# การศึกษาศักยภาพของเชื้อราก่อโรค *Aschersonia* spp. เพื่อการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* (Asmead) (Hemiptera: Aleyrodidae)

# Potential of Entomopathogenic Fungi, *Aschersonia* spp. to Control Citrus Whitefly, *Dialeurodes citri* (Asmead) (Hemiptera: Aleyrodidae)

ณิลาวัฒน์ เผือกยอด

Nilawat Puakyod

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขากีฏวิทยา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Entomology
Prince of Songkla University
2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**ชื่อวิทยานิพนธ์** การศึกษาศักยภาพของเชื้อราก่อโรค *Aschersonia* spp. เพื่อการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* (Asmead) (Hemiptera: Aleyrodidae)

**ผู้เขียน** นางสาวณิลาวัฒน์ เผือกยอด

**สาขาวิชา** กีฏวิทยา

---

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก**

.....

(ดร. เทวี มณีรัตน์)

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม**

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ เสือสะอาด)

**คณะกรรมการสอบ**

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ งามผ่องใส)

.....กรรมการ

(ดร. เทวี มณีรัตน์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุรไกร เพิ่มคำ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ เสือสะอาด)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา

.....

(ศาสตราจารย์ ดร. ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ .....
(ดร. เทวี มณีรัตน์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ .....
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ เสือสะอาด)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ .....
(ณิลาวัฒน์ เผือกยอด)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ .....
(ณิลาวัฒน์ เผือกยอด)
นักศึกษา

**ชื่อวิทยานิพนธ์** การศึกษาศักยภาพของเชื้อราก่อโรค *Aschersonia* spp. เพื่อการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* (Asmead) (Hemiptera: Aleyrodidae)

**ผู้เขียน** นางสาวณิลาวัฒน์ เผือกยอด

**สาขาวิชา** กีฏวิทยา

**ปีการศึกษา** 2562

## บทคัดย่อ

เชื้อราก่อโรค *Aschersonia* spp. เป็นเชื้อราที่มีความจำเพาะเจาะจงกับกลุ่มแมลงหวี่ขาว และเพลี้ยหอย แมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* (Hemiptera: Aleyrodidae) เป็นแมลงศัตรูสำคัญทางเศรษฐกิจของพืชตระกูลส้ม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และเชื้อรา *Aschersonia* spp. พลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในแปลงมะนาว อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ระยะเวลา 1 ปี ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 3 แปลง (แปลง A, B และ C) ศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในสภาพแปลง และศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* ในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา สามารถจำแนกเชื้อราได้ 3 ชนิด ได้แก่ *Aschersonia samoensis*, *Aschersonia placenta* และ *Hypocrealla raciborskii* การศึกษาพลวัตประชากรระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* พบมากที่สุดในแปลง A ในเดือนกรกฎาคม เฉลี่ยเท่ากับ 49.97±45.40 ตัวต่อใบ โดยพบแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มากที่สุดบริเวณใบแก่ เฉลี่ยเท่ากับ 30.79±33.20 ตัวต่อใบ การศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในสภาพแปลง พบว่าเชื้อรา *A. placenta* เข้าทำลายแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มากที่สุดในแปลง B ในเดือนพฤษภาคม เฉลี่ยเท่ากับ 81.10 เปอร์เซ็นต์ โดยเข้าทำลายมากที่สุดบริเวณใบอ่อน เฉลี่ยเท่ากับ 25.63 เปอร์เซ็นต์ และการศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *A. placenta* และ *A. samoensis* ในห้องปฏิบัติการ ที่ความหนาแน่นของสปอร์ $1\times10^{8}$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร หลังการฉีดพ่น 21 วัน พบว่าเชื้อรา *A. placenta* และ *A. samoensis* เข้าทำลายแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เฉลี่ยเท่ากับ 59.51 และ 14.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเชื้อรา *A. placenta* เป็นเชื้อราที่มีศักยภาพในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในสภาพแปลง และสามารถควบคุมแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในห้องปฏิบัติการ

**Thesis Title** Potential of Entomopathogenic Fungi, *Aschersonia* spp. to Control Citrus Whitefly, *Dialeurodes citri* (Asmead) (Hemiptera: Aleyrodidae)

**Author** Miss Nilawat Puakyod

**Major Program** Entomology

**Academic Year** 2019

## ABSTRACT

*Aschersonia* spp. is entomopathogenic fungi which specific for controlling whiteflies and scale insects. *Dialeurodes citri* (Hemiptera: Aleyrodidae) is an economically important insect pest of citrus. The objectives of research were studied morphological characteristics of citrus whitefly, *D. citri* and *Aschersonia* spp., population dynamics of citrus whitefly, *D. citri* in lime orchard, Phrom Khiri district, Nakhon Si Thammarat province, for a year during June 2016 to May 2017 (there were obtained 3 lime orchards A, B and C)., potential of entomopathogenic fungi, *Aschersonia* spp. for controlling citrus whitefly, *D. citri* in lime orchard and whitefly, *B. tabaci* in laboratory. The results revealed that the morphological characteristics identification of *Aschersonia* spp. were 3 species; *Aschersonia placenta, Aschersonia samoensis* and *Hypocrealla raciborskii*. The population of citrus whitefly, *D. citri* nymphs were the highest level in lime orchard A in July of 49.97±45.40 nymphs per leaf and were high beneath the old leaves of 30.79±33.20 nymphs per leaf. Percentage infected of *Aschersonia placenta* peaked in lime orchard B in May of 81.10 percentage and beneath the young leaves of 25.63 percentage. A study of pathogenicity of *A. placenta* and *A. samoensis* showed that citrus whitefly, *D. citri* were infected with spore concentration at $1\times10^{8}$ spore/mL for 21 days. The infected percentages of *A. placenta* and *A. samoensis* were 59.51 and 14.96 percentage, respectively. In conclusion, *A. placenta* has a potential use for controlling citrus whitefly, *D. citri* in lime orchard and whitefly *B. tabaci* in laboratory experiments.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ ดร. เทวี มณีรัตน์ อาจารย์ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และคำปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามวิทยานิพนธ์เล่มนี้มิอาจสำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ หากไม่ได้รับความช่วยเหลือจากคณาจารย์หลายท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ เสือสะอาด รองศาสตราจารย์ ดร. สุรไกร เพิ่มคำ และรองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ งามผ่องใส ที่ให้คำชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. บัญชา สมบูรณ์สุข อาจารย์ภาควิชาพัฒนาการเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่เพื่อใช้เป็นห้องปฏิบัติการ ขอขอบพระคุณ ดร. เอกนรินทร์ รอดเจริญ อาจารย์ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ดร. สุวิตา แสไพศาล อาจารย์สาขาโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน และกลุ่มวิจัยการเพาะเลี้ยงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไหมป่าและแมลงเศรษฐกิจเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์การถ่ายภาพงานวิจัย ขอขอบพระคุณ ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก กรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดสงขลา สำหรับองค์ความรู้และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณสถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ คณะทรัพยากรธรรมชาติ และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้มอบทุนสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ให้คำแนะนำที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งช่วยให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ณิลาวัฒน์ เผือกยอด

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | (5) |
| ABSTRACT | (6) |
| กิตติกรรมประกาศ | (7) |
| สารบัญ | (8) |
| รายการตาราง | (9) |
| รายการภาพประกอบ | (10) |
| รายการภาพประกอบภาคผนวก | (14) |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| บทนำต้นเรื่อง | 1 |
| ตรวจเอกสาร | 3 |
| วัตถุประสงค์ | 24 |
| บทที่ 2 วิธีการวิจัย | 25 |
| วิธีดำเนินการ | 25 |
| บทที่ 3 ผล และวิจารณ์ | 43 |
| บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ | 86 |
| เอกสารอ้างอิง | 87 |
| ภาคผนวก | 94 |
| ประวัติผู้เขียน | 97 |

# รายการตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | คุณลักษณะของเชื้อราก่อโรคแมลงที่มีความจำเพาะเจาะจงกับแมลงอาศัย และกลุ่มเชื้อราก่อโรคแมลงที่ไม่มีความจำเพาะเจาะจงกับแมลงอาศัย | 13 |
| 2 | เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เข้าทำลายระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* บนใบมะนาวที่อายุต่างกัน โดยจัดกลุ่มเชื้อราตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา ในพื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช สำรวจช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 (แปลง A) | 76 |
| 3 | เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เข้าทำลายระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* ในสภาพห้องปฏิบัติการ | 82 |

# รายการภาพประกอบ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | วงจรชีวิตของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* | 6 |
| 2 | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* | 8 |
| 3 | การกระจายตัวของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* | 9 |
| 4 | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Aschersonia samoensis* และ *Hypocrella discoidea* | 17 |
| 5 | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Aschersonia placenta* และ *Hypocrella raciborskii* | 19 |
| 6 | ขั้นตอนการแยกเชื้อราจาก stromata ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. บนใบมะนาวเพื่อให้ได้เชื้อบริสุทธิ์ | 29 |
| 7 | ลักษณะของแปลงมะนาวที่ทำการศึกษาพลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* และเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในพื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช | 31 |
| 8 | เครื่องมือแอพพลิเคชั่นสำหรับสุ่มตัวเลขบนโทรศัพท์มือถือ ใช้ในการสุ่มเก็บตัวอย่าง | 32 |
| 9 | การเพาะเมล็ดมะเขือยาวในวัสดุเพาะกล้า เพื่อใช้สำหรับเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* | 37 |
| 10 | ต้นมะเขือยาว อายุ 2 เดือน สำหรับใช้เลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* | 38 |
| 11 | เชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA เป็นเวลา 21 วัน (อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์) สำหรับใช้เตรียมสปอร์แขวนลอย | 40 |
| 12 | สปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่ความหนาแน่น $10^8$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ที่ใช้ในการทดสอบและชุดควบคุม | 41 |

# รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 13 | ขั้นตอนการศึกษาความสามารถในการก่อให้เกิดโรคกับแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. | 42 |
| 14 | แมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ระยะไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัย ที่อาศัยบริเวณใต้ใบมะนาว ในแปลงมะนาว อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช | 44 |
| 15 | เชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่ลงทำลายตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* บริเวณใต้ใบมะนาว ในแปลงมะนาว อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช | 45 |
| 16 | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต | 47 |
| 17 | ลักษณะลำตัว ท่อลม และขาไม่มีเล็บของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope | 48 |
| 18 | ลักษณะอวัยวะที่ใช้ขับไข (vasiform orifice) ของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope | 49 |
| 19 | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ stromata ของเชื้อรากลุ่ม 1 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope และ stereo microscope | 51 |
| 20 | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ stromata ของเชื้อรากลุ่ม 2 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope และ stereo microscope | 52 |
| 21 | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ stromata ของเชื้อรากลุ่ม 3 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope และ stereo microscope | 54 |

# รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 22 | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ stromata ของเชื้อรากลุ่ม 4 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope และ stereo microscope | 55 |
| 23 | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ stromata ของเชื้อรากลุ่ม 5 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope และ stereo microscope | 56 |
| 24 | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ stromata ของเชื้อรากลุ่ม 6 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope และ stereo microscope | 57 |
| 25 | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรากลุ่ม 2 ที่แยกเชื้อบริสุทธิ์บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) เป็นเวลา 21 วัน (อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์) | 59 |
| 26 | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรากลุ่ม 3 ที่แยกเชื้อบริสุทธิ์บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) เป็นเวลา 21 วัน (อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์) | 60 |
| 27 | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรากลุ่ม 4 ที่แยกเชื้อบริสุทธิ์บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) เป็นเวลา 21 วัน (อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์) | 61 |
| 28 | พลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ในระยะตัวอ่อนในแปลงมะนาว พื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช สำรวจช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 3 แปลง (แปลง A, B และ C) | 64 |
| 29 | พลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ในระยะตัวอ่อนบนใบมะนาวที่อายุต่างกัน ในพื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช สำรวจช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 (แปลง A) | 69 |

# รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 30 | เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เข้าทำลายระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ในแปลงมะนาว ในพื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช สำรวจช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 3 แปลง (แปลง A, B และ C) | 71 |
| 31 | เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เข้าทำลายระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* โดยจัดกลุ่มเชื้อราตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา ในพื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช สำรวจช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 (แปลง A, B และ C) | 73 |
| 32 | เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เข้าทำลายระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* บนใบมะนาวที่อายุต่างกัน โดยจัดกลุ่มเชื้อราตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา ในพื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช สำรวจช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 (แปลง A) | 77 |
| 33 | ลักษณะของตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวส้ม *Bemisia tabaci* ที่ถูกเชื้อรา *Aschersonia samoensis* เข้าทำลาย เป็นเวลา 21 วัน (อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo microscope | 83 |
| 34 | ลักษณะของตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวส้ม *Bemisia tabaci* ที่ถูกเชื้อรา *Aschersonia placenta* เข้าทำลาย เป็นเวลา 21 วัน (อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo microscope | 84 |

# รายการภาพประกอบภาคผนวก


| ภาพภาคผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร) อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2560 | 94 |
| 2 | อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 | 95 |
| 3 | ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด-ต่ำสุด และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2560 | 96 |

# บทที่ 1

# บทนำ

## บทนำต้นเรื่อง

มะนาว (*Citrus aurantifolia* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ปัจจุบันอัตราการขยายตัวของการปลูกมะนาวเชิงการค้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2559 ผลผลิตของมะนาวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 20.24 ต่อปี เมื่อปลูกมะนาวเพิ่มขึ้นย่อมส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของแมลงศัตรูพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มแมลงปากดูด แมลงหวี่ขาวส้ม หรือ citrus whitefly; *Dialeurodes citri* (Ashmead) (Hemiptera: Aleyrodidae) เป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญที่สร้างความเสียหายแก่พืชตระกูลส้ม เช่น มะนาว ส้มแมนดาริน และส้มโอ เป็นต้น (EPPO Global database, 2018) พบการกระจายตัวในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และประเทศแถบตะวันออก (Bellows and Meisenbacher, 2007) และมีรายงานสร้างความเสียหายในแหล่งปลูกพืชตระกูลส้มเป็นอุตสาหกรรม เช่น สาธารณรัฐประชาชนจีน (Zhang et al., 2012) และหลายรัฐในอเมริกา (Martin et al., 2012) ในประเทศไทยพบการรายงานในปี ค.ศ. 1978 (Mound and Halsey, 1978) และรายงานเพิ่มเติมในปี พ.ศ. 2538 (โกศล และวิวัฒน์, 2538)

ปัจจุบันการควบคุมศัตรูพืชที่ได้รับการยอมรับว่าช่วยรักษาสภาพแวดล้อมและมีประสิทธิภาพ คือการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี เป็นการควบคุมศัตรูพืชวิธีหนึ่งในหลายๆ วิธีของการควบคุมศัตรูพืชแบบบูรณาการ (Integrated Pest Management; IPM) วิธีการหนึ่งที่ได้รับความสนใจคือการนำเชื้อราก่อโรคแมลงมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช ตัวอย่างเชื้อราก่อโรคแมลงที่มีบทบาทสำคัญทางการเกษตร เช่น เชื้อรา *Beauveria* sp. และ *Metarhizium* sp. เป็นต้น นอกจากเชื้อราที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว เชื้อรา *Aschersonia* spp. เป็นเชื้อราอีกกลุ่มหนึ่งที่ได้รับความสนใจในการนำมาใช้ควบคุมกลุ่มแมลงปากดูด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มแมลงหวี่ขาว เนื่องจากเป็นเชื้อราก่อโรคที่มีความจำเพาะเจาะจงกับแมลงในอันดับ Hemiptera เช่น กลุ่มแมลงหวี่ขาว ในวงศ์ Aleyrodidae และเพลี้ยหอย ในวงศ์ Coccidae ตัวอย่างการใช้เชื้อราก่อโรคในการควบคุมแมลงหวี่ขาวในวงศ์ Aleyrodidae เช่น การใช้เชื้อรา *Aschersonia aleyrodes* (Webber), *Aschersonia goldiana* (Saccardo and Ellis) (Fasulo and Weems, 2017) และเชื้อรา *Aschersonia placenta*

(Berkeley and Broom) ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* (Zhang et al., 2013) การใช้เชื้อรา *Aschersonia* spp. เพื่อควบคุมแมลงหวี่ขาว *Bemisia argentifolii* (Bellows and Perring) และ *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Meekes et al., 2002) เป็นต้น งานวิจัยในประเทศไทยโดยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในป่าและเขตอุทยานแห่งชาติ (วินันท์ดา และคณะ, 2553) งานวิจัยเกี่ยวกับเชื้อราก่อโรค *Aschersonia* spp. ในแปลงปลูกค่อนข้างน้อย ดังนั้นการวิจัยนี้จึงศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และเชื้อรา *Aschersonia* spp. ศึกษาพลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในแปลงมะนาว อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช และในสภาพห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นแนวทางในการนำเชื้อรา *Aschersonia* spp. มาใช้ควบคุมแมลงชนิดนี้ในแปลงปลูกต่อไป

# ตรวจเอกสาร

## มะนาว

มะนาว (*Citrus aurantifolia* L.) เป็นพืชยืนต้นขนาดเล็กอยู่ในวงศ์ Rutaceae เช่นเดียวกับพืชสกุลส้มต่างๆ เป็นพืชพื้นเมืองของประเทศอินเดีย มีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะอินดีสตะวันออกซึ่งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศอินเดีย เริ่มมีการกระจายพันธุ์เข้าสู่ทวีปเอเชียและต่อไปยังประเทศอื่นๆ ในแถบภูมิภาคเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน (วสันต์, 2547) มะนาวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ผู้บริโภคทั้งในครัวเรือนและผู้ประกอบการร้านค้าขายอาหารนิยมใช้มะนาวเพื่อปรุงแต่งรสชาติของอาหารหรือนำมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่ม นอกจากนี้ในทางอุตสาหกรรมนิยมใช้มะนาวเป็นวัตถุดิบผลิตเครื่องสำอางหรือใช้เป็นส่วนผสมในยารักษาโรคบางชนิด

จากการเพิ่มขึ้นของพลเมืองและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ส่งผลให้เกษตรกรหันมาปลูกมะนาวเพิ่มมากขึ้น ข้อมูลในปี พ.ศ. 2557-2561 พื้นที่ปลูกมะนาวในประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 104,403, 105,567, 106,692, 110,074 และ 109,035 ไร่ ตามลำดับ ผลผลิตประมาณ 140,761, 143,935, 145,952, 152,936 และ 152,335 ตัน ตามลำดับ อัตราการขยายตัวของการปลูกมะนาวเชิงการค้าในปี พ.ศ. 2556 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2560 พื้นที่ปลูกมะนาวเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.44 และผลผลิตมะนาวเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 8.22 แหล่งปลูกมะนาวที่สำคัญของประเทศไทย 6 อันดับ ได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี สมุทรสาคร กำแพงเพชร ราชบุรี พิจิตร และนครศรีธรรมราช ซึ่งจังหวัดนครศรีธรรมราช นับว่าเป็นแหล่งปลูกอันดับ 1 ของภาคใต้ มีพื้นที่ปลูก 4,787 ไร่ และผลผลิต 2,037 ตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) โดยพันธุ์มะนาวที่เกษตรกรนิยมปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทยคือมะนาวพันธุ์แป้น เช่น พันธุ์แป้นพิจิตรและแป้นรำไพ เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) นอกจากนี้หลายปีที่ผ่านมาเกษตรกรหันมาปลูกมะนาวนอกฤดูมากขึ้น โดยเกษตรกรที่ปลูกมะนาวเริ่มกระตุ้นให้มะนาวออกดอกติดผล เพื่อให้ทันจำหน่ายในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน เนื่องจากเป็นช่วงที่มะนาวมีราคาสูง เมื่อพื้นที่ปลูกมะนาวเพิ่มมากขึ้นสิ่งที่ต้องระวังคือปัญหาแมลงศัตรูพืชของมะนาว (พีระศักดิ์, ม.ป.ป.)

แมลงศัตรูมะนาวเป็นปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญกับการปลูกมะนาว โดยแมลงที่มีความสำคัญและเคยระบาดรุนแรงในพื้นที่ที่มีการปลูกพืชตระกูลส้มเป็นพืชเศรษฐกิจคือ แมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มีการรายงานว่าแมลงชนิดนี้สร้างความเสียหายในพื้นที่ปลูกส้มในสาธารณรัฐประชาชนจีน (Zhang et al., 2012) และมลรัฐฟลอริด้า ประเทศสหรัฐอเมริกา (Fasulo and Weem,

2017) แม้ว่ายังไม่เคยมีรายงานการระบาดของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในประเทศไทย แต่ในปัจจุบันสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อแนวโน้มที่จะเกิดการระบาดของแมลงศัตรูพืชที่ไม่เคยมีการระบาดมาก่อน การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* จะเป็นประโยชน์ในการหาวิธีควบคุมแมลงชนิดนี้ต่อไป

**แมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri***

แมลงหวี่ขาวที่พบทั่วโลกมีจำนวน 1,556 ชนิด (Martin and Mound, 2007) โดยแมลงหวี่ขาวที่เป็นศัตรูสำคัญของพืชตระกูลส้ม มีรายงานในต่างประเทศจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ *Acaudaleyrodes rachipora* (Singh), *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintance), *Aleurocanthus woglumi* (Ashby), *Aleurodicus disperses* (Russell), *Aleurodicus dugesii* (Cockerell), *Aleurothrixus floccosus* (Maskell), *Orchamoplatus mammaeferus* (Quaintance & Baker), *Parabemisia myricae* (Kuwana), *Paraleyrodes pseudonaranjae* (Martin) และ *D. citri* (Centre for Agriculture and Bioscience International, 2018) แต่มีการรายงานในประเทศไทยรวมถึงเป็นแมลงหวี่ขาวศัตรูพืชที่สำคัญเพียง 4 ชนิดคือ แมลงหวี่ขาวสีดำ *A. spiniferus* แมลงหวี่ดำส้ม *A. woglumi* แมลงหวี่ขาวใยเกลียว *A. disperses* และแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri*

แมลงหวี่ขาวส้ม (citrus whitefly); *D. citri* จัดอยู่ในกลุ่มแมลงปากดูด ในอันดับ Hemiptera วงศ์ Aleyrodidae วงศ์ย่อย Aleyrodinae (Triplehorn and Johnson, 2005) ซึ่งแมลงหวี่ขาวในวงศ์ Aleyrodidae เป็นแมลงที่มีขนาดเล็ก ทั้งสองเพศมีปีกและตารวมที่เจริญดี มีตาเดี่ยว 2 ตา ปากมี 4 ปล้อง หนวดมี 7 ปล้อง เป็นแมลงที่ว่องไวและบินเร็ว (ศานิต, 2546)

**ลักษณะทางอนุกรมวิธานของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri***

Order: Hemiptera

Suborder: Sternorrhyncha

Superfamily: Aleyrodoidea

Family: Aleyrodidae

Genus: *Dialeurodes*

Species: *citri*

(Mifsud et al., 2010)

**ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและชีววิทยา**

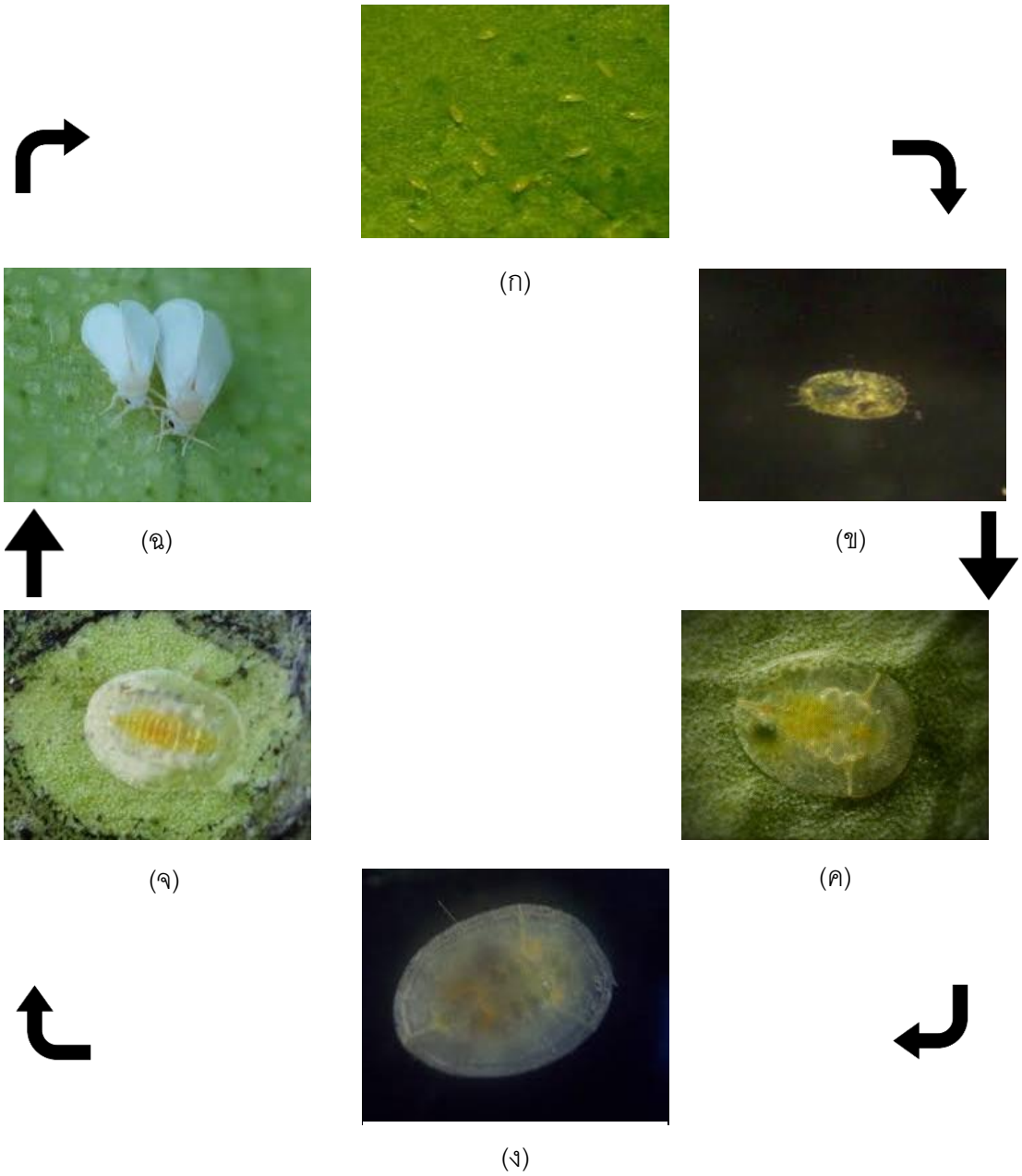
ระยะไข่ (egg stage) ไข่มีสีเหลืองอ่อน เป็นวงรี ผิวเรียบ และเปลี่ยนสีขาวขุ่น เมื่อใกล้ฟักเป็นตัวอ่อน ระยะไข่มีช่วงอายุ 10-16 วัน (ภาพที่ 1 (ก))

ระยะตัวอ่อน (nymphal stage) ระยะนี้ประกอบด้วยตัวอ่อน 3 วัย วัยที่ 1 มีลำตัวแบน รูปร่างคล้ายไข่ สีเหลืองอ่อน ส่วนของหนวดและขา มีการพัฒนาดี สามารถเคลื่อนที่ได้ เรียกระยะนี้ว่า “crawlers” ระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 มีช่วงอายุ 10-16 วัน (ภาพที่ 1 (ข)) เมื่อเข้าสู่วัยที่ 2 ตัวอ่อนมีขนาดใหญ่ขึ้น รูปร่างคล้ายกับวัยที่ 1 วัยนี้จะหยุดการเคลื่อนที่ ระยะตัวอ่อนวัยที่ 2 มีช่วงอายุ 10-16 วัน (ภาพที่ 1 (ค)) และตัวอ่อนวัยที่ 3 มีขนาดใหญ่ขึ้น รูปร่างคล้ายกับวัยที่ 1 และวัยที่ 2 มีดวงตาสีแดง ระยะตัวอ่อนวัยที่ 3 มีช่วงอายุ 8-15 วัน (ภาพที่ 1 (ง))

ระยะดักแด้ (pupal stage) หรือบางครั้งเรียกว่า ระยะตัวอ่อนวัยที่ 4 เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับตัวอ่อนวัยอื่น และลำตัวนูน สีเหลือง ตาสีน้ำตาลเข้มหรือแดงเห็นได้ชัดเจน และคราบของดักแด้ที่ออกเป็นตัวเต็มวัยจะแตกออกเป็นรูปตัว T ระยะดักแด้มีช่วงอายุ 98-115 วัน (ภาพที่ 1 (จ))

ระยะตัวเต็มวัย (adult stage) ลำตัวมีสีเหลือง ปีกสีขาวขุ่น ตาสีน้ำตาลเข้ม แมลงหวี่ขาวเพศเมีย 1 ตัว สามารถวางไข่จำนวน 109-250 ฟองต่อวัน ระยะตัวเต็มวัยเพศเมียมีช่วงอายุ 14-22 วัน เพศผู้มีขนาดเล็กกว่าเพศเมีย ระยะตัวเต็มวัยเพศผู้มีช่วงอายุ 13-19 วัน วงจรชีวิตของแมลงหวี่ขาวเพศเมียและเพศผู้ตั้งแต่ระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัยมีช่วงอายุ 167-191 วัน และ 165-187 วัน ตามลำดับ (Saini et al., 2016) (ภาพที่ 1 (ฉ))

ในการจัดจำแนกในระดับวงศ์ย่อย (sub family) ของแมลงหวี่ขาว จะวินิจฉัยจากแมลงหวี่ขาวในระยะดักแด้ โดยศึกษาจากลักษณะหลายประการ เช่น ลักษณะขา อวัยวะที่ใช้ในการขับไข (vesiform orifice) ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่มีลักษณะคล้ายลิ้น (linguala) และแผ่นปิด (operculum) เป็นต้น แมลงหวี่ขาวในวงศ์ย่อย Aleyrodinae ลักษณะขาไม่มีเล็บ มีส่วนของ linqula อยู่ด้านใน vasiform orifice และถูกปิดด้วย operculum (สุนัดดา และคณะ, 2556)




**ภาพที่** 1 วงจรชีวิตของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri*

(ก) ระยะไข่ (ง) ระยะตัวอ่อนวัยที่ 3

(ข) ระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 (จ) ระยะดักแด้

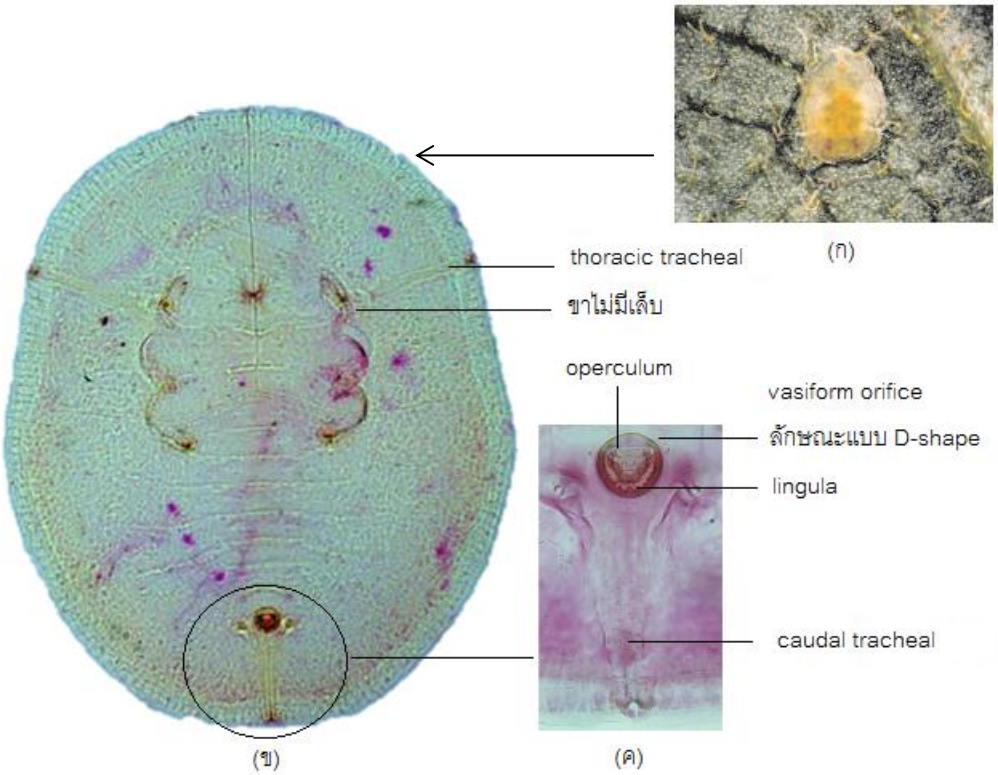
(ค) ระยะตัวอ่อนวัยที่ 2 (ฉ) ระยะตัวเต็มวัย

ที่มา: Saini et al. (2016)

ในการจัดจำแนกแมลงหวี่ขาวในระดับสกุล (genus) และชนิด (species) ในวงศ์ Aleyrodidae โดยทั่วไปวินิจฉัยจากแมลงหวี่ขาวระยะตัวอ่อนวัยที่ 4 หรือระยะดักแด้ แมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มีลักษณะสำคัญคือ ลำตัวมีลักษณะกลม แบน (ภาพที่ 2 (ก)) ลักษณะท่อลม (thoracic tracheal) ชัดเจน (ภาพที่ 2 (ข)) อวัยวะซึ่งมีหน้าที่ใช้ในการขับไข (vasiform orifice) มีลักษณะแบบ D-shape หรือเรียกว่า subcordate ส่วนของลิ้น (linqula) อยู่ด้านใน vasiform orifice และถูกปิดด้วยแผ่นปิดที่เรียกว่า operculum และลักษณะ caudal tracheal ชัดเจน (ภาพที่ 2 (ค)) (Hodges and Evans, 2005) (ภาพที่ 2) พืชอาศัย ได้แก่ พืชในวงศ์ Oleaceae (*Ligustrum lucidum*) วงศ์ Rubiaceae (*Gardenia jasminoides*) และวงศ์ Rutaceae (*Citrus junos*, *Citrus* sp., *Poncirus trifoliata*) (Martin et al., 2000)

**การกระจายตัวและการแพร่ระบาด**

แมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มีการกระจายตัวในหลายประเทศทั่วโลกที่มีการปลูกพืชตระกูลส้ม เช่น อาร์เจนตินา บราซิล คิวบา เม็กซิโก สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส กรีซ อิตาลี รัสเซีย สเปน ตุรกี สาธารณรัฐประชาชนจีน อินเดีย ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ปากีสถาน ไต้หวัน เวียดนาม ประเทศไทย (EPPO Global database, 2018) (ภาพที่ 3) มอลต้า แอลจีเรีย อียิปต์ โมร็อกโค อิสราเอล เลบานอน ยูโกสลาเวีย และศรีลังกา เป็นต้น (Hernández-Suárez et al., 2012) ในประเทศไทยมีรายงานการพบแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ครั้งแรกปี ค.ศ. 1978 (Mound and Halsey, 1978) จากนั้นมีการรายงานอีกครั้งในปี พ.ศ. 2538 (โกศล และวิวัฒน์, 2538) แมลงหวี่ขาวชนิดนี้สามารถเข้าทำลายพืชตระกูลส้มได้หลายสายพันธุ์ เช่น มะนาวฝรั่ง (*Citrus limon*) ส้มโอ (*Citrus maxima*) เกรพฟรุท (*Citrus paradisi*) ส้มแมนดาริน (*Citrus reticulata*) และส้มเกลี้ยง (*Citrus sinensis*) เป็นต้น (EPPO Global database, 2018) นอกจากนี้แมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* สามารถเข้าทำลายพืช มากกว่า 27 ชนิดทั่วโลก เช่น กาแฟ การ์เดนเนีย พลับ และสาลี่ (Fasulo and Weems, 2017) โดยแมลงหวี่ขาวระยะตัวอ่อนจะเข้าทำลายพืชบริเวณใต้ใบ อาศัยดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณท่ออาหาร ความเสียหายทางตรงจากการเข้าทำลายของแมลงหวี่ขาวคือ หากแมลงหวี่ขาวชนิดนี้ระบาดมาก ทำให้ใบมะนาวเกิดอาการเหี่ยว และใบร่วง ความเสียหายทางอ้อมคือ เมื่อแมลงหวี่ขาวระยะตัวอ่อนขับถ่ายของเสีย (honeydew) ลงบนใบพืช ของเสียเหล่านั้นจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของราดำ (sooty mold) ราดำจะเจริญปกคลุมใบและผล ส่งผลให้พืชสังเคราะห์แสงและสร้างอาหารได้น้อยลง เมื่อเกิดราดำในปริมาณมาก ต้นจะแคระแกรน ปริมาณและคุณภาพผลผลิตลดลง



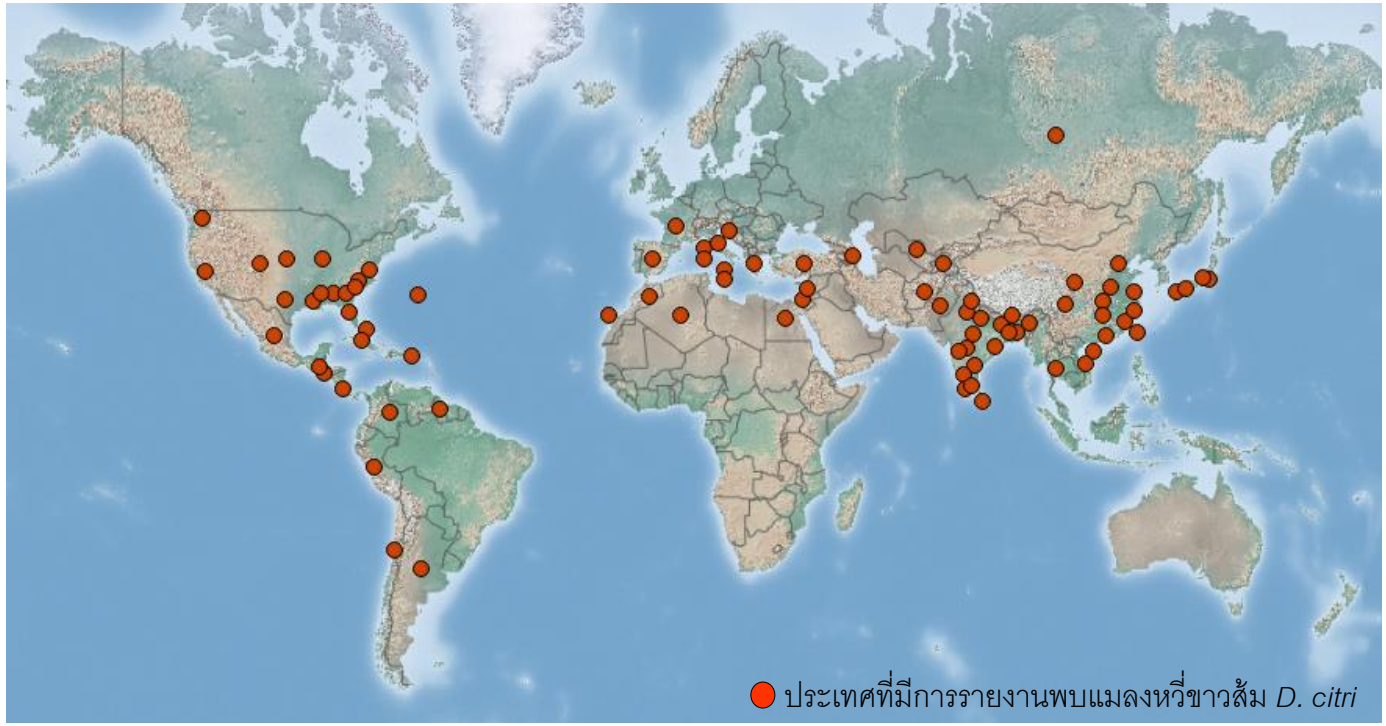

**ภาพที่ 2** ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri*

(ก) แมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ระยะดักแด้ ใช้ในการจำแนกสกุลและชนิด

(ข) ลักษณะ thoracic tracheal

(ค) ลักษณะ vasiform orifice, operculum, lingual และ caudal tracheal

ที่มา: Walker (2011); Suh and Hodges (2008); Zanic et al. (2001)




**ภาพที่** 3 การกระจายตัวของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri*

ที่มา: Anonymous (2019)

หากมีการระบาดของแมลงหวี่ขาวอย่างรุนแรงต่อเนื่องอาจทำให้ต้นพืชตายได้ (Fasulo and Weem, 2017; Sethpakdee, 1997)

**การควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri***

การควบคุมแมลงหวี่ขาวในวงศ์ Aleyrodidae โดยทั่วไปสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1) การเขตกรรม เช่น การตัดแต่งกิ่ง การทำความสะอาดแปลง เพื่อทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงหวี่ขาวศัตรูพืช การใช้กับดักกาวเหนียว การพักแปลง และการเปลี่ยนชนิดพืชปลูก เพื่อตัดวงจรชีวิตและแหล่งอาหารของแมลงหวี่ขาวศัตรูพืช

2) การใช้สารเคมี เช่น สาร buprofezin, imidacloprid และ dinotefuran เป็นต้น (สุเทพ และพวงพกา, 2553) การใช้สารเคมีในการควบคุมแมลงหวี่ขาวศัตรูพืช เป็นวิธีที่ทำได้ยาก เนื่องจากแมลงหวี่ขาวระยะตัวอ่อนอาศัยอยู่บริเวณใต้ใบพืช อีกทั้งแมลงหวี่ขาวมีวงจรชีวิตสั้นและมีพัฒนาการ การต้านทานสารเคมีอย่างรวดเร็ว (Dreistadt, 2001)

3) การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี โดยการใช้เชื้อราก่อโรค เช่น *Aschersonia aleyrodis* (Webber), *Aschersonia goldiana* (Sacc.), และ *Aegerita webberi* (Fawcett) การใช้แมลงตัวห้ำ เช่น *Delphastus catalinae* (Horn), *Chrysoperla* sp. และการใช้แมลงตัวเบียน เช่น *Encarsia lahorensis* (Howard) ซึ่งการใช้การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีเป็นวิธีการที่สามารถควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ได้ (Fasulo and Weem, 2017)

**การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี**

การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี หมายถึง การนำศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ ตัวห้ำ (predator) ตัวเบียน (parasitoid) และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (entomopathogenic pathogen) ที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อรักษาระดับความหนาแน่นของประชากรแมลงศัตรูพืชชนิดใดชนิดหนึ่งให้อยู่ต่ำกว่าระดับที่จะก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจต่อผลผลิต (วิวัฒน์ และโกศล, 2542)

ศัตรูธรรมชาติ หมายถึง สิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติ และเป็นศัตรูของแมลงศัตรูพืช สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) ตัวห้ำ (predator) หมายถึง แมลงที่กินแมลงชนิดอื่นๆ เป็นอาหาร และการกินนั้นจะกินเหยื่อ (prey) หลายตัว จนกว่าจะเจริญเติบโตครบวงจรชีวิต โดยตัวห้ำจะกินเหยื่อไปเรื่อยๆ ไม่จำกัดวัยของเหยื่อสามารถทำลายเหยื่อได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (วิวัฒน์ และโกศล, 2542)

2) ตัวเบียน (parasitoid) หมายถึง แมลงที่เบียดเบียนเหยื่อ หรือเกาะกินอยู่กับเหยื่อจนกระทั่งเหยื่อตาย ซึ่งพฤติกรรมการเป็นตัวเบียนจะเป็นเฉพาะในช่วงที่อยู่ในระยะตัวอ่อนเท่านั้น เมื่อเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยจะหากินอิสระเพื่อเจริญครบวงจรชีวิต และในช่วงอายุหนึ่งๆ ต้องการเหยื่อเพียงตัวเดียวเท่านั้น สามารถแบ่งตามความสัมพันธ์กับเหยื่อได้ดังนี้ แมลงเบียนไข่ (egg-parasitoid) แมลงเบียนหนอน (larval parasitoid) แมลงเบียนดักแด้ (pupal parasitoid) และแมลงเบียนตัวเต็มวัย (adult parasitoid) เป็นต้น (วิวัฒน์, 2545)

3) จุลินทรีย์ (pathogen) หมายถึง จุลินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย ไส้เดือยฝอย และไวรัส เป็นต้น ก่อให้เกิดโรคในสัตว์ขาปล้อง (Arthropod) เช่น แมลง ไร และเห็บ เป็นต้น (วิวัฒน์, 2545)

**ประเภทของการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี**

1) การควบคุมโดยชีววิธีที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ (Naturally-occurring biological control) เป็นการควบคุมแมลงศัตรูพืชที่เกิดในธรรมชาติ ณ แหล่งใดแหล่งหนึ่งโดยใช้ปัจจัยธรรมชาติ ได้แก่ ตัวห้ำ ตัวเบียน และจุลินทรีย์ ที่มีอยู่ในแหล่งนั้นมาเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ และนำมาควบคุมแมลงศัตรูพืชในแหล่งที่ศัตรูธรรมชาติเหล่านั้นอาศัยอยู่ วิธีการนี้รวมไปถึงการจัดการ หรือส่งเสริมให้ศัตรูธรรมชาติในแหล่งนั้น มีความสามารถในการควบคุมแมลงศัตรูพืชในแหล่งเดิมมากขึ้น

2) การควบคุมโดยชีววิธีแบบคลาสสิก (Classical biological control) เป็นการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยมีการนำเอาศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ ตัวห้ำ ตัวเบียน และจุลินทรีย์ จากแหล่งอื่นๆ หรือจากประเทศหนึ่งไปใช้ในอีกประเทศหนึ่ง โดยมากศัตรูธรรมชาติที่ถูกนำมาใช้ได้ผลคือศัตรูธรรมชาติที่มีอยู่ในแหล่งดั้งเดิมของแมลงศัตรูพืช หรือกล่าวโดยสรุปคือการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยวิธีการนี้จะมีขั้นตอนของการนำศัตรูธรรมชาติจากแหล่งอื่นๆ มาใช้ในอีกแหล่งหนึ่ง

3) การควบคุมโดยชีววิธีแบบประยุกต์หรือแบบชั่วคราว (Contemporary biological control) เป็นการควบคุมโดยชีววิธี โดยอาศัยเทคนิคต่างๆ เช่น การทำให้แมลงเป็นหมัน หรือการดัดแปลงลักษณะทางพันธุกรรมต่างๆ เป็นต้น

4) การควบคุมโดยชีววิธีแบบร่วมสมัย (Modern biological control) เป็นการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยใช้สารเคมีที่ถูกผลิตขึ้นโดยสิ่งมีชีวิต และนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช เช่น สารกลุ่ม hormone และ pheromone เป็นต้น (วิวัฒน์, 2545)

**เชื้อราก่อโรคแมลง**

เชื้อราก่อโรคแมลง (Entomopathogenic fungus) หมายถึง จุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อสาเหตุทำให้แมลง แมงมุม ไร หรือสัตว์ขาปล้องเกิดโรคและตาย เชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคในแมลงนี้ ทำให้แมลงติดเชื้อโดยมีความจำเพาะเจาะจงกับแมลงแต่ละชนิดหรือแต่ละกลุ่ม โดยเชื้อราก่อโรคแมลงเหล่านี้ไม่ได้ก่อโรคในพืชหรือสัตว์ รวมทั้งมนุษย์ (Abrol, 2013) เชื้อราก่อโรคแมลงเข้าทำลายแมลงโดยผ่านเข้าทางผนังลำตัว รูหายใจ และบาดแผลบนผนังลำตัวแมลง อาศัยอาหาร และเจริญเติบโตอยู่ในตัวแมลง (ทิพย์วดี, 2533) โดยเชื้อราก่อโรคแมลงแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) แบ่งตามลักษณะการพบ

เชื้อราก่อโรคแมลง สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ตามลักษณะการพบ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือเชื้อราก่อโรคแมลงที่พบบนส่วนต้นพืช ส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก พบได้ตลอดทั้งปี ต้องการความชื้นในการเติบโตน้อย และมักพบเชื้อราก่อโรคแมลงอยู่ตามใบพืช เนื่องจากแมลงจะอาศัยใต้ใบเพื่อพรางตัวจากศัตรูและจากสภาพแวดล้อม เช่น แสงแดดและฝน เช่น เชื้อราก่อโรคแมลงสกุล *Akanthomyces*, *Aschersonia*, *Hypocrella* และ *Gibellula* เป็นต้น กลุ่มที่ 2 คือเชื้อราก่อโรคแมลงที่พบบนพื้นดิน ส่วนใหญ่พบในฤดูฝน เนื่องจากต้องการความชื้นปริมาณสูงเพื่อการเจริญเติบโต โดยเชื้อราจะสร้างก้านที่ผลิตสปอร์ (stroma) ชูขึ้นมาเหนือพื้นดิน เช่น เชื้อราก่อโรคแมลงสกุล *Ophiocordyceps* เป็นต้น (วินันท์ดา และคณะ, 2553)

2) แบ่งตามความจำเพาะเจาะจงระหว่างแมลงอาศัยกับเชื้อราก่อโรคแมลง

ความจำเพาะเจาะจงระหว่างโฮสต์กับปรสิต (Host-parasite specificity) หมายถึง ความจำเพาะในการเลือกโฮสต์ของปรสิต คือปริสิตสามารถดำรงชีพอยู่ได้ในโอสต์บางชนิดเท่านั้น ถ้าเข้าไปอยู่ในโอสต์ต่างชนิดจะไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ (กรมควบคุมโรค, 2545) ในที่นี้แมลงคือโฮสต์หรือเรียกอีกอย่างว่าแมลงอาศัย เชื้อราก่อโรคแมลงคือปรสิตที่เข้ามาอาศัยอยู่กับแมลง ซึ่งเชื้อราก่อโรคแมลงในธรรมชาติมักเติบโตอยู่รวมกันหลายสายพันธุ์ สามารถแบ่งเชื้อราก่อโรคแมลงได้เป็น 2 กลุ่ม ตามความจำเพาะต่อแมลงอาศัย (ตารางที่ 1)

**ตารางที่** 1 คุณลักษณะของเชื้อราก่อโรคแมลงที่มีความจำเพาะเจาะจงกับแมลงอาศัยและกลุ่มเชื้อราก่อโรคแมลงที่ไม่มีความจำเพาะเจาะจงกับแมลงอาศัย

| **คุณลักษณะของเชื้อราก่อโรคแมลง** | |
|---|---|
| กลุ่มที่จำเพาะเจาะจงกับแมลงอาศัย | กลุ่มที่ไม่จำเพาะเจาะจงกับแมลงอาศัย |
| 1) พบแมลงอาศัยแคบ | 1) พบแมลงอาศัยกว้าง |
| 2) ผลิตสปอร์น้อย และสปอร์มีขนาดใหญ่ | 2) ผลิตสปอร์มาก และสปอร์มีขนาดเล็ก |
| 3) สามารถผลิตสปอร์ได้มากกว่า 1 ชนิด | 3) ผลิตสปอร์ได้เพียง 1 ชนิด |
| 4) สปอร์เพียงเล็กน้อยสามารถทำให้แมลงอาศัยติดเชื้อได้อย่างรวดเร็ว | 4) ต้องใช้สปอร์มากในการทำให้แมลงอาศัยติดเชื้อ |
| 5) สารพิษมีความเป็นพิษกับแมลงอาศัยน้อย | 5) สารพิษเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้แมลงตาย |
| 6) มีการกระตุ้นให้เกิดโรคในแมลงอาศัยชัดเจน | 6) มีการกระตุ้นให้เกิดโรคในแมลงอาศัยน้อย |
| 7) พบเข้าทำลายแมลงอาศัยที่อยู่บนพืช | 7) สามารถพบทั่วไปบนแมลงอาศัยที่อยู่ในดิน |
| 8) เป็นเชื้อราที่ยากต่อการแยกเชื้อและเพาะเลี้ยง | 8) สามารถแยกเชื้อและเพาะเลี้ยงได้โดยง่าย |

ที่มา: Butt and Goettel (2000)

ได้แก่ เชื้อราก่อโรคแมลงที่มีความจำเพาะเจาะจงกับแมลงอาศัย (specialist insect pathogenic fungus) ส่วนใหญ่เป็นเชื้อราก่อโรคแมลงในวงศ์ Clavicipitaceae เช่น *Cordyceps* sp., *Hypocrella* sp. และ *Torrubiella* sp. และเชื้อราก่อโรคแมลงที่ไม่มีความจำเพาะเจาะจงกับแมลงอาศัย (generalist insect pathogenic fungus) เช่น *Beauveria bassiana* (Balsamo), *Metarhizium anisopliae* (Metsch.), *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) และ *Paecilomyces farinosus* (Holmsk.) เป็นต้น (Hywel-Jones, 2001)

**เชื้อราก่อโรค *Aschersonia* spp.**

เชื้อราก่อโรค *Aschersonia* spp. เป็นเชื้อราที่มีความจำเพาะเจาะจงและก่อให้เกิดโรคกับแมลงในธรรมชาติ โดยเชื้อราก่อโรคสกุล *Aschersonia* จัดเป็นเชื้อราที่อยู่ในระยะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ส่วนระยะการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของเชื้อราในสกุลนี้ ถูกจัดเป็นสกุล *Hypocrella* การสืบพันธุ์ทั้งสองแบบของเชื้อราชนิดนี้มีลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกัน (Hywel-Jones, 2001) เชื้อราทั้ง 2 สกุล มีความจำเพาะเจาะจงกับแมลงศัตรูพืชในอันดับ Hemiptera ได้แก่ แมลงหวี่ขาว ในวงศ์ Aleyrodidae และเพลี้ยหอย ในวงศ์ Coccidae (Fransen, 1987) มีรายงานว่าเชื้อรา *Hypocrella* spp. บางชนิดสามารถสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ เช่น สาร hypocrellin A (HA) และ hypocrellin B (HB) ที่แยกได้จากเชื้อรา *Hypocrella bambusae* (Berkeley and Broom) และ *Shiraia bambusicola* (Henn) ซึ่งสารที่แยกได้นั้น มีคุณสมบัติต้านไวรัสและมะเร็งได้ และในสาธารณรัฐประชาชนจีนมีการนำสารทั้งสองชนิดมาใช้ทางการแพทย์แผนโบราณ

ลักษณะทางอนุกรมวิธานของเชื้อราสกุล *Aschersonia*

Kingdom: Fungi

Phylum: Deuteromycota

Class: Hypomycetes

Order: Monilliales

Family: Ophiocordycipitaceae

Genus:*Aschersonia*

(มาลี, 2551)

ลักษณะทางอนุกรมวิธานของเชื้อราสกุล *Hypocrella*

Kingdom: Fungi

Phylum: Ascomycota

Class: Sordariomycetes

Order: Hypocreales

Family: Clavicipitaceae

Genus: *Hypocrella*

(Lacey and Kaya, 2007)

ปัจจุบันพบเชื้อรา *Aschersonia* spp. ประมาณ 40 ชนิดทั่วโลก (สิริฉัตร, 2546) พบการกระจายตัวในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน เช่น ประเทศไทย สาธารณรัฐประชาชนจีน กาน่า อินเดีย อินโดนีเซีย มาเลเซีย นิวกินี ฟิลิปปินส์ และเวียดนาม (Liu et al., 2006) ประเทศไทยพบความหลากหลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. เป็นผลมาจากประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนชื้น มีอุณหภูมิ อากาศ และความชื้น เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราก่อโรคแมลง (Hywel-Jones, 2002) สามารถพบเชื้อรา *Aschersonia* spp. ได้ทั่วไปในป่าและเขตอุทยานแห่งชาติ และพบเชื้อรา *Aschersonia* spp. จำนวน 16 ชนิด โดยร้อยละ 75 ของเชื้อราที่พบทั้งหมดพบในระยะที่ไม่อาศัยเพศ (วินันท์ดา และคณะ, 2553)

**ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราก่อโรค *Aschersonia* spp.**

ชนิดเชื้อราก่อโรคแมลงที่เข้าทำลายแมลงหวี่ขาวในวงศ์ Aleyrodidae ในประเทศไทยพบ 7 ชนิด คือ *Aschersonia samoensis* (Henn), *A. placenta*, *Aschersonia confluens* (Henn), *Hypocrella raciborskii* (Zimmermann), *Hypocrella discoidea* (Berkeley and Broom), *Conoideocrella luteorostrata* (Zimmermann) และ *Conoideocrella tenuis* (Petch) (วินันท์ดา และคณะ, 2551) เชื้อราก่อโรค *Aschersonia* spp. พบ 3 ชนิด คือเชื้อรา *A. samoensis*, *A. placenta* และ *A. confluens* ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ใช้ในการจำแนกชนิดของเชื้อรา *Aschersonia* spp. สามารถจำแนกได้จากการตรวจสอบรายละเอียดของเชื้อรา (stromata) (สุรางค์, 2551) ได้แก่ สีและรูปร่างของ stromata สีและรูปร่างของ spore mass บน stromata รูปร่างของสปอร์ ความกว้างและความยาวของสปอร์ การเจริญเติบโตบนอาหาร potato

dextrose agar (PDA) สีของโคโลนีและสีของ spore mass บนอาหาร PDA ลักษณะเส้นใยและปริมาณของ spore mass เป็นต้น (Liu et al., 2006)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *A. samoensis*

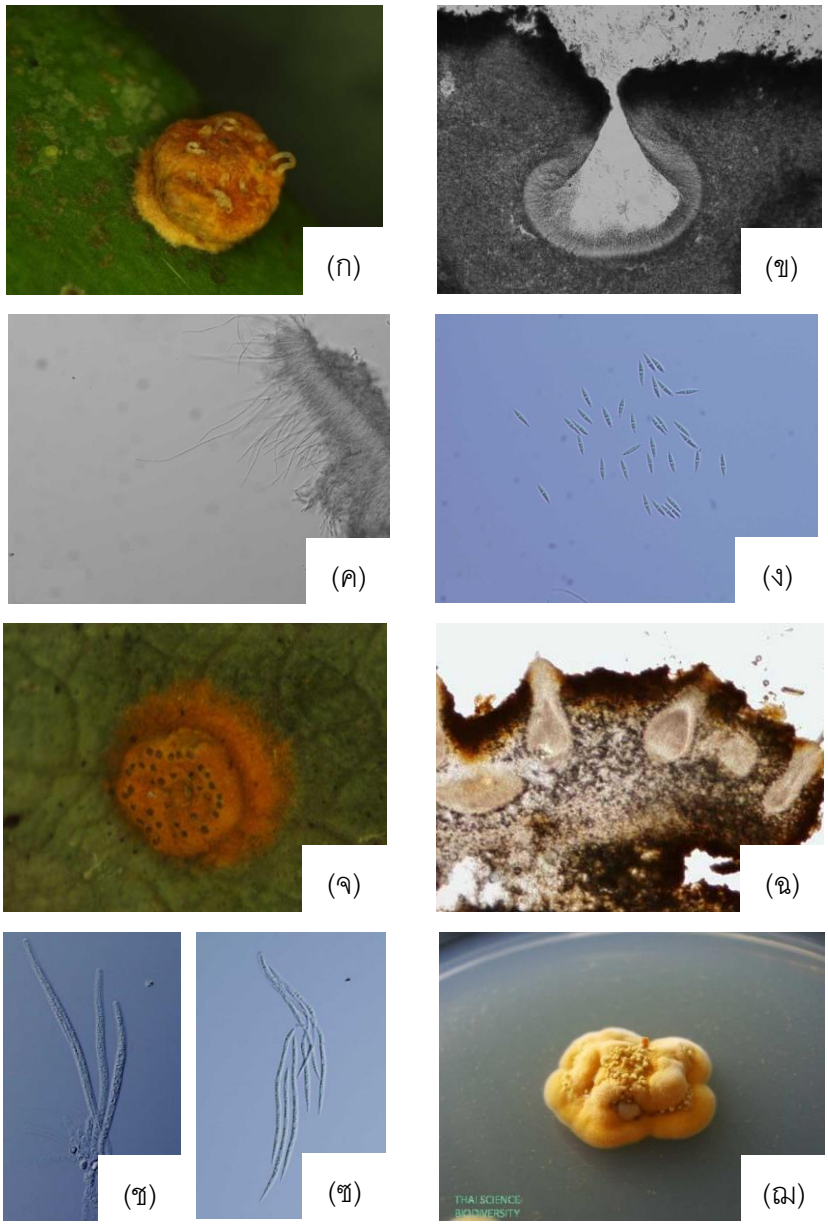
เชื้อรา *A. samoensis* เป็นเชื้อราที่อยู่ในระยะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ส่วนระยะการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของเชื้อราชนิดนี้ ถูกจัดเป็น *H. discoidea* บางเวลาที่เหมาะสมสามารถพบเชื้อราทั้งสองระยะเจริญร่วมกัน (วินันท์ดา และคณะ, 2551) เชื้อรามีลักษณะของ stromata แบบกลม คล้ายเม็ดกระดุม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร สีของ stromata มีสีเหลืองอ่อนถึงเหลืองเข้ม บริเวณฐานของ stromata จะปรากฏ hypothallus ยื่นออกมาเล็กน้อย มี ostiole ที่เปิดออกสู่ภายนอกสำหรับปล่อยสปอร์ (ภาพที่ 4 (ก)) เชื้อราสร้าง fruiting body แบบ pycnidium มีรูปร่างแบบ flask-shaped (ภาพที่ 4 (ข)) paraphyses ใส ไม่มีสี (hyaline) มีความยาว 250 ไมโครเมตร (ภาพที่ 4 (ค)) conidia มีรูปร่างยาว รี (fusoid conidia) มีขนาด 10-12.5×1.5-2 ไมโครเมตร (ภาพที่ 4 (ง)) (Liu et al., 2006)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *H. discoidea*

เชื้อรา *H. discoidea* ลักษณะ stromata รูปทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร สีของ stromata มีสีส้มอมแดง ผนังขรุขระ บริเวณฐานของ stromata มีทั้งปรากฏ และไม่ปรากฏ hypothallus (ภาพที่ 4 (จ)) เชื้อราสร้าง ascocarp แบบ perithecium มีรูปร่างแบบ flask-shaped (ภาพที่ 4 (ฉ)) ภายใน perithecium ประกอบด้วยถุง asci (ภาพที่ 4 (ช)) ลักษณะ ascospores มีรูปร่างเป็นทรงกระบอก มีขนาด 75-80×2.5 ไมโครเมตร (ภาพที่ 4 (ซ)) การเจริญของเชื้อราบนอาหาร PDA เชื้อราสร้างโคโลนีสีเหลือง และสร้าง conidial mass สีเหลืองจำนวนมาก (ภาพที่ 4 (ฌ)) (Hywel-Jones and Evans, 1993)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *A. placenta*

เชื้อรา *A. placenta* เป็นเชื้อราที่อยู่ในระยะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ส่วนระยะการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของเชื้อราชนิดนี้ ถูกจัดเป็น *H. raciborskii* โดยเชื้อรา *A. placenta* มีลักษณะของ stromata แบบยกสูงจากผิวพืชขึ้นมาเล็กน้อย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-3 มิลลิเมตร สูง 0.2-0.7 มิลลิเมตร บริเวณขอบของ stromata ปรากฏ hypothallus ใส ไม่มีสี ยื่นออกมา สีของ stromata มีสีเหลือง หรือสีเหลืองอ่อน (ภาพที่ 5 (ก))




**ภาพที่** 4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Aschersonia samoensis* ((ก) และ (ง)) และ *Hypocrella discoidea* ((จ) และ (ฌ))

(ก) stromata (ง) สปอร์ (ช) asci

(ข) pycnidia (จ) stromata (ซ) ascospores

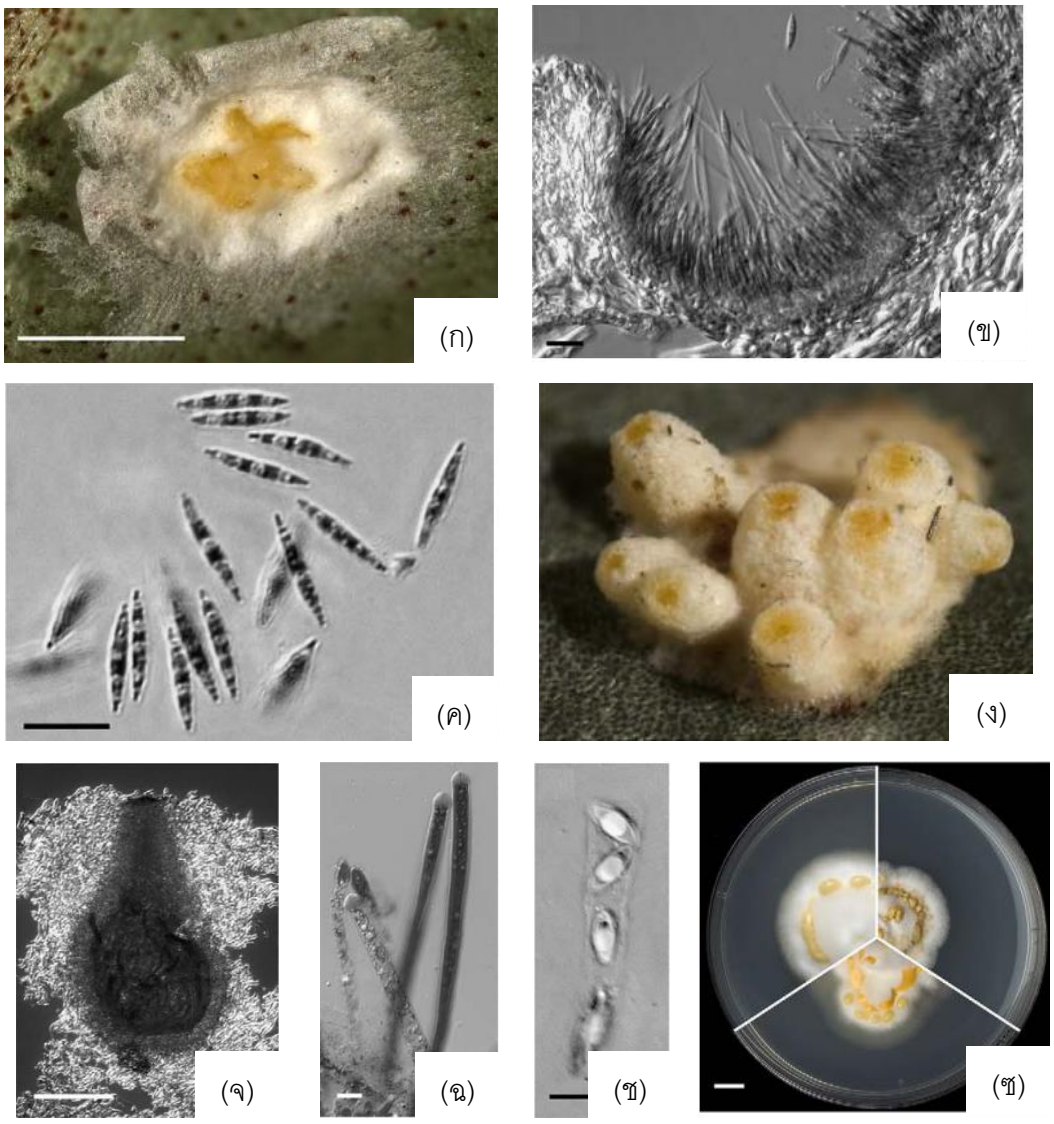
(ค) paraphyses (ฉ) perithecia (ฌ) การเจริญของเชื้อราบนอาหาร PDA

ที่มา: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2557)

เชื้อราสร้าง fruiting body แบบ pycnidia ที่มีรูปร่างแบบ flask-shaped ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 340×360 ไมโครเมตร paraphyses ใส ไม่มีสี มีความยาว 40-70 ไมโครเมตร (ภาพที่ 5 (ข)) สปอร์หรือ conidia มีรูปร่างยาว รี มีขนาด 9-16×1.5-2 ไมโครเมตร (ภาพที่ 5 (ค)) (Liu et al., 2006)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *H. raciborskii*

เชื้อรา *H. raciborskii* ลักษณะ stromata แบบยกสูงจากผิวพืชขึ้นมา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-2 มิลลิเมตร มีลักษณะเป็นแท่งกลม (tubercles) อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม แต่ละ stromata มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3-0.5 มิลลิเมตร สูง 0.5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 5 (ง)) สีของ stromata มีสีเหลือง สีส้ม สีเหลืองซีด หรือสีเหลืองอ่อน ภายใน stromata เชื้อราสร้าง ascocarp แบบ perithecium มีรูปร่างแบบ flask-shaped พบส่วนของ ostiole ที่เปิดออกสู่ภายนอกสำหรับปล่อยสปอร์ โดยทั่วไป ostiole มีสีส้มหรือสีน้ำตาล (ภาพที่ 5 (จ)) ภายใน perithecium ประกอบด้วยถุง asci ส่วนปลายถุง asci มีลักษณะเป็นหมวกหนา (caps) ไม่มีสี (ภาพที่ 5 (ฉ)) ascospores มีรูปร่างเป็นทรงกระบอก ปลายมน มีขนาด 10-16×2.5 ไมโครเมตร (ภาพที่ 5 (ช)) การเจริญของเชื้อราบนอาหาร PDA เชื้อราสร้างโคโลนีสีขาวถึงเหลือง สร้าง conidial mass จำนวนมาก conidial mass มีตั้งแต่มีเหลืองอ่อนถึงสีส้ม (ภาพที่ 5 (ซ)) (Liu et al., 2006)




**ภาพที่ 5** ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Aschersonia placenta* ((ก) และ (ค)) และ *Hypocrella raciborskii* ((ง) และ (ซ))

(ก) stromata
(ข) pynidium และ paraphyses
(ค) สปอร์
(ง) stromata
(จ) perithecium
(ฉ) asci
(ช) ascospores
(ซ) การเจริญของเชื้อราบนอาหาร PDA

ที่มา: Liu et al. (2006)

**กลไกการเข้าทำลายแมลงของเชื้อราก่อโรคสกุล *Aschersonia* spp.**

กลไกการเข้าทำลายแมลงของเชื้อราก่อโรคแมลงโดยทั่วไปเริ่มแรก conidium ของเชื้อราสัมผัสกับส่วนของแมลงตามช่องเปิดต่างๆ เช่น ผนังลำตัว รูหายใจ และบาดแผลบนผนังลำตัว เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม เชื้อราสร้าง germ tube แทงทะลุผ่านลำตัวของแมลงเข้าไปภายในตัวแมลง โดยอาศัยเอนไซม์ (enzyme) ต่างๆ เช่น Lipase และ chitinase เป็นต้น เพื่อช่วยย่อยสลายส่วนของเนื้อเยื่อ epidermis ส่งผลทำให้ germ tube สามารถแทงทะลุผ่านเข้าไปถึงเนื้อเยื่อ basement membrane และทะลุผ่านช่องว่างภายในตัวแมลง เชื้อราจะเจริญเติบโตและสร้างเส้นใยจำนวนมากภายในตัวแมลง เชื้อราบางชนิดสร้างสปอร์ที่สร้างขึ้นจากเส้นใยโดยตรง เรียกว่า chlamydospores สปอร์จะมีผนังหนาทำให้คงทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสมเชื้อราจะสร้างเส้นใยในตัวแมลงจนเต็ม เมื่อแมลงตายจะเจริญทะลุผ่านผนังลำตัวแมลงออกมาภายนอก ส่วนของเส้นใยหรือ hyphae ที่สามารถเจริญผ่านผนังลำตัวออกมานี้ เรียกว่า ก้านชูสปอร์ หรือ conidiophore ซึ่งอาจเป็นสายเดี่ยว หรือแตกแขนง ที่ปลายของ conidiophore จะโป่งออก มีผนังกั้นและแยกตัวออกมาเป็นสปอร์ สปอร์เหล่านั้นจะถูกดีดออกจากก้านชูสปอร์ เมื่อตกลงบนผนังลำตัวของแมลงตัวอื่นก็จะงอกผ่านผนังลำตัว และเริ่มวงจรชีวิตใหม่อีก (ทิพย์วดี, 2533) โดยเชื้อรา *A. aleyrodis* สามารถเข้าทำลายแมลงหวี่ขาวศัตรูพืชได้โดยตรงทางผนังลำตัวของแมลงอาศัย โดยจะเข้าทำลายแมลงหวี่ขาวในระยะตัวอ่อน แต่ไม่พบรายงานการเข้าทำลายแมลงหวี่ขาวในระยะไข่และตัวเต็มวัย (Fransen, 1987)

**การใช้ประโยชน์เชื้อราก่อโรค *Aschersonia* spp. เพื่อควบคุมแมลงหวี่ขาวในวงศ์ Aleyrodidae โดยชีววิธี**

ในปี ค.ศ. 1897 เริ่มมีการนำเชื้อรา *Aschersonia* spp. มาทดลองใช้ควบคุมแมลงหวี่ขาวศัตรูพืชที่เข้าทำลายพืชตระกูลส้มเป็นครั้งแรกในรัฐฟลอริด้า (Fransen, 1987) หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1921 ได้มีการจัดจำแนกลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ไว้มากกว่า 50 ตัวอย่าง เช่น เชื้อรา *A. aleyrodis*, *Aschersonia flava* (Petch), *Aschersonia flavocitrina* (Henn), *A. goldiana*, *A. placenta* และ *Aschersonia viridians* (Berkeley and Curtis) เป็นต้น โดยเชื้อรา *A. aleyrodis* เป็นสาเหตุที่ทำให้แมลงหวี่ขาวหลายชนิดเกิดโรคในเขตกึ่งร้อน มีรายงานการเข้าก่อโรคของเชื้อรา *A. aleyrodis* กับแมลงหวี่ขาวหลายชนิด เช่น *A. woglumi*, *A. floccosus, Bemisia tabaci* (Gennadius), *Bemisia giffardi* (Kotinsky), *D. citri*,

*Dialeurodes citrifolii* (Morgan), *Tetraleurodes acaiae* (Quaintance), *Tetraleurodes abutiloneus* (Haldeman) และ *T. vaporariorum* (Petch, 1921) ในปี ค.ศ. 1944 มีการนำเชื้อรา *Aschersonia* spp. มาใช้ควบคุมแมลงหวี่ขาวศัตรูพืช ในการปลูกส้มบริเวณพื้นที่รอบทะเล Black sea และสาธารณรัฐประชาชนจีน (Gould et al., 2008) หลังจากนั้นการศึกษาค้นคว้าเพื่อนำเชื้อรา *Aschersonia* spp. มาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชชนิดต่างๆ มีเพิ่มมากขึ้น เช่น การใช้เชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาว greenhouse whitefly, *T. vaporariorum* ในการปลูกแตงกวาและมะเขือเทศ แถบยุโรปตะวันออก โดยฉีดพ่นเชื้อรา *Aschersonia* spp. ลงบนตัวอ่อนแมลงหวี่ขาว *T. vaporariorum* ที่ความหนาแน่นของสปอร์ 2.5-5.5×$10^7$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร โดยฉีดพ่น 3 ครั้งต่อสัปดาห์ และเชื้อรา *Aschersonia* spp. มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อมีการใช้ร่วมกับแตนเบียน *Encarsia formosa* (Gahan) โดยจะปล่อยแตนเบียน *E. formosa* เข้าไปในแปลงก่อน หลังจากนั้น 1 เดือน มีการฉีดพ่นเชื้อรา *Aschersonia* spp. เพื่อควบคุมแมลงหวี่ขาว *T. vaporariorum* (Fransen, 1987) ในปี ค.ศ. 1994 มีการพัฒนาวิธีการนำเชื้อรา *A. aleyrodis* และ *A. goldiana* มาใช้ควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และ *D. citrifolii* ในรัฐฟลอริด้า โดยการนำเชื้อราที่มีการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ และสร้างสปอร์บนอาหารสังเคราะห์ sweet potato agar มาฉีดพ่นโดยตรงบนใบพืชที่ถูกแมลงหวี่ขาวเข้าทำลาย (Fransen, 1987) ในปี ค.ศ. 2013 ได้มีการศึกษาการคัดเลือกเชื้อรา *Aschersonia* spp. เพื่อใช้ควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ซึ่งเป็นศัตรูพืชหลักที่เข้าทำลายส้มหลายสายพันธุ์ที่ปลูกในสาธารณรัฐประชาชนจีนโดยพบว่าเชื้อรา *Aschersonia* spp. สามารถควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ได้ โดยทำให้แมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ตาย 69 เปอร์เซ็นต์ เมื่อจัดจำแนกเชื้อราด้วยวิธีการทางสัณฐานวิทยา และ phylogenetic analysis พบว่าเป็นเชื้อรา *A. placenta* ซึ่งเป็นตัวอย่างที่เก็บมาจากประเทศไทยและเวียดนาม (Zhang et al., 2013) ในปี ค.ศ. 2016 มีการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อรา *A. placenta* ในการควบคุมเพลี้ยหอยเกล็ดดำ *Parlatoria ziziphi* (Lucas) โดยเก็บเชื้อรา *A. placenta* จากแปลงปลูกส้ม ในภาคตะวันออกของประเทศไทย พบว่าเชื้อรา *A. placenta* ที่ความหนาแน่นของสปอร์ 1x$10^9$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร หลังจากปลูกเชื้อเป็นเวลา 14 และ 21 วัน ทำให้ *P. ziziphi* ตาย 23.73 เปอร์เซ็นต์ และ 27.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Homrahud et al., 2016)

**พลวัตประชากร (population dynamics) ของแมลงหวี่ขาวในวงศ์ Aleyrodidae และเชื้อราก่อโรค *Aschersonia* spp.**

พลวัตประชากร (population dynamics) คือการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของขนาดและความหนาแน่นของประชากรสิ่งมีชีวิต 1 ชนิด หรือ 1 ชนิดขึ้นไป มีความผันแปรตามลักษณะของพื้นที่และระยะเวลา (Juliano, 2007) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของประชากรอาจมีผลมาจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ปัจจัยหลัก (primary factor) และปัจจัยรอง (secondary factor) ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากร ได้แก่ อัตราการเกิด (natality) อัตราการตาย (mortality) และการอพยพ (migration) ปัจจัยรอง ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ (weather) อาหาร (food) ศัตรูธรรมชาติ (natural enemies) แหล่งแพร่พันธุ์ (breeding habitat) และแหล่งคุ้มภัยในช่วงฤดูหนาว (overwintering habitat) เป็นต้น นิยามของคำว่า พลวัตประชากร สามารถสรุปสั้นๆ หมายถึงปัจจัยต่างๆ ในสภาวะแวดล้อมที่ก่อให้เกิดพลวัตหรือก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของจำนวน หรือความหนาแน่นของประชากรในช่วงเวลาหนึ่งๆ (ศานิต, 2546)

ปัจจัยของสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของประชากรแมลงหวี่ขาวในวงศ์ Aleyrodidae ในระยะตัวอ่อน ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ (Vincent and Adeyemi, 2011) และแสง (Saini et al., 2016) ระยะตัวเต็มวัย ได้แก่ แสงแดด (Saini et al., 2016) และปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของประชากรแมลงหวี่ขาว ทั้งระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยคือ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (Bellows and Meisenbacher, 2007) นอกจากปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศ พืชอาหารของแมลงหวี่ขาวเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการกระจายตัวของประชากรแมลงหวี่ขาวในวงศ์ Aleyrodidae ปัจจัยที่ส่งผลต่อการกระจายตัวคือ อายุของใบ โดยแมลงหวี่ขาววัย 2 และ 3 ของ *T. vaporariorum* และ *B. tabaci* มักพบบริเวณใบแก่ (old leaves) และใบไม่อ่อนไม่แก่ (เพสลาด) หรือเรียกว่าใบอายุกลาง (middle aged leaves) (Hoddle, 2013) การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศไม่เพียงแต่ส่งผลต่อพลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาว แต่ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของประชากรเชื้อราก่อโรคแมลงอีกด้วย

สภาพภูมิอากาศมีผลต่อเชื้อราก่อโรคแมลง โดยสามารถทำให้แมลงเกิดโรคและตาย ก่อให้เกิดความรุนแรงของโรคในแมลงมากน้อยแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของเชื้อรา แมลง และพืช ที่เรียกว่า Trithrophic เนื่องจากเชื้อราก่อโรคแมลงมีความจำเพาะเจาะจงกับแมลงอาศัย (มาลี, 2551) การที่เชื้อราจะสามารถทำให้เกิดโรครุนแรงมากน้อยกับแมลงนั้น ขึ้นอยู่กับ

ปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความสามารถในการเข้าทำลาย ความรุนแรงของเชื้อ วิธีการเข้าสู่ตัวแมลง และสภาพแวดล้อม เป็นต้น (ทิพย์วดี, 2533)

ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อเปลี่ยนแปลงของประชากรของเชื้อราก่อโรคแมลง ได้แก่ สภาวะของฤดูกาล ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน และแสงแดด เป็นต้น (สิริฉัตร, 2546) ความชื้นสัมพัทธ์ส่งผลต่อการงอกของสปอร์ (spore germination) และการสร้างสปอร์ (sporulation) ออกมานอกแมลงอาศัย Meekes (2002) รายงานว่าความชื้นสัมพัทธ์มีอิทธิพลต่อเชื้อราที่เข้าทำลายแมลงหวี่ขาว *T. vaporariorum* โดยพบว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50 และ 80 เปอร์เซ็นต์ มีอิทธิผลต่อเชื้อรา *A. placenta*, *A. aleyrodis* และ *Verticillium lecanii* โดยทำให้แมลงหวี่ขาว *T. vaporariorum* มีเปอร์เซ็นต์การตาย เท่ากับ 47.4, 49.6, 32.2 และ 72.8, 75.6, 51.7 ตามลำดับ และที่ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีอิทธิผลต่อเชื้อรา *A. aleyrodis* และ *V. lecanii* โดยทำให้แมลงหวี่ขาว *T. vaporariorum* มีเปอร์เซ็นต์การตายอยู่ในช่วง 81-97 และ 59-90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้พลวัตประชากรแมลงศัตรูพืชมีความสำคัญต่อการแพร่กระจายของสปอร์ของเชื้อราก่อโรคแมลง โดยแหล่งสารอาหารที่สำคัญต่อการเจริญของเชื้อราก่อโรคแมลงในธรรมชาติมีอยู่ในตัวแมลงซึ่งประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน และไคติน (สิริฉัตร, 2546)

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และเชื้อรา *Aschersonia* spp.

2. เพื่อศึกษาพลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในแปลงมะนาว อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช

3. เพื่อศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในสภาพแปลงและห้องปฏิบัติการ

# บทที่ 2

# วิธีการวิจัย

## วิธีดำเนินการ

### 1. การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และเชื้อรา *Aschersonia* spp.

#### 1.1 การเก็บตัวอย่างแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และเชื้อรา *Aschersonia* spp.

เก็บรวบรวมตัวอย่างแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่ลงทำลายแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* จากแปลงปลูกมะนาวของเกษตรกรจังหวัดนครศรีธรรมราช ในพื้นที่ 5 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอท่าศาลา อำเภอฉวาง อำเภอพรหมคีรี และอำเภอลานสกา เดือนละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 2 เดือน (เดือนมิถุนายนและเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559)

เก็บตัวอย่างแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* โดยตัดส่วนของพืชที่มีระยะไข่ ตัวอ่อน และดักแด้ของแมลงหวี่ขาวด้วยกรรไกรตัดกิ่ง นำตัวอย่างแมลงหวี่ขาวที่เก็บรวบรวมพร้อมพืชอาศัยห่อกระดาษ A4 แล้วนำใส่ถุงซิปล็อค ขนาด 7×14 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างตัวเต็มวัยของแมลงหวี่ขาวด้วยอุปกรณ์ดูดแมลง (aspirator) และบันทึกข้อมูลเบื้องต้น เช่น พืชอาหาร สถานที่ วัน เดือน ปี และชื่อผู้เก็บตัวอย่าง ทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง หากตัวอย่างแมลงหวี่ขาวที่รวบรวมได้อยู่ในระยะตัวอ่อน นำตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวไปเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ โดยนำใบมะนาวที่พบแมลงหวี่ขาวระยะตัวอ่อนใส่กล่องพลาสติกทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7×27 เซนติเมตร ใช้สำลีชุบน้ำห่อบริเวณก้านใบมะนาวเพื่อชะลอการเหี่ยวของใบ และเลี้ยงตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* จนเป็นตัวเต็มวัย เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาต่อไป

เก็บตัวอย่างเชื้อรา *Aschersonia* spp. โดยตัดใบมะนาวที่มี stromata ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ด้วยกรรไกรตัดกิ่ง นำตัวอย่าง stromata ของเชื้อราที่เก็บรวบรวมพร้อมพืชอาศัยห่อกระดาษ A4 แล้วนำใส่ถุงซิปล็อค ขนาด 7×14 เซนติเมตร บันทึกข้อมูลเบื้องต้น เช่น พืชอาหาร สถานที่ วัน เดือน ปี และชื่อผู้เก็บตัวอย่าง ทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง นำถุงซิปล็อคใส่ในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิ จากนั้นนำตัวอย่างแมลงหวี่ขาวและเชื้อรา *Aschersonia* spp. ไปศึกษาในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้ในการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาต่อไป

**1.2 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri***

นำตัวอย่างระยะตัวอ่อน ดักแด้ และตัวเต็มวัยของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ที่เก็บรวบรวมได้ในหัวข้อ 1.1 มาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo microscope บันทึกรายละเอียดของแมลงหวี่ขาว เช่น ลักษณะ รูปร่าง ขนาด สีของปีก ขนาดของปีก เป็นต้น พร้อมทั้งถ่ายภาพแมลงหวี่ขาวทุกระยะ

นำตัวอย่างแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ระยะดักแด้ที่เก็บรวบรวมได้ในหัวข้อ 1.1 มาศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope โดยใช้เข็มเขี่ยลนไฟฆ่าเชื้อ เขี่ยแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ระยะดักแด้ที่ติดอยู่กับเนื้อเยื่อของใบมะนาววางบนกระจกสไลด์ จากนั้นหยดสารละลาย lactophenol cotton blue 1-2 หยด เพื่อย้อมสีตัวอย่าง และปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ (cover slip) บันทึกลักษณะสำคัญที่ใช้ในการจำแนกชนิด เช่น ลักษณะขา อวัยวะที่ใช้ในการขับไข เช่น vesiform orifice, lingual และ operculum เป็นต้น และปิดป้ายบันทึกข้อมูล เช่น พืชอาหาร สถานที่ วัน เดือน ปี และชื่อผู้เก็บตัวอย่าง ที่ด้านขวามือของแผ่นสไลด์

ตรวจสอบลักษณะที่สำคัญทางสัณฐานวิทยาและอนุกรมวิธานโดยอ้างอิงจากเอกสารแนวทางการวินิจฉัยชนิดของแมลงหวี่ขาวในวงศ์ Aleyrodidae จากรายงานของ (สุนัดดา และคณะ, 2556; Hodges and Evans, 2005; Suh and Hodges, 2008; Martin et al., 2000) และงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และยืนยันชนิดของแมลงหวี่ขาวโดย รศ.ดร. โกศล เจริญสม อาจารย์ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร บางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านนิเวศวิทยาและอนุกรมวิธาน แมลงศัตรูธรรมชาติ (ตัวห้ำ ตัวเบียน) การควบคุมโดยชีววิธี และแมลงต่างถิ่น

**1.3 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการจำแนกชนิดของเชื้อรา *Aschersonia* spp.**

1) การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยวิธีการตัดขวาง (Freehand section)

นำตัวอย่างเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เก็บรวบรวมได้ในหัวข้อ 1.1 มาศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา โดยนำใบมะนาวที่มีส่วนของ stromata ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. มาตัดเป็นชิ้นให้มีขนาดเล็กประมาณ 1x1 เซนติเมตร นำชิ้นส่วนที่ตัดวางบนแผ่นกระจกสไลด์ที่สะอาด และนำแผ่นกระจกสไลด์อีกแผ่นมาวางทับลงบนชิ้นส่วนที่เตรียมไว้ โดยให้ขอบของกระจกสไลด์และขอบของชิ้น stromata เหลื่อมกันเล็กน้อย ใช้ใบมีดโกนตัดตามขอบสไลด์ให้ชิ้น stromata บางที่สุด ด้วยวิธีการตัดขวาง นำส่วนของ stromata ที่ตัด วางบนกระจกสไลด์อีกแผ่น หยดสารละลาย lactophenol หรือ lactophenol cotton blue และปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ นำไปตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของเชื้อรา

2) การแยกเชื้อรา (Isolation)

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อรา PDA (Difco) โดยการละลาย PDA 39 กรัม ในน้ำกลั่น ปริมาตร 1 ลิตร แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นลงประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส เทอาหารเลี้ยงเชื้อรา PDA ปริมาตร 8 มิลลิลิตร ใส่จานอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ตั้งอาหารทิ้งไว้ให้แข็งตัว เพื่อเตรียมนำไปใช้เลี้ยงเชื้อราต่อไป

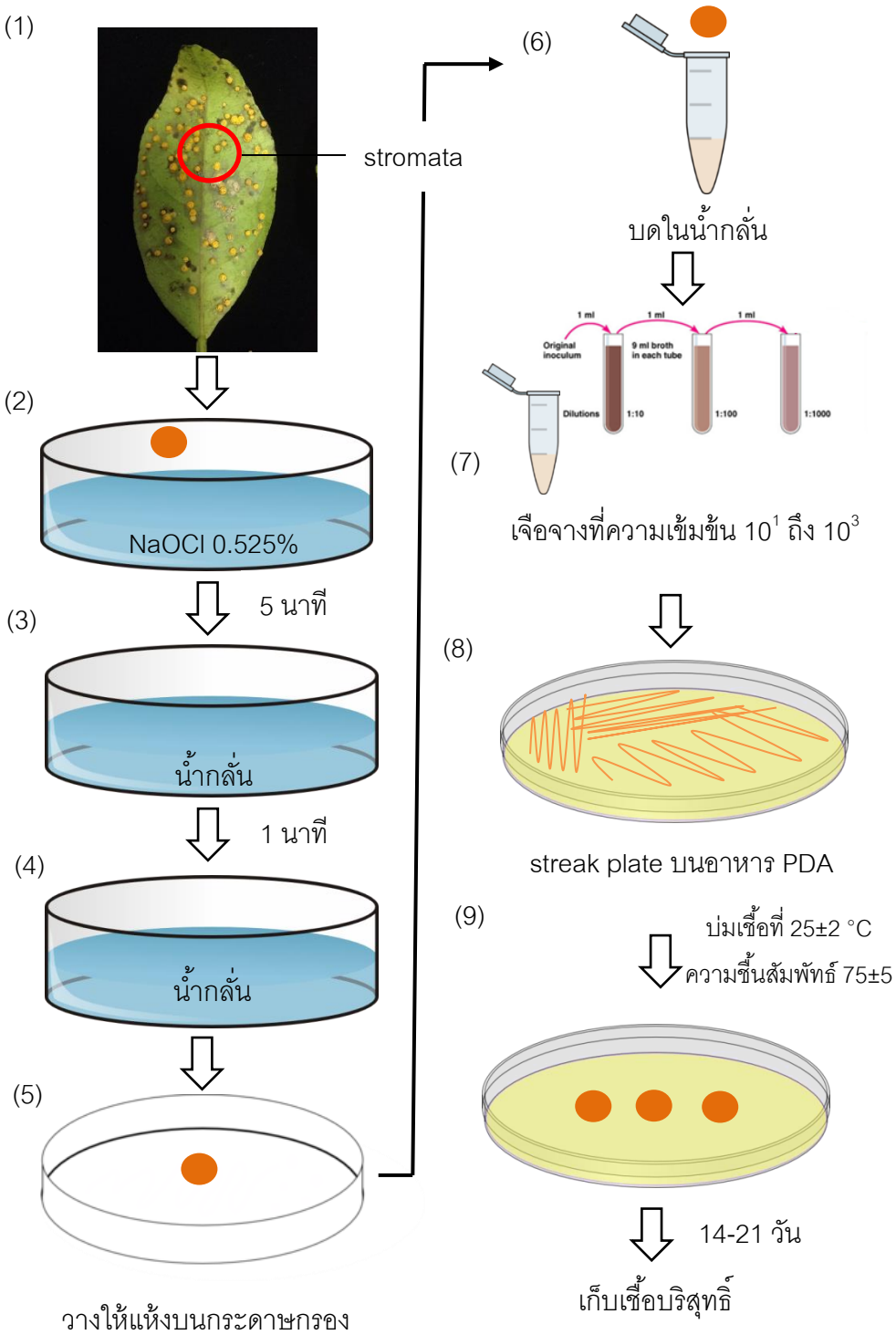
เตรียมอาหารวุ้นผิวเอียง (slant agar) เพื่อเก็บเชื้อราบริสุทธิ์ โดยการละลาย PDA 39 กรัม ในน้ำกลั่น ปริมาตร 1 ลิตร แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ก่อนที่อาหารวุ้นจะเย็นตัวลงหรือก่อนที่อาหารวุ้นจะแข็งตัว ให้เทอาหาร PDA ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 9 มิลลิลิตร นำหลอดทดลองวางในลักษณะนอน เพื่อให้มีพื้นที่ผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อมากขึ้น เพื่อใช้เก็บเชื้อราบริสุทธิ์ต่อไป

การแยกเชื้อรา *Aschersonia* spp. ประยุกต์จากวิธีการของ Homrahud et al. (2016) โดยนำใบมะนาวที่มีส่วนของ stromata ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เข้าทำลายแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* จากสวนมะนาว มาเตรียมสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา โดยใช้เข็มเขี่ยลนไฟฆ่าเชื้อเขี่ย stromata ที่ติดอยู่กับเนื้อเยื่อของใบมะนาว มาแช่ในสารละลาย sodium hypochlorite; NaOCl 0.525% (Clorox 10%) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำ stromata จากสารละลายล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง เป็นเวลา 1 นาที และนำ stromata วางให้แห้งบนกระดาษกรอง (Whatman) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว นำ stromata ของเชื้อราบดในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใช้ปิเปต (pipette) ดูดสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา ปริมาตร 1 มิลลิลิตร มาเจือจางที่ระดับ $10^{-2}$ และ $10^{-3}$ ด้วยวิธี ten-fold serial dilution เพื่อให้ได้สปอร์แขวนลอยของเชื้อราสำหรับนำไปใช้ในการแยกเชื้อราต่อไป (ภาพที่ 6)

ทำการแยกเชื้อรา *Aschersonia* spp. ด้วยวิธี cross streak plate บนอาหาร PDA โดยใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ (loop) แตะสปอร์แขวนลอยของเชื้อรามาขีด (streak) ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์ แสงสว่างสลับมืด 12:12 ชั่วโมง เป็นเวลา 14-21 วัน หรือจนกว่าเชื้อราสร้างสปอร์จนสมบูรณ์ จากนั้นย้ายโคโลนีเดี่ยวของเชื้อราไปเลี้ยงในอาหาร PDA อีกครั้ง

เพื่อให้ได้เชื้อราบริสุทธิ์ (pure culture) ตรวจดูลักษณะโคโลนีของเชื้อรา จากนั้นทำการเก็บเชื้อราบริสุทธิ์ โดยการแตะสปอร์แขวนลอยของเชื้อรามาขีดบนอาหารวุ้นผิวเอียง ปิดฝาหลอดอาหารสำหรับใช้ในการจัดจำแนกชนิดต่อไป (ภาพที่ 6)

ตรวจสอบลักษณะที่สำคัญทางสัณฐานวิทยาและอนุกรมวิธานโดยอ้างอิงจากเอกสารแนวทางการวินิจฉัยชนิดของเชื้อรา *Aschersonia* spp. จากการรายงานของ (Humber, 2005; Luansa-ard et al., 2007; Rossman et al., 1999; Liu et al., 2006; Chaverri et al., 2008) และงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง




**ภาพที่ 6** ขั้นตอนการแยกเชื้อราจาก stromata ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. บนใบมะนาวเพื่อให้ได้เชื้อบริสุทธิ์

## 2. พลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในแปลงมะนาว อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช

### 2.1 พลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri*

เก็บข้อมูลประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในแปลงปลูกมะนาวของเกษตรกร อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 3 แปลง ที่มีการปลูกมะนาวสายพันธุ์และอายุต่างกัน โดยมีรายละเอียดลักษณะของสายพันธุ์และลักษณะแปลงปลูกมะนาว ดังนี้

แปลง A ปลูกมะนาวพันธุ์แป้นพิจิตร คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ อายุ 2 ปี ปลูกในท่อซีเมนต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร และให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด (ภาพที่ 7 (ก))

แปลง B ปลูกมะนาว 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แป้นพิจิตร คิดเป็น 95 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์แป้นรำไพ คิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ ต้นมะนาวมีอายุ 2-3 ปี ปลูกในท่อซีเมนต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด (ภาพที่ 7 (ข))

แปลง C ปลูกมะนาว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แป้นพิจิตร พันธุ์แป้นรำไพ และพันธุ์มะนาวไข่ ต้นมะนาวมีอายุ 4-5 ปี ปลูกมะนาวบนดิน และปลูกใต้ร่มยาง ให้น้ำโดยใช้สายยางเฉพาะช่วงฤดูแล้ง (ภาพที่ 7 (ค))

ทำการศึกษาพลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) เริ่มดำเนินการโดยกำหนดลำดับของต้นมะนาวภายในสวนและติดแท็กเพื่อกำหนดหมายเลขตัวอย่าง ทำการสุ่มตัวอย่างต้นมะนาวโดยใช้เครื่องมือสำหรับสุ่มตัวเลข (Random Tools Application) บนโทรศัพท์มือถือ (ภาพที่ 8) สุ่มเก็บตัวอย่างใบมะนาวจำนวน 10 ต้นต่อแปลง จำนวน 3 แปลง โดยการตัดส่วนของใบมะนาวด้วยกรรไกรตัดกิ่ง จากนั้นนำใบมะนาวที่เก็บรวบรวมได้จากแต่ละต้นห่อด้วยกระดาษ A4 ใส่ถุงซิปล็อคขนาด 7×14 เซนติเมตร บันทึกข้อมูลเบื้องต้น เช่น ลำดับของต้น สถานที่ เวลา และชื่อผู้เก็บตัวอย่าง นำถุงซิปล็อคที่บรรจุใบมะนาวที่เก็บรวบรวมใส่ในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็ง เพื่อควบคุมอุณหภูมิ นำตัวอย่างที่เก็บจากแปลงมาศึกษาภายในห้องปฏิบัติการ โดยการบันทึกภาพตัวอย่างใบมะนาวแต่ละใบที่เก็บมาจากแต่ละแปลง ตรวจนับจำนวนระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ที่ไม่ถูกเชื้อราเข้าทำลาย ด้วยเครื่องนับจำนวน (analog counter)

(ก)

(ข)

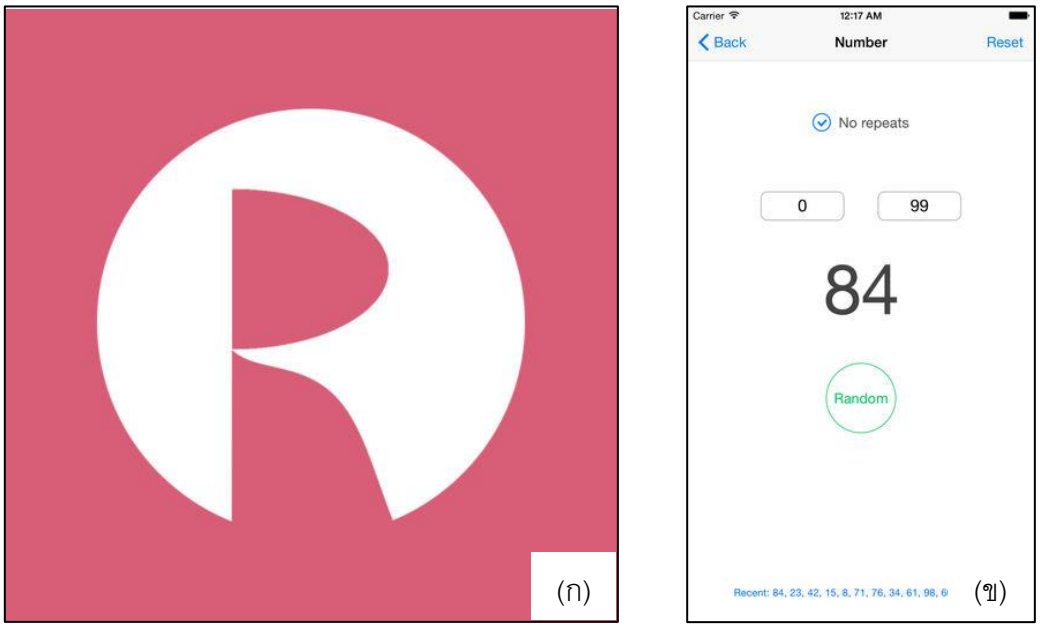
(ค)

**ภาพที่ 7** ลักษณะของแปลงมะนาวที่ทำการศึกษาพลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* และเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในพื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช

(ก) แปลง A

(ข) แปลง B

(ค) แปลง C




**ภาพที่** 8 เครื่องมือแอพพลิเคชั่นสำหรับสุ่มตัวเลขบนโทรศัพท์มือถือ ใช้ในการสุ่มเก็บตัวอย่าง

(ก) เครื่องมือสำหรับสุ่มตัวเลข (Random Tools Application)

(ข) ตัวอย่างการสุ่มตัวเลขบนแอพพลิเคชั่น

ที่มา: Anonymous (2019)

ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo microscope และคำนวณหาจำนวนแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* (เฉลี่ยต่อใบ)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยทดลองกับต้นมะนาว 10 ต้น โดย 1 ต้น คือ 1 ซ้ำ ทำ 10 ซ้ำ ระยะเวลา 12 เดือน รวมใบมะนาวที่ใช้ทดลองทั้งหมด 1,200 ใบ นำข้อมูลจำนวนแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* (เฉลี่ยต่อใบ) มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

**2.2 การศึกษาประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* บนใบมะนาวที่มีอายุต่างกัน**

ทำการศึกษาจำนวนระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในแปลงปลูกมะนาว (แปลง A) เนื่องจากเป็นแปลงที่ปลูกมะนาวสายพันธุ์แป้นพิจิตรทั้งหมดและอายุของต้นมะนาวเท่ากันทั้งแปลง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) สุ่มเก็บตัวอย่างใบมะนาวจำนวน 15 ใบต่อต้น สุ่มเก็บใบมะนาวบริเวณส่วนต่างๆ ของต้นมะนาว 3 ส่วน แบ่งเป็น ใบแก่ เป็นใบบริเวณส่วนล่างของลำต้น วัดจากส่วนล่างสุดของลำต้นที่ติดกับโคนต้นขึ้นไปเป็นระยะ 30 เซนติเมตร ใบอายุกลาง เป็นใบบริเวณใบส่วนกลางของลำต้น วัดจากจุดสิ้นสุดของบริเวณที่เก็บใบส่วนล่างขึ้นไปอีก 30 เซนติเมตร และใบอ่อน เป็นใบบริเวณส่วนยอดของต้นวัดจากจุดสิ้นสุดของบริเวณที่เก็บใบส่วนกลางขึ้นไป บริเวณละ 5 ใบ โดยตัดส่วนของใบมะนาวด้วยกรรไกรตัดกิ่ง และนำใบมะนาวที่เก็บรวบรวมได้จากแต่ละต้น ห่อตัวอย่างด้วยกระดาษ A4 แล้วใส่ถุงซิปล็อค ขนาด 7×14 เซนติเมตร บันทึกข้อมูลเบื้องต้นดังนี้ ลำดับของต้น ตำแหน่งใบ พืชอาหาร สถานที่ เวลา และชื่อผู้เก็บตัวอย่างทุกครั้ง นำถุงซิปล็อคที่บรรจุใบมะนาวที่เก็บรวบรวมใส่ในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิ นำตัวอย่างไปศึกษาในห้องปฏิบัติการ

การศึกษาตัวอย่างที่เก็บจากแปลงในห้องปฏิบัติการ นำใบมะนาวออกจากห่อกระดาษ A4 บันทึกภาพใบมะนาวแต่ละใบที่เก็บมาจากแต่ละแปลงด้วยกล้องถ่ายภาพ จากนั้นนำใบมะนาวมาตรวจนับจำนวนระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ด้วยเครื่องนับจำนวน (analog counter) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo microscope ภายในห้องปฏิบัติการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยทดลองกับต้นมะนาว 15 ต้น โดย 1 ต้น ประกอบด้วย 3 ทรีทเมนต์ ได้แก่ 1) ใบอ่อน 2) ใบอายุกลาง 3) ใบแก่ แต่ละทรีตเมนต์ทำ 5 ซ้ำ ระยะเวลา 12 เดือน รวมใบมะนาวที่ใช้ทดลองทั้งหมด 2,700 ใบ นำข้อมูลจำนวนแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* (เฉลี่ยต่อใบ) มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

**3. การศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในสภาพแปลงและห้องปฏิบัติการ**

**3.1 การศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในสภาพแปลง**

เก็บข้อมูลประชากรเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในแปลงปลูกมะนาวของเกษตรกร อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 3 แปลง ในช่วงเวลาและวิธีการเดียวกันกับวิธีการศึกษาหัวข้อที่ 2.1 จากนั้นบันทึกภาพตัวอย่างใบมะนาวแต่ละใบที่เก็บมาจากแต่ละแปลง ตรวจนับจำนวนระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ที่ไม่ถูกเชื้อราเข้าทำลาย และจำนวน stromata ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ด้วยเครื่องนับจำนวน ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo microscope คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. (เฉลี่ยต่อใบ) และเปอร์เซ็นต์ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่จัดกลุ่มและจำแนกชนิดของเชื้อราตามความแตกต่างของลักษณะ stromata เช่นเดียวกับหัวข้อที่ 1.3

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยทดลองกับต้นมะนาว 10 ต้น โดย 1 ต้น คือ 1 ซ้ำ ทำ 10 ซ้ำ ระยะเวลา 12 เดือน รวมใบมะนาวที่ใช้ทดลองทั้งหมด 1,200 ใบ นำข้อมูลจำนวนระยะตัวอ่อนของ *D. citri* และจำนวน stromata ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. (เฉลี่ยต่อใบ) และเปอร์เซ็นต์ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่จัดกลุ่มและจำแนกชนิดของเชื้อราตามความแตกต่างของลักษณะ stromata เช่นเดียวกับหัวข้อที่ 1.3 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ทำการศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* บนใบมะนาวที่มีอายุต่างกัน ในช่วงเวลาและวิธีการเดียวกันกับวิธีการศึกษาหัวข้อที่ 2.2 โดยนำตัวอย่างที่เก็บจากแปลงในห้องปฏิบัติการ นำใบมะนาวออกจากห่อกระดาษ A4 บันทึกภาพใบมะนาวแต่ละใบที่เก็บมาจากแต่ละแปลงด้วยกล้องถ่ายภาพ จากนั้นนำใบมะนาวมาตรวจนับจำนวนระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ที่ไม่ถูกเชื้อราเข้าทำลาย และจำนวน stromata ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ด้วยเครื่องนับจำนวน ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo microscope ภายในห้องปฏิบัติการ บันทึกจำนวน stromata ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ทั้งหมดที่พบ จากนั้นทำการจัดกลุ่มและจำแนกชนิดของเชื้อราตามความแตกต่างของลักษณะ stromata ได้แก่ ลักษณะสีและรูปร่างของ stromata เช่นเดียวกับหัวข้อที่ 1.3

นำข้อมูลจำนวนแมลงหวี่ขาวที่ถูกเชื้อราเข้าทำลายจากใบมะนาวทั้ง 3 บริเวณ มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อราทุกกลุ่ม 3 บริเวณคือ บริเวณใบอ่อน ใบอายุกลาง และใบแก่

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยทดลองกับต้นมะนาว 15 ต้น โดย 1 ต้น ประกอบด้วย 3 ทรีทเมนต์ ได้แก่ 1) ใบอ่อน 2) ใบอายุกลาง 3) ใบแก่ แต่ละทรีตเมนต์ทำ 5 ซ้ำ ระยะเวลา 12 เดือน รวมใบมะนาวที่ใช้ทดลองทั้งหมด 2,700 ใบ นำข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. (เฉลี่ยต่อใบ) และเปอร์เซ็นต์ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่จัดกลุ่มและจำแนกชนิดของเชื้อราตามความแตกต่างของลักษณะ stromata เช่นเดียวกับหัวข้อที่ 1.3 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

### 3.2 การศึกษาความสามารถในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

ในการศึกษาความสามารถในการก่อให้เกิดโรคแมลงของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ต่อระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาว ทำการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณดังนี้ 1) เก็บระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* จากธรรมชาติมาปล่อยลงบนต้นมะนาวพันธุ์แป้นพิจิตรและเลี้ยงภายในห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์ 2) นำต้นมะนาวพันธุ์แป้นพิจิตรไปวางบริเวณใต้ต้นมะนาวในแปลงมะนาวเพื่อให้แมลงหวี่ขาวตัวเต็มวัยวางไข่ 3) นำใบมะนาวพันธุ์แป้นพิจิตรที่ถูกตัดออกมาจากในแปลงที่พบระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวใส่กล่องพลาสติกทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7×27 เซนติเมตร ใช้สำลีชุบน้ำห่อบริเวณก้านใบมะนาว เพื่อชะลอการเหี่ยวของใบ จากนั้นทำการทดสอบเบื้องต้นโดยการฉีดพ่นสปอร์ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. บนใบมะนาว จากการทดลองพบว่าแมลงหวี่ขาวชนิดนี้ไม่สามารถเพาะเลี้ยงในสภาพห้องปฏิบัติการได้ จึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าแมลงหวี่ขาวยาสูบ *B. tabaci* เป็นแมลงหวี่ขาวชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสามารถเข้าทำลายพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น พริก มะเขือ ยาสูบ มันฝรั่ง ฝ้าย เป็นต้น มีรายงานว่าสามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณในสภาพห้องปฏิบัติการได้ รวมถึงรายงานการใช้เชื้อรา *Aschersonia* spp. เพื่อควบคุมแมลงหวี่ขาวยาสูบ *B. tabaci* เป็นแนวทางในการนำเชื้อรา *Aschersonia* spp. มาใช้ทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรคแมลงของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ต่อไป ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* และใช้พืชอาศัย คือต้นมะเขือยาว เนื่องจากต้นมะเขือยาวเป็นพืชที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตดี และอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci*

1) การเตรียมต้นมะเขือยาว

ทำการเตรียมต้นมะเขือยาวโดยนำเมล็ดพันธุ์มะเขือยาว (eggplant) มาแช่ในน้ำสะอาด ทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นย้ายเมล็ดพันธุ์ลงวัสดุเพาะกล้า ได้แก่ พีทมอสและขุยมะพร้าว โดยใส่วัสดุเพาะลงในตะกร้าเพาะพลาสติก ขนาด 20×25 เซนติเมตร เกลี่ยวัสดุเพาะและฝังเมล็ดมะเขือยาว 1/4 ของความลึกของตะกร้าเพาะพลาสติก เกลี่ยกลบด้วยวัสดุเพาะ รดน้ำทุกวัน (ภาพที่ 9) เมื่อต้นกล้าอายุ 20 วัน ย้ายต้นกล้าลงวัสดุปลูก ได้แก่ หน้าดินดำผสมแกลบเผา โดยใส่วัสดุเพาะลงในถุงเพาะชำ ขนาด 4×8 นิ้ว ฝังต้นกล้า 1/4 ของความลึกของถุงเพาะชำ รดน้ำทุกวัน เมื่อต้นมะเขือยาวอายุ 2 เดือน เตรียมไว้เพื่อใช้เพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงหวี่ขาวต่อไป

2) การเตรียมแมลงหวี่ขาว *B. tabaci*

เลี้ยง stock ของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* โดยใช้ต้นมะเขือยาวอายุ 2 เดือน (ภาพที่ 10) เป็นพืชอาศัย วางไว้ในกรงผ้ามุ้งขนาด 60×90×90 เซนติเมตร โดยใช้อุปกรณ์ดูดแมลง ดูดแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ตัวเต็มวัยจำนวน 100 ตัว ที่เก็บจากแปลงปลูกมะเขือยาวจากธรรมชาติ มาปล่อยลงบนต้นมะเขือยาวให้แมลงหวี่ขาวเพิ่มปริมาณ เป็นเวลา 3 วัน ย้ายต้นมะเขือยาวที่มีไข่แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ใส่ในกรงผ้ามุ้งใหม่ แมลงหวี่ขาวจะพัฒนาบนใบมะเขือยาวจนเป็นตัวเต็มวัยเพื่อใช้เป็น stock ในการทดลองต่อไป

ใช้อุปกรณ์ดูดแมลง ดูดตัวเต็มวัยของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* อายุ 1 วัน ที่ได้จากการเพิ่มปริมาณ จำนวน 100 ตัว ปล่อยบนต้นมะเขือยาวอายุ 3 เดือน ในกรงผ้ามุ้งขนาด 60×90×90 เซนติเมตร ให้แมลงหวี่ขาววางไข่เป็นเวลานาน 3 วัน เมื่อแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ฟักเป็นตัวอ่อน ตรวจนับปริมาณระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวบนใบมะเขือยาวทุกใบ

**ภาพที่** 9 การเพาะเมล็ดมะเขือยาวในวัสดุเพาะกล้า เพื่อใช้สำหรับเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci*

**ภาพที่** 10 ต้นมะเขือยาว อายุ 2 เดือน สำหรับใช้เลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci*

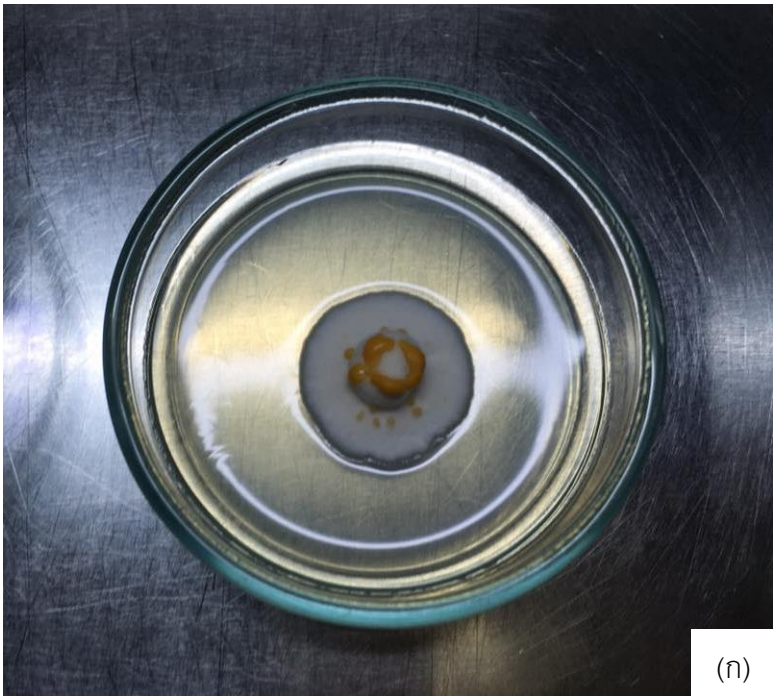
3) การเตรียมเชื้อรา *Aschersonia* spp.

จากการศึกษาเบื้องต้นสามารถแยกความแตกต่างของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ได้ 6 กลุ่ม พบเชื้อรา 3 กลุ่มที่สามารถจำแนกชนิดและเพาะเลี้ยงภายในห้องปฏิบัติการได้ คือเชื้อราที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายกับเชื้อรา *A. samoensis*, *A. placenta* และ *H. raciborskii* เมื่อทำการวัดการเจริญของโคโลนี และการสร้างสปอร์ พบว่าเชื้อราที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดและสามารถสร้างสปอร์บนอาหารสังเคราะห์ได้ มีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อรา *A. samoensis* และเชื้อรา *A. placenta* ดังนั้นจึงคัดเลือกเชื้อราทั้ง 2 ชนิดเป็นตัวแทนของเชื้อราเพื่อนำมาใช้ในการทดสอบต่อไป

เตรียมเชื้อราที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ เชื้อรา *A. samoensis* (ภาพที่ 11 (ก)) และ *A. placenta* (ภาพที่ 11 (ข)) โดยประยุกต์ตามวิธีการของ (Butt and Goettel, 2000) โดยการนำเชื้อราจาก stock ย้ายลงบนอาหาร PDA บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 21 วัน จากนั้นเตรียมสปอร์แขวนลอยในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่ผสมสาร Tween 80 ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางนึ่งฆ่าเชื้อ แล้วนับจำนวนสปอร์ด้วยเครื่อง haemacytometer ให้ได้ความหนาแน่น $10^8$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร

การทดลองวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 เชื้อรา *A. samoensis* (ภาพที่ 12 (ก)) กรรมวิธีที่ 2 เชื้อรา *A. placenta* (ภาพที่ 12 (ข)) กรรมวิธีที่ 3 น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เป็นชุดควบคุม (ภาพที่ 12 (ค)) กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำจะต้องมีตัวอ่อนแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ที่ใช้ทดสอบ 100 ตัว ทำการฉีดพ่นเชื้อรา *Aschersonia* spp. (ภาพที่ 13 (ก)) บนใบที่ทดสอบ จากนั้นคลุมถุงพลาสติกขนาด 8×12 เซนติเมตร บนใบที่ทดสอบโดยมัดปากถุงให้มิดชิดเพื่อเพิ่มความชื้น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำถุงพลาสติกออก (ภาพที่ 13 (ข)) และย้ายต้นมะเขือยาวปลูกลงบนโต๊ะปลูกยกพื้นกว้าง 1.2 เมตร ยาว 6 เมตร สูง 1 เมตรจากพื้นดิน ให้น้ำโดยใช้หัวสปริงเกอร์แบบพ่นหมอก ให้น้ำ 2 ครั้ง เช้าและเย็น เพื่อให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสมต่อการเกิดโรค หลังการทดสอบ 21 วัน บันทึกจำนวนแมลงหวี่ขาวที่มีเส้นใยของเชื้อราขึ้นปกคลุม ((ภาพที่ 13 (ค)) และนำเชื้อรามาตรวจดูลักษณะ stromata ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo microscope ((ภาพที่ 13 (ง))

นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)



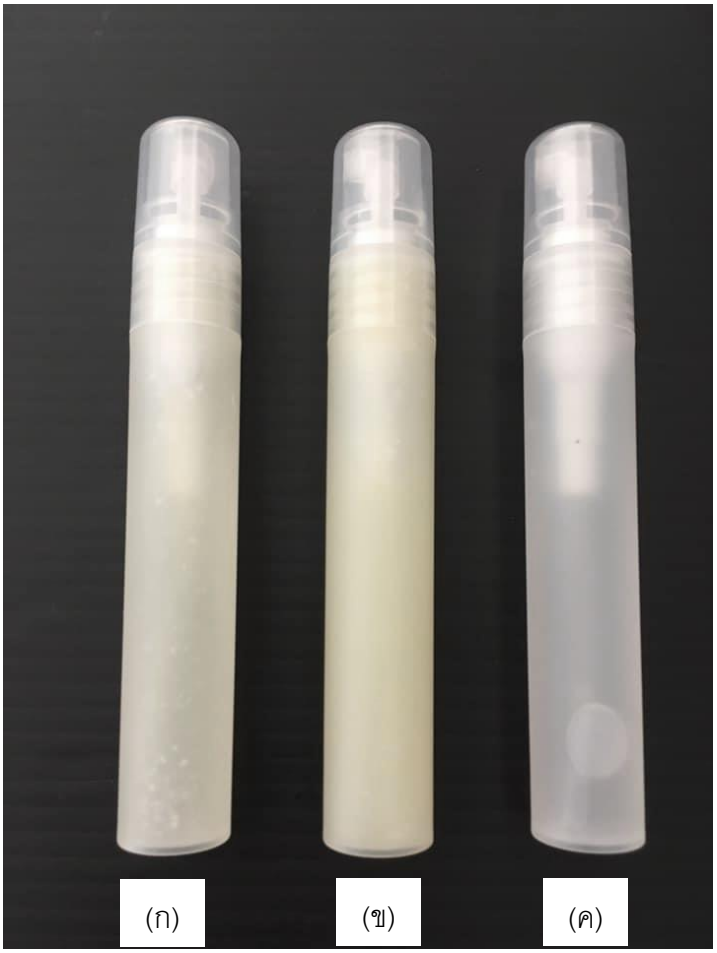
(ก)

(ข)

**ภาพที่ 11** เชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA เป็นเวลา 21 วัน (อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์) สำหรับใช้เตรียมสปอร์แขวนลอย

(ก) เชื้อรา *Aschersonia samoensis*

(ข) เชื้อรา *Aschersonia placenta*

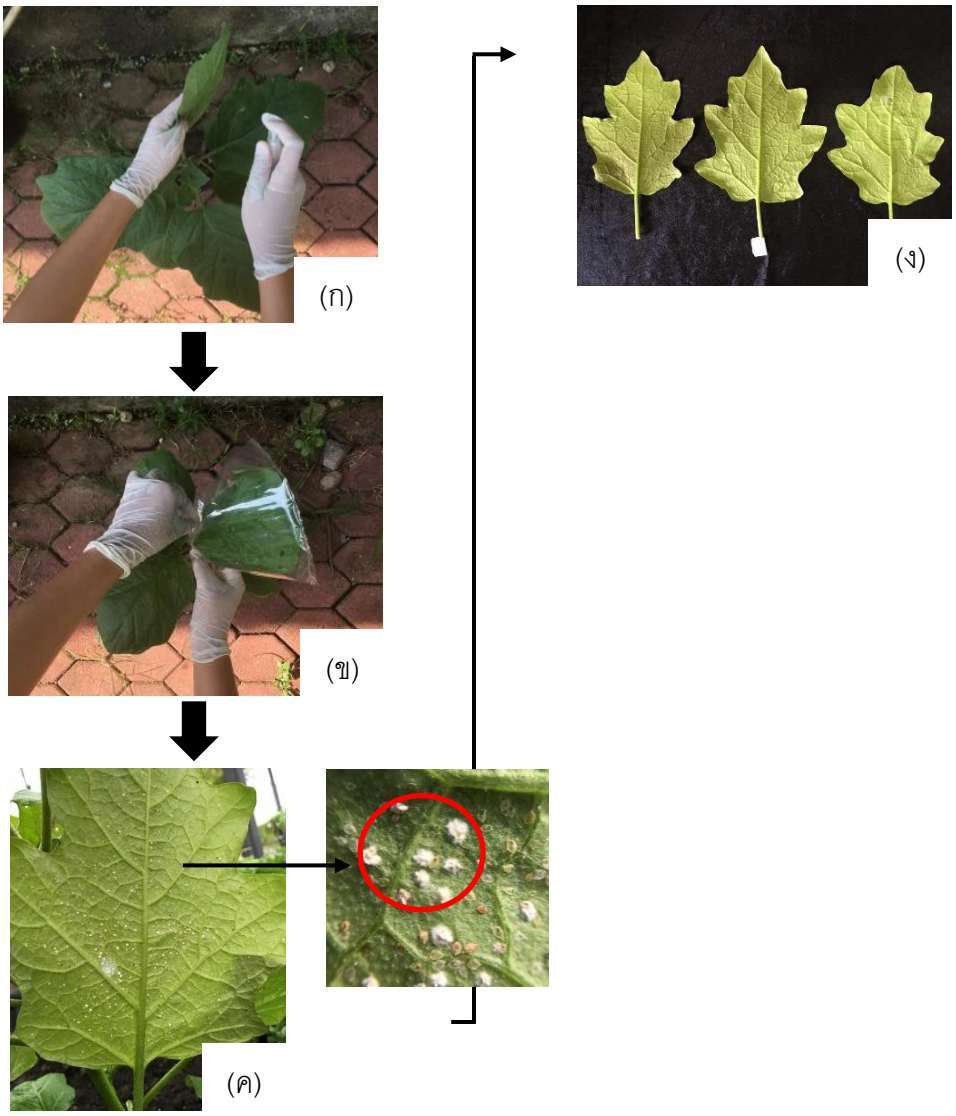



**ภาพที่ 12** สปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่ความหนาแน่น $10^8$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ที่ใช้ในการทดสอบและชุดควบคุม

(ก) เชื้อรา *Aschersonia samoensis*

(ข) เชื้อรา *Aschersonia placenta*

(ค) น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ชุดควบคุม




**ภาพที่** 13 ขั้นตอนการศึกษาความสามารถในการก่อให้เกิดโรคกับแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* ของเชื้อรา *Aschersonia* spp.

(ก) การฉีดพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Aschersonia* spp.

(ข) การคลุมใบของมะเขือยาวด้วยถุงพลาสติกเพื่อเพิ่มความชื้น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

(ค) ลักษณะเชื้อราที่ปกคลุมแมลงหวี่ขาว *B. tabaci*

(ง) เก็บใบมะเขือยาวมาบันทึกจำนวนแมลงหวี่ขาวที่มีเส้นใยขึ้นปกคลุม ภายในห้องปฏิบัติการ

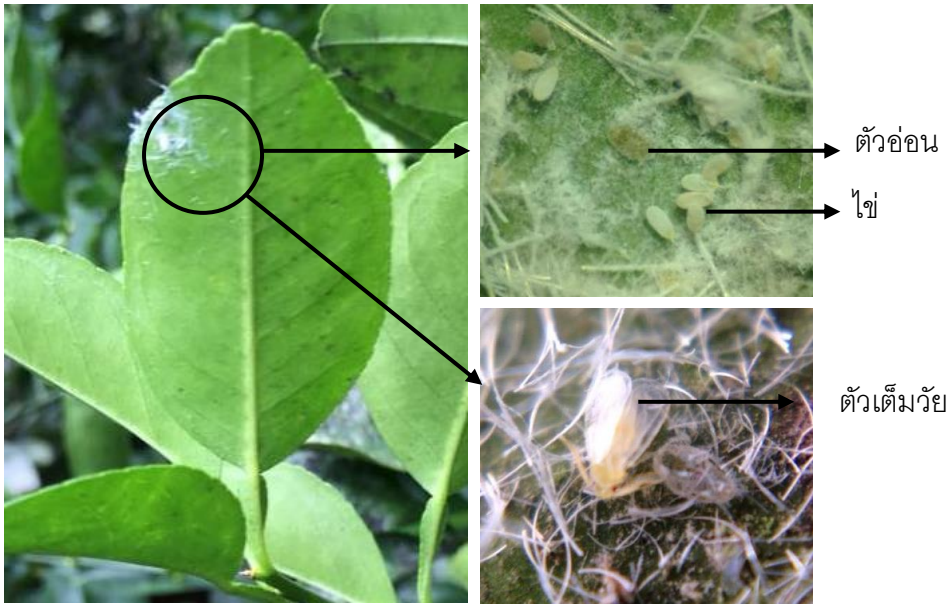
# บทที่ 3

# ผลและวิจารณ์

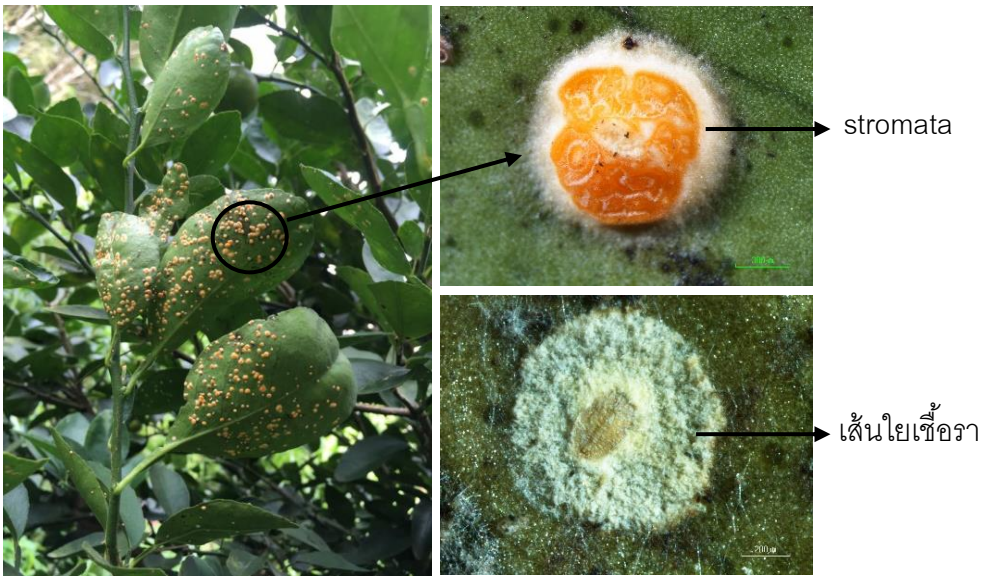
## 1. การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และเชื้อรา *Aschersonia* spp.

### 1.1 การเก็บตัวอย่างแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และเชื้อรา *Aschersonia* spp.

การเก็บตัวอย่างใบมะนาวจากแปลงปลูกมะนาวของเกษตรกรจำนวน 5 อำเภอ จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอท่าศาลา อำเภอฉวาง อำเภอพรหมคีรี และอำเภอลานสกา เดือนละ 1 ครั้ง เดือนมิถุนายนและกรกฎาคม พ.ศ. 2559 จากการเก็บตัวอย่างไม่พบแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในแปลงปลูกมะนาวของเกษตรกรในอำเภออำเภอเมือง อำเภอท่าศาลา อำเภอฉวาง และอำเภอลานสกา แต่พบแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในแปลงปลูกมะนาว อำเภอพรหมคีรี โดยพบแมลงหวี่ขาวระยะไข่ ตัวอ่อนและตัวเต็มวัย อาศัยอยู่บริเวณใต้ใบมะนาว (ภาพที่ 14) และพบส่วนของ stromata ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ลักษณะรูปร่างกลม เป็นเม็ดขนาดเล็ก ดันนูนขึ้นมาบนผิวใบมะนาว เส้นใยสีเหลืองถึงสีส้ม เมื่อนำส่วนของ stromata มาเขี่ยเส้นใยเพื่อตรวจดูแมลงที่ถูกเชื้อรา *Aschersonia* spp. เข้าทำลาย ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo microscope พบลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ปกคลุมตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาว (ภาพที่ 15) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเชื้อรา *Aschersonia* spp. สามารถควบคุมประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในพื้นที่ภาคใต้ที่มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช สืบเนื่องมาจากแปลงปลูกมะนาวที่ไปสำรวจ เป็นแปลงปลูกที่อยู่ใกล้สวนยางและป่า รวมถึงจังหวัดนครศรีธรรมราช มีลักษณะภูมิประเทศคือมีภูเขาสูงห้อมล้อมและมีต้นไม้ปกคลุมหนาแน่น มีสภาพอากาศเย็นชื้นและฝนตกชุกตลอดทั้งปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559; 2560) และอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งปีที่ทำการศึกษา ส่งผลให้มีความเหมาะสมต่อการเข้าทำลายแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri*




**ภาพที่ 14** แมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ระยะไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัย ที่อาศัยบริเวณใต้ใบมะนาว ในแปลงมะนาว อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช




**ภาพที่ 15** เชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่ลงทำลายตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* บริเวณใต้ใบมะนาว ในแปลงมะนาว อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช

**1.2 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri***

จากการเก็บรวบรวมตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ที่ลงทำลายมะนาวในแปลงมะนาว อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช และนำตัวอย่างแมลงหวี่ขาวแต่ละระยะมาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo microscope พบว่าแมลงหวี่ขาวมีลักษณะสัณฐานวิทยาแต่ละระยะ ดังนี้

ไข่ (egg) ลักษณะรูปร่างรี ผิวเรียบ สีขาวถึงเหลืองอ่อน พบก้านไข่สั้นๆ ติดกับใบพืช วางไข่เป็นฟองเดี่ยวๆ ลำตัวมีขนาดกว้าง 0.06±0.01 มิลลิเมตร ยาว 0.14±0.01 มิลลิเมตร (ภาพที่ 16 (ก))

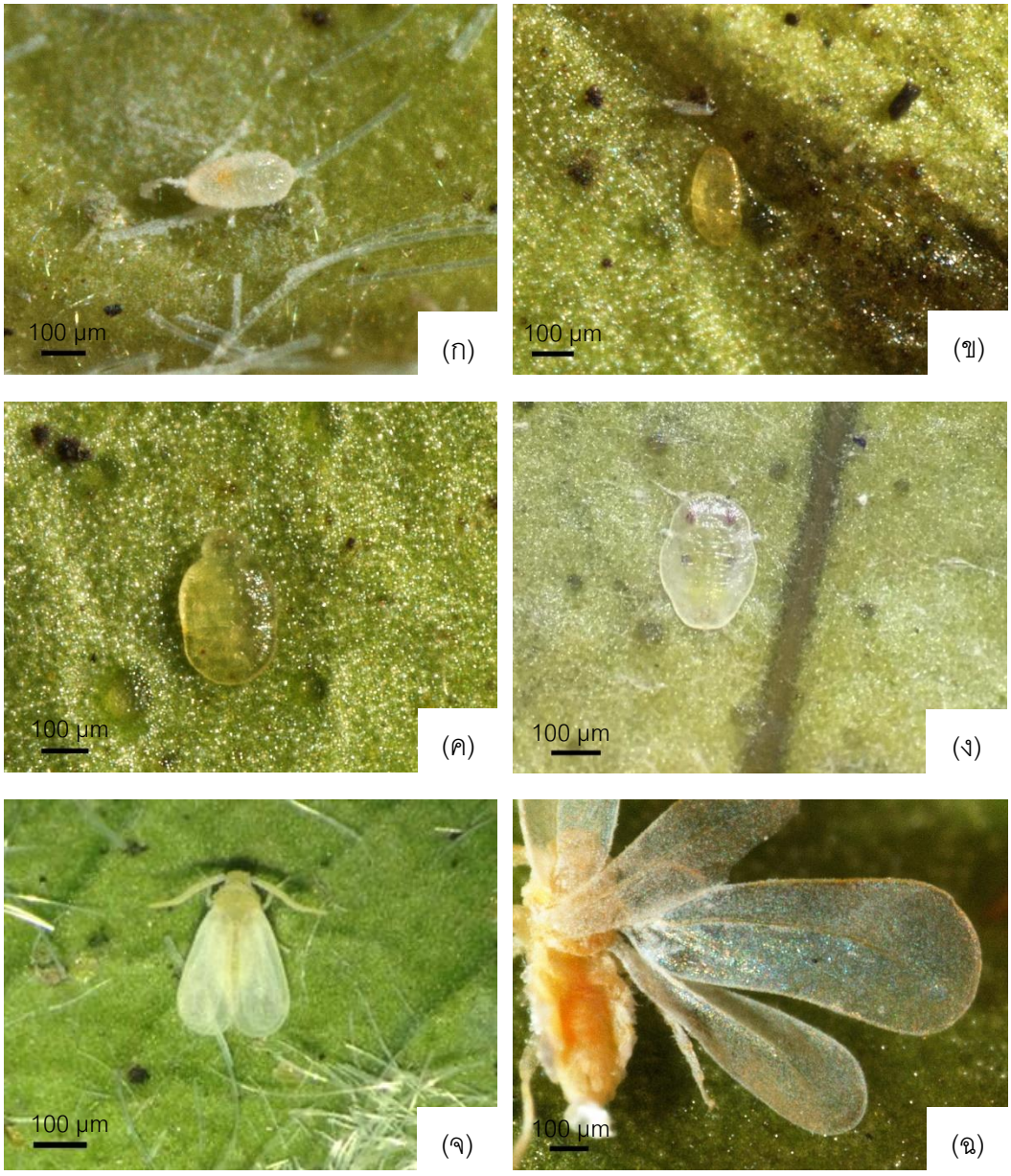
ตัวอ่อนวัย 1-2 ลักษณะรูปร่างลำตัวแบน สีเหลืองใส ลำตัวมีขนาดกว้าง 0.12±0.07 มิลลิเมตร ยาว 0.21±0.03 มิลลิเมตร (ภาพที่ 16 (ข))

ตัวอ่อนวัย 3-4 มีลักษณะรูปร่างเช่นเดียวกับตัวอ่อนวัย 1-2 และลำตัวด้านสันหลังนูนขึ้น ลำตัวมีขนาดกว้าง 0.40±0.05 มิลลิเมตร ยาว 0.55±0.05 มิลลิเมตร (ภาพที่ 16 (ค))

ดักแด้ มีลักษณะรูปร่างเช่นเดียวกับตัวอ่อนวัย 3-4 และมีตาสีแดง 2 จุดชัดเจน ลำตัวมีขนาดกว้าง 0.44±0.04 มิลลิเมตร ยาว 0.65±0.03 มิลลิเมตร (ภาพที่ 16 (ง))

ตัวเต็มวัย ลักษณะรูปร่างรี ลำตัวสีเหลือง หนวด 1 คู่ ขา 3 คู่ มีตาสีแดง 2 จุดชัดเจน (ภาพที่ 16 (จ)) ปีกคู่หน้าและคู่หลัง มีสีขาว ไม่ปรากฏจุดแต้มบนปีก ลำตัวมีขนาดกว้าง 0.36±0.03 มิลลิเมตร ยาว 0.90±0.08 มิลลิเมตร (ภาพที่ 16 (ฉ))

เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแมลงหวี่ขาวระยะดักแด้เพื่อจำแนกระดับชนิดและสกุลภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope โดยตรวจสอบลักษณะที่สำคัญทางสัณฐานวิทยาและอนุกรมวิธาน โดยอ้างอิงจากเอกสารแนวทางการวินิจฉัยแมลงหวี่ขาวในวงศ์ย่อย Aleyrodinae และวงศ์ย่อย Aleurodicinae พบว่าส่วนลำตัวของแมลงหวี่ขาวที่พบมีลักษณะกลม ลักษณะท่อลม (thoracic tracheal) ชัดเจน (ภาพที่ 17(ก) และ (ข)) บริเวณขาไม่มีส่วนของเล็บ (claws) ลักษณะอวัยวะซึ่งมีหน้าที่ใช้ในการขับไข (vasiform orifice) รูปร่างคล้ายหัวใจ ถูกปิดด้วยแผ่นปิด (operculum) ลักษณะลิ้น (linqula) อยู่ด้านใน vasiform (ภาพที่ 18 (ก)) ไม่พบช่องเปิดบนลำตัวชนิด compound pore ซึ่งมีหน้าที่ใช้ในการขับไข (ภาพที่ 18 (ข)) ท่อต่อจากอวัยวะที่ใช้ขับไข (caudal tracheal) มีลักษณะเป็นท่อยาว และส่วนของปล้องท้องส่วนท้าย พบขนแข็งขนาดเล็ก (setae) ยื่นออกมา 1 คู่ (ภาพที่ 18 (ค))

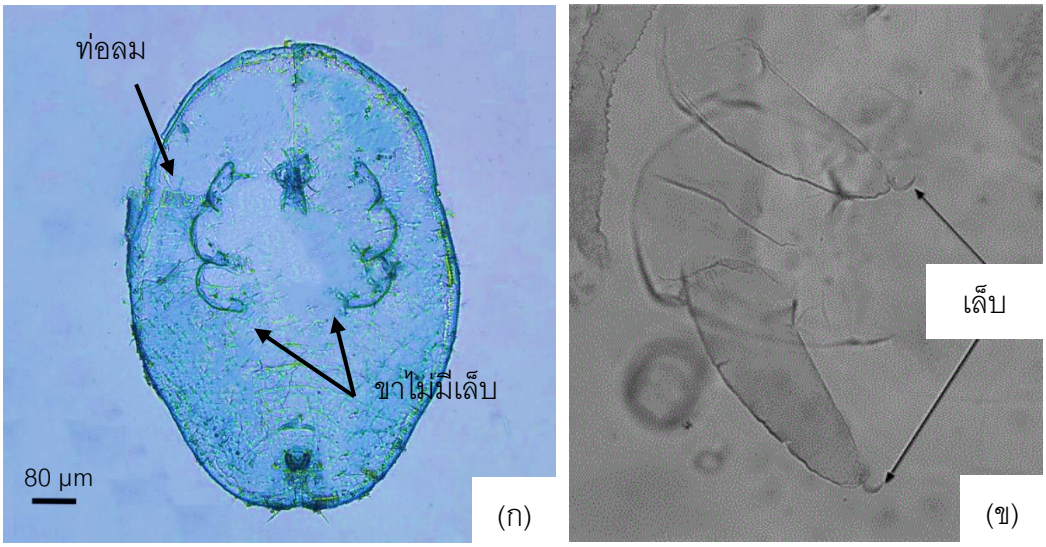



**ภาพที่** 16 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

(ก) ระยะไข่ (ง) ระยะดักแด้

(ข) ระยะตัวอ่อนวัย 1-2 (จ) ตัวเต็มวัย

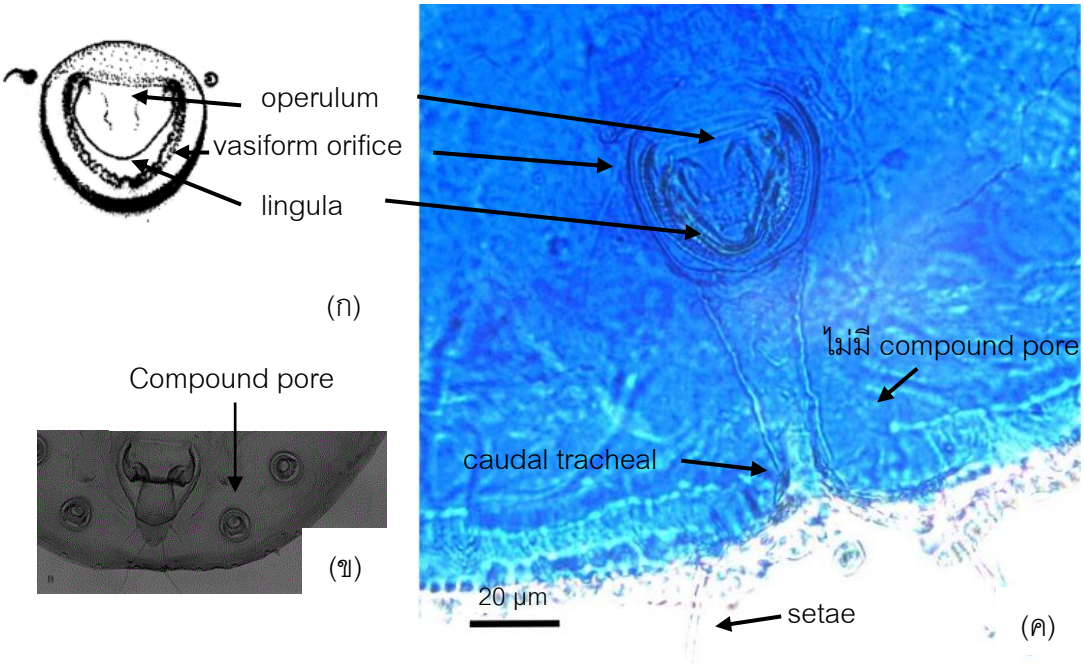
(ค) ระยะตัวอ่อนวัย 3-4 (ฉ) ปีกคู่หน้าและปีกคู่หลัง




**ภาพที่ 17** ลักษณะลำตัว ท่อลม และขาไม่มีเล็บของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope

(ก) ลักษณะท่อลมและขาที่ไม่มีเล็บของแมลงหวี่ขาวในวงศ์ย่อย Aleyrodinae

(ข) ลักษณะขาที่มีเล็บของแมลงหวี่ขาวในวงศ์ย่อย Aleurodicinae




**ภาพที่ 18** ลักษณะอวัยวะที่ใช้ขับไข (vasiform orifice) ของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope

(ก) ภาพเปรียบเทียบลักษณะอวัยวะที่ใช้ขับไข

(ข) ภาพเปรียบเทียบของแมลงหวี่ขาวที่มีช่องเปิดบนลำตัวชนิด compound pore

(ค) ลักษณะอวัยวะที่ใช้ขับไขของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri*

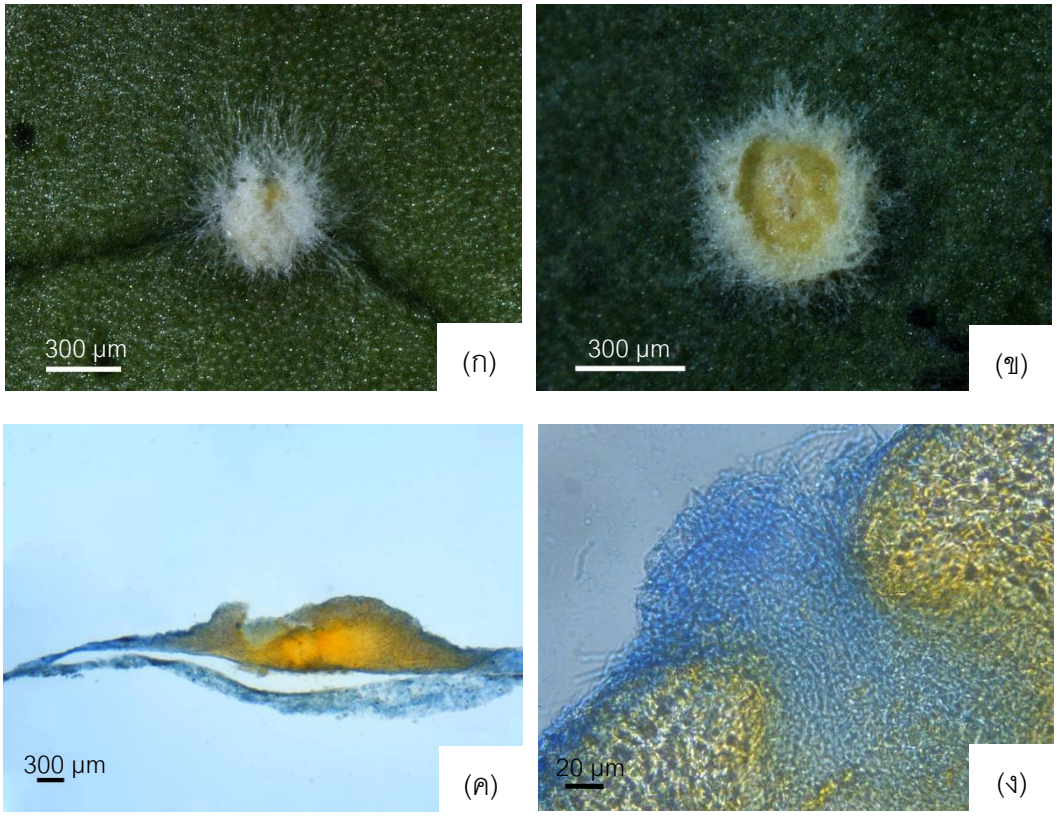
เมื่อนำลักษณะทางสัณฐานวิทยามาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ (สุนัดดา และคณะ, 2556; Hodges and Evan, 2005; Suh and Hodges, 2008) พบว่าแมลงหวี่ขาวที่ทำการศึกษา มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาใกล้เคียงกับแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ในวงศ์ย่อย Aleyrodinae วงศ์ Aleyrodidae และเมื่อนำมาศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมด้านนิเวศวิทยา พบว่าแมลงหวี่ขาว *D. citri* เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของพืชตระกูลส้ม (Zhang et al., 2013; Fasulo and Weem, 2017) และมีรายงานในประเทศไทยในปี ค.ศ. 1978 (Mound and Halsey, 1978) และปี พ.ศ. 2538 (โกศล และวิวัฒน์, 2538) และเมื่อส่งตัวอย่างของแมลงหวี่ขาว *D. citri* ได้รับการยืนยันว่าเป็นแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* โดยรศ. ดร. โกศล เจริญสม ผู้เชี่ยวชาญด้านนิเวศวิทยาและอนุกรมวิธานแมลง อาจารย์ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร บางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**1.3 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการจำแนกชนิดของเชื้อรา *Aschersonia* spp.**

จากการรวบรวมตัวอย่างเชื้อรา *Aschersonia* spp. มาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่าเชื้อรามีลักษณะและสีของ stromata ที่แตกต่างกัน จึงได้ทำการจัดกลุ่มของเชื้อราตามลักษณะของ stromata โดยลักษณะของเชื้อราที่พบสามารถแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

เชื้อรากลุ่มที่ 1 ลักษณะของ stromata รูปร่างกลม เป็นแผ่นแบนราบไปกับผิวพืช เส้นใยสีขาวละเอียด ฟูเล็กน้อย ไม่สร้าง spore mass บริเวณขอบของ stromata จะปรากฏ hypothallus ยื่นออกมาเล็กน้อย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กว้าง 1.58±0.91 มิลลิเมตร สูง 0.35±0.24 มิลลิเมตร (ภาพที่ 19 (ก) และ (ข)) เมื่อศึกษาส่วนของ stromata ด้วยวิธีตัดขวาง และส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope (ภาพที่ 19 (ค)) พบว่าเชื้อราบาง stromata สร้าง fruiting body แบบ pycnidia ลักษณะเป็น flask-shaped และเชื้อราไม่สร้าง spore (ภาพที่ 19 (ง))

เชื้อรากลุ่มที่ 2 ลักษณะของ stromata รูปร่างกลม รูปทรงนูนโค้งสูงจากผิวพืชขึ้นมา คล้ายเม็ดกระดุม เส้นใยสีเหลืองละเอียด (ภาพที่ 20 (ก)) มี ostiole ที่เปิดออกสู่ภายนอกสำหรับปล่อยสปอร์ สร้าง spore mass สีเหลืองอ่อน บริเวณขอบของ stromata จะปรากฏ hypothallus ยื่นออกมาเล็กน้อย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กว้าง 1.31±0.69 มิลลิเมตร สูง 0.87±0.34 มิลลิเมตร (ภาพที่ 20 (ข)) เมื่อศึกษา stromata ด้วยวิธีตัดขวาง และส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope (ภาพที่ 20 (ค)) พบว่าเชื้อราสร้าง fruiting body แบบ pycnidia มีลักษณะเป็น flask-shaped ขนาดกว้าง 500.50±1.37 ไมโครเมตร สูง 602.86±35.53 ไมโครเมตร (ภาพที่ 20 (ง)) ภายในสร้าง paraphyses สีใส (ภาพที่ 20 (จ)) และ conidia รูปร่างยาวรี สีใส ขนาด 1.49±0.28×12.70±0.73 ไมโครเมตร (ภาพที่ 20 (ฉ))



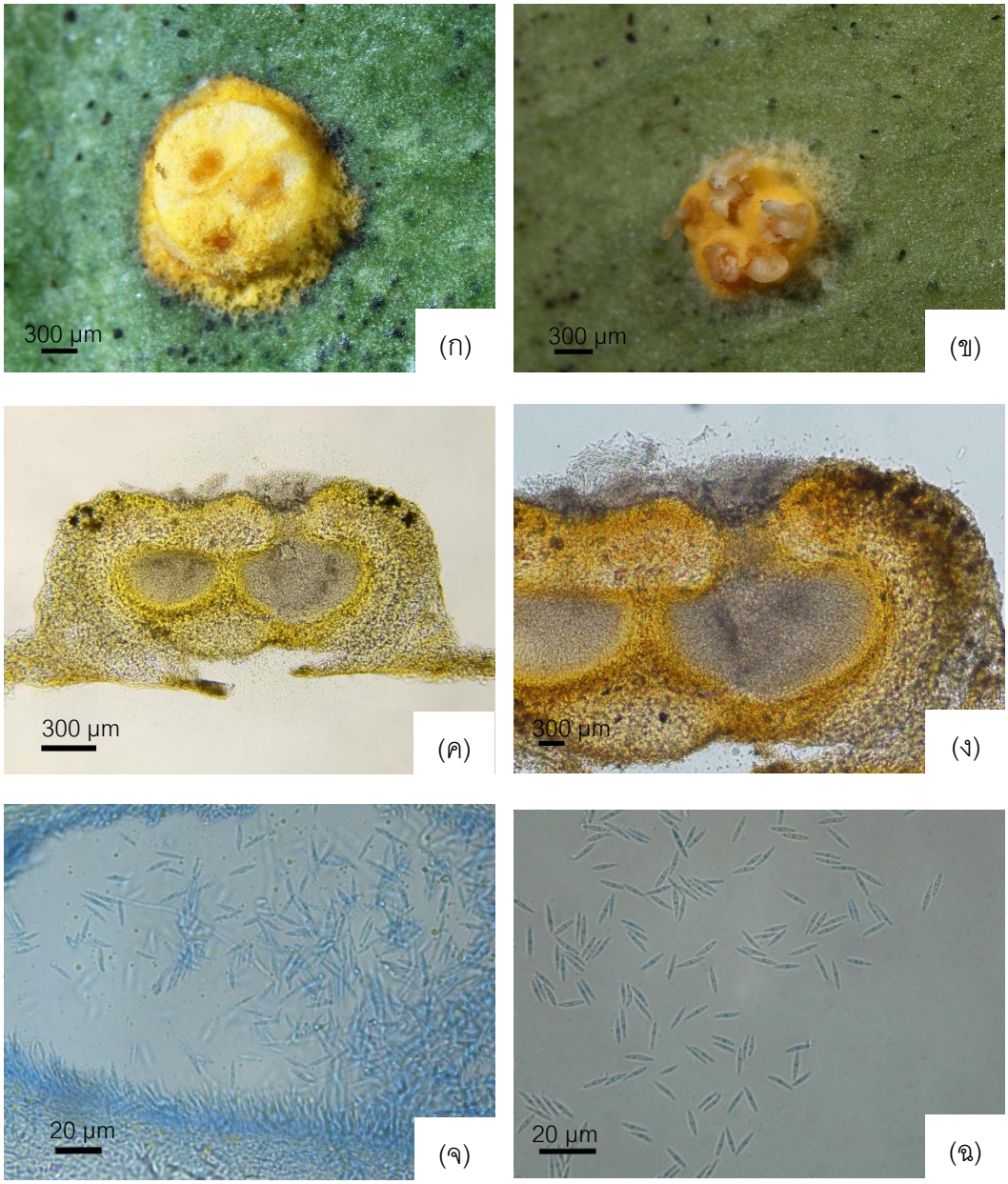

**ภาพที่** 19 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ stromata ของเชื้อรากลุ่ม 1 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope และ stereo microscope

(ก) ลักษณะ stromata บนใบมะนาว

(ข) ลักษณะ stromata ที่ไม่สร้าง conidial mass

(ค) ลักษณะ stromata ด้วยวิธีการตัดขวาง

(ง) ลักษณะ fruiting body แบบ pycnidia




**ภาพที่ 20** ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ stromata ของเชื้อรากลุ่ม 2 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope และ stereo microscope

(ก) ลักษณะ stromata บนใบมะนาว (ง) ลักษณะ fruiting body แบบ pycnidia

(ข) ลักษณะ conidial mass ที่ออกมาจาก ostiole (จ) ลักษณะ paraphyses

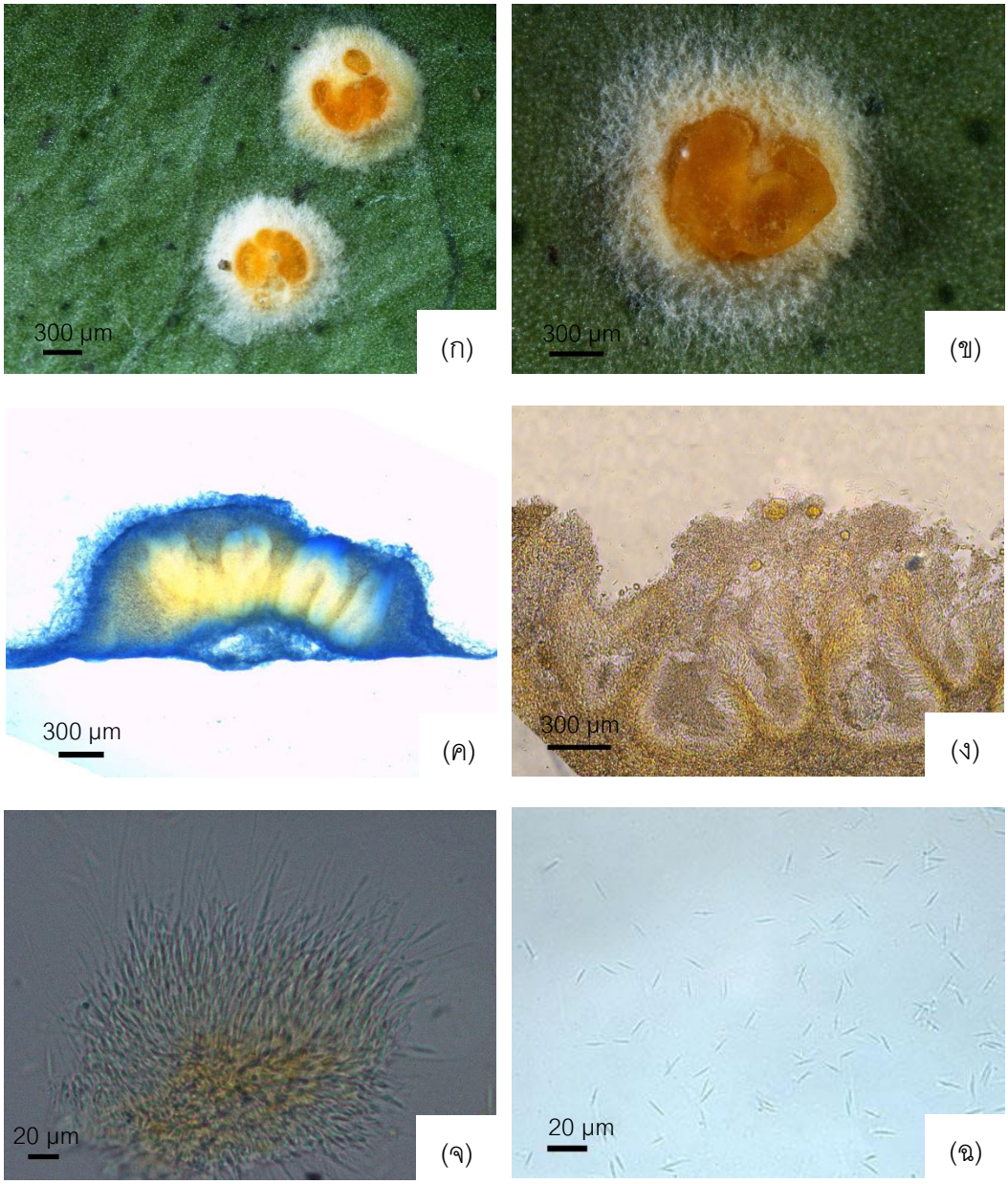
(ค) ลักษณะ stromata ด้วยวิธีการตัดขวาง (ฉ) ลักษณะ conidia

เชื้อรากลุ่มที่ 3 ลักษณะของ stromata รูปร่างกลม รูปทรงแบนตรงกลางนูนจากผิวพืชขึ้นมา เส้นใยสีขาวถึงส้มอ่อน (ภาพที่ 21 (ก)) มี ostiole ที่เปิดออกสู่ภายนอกสำหรับปล่อยสปอร์สร้าง spore mass สีส้ม บริเวณขอบของ stromata จะปรากฏ hypothallus ยื่นออกมาเล็กน้อย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กว้าง 0.36±0.05 มิลลิเมตร สูง 2.20± 0.89 มิลลิเมตร (ภาพที่ 21 (ข)) เมื่อศึกษา stromata ด้วยวิธีตัดขวาง และส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope (ภาพที่ 21 (ค)) พบว่าเชื้อราสร้าง fruiting body แบบ pycnidia มีลักษณะเป็น flask-shaped ขนาดกว้าง 227.54±62.46 ไมโครเมตร สูง 91.16±2.16 ไมโครเมตร (ภาพที่ 21 (ง)) ภายในสร้าง paraphyses ใส (ภาพที่ 21 (จ)) และ conidia มีรูปร่างยาวรี สีใส ขนาด 1.50±0.37×11.79±0.95 ไมโครเมตร (ภาพที่ 21 (ฉ))

กลุ่มที่ 4 มีลักษณะของ stromata รูปร่างไม่แน่นอน รูปทรงกระบอก รวมเป็นกลุ่มแบบยกสูงจากผิวพืชขึ้นมา เส้นใยสีส้มละเอียด ไม่ฟู (ภาพที่ 22 (ก)) มี ostiole ที่เปิดออกสู่ภายนอกสำหรับปล่อยสปอร์ สร้าง spore mass สีส้ม บริเวณขอบของ stromata จะปรากฏ hypothallus ยื่นออกมาเล็กน้อย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กว้าง 0.81±0.31 มิลลิเมตร สูง 1.57±0.80 มิลลิเมตร (ภาพที่ 22 (ข)) เมื่อศึกษา stromata ด้วยวิธีตัดขวาง และส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope (ภาพที่ 22 (ค)) พบว่าภายใน stromata เชื้อราสร้าง ascocarp แบบ perithecium ซึ่ง 1 stromata มี 1 perithecium มีลักษณะเป็น flask-shaped ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กว้าง 450±0.37 มิลลิเมตร สูง 250.31± 0.32 ไมโครเมตร ภายใน perithecium ประกอบด้วย ascus (ภาพที่ 22 (ง)) ส่วนปลาย ascus มีลักษณะเป็นหมวกหนา ไม่มีสี สร้าง ascospore มีรูปร่างยาว รี ปลายมนเล็กน้อย สีใส ขนาด 1.96±0.36×13.67±1.34 ไมโครเมตร (ภาพที่ 22 (จ))

กลุ่มที่ 5 มีลักษณะของ stromata รูปร่างแบนราบไปกับผิวพืช เส้นใยสีขาวเทาถึงดำละเอียด ไม่ฟู ไม่สร้าง spore mass เมื่อสะกิดออกจากใบมะนาว มักแตกละเอียดเป็นผง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กว้าง 0.30±0.13 มิลลิเมตร สูง 1.25±0.40 มิลลิเมตร (ภาพที่ 23)

กลุ่มที่ 6 มีลักษณะของ stromata รูปร่างกลม รูปทรงนูนโค้งจากผิวพืชขึ้นมาเล็กน้อย เส้นใยสีน้ำตาลละเอียด ฟูเล็กน้อย (ภาพที่ 24 (ก)) ไม่สร้าง spore mass ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กว้าง 0.26±0.06 มิลลิเมตร สูง 1.27±0.40 มิลลิเมตร (ภาพที่ 24 (ข)) และพบลักษณะเส้นใยของเชื้อราปกคลุมตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* (ภาพที่ 24 (ค)) เมื่อศึกษา stromata ด้วยวิธีตัดขวาง และส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope (ภาพที่ 24 (ง)) พบเชื้อราไม่สร้างสปอร์

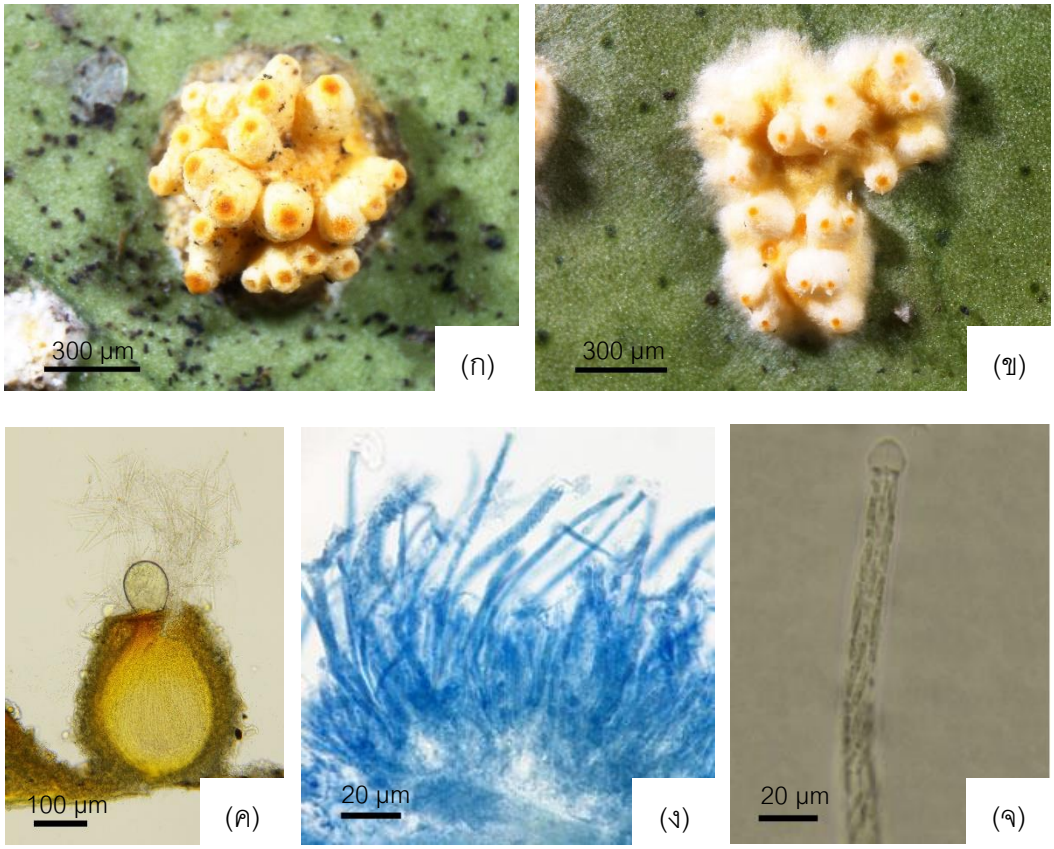



**ภาพที่ 21** ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ stromata ของเชื้อรากลุ่ม 3 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope และ stereo microscope

(ก) ลักษณะ stromata บนใบมะนาว (ง) ลักษณะ fruiting body แบบ pycnidia

(ข) ลักษณะ conidial mass ที่ออกมาจาก ostiole (จ) ลักษณะ paraphyses

(ค) ลักษณะ stromata ด้วยวิธีการตัดขวาง (ฉ) ลักษณะ conidia




**ภาพที่ 22** ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ stromata ของเชื้อรากลุ่ม 4 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope และ stereo microscope

(ก) ลักษณะ stromata บนใบมะนาว

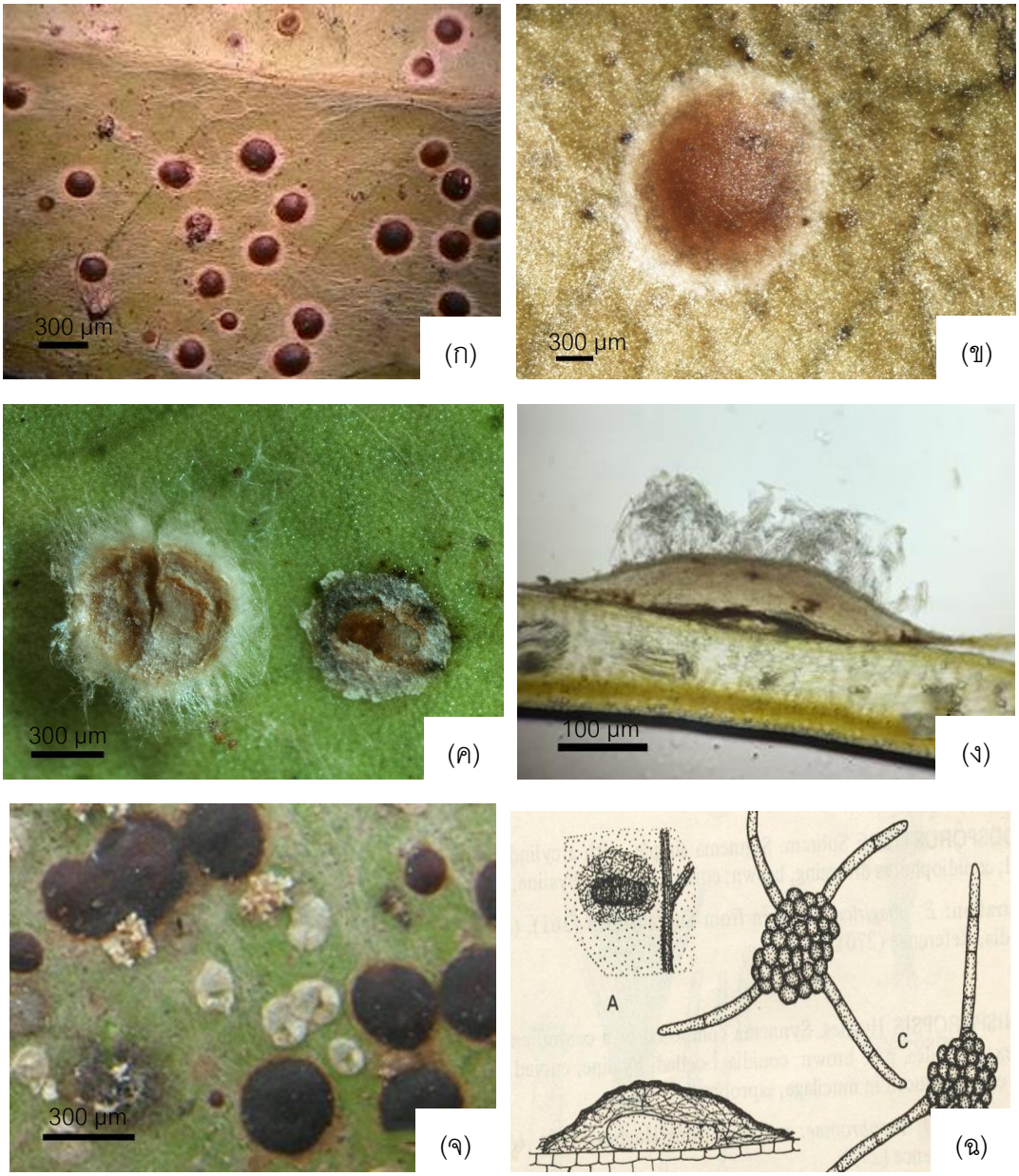
(ข) ลักษณะ stromata ไม่สร้าง conidial mass

(ค) ลักษณะ perithecium ด้วยวิธีการตัดขวาง

(ง) ลักษณะถุง ascus

(จ) ลักษณะ ascospores และลักษณะหมวกหนาบริเวณปลายถุง ascus

**ภาพที่ 23** ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ stromata ของเชื้อรากลุ่ม 5 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope และ stereo microscope




**ภาพที่ 24** ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ stromata ของเชื้อรากลุ่ม 6 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope และ stereo microscope

(ก) ลักษณะ stromata บนใบมะนาว

(ข) ลักษณะ stromata ไม่สร้าง conidial mass

(ค) ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา

(ง) ลักษณะ stromata ด้วยวิธีการตัดขวาง

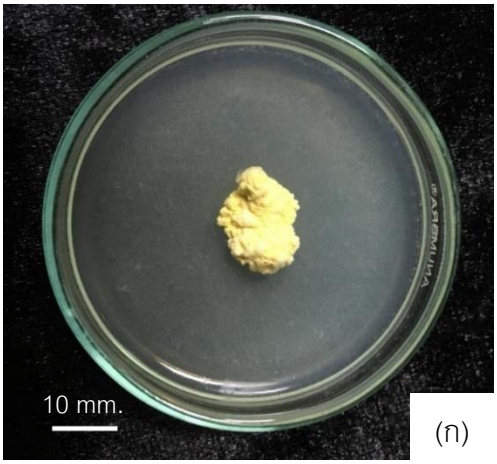
(จ) และ (ฉ) ลักษณะ stromata ของเชื้อราจากรายงานของ (Esquivel, 2010)

เมื่อนำเชื้อราแต่ละกลุ่มมาแยกเชื้อให้บริสุทธิ์บนอาหารสังเคราะห์ PDA ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 21 วัน เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราบนอาหาร พบว่าเชื้อรากลุ่มที่สามารถเจริญบนอาหาร PDA คือเชื้อรากลุ่มที่ 2, 3 และ 4 โดยมีลักษณะการเจริญบนอาหารดังนี้

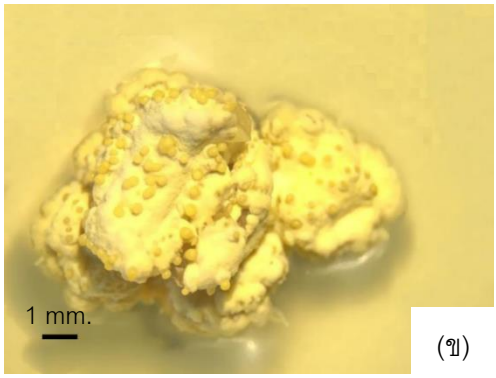
เชื้อรากลุ่มที่ 2 เป็นเชื้อราที่เจริญช้ามาก โดยพบโคโลนีของเชื้อราที่ระยะเวลา 14 วัน หลังการแยกเชื้อ โดยเชื้อราสร้างโคโลนีรูปร่างไม่แน่นอน เส้นใยสีเหลืองละเอียด ไม่ฟู (ภาพที่ 25 (ก)) และสร้าง conidial mass มีลักษณะเป็นเม็ดกลมสีเหลืองอ่อน กระจายรอบโคโลนี (ภาพที่ 25 (ข)) หลังจากเลี้ยงเชื้อเป็นระยะเวลานานกว่า 2 เดือนเส้นใยของเชื้อราจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีขาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเท่ากับ 12.47±0.70 มิลลิเมตร เมื่อส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope พบว่า conidia มีรูปร่างยาวรี (ภาพที่ 25 (ค))

เชื้อรากลุ่มที่ 3 พบโคโลนีของเชื้อราที่ระยะเวลา 7 วันหลังการแยกเชื้อ โดยเชื้อราสร้างโคโลนีรูปร่างกลม ผิวหน้าและขอบเรียบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเท่ากับ 23.89±3.80 มิลลิเมตร และสร้าง conidial mass สีส้ม (ภาพที่ 26 (ก)) เมื่อส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope พบว่า conidia มีรูปร่างยาวรี (ภาพที่ 26 (ข))

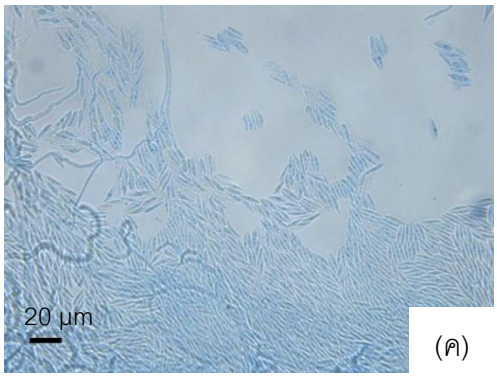
เชื้อรากลุ่มที่ 4 พบโคโลนีของเชื้อราที่ระยะเวลา 7 วันหลังการแยกเชื้อ โดยเชื้อราสร้างโคโลนีรูปร่างกลม ผิวหน้าและขอบเรียบ เช่นเดียวกับลักษณะโคโลนีของเชื้อรากลุ่มที่ 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเท่ากับ 29.58±2.20 มิลลิเมตร และสร้าง conidial mass สีส้ม เล็กน้อยหรือบางโคโลนีไม่พบการสร้างสปอร์บนอาหาร PDA (ภาพที่ 27 (ก)) เมื่อส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope พบว่า conidia มีรูปร่างยาวรี (ภาพที่ 27(ข))




(ก)




(ข)



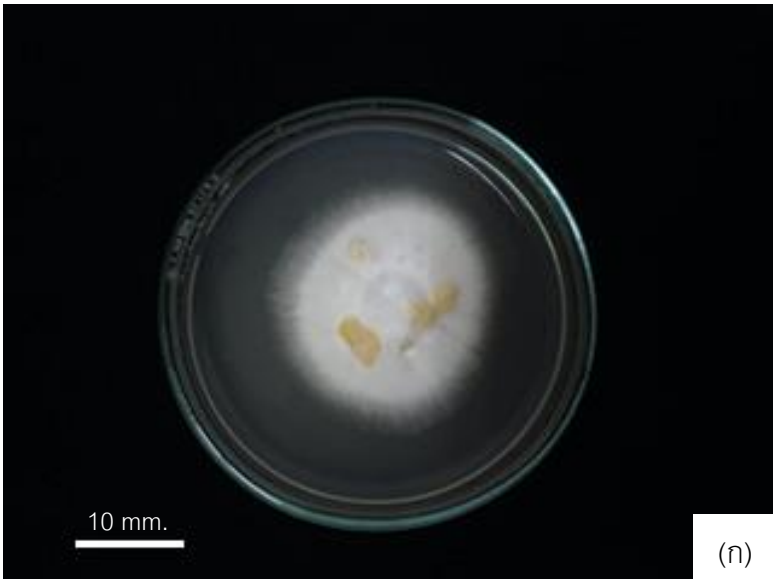

(ค)

**ภาพที่ 25** ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรากลุ่ม 2 ที่แยกเชื้อบริสุทธิ์บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่เป็นเวลา 21 วัน (อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์)

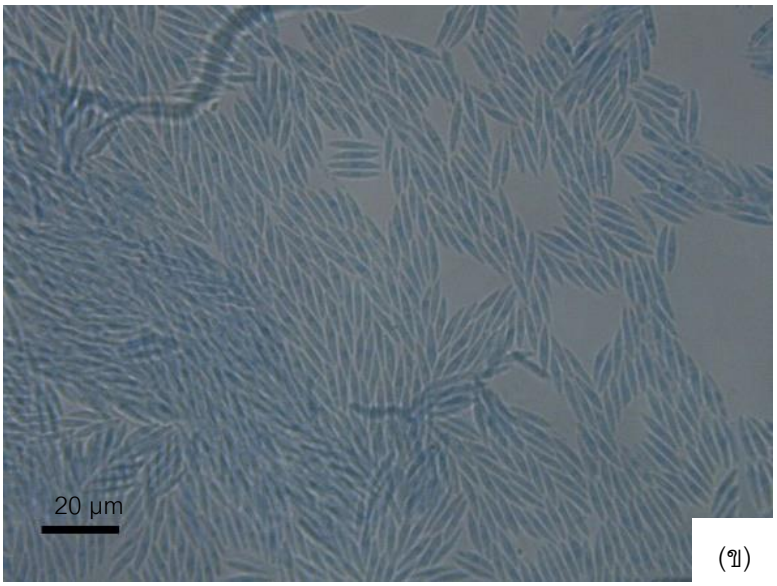
(ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA

(ข) ลักษณะ conidial mass ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ stereo microscope

(ค) ลักษณะ conidia ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ชนิด compound microscope




(ก)

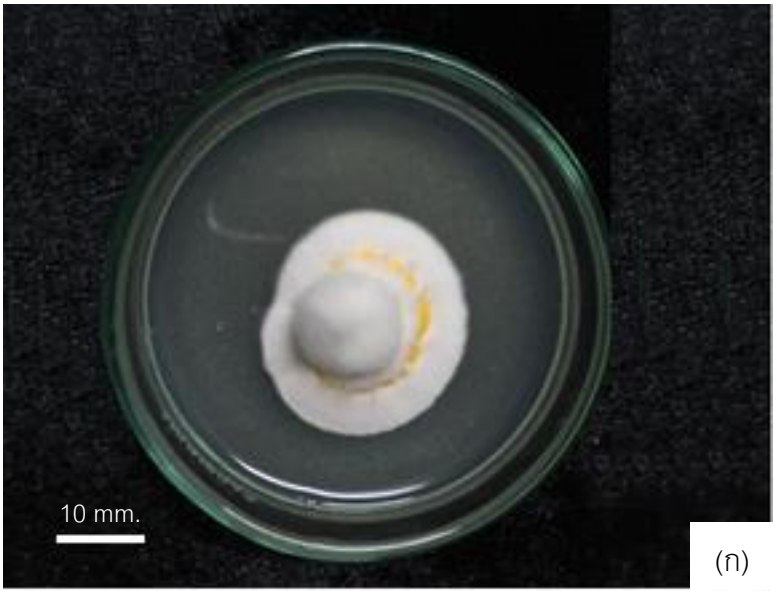



(ข)

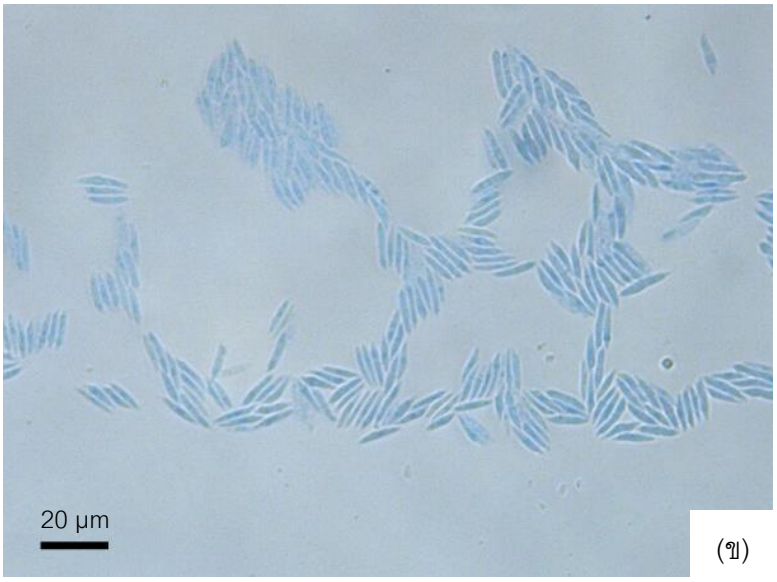
**ภาพที่ 26** ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรากลุ่ม 3 ที่แยกเชื้อบริสุทธิ์บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) เป็นเวลา 21 วัน (อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์)

(ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA

(ข) ลักษณะ conidia ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ชนิด compound microscope




(ก)




(ข)

**ภาพที่ 27** ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรากลุ่ม 4 ที่แยกเชื้อบริสุทธิ์บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) เป็นเวลา 21 วัน (อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์)

(ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA

(ข) ลักษณะ conidia ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ชนิด compound microscope

เมื่อนำลักษณะสัณฐานวิทยามาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ (Humber, 2005; Luansa-ard et al., 2007; Rossman et al., 1999; Liu et al., 2006; Chaverri et al., 2008) พบว่าเชื้อราที่ศึกษามีลักษณะทางสัณฐานวิทยาใกล้เคียงกับเชื้อราจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ *Aschersonia samoensis* (Henn.), *Aschersonia placenta* (Berk.), *Hypocrella raciborskii* (Zimm.) (ระยะการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของ *A. placenta*) และเชื้อรา *Aegerita webberi* (Fawcett) โดยเชื้อรากลุ่มที่ 1 มีความคล้ายคลึงกับเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในระยะที่เชื้อราเพิ่งเริ่มเข้าทำลายตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาว เชื้อรากลุ่มที่ 2, 3 และ 4 มีความคล้ายคลึงกับเชื้อรา *A. samoensis, A. placenta* และ *H. raciborskii* ตามลำดับ และเชื้อรากลุ่มที่ 5 มีความคล้ายคลึงกับเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในระยะที่เกินจากระยะที่เจริญเต็มที่ สอดคล้องกับรายงานของ (Chaverri et al., 2008) พบว่าลักษณะของ stromata ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เจริญขึ้นมาใหม่ (young stromata) โดยเริ่มแรก stromata จะมีสีขาว และค่อยๆ พัฒนาเป็นระยะที่สุกแก่เต็มที่ (mature stromata) เช่น เปลี่ยนเส้นใยเป็นสีเหลืองและสีส้มและสร้าง spore mass ในระยะต่อมาจะมีสีขาว เทาหรือสีคล้ำเมื่อแก่ (old over-mature stromata) นอกจากนี้พบว่าเชื้อรากลุ่มที่ 6 มีความคล้ายคลึงกับเชื้อรา *A. webberi* (Esquivel, 2010) เมื่อนำมาศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมด้านนิเวศวิทยาพบว่าเชื้อราทั้ง 4 ชนิด เป็นเชื้อราก่อโรคของแมลงหวี่ขาว *D. citri* ซึ่งเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของพืชตระกูลส้ม

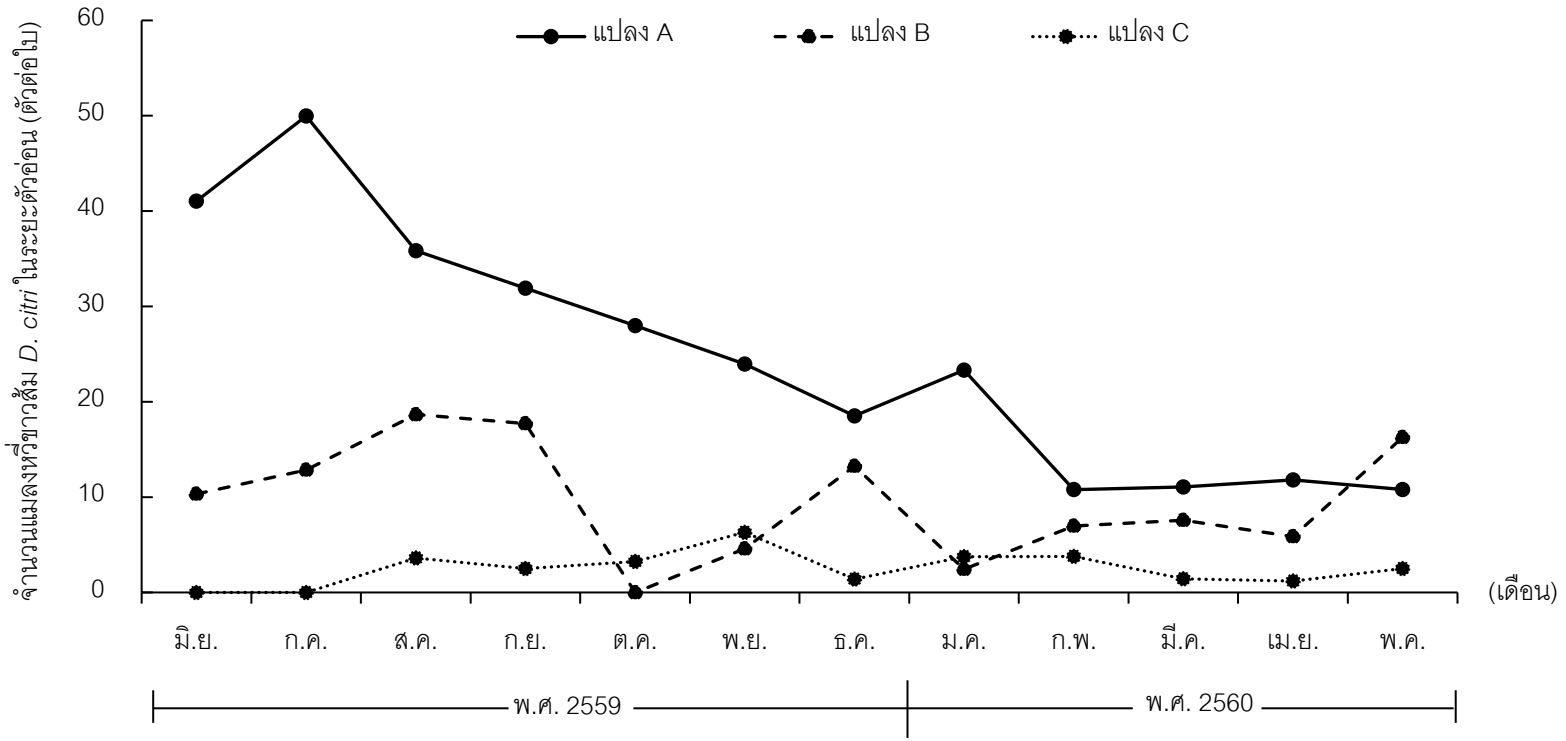
## 2. พลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในแปลงมะนาว อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช

### 2.1 พลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri*

พลวัตประชากรระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* จำนวน 3 แปลง (แปลง A แปลง B แปลง C) ในอำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแปลงปลูกมะนาวแปลง A และแปลง B ดำเนินการตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 แต่เนื่องจากแปลง C เป็นแปลงที่มีการปลูกมะนาวหลายสายพันธุ์และปลูกบนดิน ซึ่งเป็นแปลงปลูกที่มีสภาพแวดล้อมในแปลงต่างกับแปลง A และแปลง B แต่สำรวจพบในภายหลัง จึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560

พลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* บนต้นมะนาวในแปลง A ซึ่งทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 พบจำนวนตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ในแต่ละเดือน โดยพบจำนวนตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* สูงสุดในเดือนกรกฎาคม รองลงมาคือเดือนมิถุนายน และสิงหาคม ตามลำดับ เฉลี่ยเท่ากับ 49.97±45.40, 41.06±34.34 และ 35.83±32 ตัวต่อใบ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ผลข้อมูลประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ทั้ง 3 เดือน มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับเดือนอื่นๆ หลังจากนั้นประชากรตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในแปลง A มีแนวโน้มลดลงในช่วงฝนตกชุกตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงมกราคม โดยลดลงสูงสุดช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม เฉลี่ยเท่ากับ 10.78±11.99, 11.08±17.76, 11.81±22.61 และ 10.81±12.32 ตัวต่อใบ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 4 เดือน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) (ภาพที่ 28)

พลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* บนต้นมะนาวในแปลง B ซึ่งทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกัน พบจำนวนตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ในแต่ละเดือน โดยมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับแปลง A คือพบตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ค่อนข้างสูงช่วงก่อนฤดูฝนในเดือนมิถุนายนถึงกันยายน โดยพบจำนวนตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* สูงสุดในเดือนสิงหาคม เฉลี่ยเท่ากับ 18.67±14.37 ตัวต่อใบ หลังจากนั้นประชากรตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในแปลง B มีแนวโน้มลดลง โดยลดลงสูงสุดช่วงฝนตกชุกในเดือนตุลาคมและมกราคม เฉลี่ยเท่ากับ 0.00±0.00 และ 2.44±2.30 ตัวต่อใบ ซึ่งทั้ง 2 เดือน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) หลังจากนั้นเมื่อเริ่มเข้าสู่ฤดูร้อนอีกครั้งในเดือนพฤษภาคม พบประชากรตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 28)




**ภาพที่ 28** พลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ในระยะตัวอ่อน ในแปลงมะนาว พื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 3 แปลง (แปลง A, B และ C)

พลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* บนต้นมะนาวในแปลง C ซึ่งทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 พบจำนวนตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ในแต่ละเดือน ประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ค่อนข้างน้อยตลอดทั้งปี โดยประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และพบระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* สูงสุดในเดือนพฤศจิกายน เฉลี่ยเท่ากับ 6.31±10.32 ตัวต่อใบ (ภาพที่ 28)

จากผลการศึกษาพลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* พบประชากรระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มีการเพิ่มและลดของประชากรสัมพันธ์กับฤดูกาลและปริมาณน้ำฝน ก่อนหน้าการสำรวจในเดือนมีนาคมและเมษายน พ.ศ. 2559 เป็นฤดูร้อน ไม่มีฝนตก กรมอุตุนิยมวิทยารายงานว่าทั้ง 2 เดือนมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่ากับ 0.00 มิลลิเมตร (ภาพภาคผนวกที่ 1) เมื่อพิจารณาประชากรแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น 1-3 เดือนถัดมา คือ เดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม หลังจากนั้นในปี พ.ศ 2559 ภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทยเข้าสู่ช่วงฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงธันวาคม เมื่อพิจารณาประชากรแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* พบว่าแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ค่อยๆ ลดจำนวนลงช่วงฤดูฝน นอกจากนี้ในปีที่ทำการศึกษาพบการรายงานว่า จังหวัดนครศรีธรรมราชมีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่าปกติ (1415.80 มิลลิเมตร) ในรอบหลายปี (ภาพภาคผนวกที่ 1) เมื่อฝนตกชุกส่งผลให้ประชากรแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ลดลงสูงสุด 1-3 เดือนต่อมาคือเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม แสดงให้เห็นว่าฤดูฝนและช่วงที่มีฝนตกชุกอย่างต่อเนื่องไม่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* สอดคล้องกับการรายงานของ (Muhammad et al., 2019; Sharma et al., 2017; Saini et al., 2016) รายงานว่า เมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการลดลงของระดับประชากรระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวในวงศ์ Aleyrodidae และประชากรระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวในวงศ์ Aleyrodidae มีจำนวนเพิ่มขึ้นในฤดูร้อนและจะค่อยๆ ลดลงในฤดูฝน (Vincent and Adeyemi, 2011)

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด-ต่ำสุด และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของอำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราชตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ 2560 มีแนวโน้มสอดคล้องกับจำนวนประชากรตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* โดยฤดูร้อนในเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 เป็นช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิสูงสุด (35.94 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด (77.42 เปอร์เซ็นต์) (ภาพภาคผนวกที่ 2 และ 3) เมื่อพิจารณาจำนวนประชากรตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* 1-3 เดือน ถัดมาคือเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พบว่าตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นในเดือน

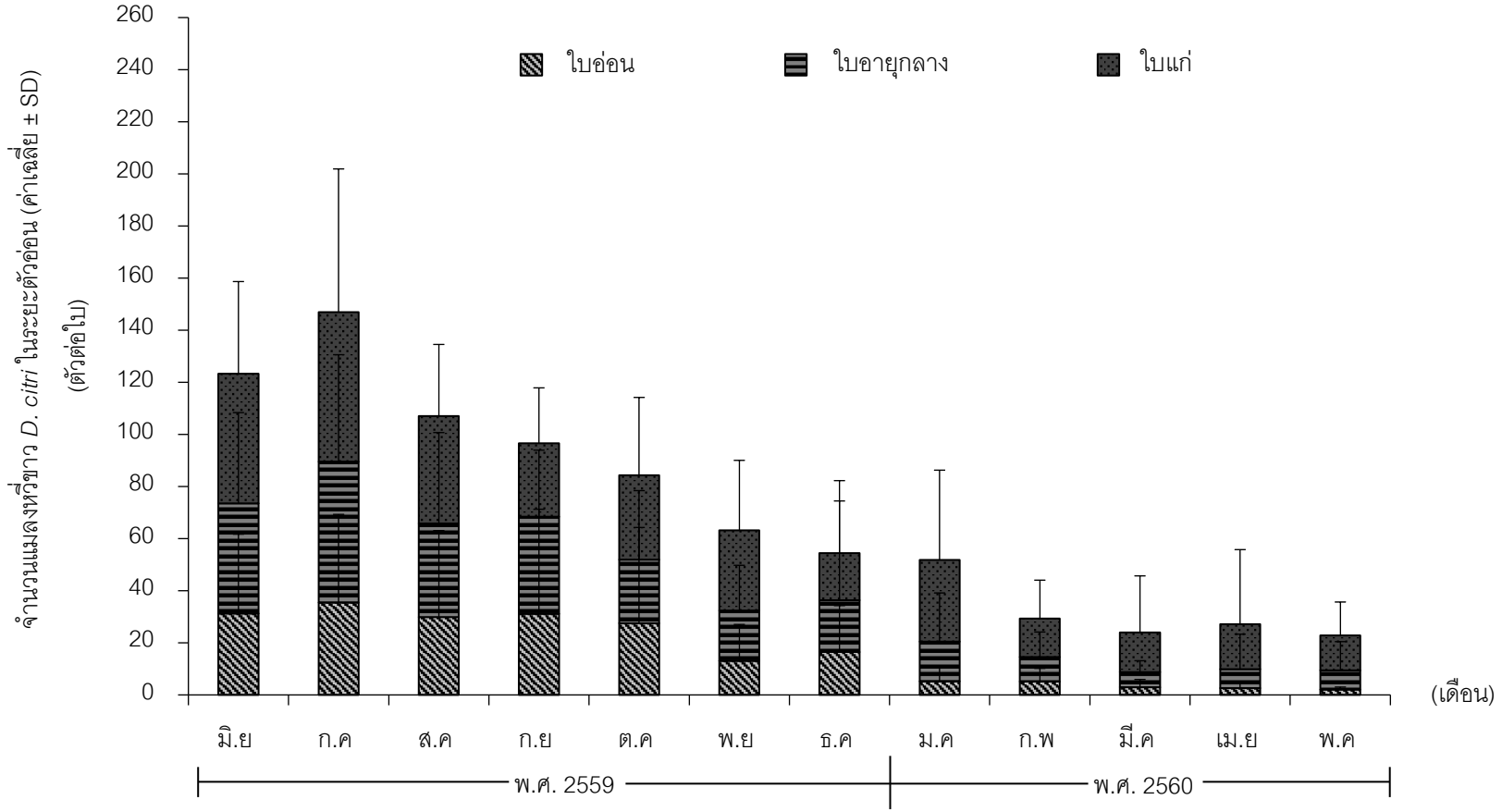
กรกฎาคม จังหวัดนครศรีธรรมราช มีฝนตกหนาแน่น เมื่อพิจารณาผลการศึกษา 1-3 เดือนถัดมาคือ เดือนตุลาคม พบตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มีจำนวนลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนมกราคมซึ่งมีฝนตกชุกและปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่าปกติ ส่งผลให้ในเดือนนี้มีอุณหภูมิต่ำสุด (23.25 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด (91.25 เปอร์เซ็นต์) (ภาพภาคผนวกที่ 2 และ 3) จากสภาพอากาศดังกล่าวส่งผลให้จำนวนประชากรตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* 1-3 เดือน ถัดมาคือเดือนมีนาคมและเมษายนประชากรตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ลดลงอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูร้อนของจังหวัดนครศรีธรรมราช อุณหภูมิช่วง 24-36 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 55-95 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* สอดคล้องกับการรายงานของ (Saini et al., 2016; Bellows and Meisenbacher, 2007) รายงานว่าจำนวนประชากรตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* สัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม (Byrne and Bellows, 1991) รายงานว่า ตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* สามารถอยู่รอดที่อุณหภูมิต่ำได้ถึงลบ 15 องศาเซลเซียส (Bellows and Meisenbacher, 2007) รายงานว่าจำนวนประชากรตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* สัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ โดยความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60-75 เปอร์เซ็นต์เป็นความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* นอกจากนี้ตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* สามารถอยู่รอดที่ชื้นสัมพัทธ์สูงถึง 87 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ฤดูฝนและความชื้นสัมพัทธ์สูงมีความไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* อย่างไรก็ตามประชากรระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ทั้ง 3 แปลง มีความแตกต่างกันโดยเฉพาะอย่างยิ่ง แปลง C ที่จำนวนประชากรระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มีปริมาณน้อยตลอดทั้งปี ซึ่งความแตกต่างของประชากรระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* เกิดขึ้นจากความแตกต่างของลักษณะกายภาพของต้นมะนาวและลักษณะแปลงปลูก โดยลักษณะทางกายภาพของต้นมะนาว แปลง A, B และ C ที่แตกต่างกันคือ แปลง A ต้นมะนาว อายุ 2 ปี เท่ากันทุกต้น อยู่ในระยะเริ่มให้ดอก ติดผล ปลูกในบ่อซีเมนต์ มีการให้น้ำสม่ำเสมอ และลักษณะแปลงมีร่มเงาของต้นยางอยู่ด้านข้างแปลง ทำให้ต้นมะนาวในแปลงได้รับความชื้นมากขึ้น แปลง B ต้นมะนาวอายุ 2-3 ปี อายุของต้นมะนาวมีความแตกต่างกัน และมีการปลูกแซมต้นมะนาวที่ตายไป ปลูกในบ่อซีเมนต์ มีการให้น้ำสม่ำเสมอ แต่ต้นมะนาวบางต้นอยู่ในที่โล่งแจ้ง ได้รับแสงแดดมาก บางต้นมีร่มเงาของต้นยางบัง ทำให้ได้รับแสงแดดไม่เท่ากันทุกต้น ในส่วนของแปลง C เป็นต้นมะนาวแก่ อยู่ในระยะที่ให้ผลผลิตได้บ้างแต่น้อย มีการเข้าทำลายของหนอนเจาะลำต้น และปลูกมะนาวบนดิน คาดว่าด้วยความหลากหลาย

ของสายพันธุ์และอายุของมะนาว วิธีการปลูก และการจัดการแปลงต่างกัน ส่งผลต่อประชากรระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* โดยแปลง A คือแปลงที่พบระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* เฉลี่ยต่อใบค่อนข้างสูง เนื่องจากมีความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ อายุและลักษณะทรงพุ่ม ซึ่งอยู่ในระยะที่สามารถให้ผลผลิตได้ มีความสมบูรณ์ของปริมาณสารอาหารในใบพืช จึงเหมาะสมต่อการเข้าทำลายของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มากกว่าแปลง C ซึ่งปลูกมะนาวหลายสายพันธุ์ แต่ต้นมะนาวมีอายุมากและโทรม เมื่อพืชอาหารไม่สมบูรณ์ จึงไม่เหมาะสมต่อการวางไข่และการเข้าทำลายของแมลง ในขณะที่แปลง B ต้นมะนาวมีทั้งต้นมะนาวที่เพิ่งปลูกใหม่ปะปนกับต้นที่อยู่ในระยะที่ให้ผลผลิตรวมถึงขนาดทรงพุ่มต่างกัน จำนวนแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* จึงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากไปตามการสุ่มสำรวจในแต่ละเดือน

**2.2 การศึกษาประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* บนใบมะนาวที่มีอายุต่างกัน**

การศึกษาพลวัตประชากรระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* บนใบมะนาวที่อายุต่างกัน 3 บริเวณ ได้แก่ ใบแก่ ใบมะนาวที่มีอายุกลาง และใบอ่อน ในแปลงปลูก A อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ประชากรของตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ทั้ง 3 บริเวณมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปีที่ทำการศึกษา โดยพบว่าใบมะนาวอายุต่างกันส่งผลต่อจำนวนประชากรของตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ภาพที่ 29)

จากการสุ่มนับตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* บนใบมะนาว พบจำนวนตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มากที่สุดบริเวณใบแก่ รองลงมาคือ ใบอายุกลาง และใบอ่อน เฉลี่ยเท่ากับ 30.79±33.20, 28.31±32.70 และ 25.21±31.41 ตัวต่อใบ ตามลำดับ โดยจำนวนตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* บริเวณใบแก่และใบอายุกลาง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) จากการสำรวจพบแมลงหวี่ขาววัย 2,3 และ 4 (last nymph) จำนวนมาก และพบแมลงหวี่ขาวตัวเต็มวัยน้อยมากซึ่งตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มักพบอยู่รวมกันเป็นกลุ่มบริเวณใต้ใบมะนาว สอดคล้องกับการรายงานของ (Hoddle, 2013) รายงานว่า แมลงหวี่ขาววัย 2 และ 3 ของ *Trialeurodes vaporariorum* และ *Bemisia tabaci* จะพบมากบริเวณใบแก่ และใบอายุกลาง (Rilay, 1993) รายงานว่า พบแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* มากที่สุดบริเวณใบแก่เช่นกัน จากการศึกษาสามารถอธิบายการชอบอยู่อาศัยของแมลงหวี่ขาวส้ม *D.citri* คือแมลงชนิดนี้มีขนาดเล็กมาก ลักษณะการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะตัวอ่อนวัย 1 จนถึงตัวอ่อนวัยที่ 4 จะเกาะติดอยู่กับใบพืชใบเดียวเกือบครบวงจรชีวิต ดังนั้นแมลงหวี่ขาวต้องหาที่อยู่อาศัยที่มีร่มเงา เพื่อไม่ให้แสงแดดเผา และแห้งตายไปในที่สุด ดังนั้นการอาศัยอยู่ใต้ใบอายุกลางและใบแก่จึงเหมาะสมกว่าการอาศัยใต้ใบอ่อน เนื่องจากใบอ่อนเป็นใบที่พบส่วนยอด และส่วนบนสุด แสงแดดส่องถึงมากกว่า เมื่อฝนตกน้ำฝนจะชะล้างใบและปะทะกับส่วนบนมากกว่าส่วนอื่น จากการทดลองครั้งนี้จะเป็นพื้นฐานในการสำรวจแมลงหวี่ขาวชนิดนี้ในอนาคตรวมถึงงานวิจัยอื่นๆ ต่อไป โดยสามารถเลือกสุ่มตรวจใบพืชบริเวณใบแก่และใบอายุกลาง และคาดการการระบาดของแมลงชนิดนี้ได้




**ภาพที่ 29** พลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ในระยะตัวอ่อน บนใบมะนาวที่อายุต่างกัน ในพื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช สำรวจช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 (แปลง A)

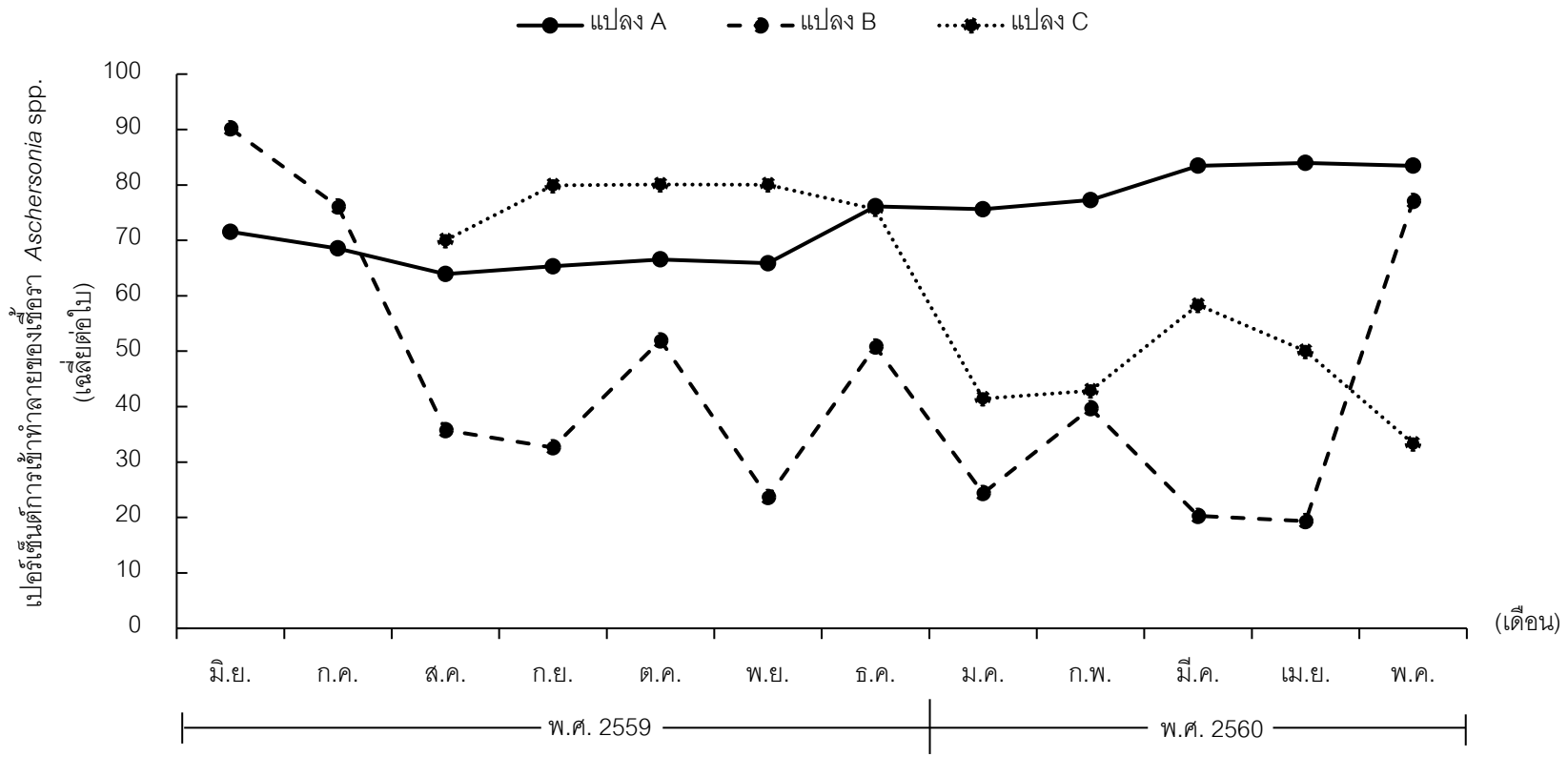
**3. การศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในสภาพแปลงและห้องปฏิบัติการ**

**3.1 การศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในสภาพแปลง**

จากการเก็บรวบรวมเชื้อราก่อโรคแมลงที่เข้าทำลายระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* บนใบมะนาว ในอำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 3 แปลง (แปลง A แปลง B แปลง C) ผลการศึกษาพลวัตประชากรของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ดังนี้

การศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในแปลง A ซึ่งทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 พบเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ในแต่ละเดือน โดยเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายเฉลี่ยระหว่าง 63-84 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ โดยเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. สูงสุดช่วงหลังฝนตกชุกติดต่อกัน ในเดือนเมษายน รองลงมาคือเดือนมีนาคม และพฤษภาคม เฉลี่ยเท่ากับ 83.97, 83.47 และ 83.47 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ ทั้ง 3 เดือน มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับเดือนอื่นๆ (ภาพที่ 30)

การศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในแปลง B ซึ่งทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกัน พบเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ในแต่ละเดือน เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายเฉลี่ยระหว่าง 19–90 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ โดยเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. สูงสุดในเดือนมิถุนายน รองลงมาคือเดือนพฤษภาคม และกรกฎาคม เฉลี่ยเท่ากับ 90.19, 77.09 และ 76.11 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ ทั้ง 3 เดือน มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับเดือนอื่นๆ (ภาพที่ 30)




**ภาพที่** 30 เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เข้าทำลายระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* ในแปลงมะนาว ในพื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช สำรวจช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 3 แปลง (แปลง A, B และ C)

การศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในแปลง C ซึ่งทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกัน พบเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ในแต่ละเดือน เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายเฉลี่ยระหว่าง 33–81 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ โดยเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. สูงสุดในเดือนตุลาคม รองลงมาคือกันยายนและสิงหาคม เฉลี่ยเท่ากับ 80.08, 80.05 และ 79.91 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ ทั้ง 3 เดือน มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับเดือนอื่นๆ (ภาพที่ 30)

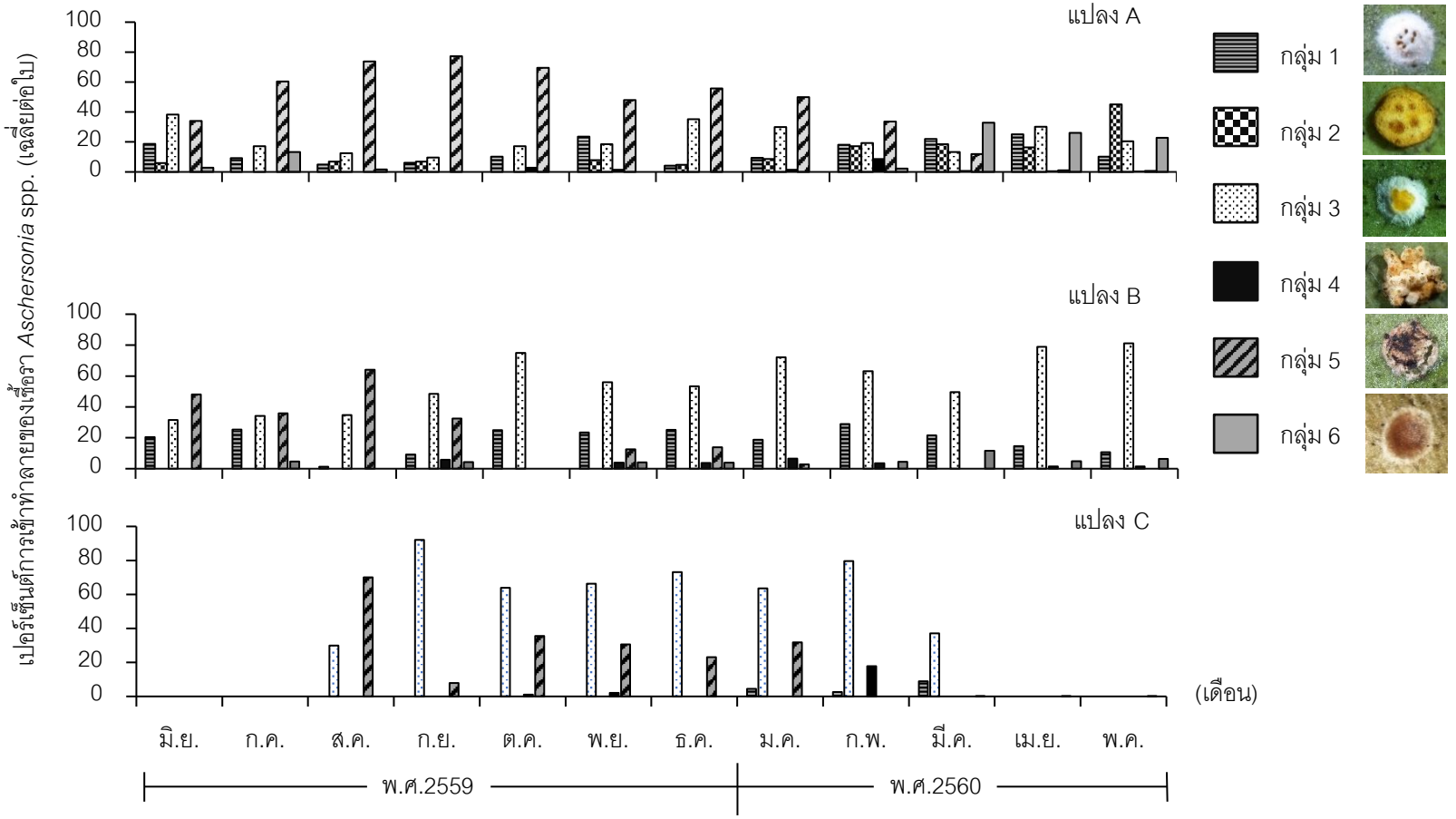
จากการศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในสภาพแปลง และจัดกลุ่มของเชื้อราตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา สามารถจัดกลุ่มของเชื้อราที่พบในแปลง A ออกเป็น 6 กลุ่ม พบกลุ่มของเชื้อรามีความแตกต่างกัน ในแต่ละเดือนดังนี้

เชื้อรากลุ่ม 1 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 4.12-25.10 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ โดยพบมากที่สุดช่วงฝนตกชุกในเดือนเมษายน รองลงมาคือพฤศจิกายน และมีนาคม เฉลี่ยเท่ากับ 25.10, 23.48 และ 22.04 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ ทั้ง 3 เดือน มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับเดือนอื่นๆ (ภาพที่ 31)

เชื้อรากลุ่ม 2 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 4.81-45.06 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ โดยพบมากที่สุดช่วงฝนตกชุกในเดือนพฤษภาคม รองลงมาคือมีนาคม และกุมภาพันธ์ เฉลี่ยเท่ากับ 45.06, 18.56 และ 17.19 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ ทั้ง 3 เดือน มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับเดือนอื่นๆ อย่างไรก็ตามไม่พบเชื้อราดังกล่าวในเดือนกรกฎาคมและตุลาคม (ภาพที่ 31)

เชื้อรากลุ่ม 3 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 9.66-38.29 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ โดยพบมากที่สุดช่วงฝนตกชุกในเดือนมิถุนายน รองลงมาคือธันวาคม และเมษายน เฉลี่ยเท่ากับ 38.29, 35.17 และ 30.13 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ ทั้ง 3 เดือน มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับเดือนอื่นๆ (ภาพที่ 31)

เชื้อรากลุ่ม 4 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 0.17-9.23 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ เชื้อรากลุ่มนี้อยู่ในระยะอาศัยเพศซึ่งพบน้อยมาก โดยพบมากที่สุดช่วงฝนตกชุกในเดือนกุมภาพันธ์ รองลงมาคือมกราคม และพฤศจิกายน เฉลี่ยเท่ากับ 9.23, 2.11 และ 2.01 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ ทั้ง 3 เดือน มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับเดือนอื่นๆ ไม่พบเชื้อราดังกล่าวช่วงฤดูร้อนในเดือนมิถุนายน (ภาพที่ 31)




**ภาพที่ 31** เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เข้าทำลายระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* โดยจัดกลุ่มเชื้อราตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา ในพื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 (แปลง A, B และ C)

เชื้อรากลุ่ม 5 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 0.75-77.17 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ โดยพบมากที่สุดช่วงฤดูฝนในเดือนกันยายน รองลงมาคือสิงหาคม และตุลาคม เฉลี่ยเท่ากับ 77.17, 73.68 และ 69.42 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ ทั้ง 3 เดือน มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับเดือนอื่นๆ (ภาพที่ 31)

เชื้อรากลุ่ม 6 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 1.75-32.95 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ สามารถพบเชื้อรากลุ่มนี้เฉพาะบางเดือนเท่านั้น โดยพบมากที่สุดหลังฝนตกชุกติดต่อกันในเดือนมีนาคม รองลงมาคือเมษายน และพฤษภาคม เฉลี่ยเท่ากับ 32.95, 26.14 และ 22.83 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ ทั้ง 3 เดือน มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับเดือนอื่นๆ อย่างไรก็ตามไม่พบเชื้อราดังกล่าวตั้งแต่เดือนกันยายนถึงกุมภาพันธ์ (ภาพที่ 31)

จากการศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในสภาพแปลง และจัดกลุ่มของเชื้อราตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา สามารถจัดกลุ่มของเชื้อราที่พบในแปลง B ออกเป็น 6 กลุ่ม พบกลุ่มของเชื้อรามีความแตกต่างกัน ในแต่ละเดือนดังนี้

เชื้อรากลุ่ม 1 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 1.19-25.36 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ โดยพบมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ เฉลี่ยเท่ากับ 28.92 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ (ภาพที่ 31)

เชื้อรากลุ่ม 2 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 0.37-0.35 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ พบเชื้อรากลุ่มนี้ได้เพียง 2 เดือนเท่านั้น คือเดือนเมษายนและพฤษภาคม (ภาพที่ 31) โดยพบหลังฝนตกต่อเนื่องติดต่อกันหลายเดือน

เชื้อรากลุ่ม 3 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 31.45-81.10 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ โดยพบมากที่สุดหลังจากฝนตกชุกในเดือนพฤษภาคม รองลงมาคือ เมษายน และตุลาคม เฉลี่ยเท่ากับ 81.10, 78.82 และ 75.00 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ (ภาพที่ 31)

เชื้อรากลุ่ม 4 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 1.46-6.48 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ พบเชื้อรากลุ่มนี้ได้ค่อนข้างน้อย โดยพบมากที่สุดหลังจากฝนตกชุกในเดือนมกราคม รองลงมาคือเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม เฉลี่ยเท่ากับ 6.48, 3.88 และ 3.76 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ ไม่พบเชื้อราดังกล่าวในเดือนมิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม ตุลาคม และมีนาคม (ภาพที่ 31)

เชื้อรากลุ่ม 5 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 2.78-64.02 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ สามารถพบเชื้อรากลุ่มนี้ได้บางเดือนเท่านั้นคือเดือนมิถุนายนถึงกันยายน โดยพบมากที่สุดในเดือนสิงหาคม รองลงมาคือมิถุนายน และกรกฎาคม เฉลี่ยเท่ากับ 64.02, 48.05 และ 35.93 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ (ภาพที่ 31)

เชื้อรากลุ่ม 6 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 3.92-11.54 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ โดยพบมากที่สุดช่วงฝนตกชุกในเดือนมีนาคม รองลงมาคือพฤษภาคม และเมษายน เฉลี่ยเท่ากับ 11.54, 6.39 และ 4.75 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ (ภาพที่ 31)

จากการศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในสภาพแปลง และจัดกลุ่มของเชื้อราตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา สามารถจัดกลุ่มของเชื้อราที่พบในแปลง C ออกเป็น 6 กลุ่ม พบกลุ่มของเชื้อรามีความแตกต่างกัน ในแต่ละเดือนดังนี้

เชื้อรากลุ่ม 1 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 2.63-8.97 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ และพบเพียง 3 เดือนเท่านั้นคือเดือนมกราคมถึงมีนาคม โดยพบมากที่สุดหลังฝนตกชุกในเดือนมีนาคม รองลงมาคือมกราคมและกุมภาพันธ์ ตามลำดับ เฉลี่ยเท่ากับ 8.97, 4.55 และ 2.63 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ (ภาพที่ 31)

เชื้อรากลุ่ม 2 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 30.00-92.13 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ โดยพบมากที่สุดในเดือนกันยายน รองลงมาคือกุมภาพันธ์ เฉลี่ยเท่ากับ 92.13 และ 79.63 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ ไม่พบเชื้อราดังกล่าวในเดือนเมษายนและพฤษภาคม นอกจากนี้ไม่พบเชื้อรากลุ่ม 3 ในแปลง (ภาพที่ 31)

เชื้อรากลุ่ม 4 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 1.13-17.74 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ค่อนข้างพบเชื้อรากลุ่มนี้ได้น้อย โดยพบมากที่สุดช่วงปลายฤดูฝนเดือนกุมภาพันธ์ เฉลี่ยเท่ากับ 17.74 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ (ภาพที่ 31)

เชื้อรากลุ่ม 5 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย 7.87-70.00 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ โดยพบมากที่สุดในเดือนสิงหาคม รองลงมาคือตุลาคม เฉลี่ยเท่ากับ 70.00 และ 35.49 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ (ภาพที่ 31)

เชื้อรากลุ่ม 6 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายเฉลี่ยเพียง 0.01 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ และพบเพียง 3 เดือนเท่านั้น โดยพบหลังฝนตกติดต่อกันคือเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม (ภาพที่ 31)

จากการศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. บนใบมะนาวที่มีอายุต่างกัน พบว่าเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. มีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปีที่ทำการศึกษา และเมื่อนำข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ทั้ง 6 กลุ่ม มาคำนวณทางสถิติ พบเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. สูงสุดบริเวณใบแก่ รองลงมาคือใบอ่อนและใบอายุกลาง เฉลี่ยเท่ากับ 72.78, 70.24 และ 69.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ทั้ง 3 บริเวณ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 2) (ภาพที่ 32)

**ตารางที่** 2 เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เข้าทำลายระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* บนใบมะนาวที่อายุต่างกัน โดยจัดกลุ่มเชื้อราตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา ในพื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช สำรวจช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 (แปลง A)

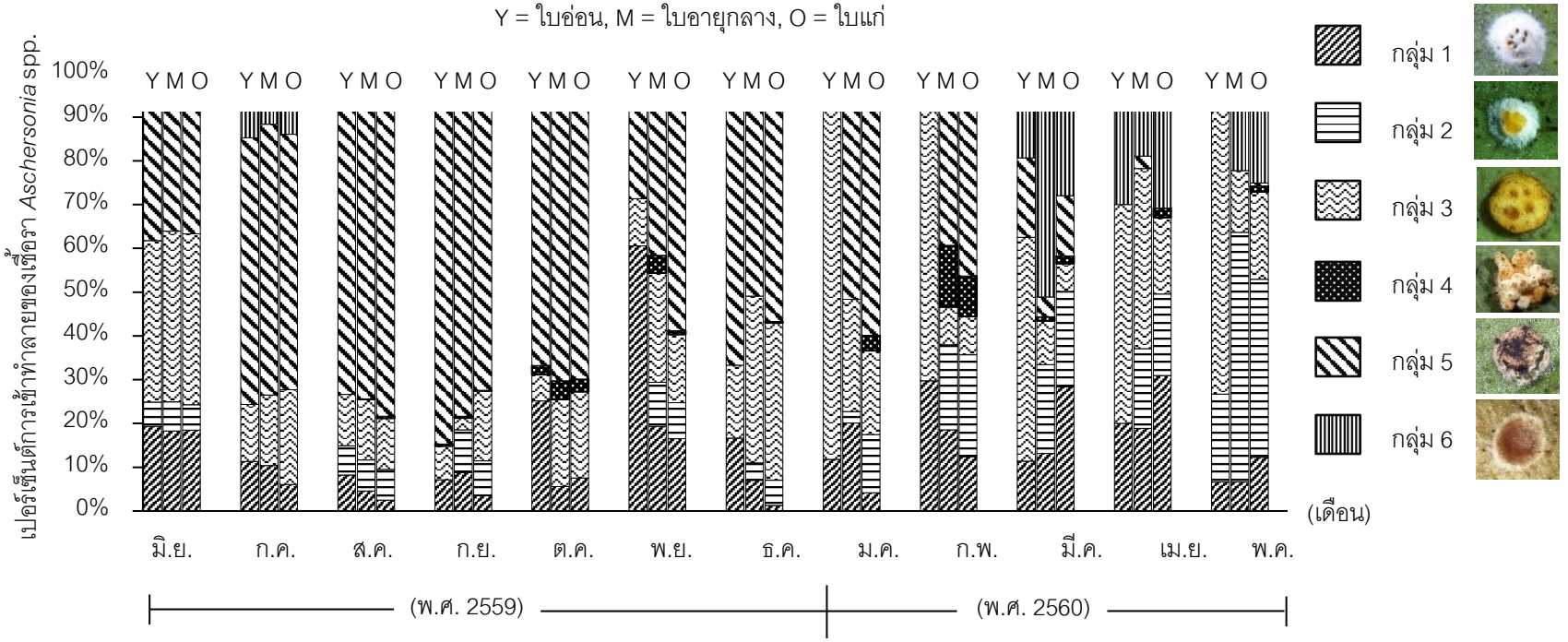
| ลักษณะใบ | เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp.[1/] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | กลุ่ม 1 | กลุ่ม 2 | กลุ่ม 3 | กลุ่ม 4 | กลุ่ม 5 | กลุ่ม 6 |
| ใบอ่อน | 17.24[a 2/] | 2.54[b] | 25.63[a] | 0.20[b] | 48.92 | 5.47[b] |
| ใบอายุกลาง | 11.93[b] | 10.83[a] | 21.29[b] | 2.10[a] | 48.53 | 10.45[a] |
| ใบแก่ | 19.47[a] | 12.21[a] | 19.63[b] | 1.68[a] | 46.90 | 8.00[ab] |
| F-test | * | * | * | * | ns | * |

[1/]ค่าเฉลี่ยจาก 15 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ใบมะนาว จำนวน 5 ใบ ระยะเวลา 12 เดือน

[2/]ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ




**ภาพที่** 32 เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เข้าทำลายระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* บนใบมะนาวที่อายุต่างกัน โดยจัดกลุ่มเชื้อราตามทางลักษณะสัณฐานวิทยา ในพื้นที่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช สำรวจช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 (แปลง A)

จากการศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. บนใบมะนาวที่มีอายุต่างกันและจัดกลุ่มของเชื้อราตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา ผลการศึกษาดังนี้

เชื้อรากลุ่ม 1 พบบริเวณใบแก่มากที่สุด รองลงมาคือใบอ่อนและใบอายุกลาง เฉลี่ยเท่ากับ 19.47, 17.24 และ 11.93 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ โดยบริเวณใบแก่และใบอ่อนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 2) (ภาพที่ 32)

เชื้อรากลุ่ม 2 และกลุ่ม 4 พบบริเวณใบแก่และใบอายุกลาง มากกว่าใบอ่อน เฉลี่ยเท่ากับ 12.21,10.83, 2.54 และ 1.68, 2.10, 0.20 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ โดยบริเวณใบแก่และใบอายุกลาง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 2) (ภาพที่ 32)

เชื้อรากลุ่ม 3 พบบริเวณใบอ่อนมากที่สุด รองลงมาคือใบอายุกลางและใบแก่ เฉลี่ยเท่ากับ 25.63, 21.29 และ 19.63 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ โดยบริเวณใบอายุกลางและใบแก่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และพบเชื้อรากลุ่ม 5 ทั้ง 3 บริเวณ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 2) (ภาพที่ 32)

เชื้อรากลุ่ม 6 พบบริเวณใบอายุกลางมากที่สุด รองลงมาคือใบแก่และใบอ่อน เฉลี่ยเท่ากับ 10.45, 8.00 และ 5.47 เปอร์เซ็นต์ต่อใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) (ภาพที่ 32)

การศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในสภาพแปลง พบเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เข้าทำลายตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายเพิ่มขึ้นหลังการเพิ่มของปริมาณน้ำฝน 1-2 เดือนต่อมา เห็นได้ชัดจากภาคใต้ของไทยมีฤดูฝนมากกว่าฤดูร้อน และในปีที่ทำการศึกษา คือในเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงที่สุด (1,415.80 มิลลิเมตร) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูง (91.25 เปอร์เซ็นต์) อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ (25.59 องศาเซลเซียส) (ภาพภาคผนวกที่ 1) ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. สูงในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม นอกจากนี้จังหวัดนครศรีธรรมราชมีลักษณะภูมิประเทศที่มีภูเขาสูง มีต้นไม้ปกคลุมเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งปีที่ทำการศึกษา เมื่อสภาพภูมิอากาศมีความเหมาะสม ส่งผลให้เชื้อรา *Aschersonia* spp. เจริญเติบโตได้ดี สามารถอยู่รอดและมีพัฒนาการของเชื้อ สามารถสร้างส่วนขยายพันธุ์และเพิ่มปริมาณได้ สอดคล้องกับการรายงานของ (Gould et al., 2008) รายงานว่า การควบคุมแมลงหวี่ขาวในวงศ์ Aleyrodidae ในรัฐฟลอริด้าประสบผลสำเร็จเมื่อฝนตกบ่อยขึ้น และเมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูง ส่งผลให้ conidia ของเชื้อรา *Aschersonia* spp. สามารถแพร่กระจายได้มากขึ้น และทำให้แมลงสามารถติดเชื้อเพิ่มมาก

ขึ้น ซึ่งเชื้อรา *Aschersonia* spp. สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40-90 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 19-30 องศาเซลเซียส (Fransen, 1987)

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยารวมถึงการจัดกลุ่มเชื้อราและจำแนกชนิดพบเชื้อรากลุ่ม 1 มีความคล้ายคลึงกับเชื้อรา *Aschesonia* spp. ที่เจริญขึ้นมาใหม่ มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นโดยมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิต่ำทำให้มีโอกาสพบเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เจริญขึ้นมาใหม่สูงขึ้นเช่นกัน สอดคล้องกับ (Ibrahim et al., 1993) รายงานว่าสปอร์ของเชื้อรา *A. placenta* สามารถงอกได้ดีในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส เมื่อความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิเหมาะสมเชื้อราจะสร้างเส้นใยในตัวแมลงจนเต็ม เมื่อแมลงตาย สปอร์และเส้นใยจะเจริญทะลุผ่านผนังลำตัวแมลงออกมาภายนอก (ทิพย์วดี, 2533) ปรากฏเป็น stromata ที่สมบูรณ์ จากการสำรวจและจำแนกชนิดเชื้อราสกุล *Aschersonia* พบ stromata ที่อยู่ในระยะสุกแก่เต็มที่ (mature stromata) ของเชื้อรา *A. placenta* และ *A. samoensis* ในแปลง A และแปลง C ค่อนข้างสูง แต่ไม่พบเชื้อรา *A. samoensis* ในแปลง B อาจเป็นผลจากลักษณะทางกายภาพของแปลง B มีลักษณะของแปลงโปร่งและแสงแดดส่องถึงมากกว่าแปลงอื่นๆ รวมถึงเชื้อราบางชนิดต้องการอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมและยาวนานเพียงพอต่อการสร้างส่วนขยายพันธุ์ ในการศึกษาครั้งนี้นอกจากพบเชื้อราก่อโรคแมลงที่อยู่ในระยะไม่อาศัยเพศแล้ว สามารถพบเชื้อราก่อโรคแมลงอีกชนิดหนึ่งคือเชื้อรา *H. raciborskii* ซึ่งสามารถพบเชื้อราชนิดนี้ได้ทั้ง 3 แปลง ซึ่งเชื้อราสกุล *Aschersonia* จัดเป็นระยะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ส่วนระยะการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ถูกจัดเป็นสกุล *Hypocealla* (Hywel-Jones, 2001) ในการศึกษาครั้งนี้สามารถพบระยะไม่อาศัยเพศมากกว่าระยะอาศัยเพศ โดยพบเชื้อรา *H. raciborskii* มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นช่วงปลายฤดูฝนเห็นได้ชัดเจนจากในเดือนมกราคม พ.ศ 2560 เป็นช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิต่ำสุดและความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด ส่งผลให้เดือนถัดมาคือเดือนกุมภาพันธ์พบระยะอาศัยเพศของเชื้อรา *H. raciborskii* มากขึ้น สอดคล้องกับ ( Hywel-Jones and Evans, 1993) รายงานว่าเชื้อรา *H. raciborskii* จะสร้างโครงสร้างการสืบพันธ์แบบไม่อาศัยเพศในเดือนแรกของฤดูฝน และสร้างโครงสร้างการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ในเดือนสุดท้ายของฤดูฝน บางครั้งจึงพบเชื้อราในระยะอาศัยเพศติดอยู่บนใบพืชที่ร่วงลงพื้น (Meeks et al., 2002) รายงานว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เชื้อราก่อโรค *Moelleriella libera* (ระยะอาศัยเพศ) สามารถสร้างสปอร์ได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ (Hywel-Jones and Evans, 1993) รายงานว่าในการศึกษาเชื้อราสกุล *Hypocrella* ในประเทศไทย สามารถพบเชื้อราสกุล *Hypocrella* ได้ทั่วไปในป่าและเขตอุทยานแห่งชาติ (สุชาดา, 2557; อภิญญา และศิวิลัย, 2545; Srichan, 2003; Hywel-Jones, 2001) โดยจะพบได้ทั้งระยะ

อาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ ซึ่งร้อยละ 75 ของเชื้อราที่พบทั้งหมด พบระยะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ อย่างไรก็ตามเมื่อนำเชื้อรา *H. raciborskii* ที่มีลักษณะสัณฐานวิทยาแบบอาศัยเพศมาทำการผ่าตามขวาง พบว่าส่วนใหญ่เชื้อราไม่สร้างโครงสร้างแบบอาศัยเพศซึ่งเป็นไปได้ว่า เป็นผลจากอุณหภูมิและความชื้น ที่ยังไม่เหมาะสมและอาจมีช่วงเวลาไม่ยาวนานต่อเนื่องเพียงพอในการสร้างโครงสร้างการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศภายในส่วนของ stromata ที่สมบูรณ์

อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ทั้ง 3 แปลงมีอัตราที่ค่อนข้างสูง แม้ในบางเดือนพบแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ค่อนข้างต่ำ แต่เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายสูง ชี้ให้เห็นว่าศัตรูธรรมชาติซึ่งในที่นี้หมายถึงเชื้อรา *Aschersonia* spp. มีศักยภาพสูงที่จะคอยควบคุมประชากรแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ให้อยู่ในระดับสมดุล ซึ่งโดยปกติแล้วศัตรูธรรมชาติมีจำนวนมากพอที่จะควบคุมจำนวนแมลงศัตรูพืชให้อยู่ในระดับสมดุลได้ แต่ปัจจุบันเกษตรกรมีการปลูกพืชเชิงเดี่ยวรวมถึงใช้สารเคมีมากเกินไปในการจัดการแมลงศัตรูพืชส่งผลให้ศัตรูธรรมชาติลดลงจนอาจไม่สามารถกำจัดแมลงศัตรูพืชได้

**3.2 การศึกษาความสามารถในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในสภาพห้องปฏิบัติการ**

การทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรคแมลงของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ฉีดพ่นเชื้อรา *A. samoensis* กรรมวิธีที่ 2 ฉีดพ่นเชื้อรา *A. placenta* กรรมวิธีที่ 3 ฉีดพ่นน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อเป็นชุดควบคุม พบว่าที่ความหนาแน่นของสปอร์ $1\times10^{8}$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร เชื้อราทั้ง 2 กรรมวิธี มีความสามารถในการเข้าทำลายแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* แตกต่างกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายทั้ง 3 กรรมวิธี เฉลี่ยเท่ากับ 14.96±1.46, 59.51±4.96 และ 0.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายทั้ง 3 กรรมวิธีมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *A. samoensis* และ *A. placenta* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 3)

เมื่อนำเชื้อรา *A. samoensis* และ *A. placenta* มาตรวจดูลักษณะ stromata ของเชื้อราที่อายุ 21 วัน ภายหลังการฉีดพ่นเชื้อราบนตัวแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo microscope พบว่าตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวปกติ และแมลงหวี่ขาวที่ถูกเชื้อราลงทำลายมีลักษณะแตกต่างกัน โดยเชื้อรา *A. samoensis* สร้างเส้นใยสีขาว อยู่ในตัวแมลง (ภาพที่ 33 (ก)) จากนั้นเส้นใยสีขาวที่อัดแน่นภายในตัวแมลงเริ่มออกมาภายนอกตัวแมลง (ภาพที่ 33 (ข)) และต่อมาเชื้อราเริ่มสร้าง conidial mass โดยพบลักษณะของเส้นใยเชื้อรา *A. samoensis* ค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน และค่อยเริ่มสร้าง conidial mass (ภาพที่ 33 (ค)) เชื้อรา *A. placenta* ทำให้แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เปลี่ยนเป็นสีขาว มีลักษณะเส้นใยที่อยู่ในตัวแมลงคล้ายกับกรรมวิธีที่ 1 (ภาพที่ 34 (ก)) จากนั้นเส้นใยสีขาวที่อัดแน่นภายในตัวแมลงเริ่มออกมาภายนอกตัวแมลง และต่อมาเชื้อราเริ่มสร้าง conidial mass โดยเชื้อรา *A. placenta* สร้าง conidial mass สีส้ม (ภาพที่ 34 (ข) และ (ค)) จากงานวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อราทั้ง 2 ชนิดสามารถสร้างสปอร์ได้ดีและสามารถเข้าทำลายแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ได้ในสภาพห้องปฏิบัติการ สอดคล้องกับการศึกษาของ (Zhang et al., 2016) นอกจากนี้มีรายงานว่า เชื้อรา *Aschersonia* spp. มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงหวี่ขาว *B. argentifolii*, (Meekes et al., 2002) แมลงหวี่ขาว *D. citrifolii* (Fasulo and Weem, 2017) *D. citri* (Zhang et al., 2013) และ *T. vaporariorum* (Fransen, 1987) อย่างไรก็ตามมีหลายปัจจัยที่ทำให้เชื้อราสามารถเข้าทำลายแมลงศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ความอ่อนแอของแมลงศัตรูพืช ความสามารถในการเข้าทำลายของเชื้อรา สภาพแวดล้อม รวมถึงความจำเพาะเจาะจงระหว่างแมลงกับโฮสต์

**ตารางที่** 3 เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่เข้าทำลายระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

| **กรรมวิธี** | **วิธีการ** | **เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ที่ความหนาแน่นของสปอร์ $10^8$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร**[1/] |
|---|---|---|
| 1 | ฉีดพ่นเชื้อรา *A. samoensis* | 14.96±1.46 [b 2/] |
| 2 | ฉีดพ่นเชื้อรา *A. placenta* | 59.51±4.96 [a] |
| 3 | ชุดควบคุม (ฉีดพ่นน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ) | 0.00±0.00 [c] |
| | F-test | * |
| | CV (%) | 8.33 |

[1/]ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 4 ซ้ำ

[2/]ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

(ก)

(ข)

(ค)

**ภาพที่ 33** ลักษณะของตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวส้ม *Bemisia tabaci* ที่ถูกเชื้อรา *Aschersonia samoensis* เข้าทำลาย เป็นเวลา 21 วัน (อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo microscope

(ก) ลักษณะการเข้าทำลาย

(ข) ลักษณะเชื้อรา *A. samoensis* ที่ stromata ยังไม่เจริญเต็มที่

(ค) ลักษณะเชื้อรา *A. samoensis* เริ่มสร้าง conidia mass

**ภาพที่ 34** ลักษณะของตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวส้ม *Bemisia tabaci* ที่ถูกเชื้อรา *Aschersonia placenta* เข้าทำลาย เป็นเวลา 21 วัน (อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 เปอร์เซ็นต์) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo microscope

(ก) ลักษณะการเข้าทำลาย

(ข) ลักษณะเชื้อรา *A. placenta* ที่ stromata ยังไม่เจริญเต็มที่

(ค) ลักษณะเชื้อรา *A. placenta* สร้าง conidia mass

ทั้งนี้เชื้อรา *A. placenta* สามารถเข้าทำลายแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ได้ดีกว่าเชื้อรา *A. samoensis* และเชื้อรา *A. samoensis* มีลักษณะการเจริญเติบโตช้ากว่าเชื้อรา *A. placenta* โดยเชื้อรา *A. placenta* มีสามารถในการเข้าทำลายแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในสภาพแปลง และสามารถเข้าทำลายแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในสภาพห้องปฏิบัติการ ซึ่งเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายค่อนข้างสูงทั้งในสภาพแปลงห้องปฏิบัติการ ดังนั้นเชื้อรา *A. placenta* เป็นเชื้อราที่มีศักยภาพ สามารถต่อยอดนำเชื้อราชนิดนี้ไปพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์เชิงพาณิชย์ใช้ควบคุมแมลงหวี่ขาว *D. citri* ในสภาพแปลงได้ต่อไป

# บทที่ 4

# สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างใบมะนาว จากแปลงมะนาวของเกษตรกร จำนวน 5 อำเภอ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช พบแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และเชื้อรา *Aschersonia* spp. เพียง 1 อำเภอ คืออำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อนำตัวอย่างแมลงหวี่ขาวศัตรูมะนาวที่เก็บรวบรวมได้มาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา จำแนกได้เป็นแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* และสามารถจัดกลุ่มของเชื้อราออกเป็น 6 กลุ่ม จำแนกชนิดของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ได้ 3 ชนิด ได้แก่ *A. samoensis*, *A. placenta* และ *H. raciborskii* พลวัตประชากรของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในแปลงมะนาว อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ระยะเวลา 1 ปี ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 พบระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* สูงสุดในแปลง A โดยพบช่วงก่อนฤดูฝนในเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม และพบการกระจายตัวของแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* บริเวณใต้ใบแก่มากที่สุด ผลการศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในสภาพแปลง พบเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ค่อนข้างสูงตลอดทั้งปีที่ทำการศึกษา ซึ่งชนิดของเชื้อราที่พบมากที่สุดคือเชื้อรา *A. placenta* และ *A. samoensis* โดยพบมากที่สุดในแปลง B และ C ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา *A. placenta* และ *A. samoensis* สูงสุดบริเวณใต้ใบอ่อนและใบแก่ตามลำดับ นอกจากนี้สามารถพบ เชื้อรา *H. raciborskii* จำนวนมากช่วงปลายฤดูฝนในเดือนกุมภาพันธ์ การศึกษาความสามารถในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อรา *Aschersonia* spp. ในการควบคุมแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยใช้สปอร์ของเชื้อรา 2 ชนิดคือ *A. placenta* และ *A. samoensis* ที่ความหนาแน่นของสปอร์ $10^8$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร พบเชื้อรา *A. placenta* มีความสามารถในการเข้าทำลายแมลงหวี่ขาว *B. tababi* ได้ดี โดยมีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย เฉลี่ยเท่ากับ 59.51 เปอร์เซ็นต์ หลังการปลูกเชื้อเป็นเวลา 21 วัน

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เชื้อรา *A. placenta* มีศักยภาพในการควบคุมแมลงหวี่ขาวส้ม *D. citri* ในสภาพแปลง และมีความสามารถในการควบคุม *B. tabaci* ในสภาพห้องปฏิบัติการ ในการวิจัยต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้านการจำแนกชนิดเชื้อราระดับโมเลกุล การทดสอบเชื้อรา *A. placenta* ในการควบคุมการระบาดของแมลงหวี่ขาวและเพลี้ยหอยชนิดอื่นๆ รวมถึงการพัฒนาวิธีการเพิ่มปริมาณเชื้อรา *Aschersonia* spp. ทางการค้าต่อไป

# เอกสารอ้างอิง


กรมควบคุมโรค. (2545). *ปรสิต หนอนพยาธิทางการแพทย์ ทฤษฎี และปฏิบัติการ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2560). *สถานการณ์ปลูกมะนาว ปี 2559*. สืบค้น 5 มิถุนายน 2562, จาก http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/fruit2/lemon.pdf

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2559). *สรุปสภาวะอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2559*. สืบค้น 5 มิถุนายน 2562, จาก http://climate.tmd.go.th/content/file/729

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2560). *สรุปสภาวะอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2560*. สืบค้น 5 มิถุนายน 2562, จาก http://climate.tmd.go.th/content/article/160

โกศล เจริญสม และวิวัฒน์ เสือสะอาด. (2538). *ศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูพืชในประเทศไทย* (เอกสารพิเศษ ฉบับที่ 6). กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ทิพย์วดี อรรถธรรม. (2533). *โรควิทยาของแมลง*. กรุงเทพฯ: ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พีระศักดิ์ ฉายประสาท. (ม.ป.ป). *การปลูกมะนาว*. สืบค้น 5 มิถุนายน 2562, จาก http://www.agi.nu.ac.th/postharvest/downloads/Lemon.pdf

มาลี ตั้งระเบียบ. (2551). *เชื้อรากำจัดแมลง*. ลำปาง: สถาบันวิจัยและฝึกอบรมเกษตรลำปาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

วสันต์ ผ่องสมบูรณ์. (2547). *การผลิตมะนาวเชิงพาณิชย์*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วินันท์ดา หิมะมาน จันจิรา อายะวงศ์ กิตติมา ด้วงแค และกฤษณา พงษ์พานิช. (2553). ราทำลายแมลงและแมงมุมในกลุ่มป่าแก่งกระจาน. ใน *การประชุมวิชาการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 3* (หน้า 1-2). นนทบุรี: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

วิวัฒน์ เสือสะอาด และโกศล เจริญสม. (2542). *การใช้มวนตัวห้ำอูแคนทีโคน่าควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี*. นครปฐม: บริษัท เจ ฟิล์ม โปรเซส.

วิวัฒน์ เสือสะอาด. (2545). *การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี* [เอกสารประกอบการฝึกอบรม การควบคุมโรคพืชและแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิวัฒน์ เสือสะอาด พิมพรรณ สมมาตย์ ปวีณา บูชาเทียน อาภรณ์ ปั้นทองคำ และรัตติรส เชียงสิน. (2551). การประเมินประสิทธิภาพของเชื้อราขาว *Beuveria bassiana* ในการเข้าทำลายแมลงศัตรูพืชเศรษฐกิจ. ใน *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46* (หน้า 161-168). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศานิต รัตนภุมมะ. (2546). *กีฏวิทยาแม่บท (Fundamentals of entomology)*. เชียงใหม่: สิรินาฏการพิมพ์.

สิริฉัตร ดิศรพงค์. (2546). *การคัดเลือกราแมลง Hypocrella scutata ที่สร้างสารต้านเชื้อจุลินทรีย์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

สุชาดา มงคลสัมฤทธิ์. (2557). The collection, Isolation and taxonomy of insect fungi 2014. *โครงการอบรบเชิงปฏิบัติการ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช*. (หน้า 1-25). นครราชศรีมา: ศูนย์ฝึกอบรมที่ 2 อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่.

สุเทพ สหายา และพวงผกา อ่างมณี. (2553). *ทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดแมลงหวี่ขาวหนอนชอนใบในผักสวนครัว (กะเพรา โหระพา และแมงลัก)*. (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สุนัดดา เชาวลิต ชมัยพร บัวมาศ อิทธิพล บรรณาการ เกศสุดา สนศิริ และสิทธิศิโรดม แก้วสวัสดิ์. (2556). *อนุกรมวิธานแมลงหวี่ขาวในมันสำปะหลัง*. (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สุรางค์ เธียรหิรัญ. (2551). *ความหลากหลายของเห็ดราวงศ์ Xylariaceae*. (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2557). *Atlas of Invertebrate Pathogenic Fungi of Thailand*. สืบค้น 19 มิถุนายน 2562, จาก http://www.thai2bio.net/museum/

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2561). *สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2561*. สืบค้น 19 มิถุนายน 2562, จาก http://organic.dit.go.th

อภิญญา วงษ์แก้ว และศิวิลัย สิริมังคารัตน์. (2545). ความหลากหลายทางชีวภาพของเชื้อราที่ทำลายแมลงในเขตอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว. ใน *การประชุมวิชาการประจำปีโครงการ BBT ครั้งที่ 6* (หน้า 1-147). นครศรีธรรมราช: สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

Abrol, D. P. (2013). Integrated pest management: current concepts and ecological perspective. In Skinner, M., Parker, B. L. & Kim, J. S. (Eds.), *Role of*

*entomopathogenic fungi in integrated pest management* (pp. 169-191). New York: Academic Press.

Anonymous. (2019a). *Dialeurodes citri (citrus whitefly)*. Retrieved September 11, 2019, from https://www.cabi.org /isc/datasheet/18698

Anonymous. (2019b). *Random tools*. Retrieved September 15, 2019, from https://apps.apple.com/th/app/random-tools/id1021648948?l=th

Bellows, T. S., & Meisenbacher, C. (2007). Field population biology of citrus whitefly, *Dialeurodes citri* (Ashmead) (Heteroptera: Aleyrodidae) on oranges on California. *Population Ecology*, 49, 127-134.

Butt, T. M., & Goettel, M. S. (2000). Bioassays of entomopathogenic fungi. In Navon, A. & Ascher, K. R. S. (Eds.), *Bioassays of Entomopathogenic Microbes and Nematodes* (pp. 141-195). Wallingford, UK: CAB International.

Byrne, D. V., & Bellows, T. S. (1991). Whitefly biology. *Annual Review of Entomology*, 36, 431-458.

Centre for Agriculture and Bioscience International. (2018). *Dialeurodes citri (citrus whitefly)*. Retrieved September 11, 2019, from https://www.cabi.org/isc/datasheet/

Chaverri, P., Liu, M., & Hodge, K. T. (2008). Monograph of the entomopathogenic genera *Hypocrella*, *Moelleriella*, and *Samuelsia* gen. nov. (Ascomycota, Hypocreales, Clavicipitaceae), and their aschersonia-like anamorphs in the Neotropics. *Studies in Mycology*, 60, 1-66.

Dreistadt, S. H. (2001). *Integrated pest management for floriculture and nurseries United States*. United States: Agriculture and Natural Resources Publisher.

EPPO global database. (2018). *Dialeurodes citri (DIALCI)*. Retrieved September 14, 2019, from https://gd.eppo.int/taxon/DIALCI

Esquivel, E. A. R. (2010). *Aegerita webberi* Fawcett. Retrieved September 25, 2019, from http://agrociencia-panama.blogspot.com/2009/03/aegerita-webberi.html

Fasulo, T. R., & Weems, H. V. (2017). *Citrus Whitefly, Dialeurodes citri (Ashmead) (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae)*. Retrieved April 25, 2019, from https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN24100.pdf

Fransen, J. J. (1987). *Aschersonia aleyrodesas a microbial control agant of greenhouse whitefly*. (Doctoral dissertation). Wageningen University, Wageningen.

Gould, J. R., Hoelmer, K. A., & Gooisby, J. A. (2008). *Classical biological control of Bemisia tabaci in the United States A Review of Interagency Research and Implementation*. Netherland: Springer.

Hernández-Suárez, E., Martin, J. H., Gill, R. J., Bedford, I. D., Malumphy, C. P., Betancort, A. R., & Carnero, A. (2012). *The Aleyrodidae (Hemiptera: Sternorrhyncha) of the Canary Islands with special reference to Aleyrodes, Siphonius and the challenges of puparial morphology in Bemisia*. New Zealand: Magnolia Press.

Hoddle, M. (2013). *The biology and management of the silverleaf whitefly, Bemisia argentifolii Bellows and Perring (Homoptera: Aleyrodidae) on greenhouse grown ornamentals*. Retrieved April 26, 2019, from http://biocontrol.ucr.edu/bemisia.html

Hodges, G. S., & Evans, G. A. (2005). An identification guide to the whiteflys (Hemiptera: Aleyrodidae) of the Southeastern United States. *Florida Entomological Society*, 88(4), 518-534.

Homrahud, D., Uraichuen, S., & Attathom, T. (2016). Cultivation of *Aschersonia placenta* Berkeley and Broom and its efficacy for controlling *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae*). Agriculture and Natural Resources*, 50(3), 179-185.

Humber, R. (2005). *Entomopathogenic fungal identification. United States department of agriculture. Agricultural Research Service*. Ithaca: New York.

Hywel-Jones, N. L., & Evans, H. C. (1993). Taxonomy and ecology of *Hypocrella discoidea* and its anamorph, *Aschersonia samoensis*. *Mycological Research*, 97(7), 871-876.

Hywel-Jones, N. L. (2001). A review of invertebrate pathogenic Clavicipitaceae of Thailand. In Visut, B. & Rungsima, K. (Ed.), *BRT Research Reports 2001* (pp. 34-41). Bangkok: Jirawat Express Co.

Hywel-Jones, N. L. (2002). The importance of invertebrate-pathogenic fungi from the tropics. *Tropical Mycology*, 2, 133-144.

Ibrahim, Y. B., Lim, T. K., Tang, M. K., & Teng, H. M. (1993). Influence of temperature, pH and selected growth media on germination, growth and sporulation of *Aschersonia placenta* and *Hypocrella raciborskii*. *Biocontrol Science and Technology*, 3, 55-61.

Juliano, S.A. (2007). Population dynamics. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 23, 265-275.

Lacey, L. A., & Kaya, H. K. (2007). *Field manual of techniques in invertebrate pathology. Netherland*: Springer.

Liu, M., Chaverri, P., & Hodge, K. T. (2006). A taxonomic revision of the insect biocontrol fungus *Aschersonia aleyrodis*, its allies with white stromata and their *Hypocrella* sexual states. *Mycological Research*, 110(5), 537-554.

Luangsa-ard, J. J., Tasanathai, K., Mongkolsamrit, S., & Hywel-Jones, N. L. (2007). *Atlas of invertebratepathogenic fungi of Thailand*. Pathumthani: National Science and Technology Development Agency.

Martin, J. H., Mifsud, D., & Rapisarada, C. (2000). The whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean Basin. *Bulletin of Entomological Research*, 90, 407-448.

Martin, J. H., & Mound, L. A. (2007). *An annotated check list of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae)*. New Zealand: Magnolia Press.

Martin, K.W., Weeks, J.W., Hodges, A.C., & Leppla, N.C. (2012). *Citrus pests (citrus whitefly)* Retrieved April 28, 2019, from https://idtools.org/id/citrus/pests/factsheet

Meekes, E. T., Fransen, J. J., & van Lenteren, J. C. (2002). Pathogenicity of *Aschersonia* spp. against whiteflies *Bemisia argentifolii* and *Trialeurodes vaporariorum*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 81, 1-11.

Mifsud, D., Cocquempot, C., Mühlethaler, R., Wilson, M., & Streito, J. (2010). Other Hemiptera Sternorrhyncha (Aleyrodidae, Phylloxeroidea, and Psylloidea) and Hemiptera Auchenorrhyncha. *Biodiversity and Ecosystem Risk Assessment*, 9(4), 511-552.

Mound, L. A., & Halsey, S. H. (1978*). Whitefly of the world. A systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data*. Chichester, UK: John Wiley and Sons.

Muhammad, Z. S., Muhammad, N., Muhammad, M., Faisal, D., Habel, P., & Ghulam, M. (2019). Effect of abiotic factors on population dynamics of whitefly and Jassid on Bt-Cotton. *Acta Scientific Agriculture*, 3(4), 118-121.

Petch, T. (1921). Studies in entomogenous fungi: II. The genera *Hypocrella* and *Aschersonia*. *Annals of the Royal Botanic Gardens Peredinaya*, 7, 167-278.

Rossman, A. Y., Samuels, G. J., Rogerson, C. T., & Lowen, R. (1999). Genera of Bionectriaceae, Hypocreaceae and Nectriaceae (Hypocreales, Ascomycetes). *Studies in Mycology*, 42, 1-248.

Safdar, Z. S., Naeem, M., Rashid, M., & Ziaz, U. (2019). Effect of abiotic factors on population dynamics of whitefly and Jassid on Bt Cotton. *Current Investigations in Agriculture and Current Redearch*, 6(1), 695-698.

Saini, T., Jaglan, M. S., Yadav, S. S., & Garg, R. (2016). Biology of citrus whitefly, *Dialeurodes citri* (Ashmead) on *Citrus reticulata* (Mandarin) var. Kinnow. *Journal of Applied and Natural Science*, 8(4), 1735-1739.

Sethpakdee, R. (1997). *Citrus production in Thailand*. Retrieved April 28, 2019, from http://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00000372.pdf

Sharma, D., Maqbool, A., Jamwal, V. V. S., & Srivastava, K. (2017). Seasonal dynamics and management of whitefly (*Bemesia tabaci* Genn.) in tomato (*Solanum esculentum* Mill.). *Biological and Applied Science*, 60, 1-8.

Srichan, S. (2003). *Morphological and molecular characteristics of hypocrella scutata and hypocrella schizostachyi isolates in Thailand*. (Master's degree). Prince of Songkla University, Songkla.

Suh, A. H., & Hodges, G. S. (2008). Key to the Korean species of whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 11(3), 123-131.

Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). Borror and Delong's introduction to the study of insects (7th ed.). Belmont: Brooks-Cole Publishing.

Vincent, U., & Adeyemi, A. (2011). Population dynamics of the woolly whitefly *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) on sweet orange varieties in Nigeria and association of *A. floccosus* with the entomopathogenic fungi *Aschersonia* spp. The International. *Journal of Tropical and Subtropical Horticulture*, 66(6), 385-392.

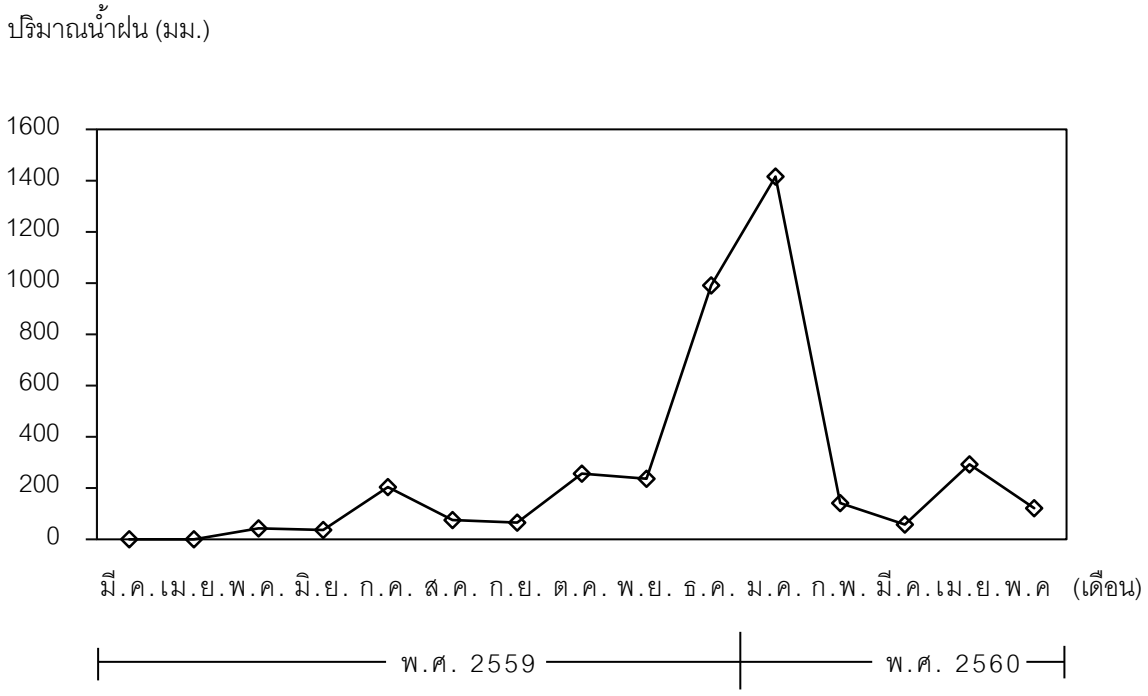
Walker, K. (2011). *citrus whitefly (Dialeurodes citri)*. Retrieved September 9, 2019, from http://www.padil.gov.au/pests-and-diseases/pest/main/136169

Zanic, K., Barcic, J. I., & Kacic, S. (2001). *Dialeurodes citri* (Asmead, 1885) in the Adriatic Region of Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 6(3), 161-168.

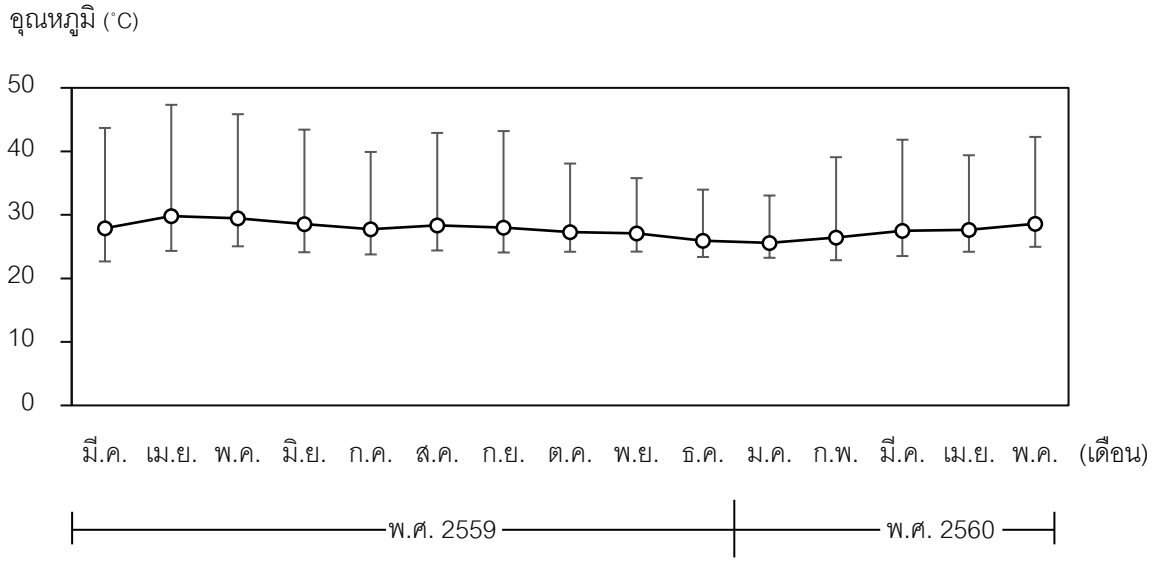
Zhang, C., Ali, S., Musa, P. D., Wang, X., & Li, B. Q. (2012). Evaluation of the pathogenicity of *Aschersonia aleyrodis* on *Bemisia tabaci* in the laboratory and greenhouse. *Journal of Biocontrol Science and Technology*, 7, 210-221.

Zhang, H. Y., Wang, P. P., & Song, X. H. (2013). Isolation and characterization of *Aschersonia placenta* from citrus orchards and its pathogenicity towards *Dialeurodes citri* (Ashmead). *Journal of Invertebrate Pathology*, 112, 122-128.

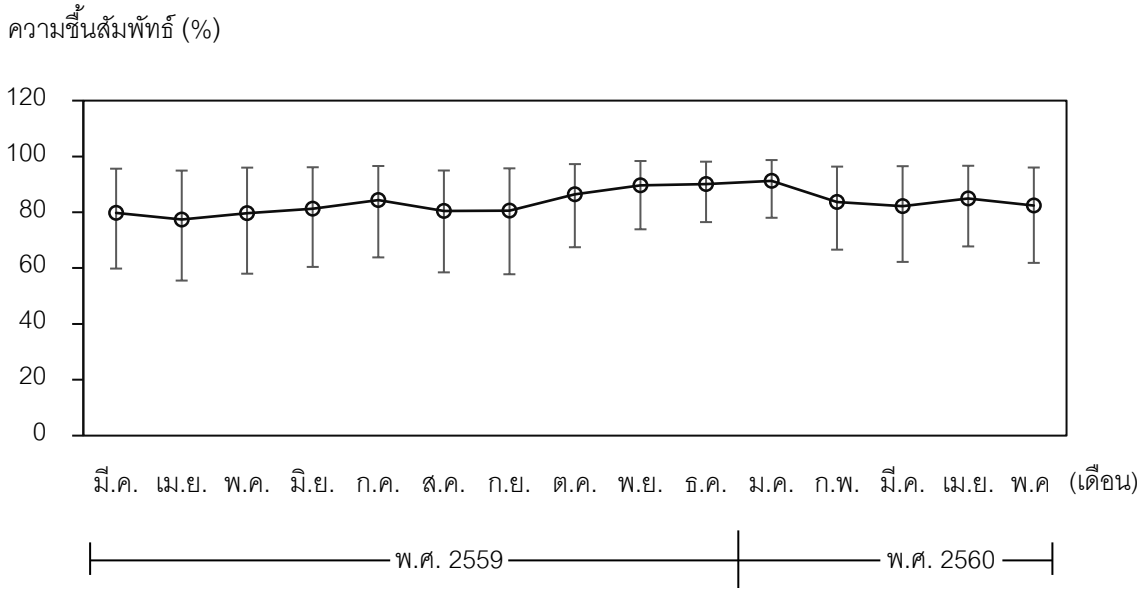
# ภาคผนวก




**ภาพภาคผนวกที่** 1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร) อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราชตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2560




**ภาพภาคผนวกที่ 2** อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2560




**ภาพภาคผนวกที่** 3 ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด-ต่ำสุด และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560

# ประวัติผู้เขียน

**ชื่อ สกุล** ณิลาวัฒน์ เผือกยอด

**รหัสประจำตัวนักศึกษา** 5810620063

**วุฒิการศึกษา**

| วุฒิ | ชื่อสถาบัน | ปีที่สำเร็จการศึกษา |
|---|---|---|
| วิทยาศาตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ | พ.ศ. 2558 . |

**ทุนการศึกษา**

ทุนสนับสนุนการทำวิจัยสถานวิจัยความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร และทรัพยากรธรรมชาติ ระยะที่ 2

ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

**ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน**

ตำแหน่ง ผู้ช่วยนักวิชาการเกษตร

สถานที่ทำงาน งานส่งเสริมการเกษตร ฝ่ายสวนสาธารณะ ส่วนการโยธา สำนักการช่าง เทศบาลนครยะลา จังหวัดยะลา

**การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน**

ณิลาวัฒน์ เผือกยอดและเทวีมณีรัตน์. 2560. แนวโน้มประชากรแมลงหวี่ขาวส้ม *Dialeurodes citri* Asmead (Hemiptera: Aleyrodidae) และเชื้อราสาเหตุโรคแมลง *Aschersonia* spp. ในสวนมะนาว จังหวัดนครศรีธรรมราช. *ใน* เรื่องเต็ม การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 13 ระหว่างวันที่ 21-23 พฤศจิกายน 2560 ณ โรงแรมเรือรัษฎา จังหวัดตรัง. 231-243. (วารสารตอบรับให้ตีพิมพ์แล้ว)