication EENY-199,

White, I.M., and Elson-Harris, M. 1992. Fruit Flies of Economic Importance their Identification and Bionomics. CAB International Oxon. England. 601 pp.

Yamaguchi, M. 1983. World Vegetables: Principles, Production and Nutritive Values.West Port: AVI Publishing Company lnc. 431 pp.

ภาคผนวก ก

ตารางภาคผนวกที่ 1 การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 7 วัน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	6	1.915	0.319	91.658	0.000**
Error	21	0.073	0.003		
Total	27	1.988			

CV = 10.00 %

ตารางภาคผนวกที่ 2 การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 14 วัน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	6	13.838	2.306	253.245	0.000**
Error	21	0.191	0.009		
Total	27	14.029			

CV = 14.17 %

ตารางภาคผนวกที่ 3 การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 21 วัน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	6	15.593	2.599	70.252	0.000**
Error	21	0.777	0.037		
Total	27	16.370			

CV = 11.10 %

ตารางภาคผนวกที่ 4 การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 12 ชั่วโมง

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	6	319.429	53.238	62.111	0.000**
Error	21	18	0.857		
Total	27	337.429			

CV = 50.25 %

หมายเหตุ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p < 0.01$

ตารางภาคผนวกที่ 5 การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 24 ชั่วโมง

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	6	3443.714	573.952	34.315	0.000**
Error	21	351.25	16.726		
Total	27	3794.964			

CV = 49.63 %

ตารางภาคผนวกที่ 6 การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 36 ชั่วโมง

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	6	9232.357	1538.726	58.38	0.000**
Error	21	553.5	26.357		
Total	27	9785.857			

CV = 30.52 %

ตารางภาคผนวกที่ 7 การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 48 ชั่วโมง

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	6	7511.859	1251.976	36.503	0.000**
Error	21	720.250	34.298		
Total	27	8232.107			

CV = 20.91 %

ตารางภาคผนวกที่ 8 การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ที่เวลา 60 ชั่วโมง

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	6	6468.857	1.078.143	26.107	0.000**
Error	21	867.250	41.298		
Total	27	7336.107			

CV = 26.72 %

หมายเหตุ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p < 0.01$

ตารางภาคผนวกที่ 9 เปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* โดยวิธี Repeated Measures Analysis

Source	Type III Sum of Squares	df	MS	F	Sig.
treatments	20928.286	6	3488.048	179.385	0.000**
Error(treatments)	350.000	18	19.444		
time	67588.471	4	16897.118	1037.012	0.000
Error(time)	195.529	12	16.294		
treatments * time	6047.929	24	251.997	9.391	0.000
Error(treatments*time)	1932.071	72	26.834		

CV = 7.19 %

ตารางภาคผนวกที่ 10 การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* โดยวิธี Repeated Measures Analysis

Source	Type III Sum of Squares	df	MS	F	Sig.
treatments	26.808	6	4.468	253.544	0.000**
Error(treatments)	0.317	18	0.018		
time	259.375	2	129.688	26516.245	0.000
Error(time)	0.029	6	0.005		
treatments * time	4.538	12	0.378	21.936	0.000
Error(treatments*time)	0.621	36	0.017		

CV = 0.36 %

หมายเหตุ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p < 0.01$

ตารางภาคผนวกที่ 11 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการวางไข่สะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	383827.250	27416.232	69.297	0.000**
Error	45	17803.500	395.633		
Total	59	401630.750			

CV = 48.12 %

ตารางภาคผนวกที่ 12 เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของแมลงวันแตงตัวเต็มวัย *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	363.233	25.945	203.05	0.000**
Error	45	5.75	0.128		
Total	59	368.983			

CV = 306.21 %

ตารางภาคผนวกที่ 13 จำนวนดักแด้เฉลี่ยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่120 ชั่วโมงในห้องปฏิบัติการ

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	518573.000	37040.930	56.941	0.000**
Error	15	29273.250	650.517		
Total	59	547846.250			

CV = 50.09 %

หมายเหตุ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p < 0.01$

ตารางภาคผนวกที่ 14 เปอร์เซ็นต์ดักแด้สะสมที่ไม่ฟักของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมงในห้องปฏิบัติการ

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	13747.232	981.945	20.293	0.000**
Error	45	2177.500	48.389		
Total	59	15924.732			

CV = 84.54 %

ตารางภาคผนวกที่ 15 เปอร์เซ็นการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	500240.625	35731.473	53.238	0.000**
Error	45	30202.250	671.161		
Total	59	530442.875			

CV = 54.82 %

ตารางภาคผนวกที่ 16 เปอร์เซ็นต์ตัวเต็มวัยเพศผู้สะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	131374.219	9383.873	40.153	0.000**
Error	45	10516.750	233.706		
Total	59	141890.969			

CV = 55.42 %

หมายเหตุ ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p < 0.01$

ตารางภาคผนวกที่ 17 เปอร์เซ็นต์ตัวเต็มวัยเพศเมียสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	120116.938	8579.781	39.534	0.000**
Error	45	9766.000	217.022		
Total	59	129882.938			

CV = 55.55 %

ตารางภาคผนวกที่ 18 เปอร์เซ็นต์สัดส่วนเพศตัวเต็มวัยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	1659.6	118.543	1.022	0.45^{NS}
Error	45	5219.25	115.983		
Total	59	6878.85			

CV = 98.61 %

ตารางภาคผนวกที่ 19 เปอร์เซ็นต์จำนวนหนอนสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	3	272.109	90.703	0.313	0.81545^{NS}
Treatment	6	16766.859	2794.477	9.656	0.00008**
Error	18	5209.141	289.397		
Total	27	22248.109			

CV = 36.18 %

หมายเหตุ NS = ไม่แตกต่างทางสถิติ

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p < 0.01$

ตารางภาคผนวกที่ 20 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ตายสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมงในสภาพโรงเรือน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	3	0.857	0.286	0.562	0.64665 ^{NS}
Treatment	6	1.714	0.286	0.562	0.75450 ^{NS}
Error	18	9.143	0.508		
Total	27	11.714			

CV = 230.55 %

ตารางภาคผนวกที่ 21 เปอร์เซ็นต์ดักแด้สะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	3	297.826	99.275	0.358	0.78404 ^{NS}
Treatment	6	16742.719	2790.453	10.061	0.00006**
Error	18	4992.424	277.357		
Total	27	22032.969			

CV = 36.14 %

ตารางภาคผนวกที่ 22 เปอร์เซ็นต์ดักแด้สะสมที่ไม่พัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมงในสภาพโรงเรือน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	3	47.536	15.845	1.195	0.33990^{NS}
Treatment	6	3861.857	643.643	48.533	0.00000**
Error	18	238.714	13.262		
Total	27	4148.107			

CV = 142.82 %

หมายเหตุ NS = ไม่แตกต่างทางสถิติ

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p < 0.01$

ตารางภาคผนวกที่ 23 เปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	3	138.714	46.238	0.154	0.926^{NS}
Treatment	6	14767.929	2461.321	8.214	0.000**
Error	18	5393.786	299.655		
Total	27	20300.429			

CV = 38.97 %

ตารางภาคผนวกที่ 24 จำนวนตัวเต็มวัยเพศผู้สะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นหลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	3	74.107	24.702	0.343	0.795^{NS}
Treatment	6	2693.929	448.988	6.233	0.001**
Error	18	1296.643	72.036		
Total	27	4064.679			

CV = 33.51 %

ตารางภาคผนวกที่ 25 จำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	3	151.25	50.417	0.411	0.747^{NS}
Treatment	6	5096.5	849.417	6.926	0.001**
Error	18	2207.5	122.639		
Total	27	7455.25			

CV = 49.23 %

หมายเหตุ NS = ไม่แตกต่างทางสถิติ

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p < 0.01$

ตารางภาคผนวกที่ 26 เปอร์เซ็นต์สัดส่วนเพศตัวเต็มวัยสะสมของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* หลังพ่นสารทดสอบที่ 48 ชั่วโมง ในสภาพโรงเรือน

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	3	15.286	5.095	0.12	0.947^{NS}
Treatment	6	28.214	4.702	0.11	0.994^{NS}
Error	18	763.214	42.401		
Total	27	806.714			

CV = 62.21 %

หมายเหตุ NS = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ภาคผนวก ข

ตารางภาคผนวกที่ 1 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อรา *Metarhizium anisopliae*

Sabouraud dextrose agar yeast extract (SDAY)	
Dextrose	10.0 กรัม
Peptone	2.5 กรัม
Yeast extract	2.5 กรัม
Agar	20.0 กรัม
น้ำ	1.0 ลิตร

Sabouraud dextrose yeast extract (SDBY)	
Dextrose	10.0 กรัม
Peptone	2.5 กรัม
Yeast extract	2.5 กรัม
น้ำ	1.0 ลิตร

ใส่ขวดหรือหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15-20 นาที

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายวัชระ ลุ้งใส้

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5210620034

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จ
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2552

ทุนการศึกษา

-ทุนสนับสนุนหลักจากโครงการการ ประยุกต์ใช้เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ร่วมกับน้ำมัน ปิโตรเลียมและน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง ควบคุมแมลงวันแตง ในบวบเหลี่ยมจากงบประมาณแผ่นดินปี 2554-2556

-ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยวิทยานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

-ทุนสนับสนุนจากสถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร และทรัพยากรธรรมชาติ คณะทรัพยากรธรรมชาติ

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

วัชระ ลุ้งใส้ อรัญ งามผ่องใส และ นริศ ท้าวจันทร์. 2555. ผลของน้ำมันปิโตรเลียม และสารสกัดเมล็ดสะเดาช้างต่อการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร(พิเศษ). 43: 95-98.

วัชระ ลุ้งใส้ อรัญ งามผ่องใส และ นริศ ท้าวจันทร์. 2556. ผลของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin น้ำมันปิโตรเลียม และ สารสกัดเมล็ดสะเดาช้างต่อการวางไข่ของแมลงวันแตง *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett). งานประชุมวิชาการพืชศาสตร์ครั้งที่ 1 คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.