



สัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของมะเขือเทศที่มีผลต่อความชอบของแมลงหวี่ขาว  
*Bemisia tabaci* (G.) (Hemiptera: Aleyrodidae)  
Morphology and Physiology of Tomato Effect on the Preference of  
*Bemisia tabaci* (G.) (Hemiptera: Aleyrodidae)

ศัทธิยา สิทธิฤทธิ์  
Cathariya Sidtirid

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Degree of Master of Science in Agricultural Science and Technology  
Prince of Songkla University

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



สัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของมะเขือเทศที่มีผลต่อความชอบของแมลงหีขาว  
*Bemisia tabaci* (G.) (Hemiptera: Aleyrodidae)  
Morphology and Physiology of Tomato Effect on the Preference of  
*Bemisia tabaci* (G.) (Hemiptera: Aleyrodidae)

ศัทธิยา สิทธิฤทธิ์  
Cathariya Sidtirid

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Degree of Master of Science in Agricultural Science and Technology  
Prince of Songkla University

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์      สัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของมะเขือเทศที่มีผลต่อความชอบของ  
แมลงหิวข้าว *Bemisia tabaci* (G.) (Hemiptera: Aleyrodidae)  
ผู้เขียน              นางสาวศุภรียา สิทธิฤทธิ  
สาขาวิชา             วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

---

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิกันดา รัตนพันธ์)

.....ประธานกรรมการ  
(ดร. เยาวพรรณ สนธิกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิกันดา รัตนพันธ์)

.....  
(ดร. สุรพล ฐิติธนากุล)

.....กรรมการ  
(ดร. สุรพล ฐิติธนากุล)

.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรพงศ์ เบญจศรี)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และ  
เทคโนโลยีการเกษตร

.....  
(ศาสตราจารย์ ดร. ดำรงค์ดี ฟ่างรุ่งแสง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่าผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้ขอขอบคุณบุคคล  
ที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิกันดา รัตนพันธ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(ดร. สุรพล ฐิติธนากุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ.....

(นางสาวศัทธิยา สิทธิฤทธิ์)

นักศึกษา

(4)

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน  
และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวศัทธรียา สิทธิฤทธิ)

นักศึกษา

|                 |  |
|-----------------|--|
| ชื่อวิทยานิพนธ์ | สัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของมะเขือเทศที่มีผลต่อความชอบของแมลงหวี่ขาว <i>Bemisia tabaci</i> (G.) (Hemiptera: Aleyrodidae) |
| ผู้เขียน        | นางสาวศัทธิยา สิทธิฤทธิ  |
| สาขาวิชา        | วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร  |
| ปีการศึกษา      | 2560   |

### บทคัดย่อ

ความชอบพืชอาศัยของแมลงกินพืช มีความสัมพันธ์กับการรอดชีวิตของตัวอ่อน คุณค่าทางอาหาร และลักษณะสัณฐานวิทยาของพืช การศึกษาความชอบของแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) ในมะเขือเทศ 4 พันธุ์ คือ มะเขือเทศพันธุ์สีดา มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ และมะเขือเทศป่า โดยทดสอบการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในมะเขือเทศ ทั้งการทดสอบแบบมีตัวเลือกและไม่มีตัวเลือกในกรงทดสอบ ผลที่ได้พบว่าการทดสอบแบบไม่มีตัวเลือก แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* มีการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ได้ดีที่สุดในมะเขือเทศพันธุ์สีดา รองลงมาคือ มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ และมะเขือเทศป่า สอดคล้องกับผลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและองค์ประกอบทางชีวเคมีของมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ โดยพบว่า แม้ว่ามะเขือเทศป่ามีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและมีปริมาณ phenolic compounds ซึ่งเป็นสารประกอบทุติยภูมิที่เป็นพิษต่อแมลงศัตรูพืชต่ำกว่ามะเขือเทศพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่มะเขือเทศป่ามี glandular trichome ที่ขัดขวางการอยู่อาศัยของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* บนใบและใต้ใบหนาแน่นมากที่สุด แสดงให้เห็นว่ามะเขือเทศป่ามีลักษณะต้านทานแมลงแบบ antixenosis ในขณะที่มะเขือเทศพันธุ์สีดาเป็นพันธุ์ที่ไม่ต้านทานต่อการลงทำลายของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เพราะนอกจากมี non-glandular trichome ใต้ใบหนาแน่น ซึ่งสนับสนุนการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* แล้ว ยังมีปริมาณ phenolic compounds ต่ำ แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ยังเลือกเกาะมะเขือเทศพันธุ์สีดามากที่สุดใน 5 นาทีแรกของการปล่อยในการทดสอบแบบมีตัวเลือก ผลการศึกษายังพบว่า มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่และมะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทองมีลักษณะต้านทานแมลงแบบ antibiosis เนื่องจากแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เจริญเติบโตได้ช้าในมะเขือเทศทั้งสองพันธุ์ โดยในมะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ไม่พบตัวอ่อนแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ว่ายสี และตัวเต็มวัย เมื่อทิ้งไว้ในระยะเวลาที่เท่ากันกับพันธุ์อื่น สอดคล้องกับผลการศึกษารายการประกอบทางชีวเคมีที่พบว่า มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่และพันธุ์ไข่มุกสีทองมีปริมาณ phenolic compounds สูงกว่ามะเขือเทศพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบแบบมีตัวเลือกพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของจำนวนประชากรแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* บนมะเขือเทศแต่ละพันธุ์หลังจากทิ้งไว้ 3 สัปดาห์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการกระจายพันธุ์บนพืชอาศัยให้มากที่สุดเมื่อมีโอกาสเลือกของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ที่เป็นแมลงศัตรูพืชที่มีพืชอาศัยหลายชนิด ผลการวิเคราะห์การเจาะแทงมะเขือเทศเพื่อดูน้ำเลี้ยงของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ด้วยเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลง (Electrical Penetration Graph, EPG) พบว่า แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* พยายามเจาะแทงมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

**คำสำคัญ:** พันธุ์ เส้นขน ความต้านทาน

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Thesis Title</b>  | Morphology and Physiology of tomato effect on the preference of <i>Bemisia tabaci</i> (G.) (Hemiptera: Aleyrodidae) |
| <b>Author</b>        | Miss Cathariya Sidtirid   |
| <b>Major Program</b> | Science in Agricultural Science and Technology  |
| <b>Academic Year</b> | 2017  |

## ABSTRACT

Host plant preference of phytophagous insect relates with their larval survival, nutrition and plant taxonomy. Thy study on host plant preference of *Bemisia tabaci* (G.) (Hemiptera: Aleyrodidae) on four tomato varieties, Seeda, golden pearl, cherry and wild tomato was carried out as a series of non-choice and choice test of *B. tabaci* development and reproduction in the observation cage. Results presented that *B. tabaci* had the best development and reproduction on tomato variety Seeda followed by golden pearl, cherry and lowest in wild tomato, respectively. In consistent with the morphology and biochemical of four tomato varieties, although the biochemical characteristics of wild tomato was suitable for *B. tabaci* growth with the highest food nutrition and lowest phenolic compounds, plant secondary metabolites playing important roles in plant resistance, wild tomato had highest glandular trichome on leaf and under leaf that obstructed to *B. tabaci* inhabitation. Then, wild tomato resistance against *B. tabaci* was antixenosis. In contrast, tomato Seeda variety was the susceptible variety for *B. tabaci* infestation with the high non-glandular trichome supporting the development and reproduction of *B. tabaci* and low phenolic compounds. *Bemesia tabaci* attracted to tomato Seeda variety more than other tomato varieties within first five minutes of *B. tabaci* release in the choice test. Results also indicated that tomato cherry and golden pearl varieties had antibiosis resistance. *Bemesia tabaci* developed slowly on these two tomato varieties. Even though *B. tabaci* was left on each tomato varieties in equal time period in non-choice test, there was not 4<sup>th</sup> instar larvae and adult of *B. tabaci* on tomato cherry variety. In consistent with the morphology and biochemical characteristics, tomato cherry and golden pearl varieties had significantly higher phenolic compounds than that of other tomato varieties. However, result of choice test presented that there was no significant difference in the population number of *B. tabaci* between tomato varieties after left for three weeks. This result confirmed that polyphagous insects try to reach highest reproduction if they have chance to choice host plants. Result of the study on tomato piercing for sap sucking using electrical penetration graph (EPG) technique presented that there was no significant difference in the piercing number of *B. tabaci* among four tomato varieties.

**Keywords:** variety, trichome, resistant

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานีสำหรับทุนสนับสนุนค่าธรรมเนียมการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาที่เน้นการศึกษาวิจัย ประจำปีการศึกษา 2559 รวมถึงความอนุเคราะห์ทางด้านฟาร์มเกษตร ห้องปฏิบัติการ ครุภัณฑ์ และวัสดุอุปกรณ์ และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2559

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิกันดา รัตนพันธ์ และ ดร.สุรพล ฐิติธนากุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้คำปรึกษา จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ศัทธิยา สิทธิฤทธิ

ธันวาคม 2560



## สารบัญ

| เรื่อง  | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อ.....   | (5)  |
| ABSTRACT.....   | (6)  |
| กิตติกรรมประกาศ.....  | (7)  |
| สารบัญ.....   | (8)  |
| รายการตาราง.....  | (10) |
| รายการภาพประกอบ.....  | (11) |
| บทที่ 1 บทนำ.....   | 1    |
| 1.1 บทนำต้นเรื่อง.....  | 1    |
| 1.2 ตรวจสอบเอกสาร.....  | 3    |
| 1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย.....   | 28   |
| บทที่ 2 วิธีการวิจัย.....   | 29   |
| 2.1 วิธีดำเนินการ.....  | 29   |
| 2.1.1 พันธุ์มะเขือเทศที่เลือกนำมาทำการทดสอบ.....  | 29   |
| 2.1.2 การเตรียมต้นกล้ามะเขือเทศสำหรับการทดสอบ.....  | 31   |
| 2.1.3 การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงหิวข้าว <i>B.tabaci</i> บนต้นมะเขือเปราะ.....                                 | 31   |
| 2.1.4 การทดสอบแมลงหิวข้าว <i>B.tabaci</i> แบบ (non-choice test) และแบบ<br>(choice test) ต่อพันธุ์มะเขือเทศ..... | 32   |
| 2.1.5 การทดสอบพฤติกรรมดูดน้ำเลี้ยงมะเขือเทศของแมลงหิวข้าวในห้องปฏิบัติการ.....                                  | 35   |
| 2.1.6 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์.....   | 35   |
| 2.1.7 การศึกษาองค์ประกอบทางชีวเคมีในใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์.....   | 35   |
| 2.2 วัสดุและอุปกรณ์.....  | 36   |
| 2.2.1 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ.....  | 36   |
| 2.2.2 สารเคมี.....  | 37   |
| บทที่ 3 ผลการวิจัย.....   | 38   |
| 3.1 ผลการศึกษาการทดสอบแบบไม่มีตัวเลือก (non-choice test).....   | 38   |
| 3.2 ผลการศึกษาการทดสอบแบบมีตัวเลือก (choice test).....  | 39   |

## สารบัญ (ต่อ)

| เรื่อง  | หน้า |
|---|------|
| 3.3 ผลการทดสอบพฤติกรรมกรรมการคูดน้ำเลี้ยงมะเขือเทศของแมลงหวี่ขาว <i>B.tabaci</i><br>ในห้องปฏิบัติการ..... | 42   |
| 3.4 ผลการศึกษาลักษณะสรีรวิทยาของมะเขือเทศแต่ละพันธุ์.....   | 44   |
| 3.4.1 ลักษณะและความหนาแน่นของ trichome บนใบและใต้ใบมะเขือเทศ.....   | 44   |
| 3.4.2 ผลการศึกษาสีของใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ด้วยเครื่องวัดสีพีช.....                                       | 47   |
| 3.5 การศึกษาองค์ประกอบทางชีวเคมีในใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์.....   | 49   |
| บทที่ 4 บทวิจารณ์.....  | 51   |
| บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....  | 54   |
| บรรณานุกรม.....   | 56   |
| ประวัติผู้เขียน.....  | 65   |

## รายการตาราง

|  | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 1 รายชื่อแมลงหริ่ขาวที่เป็นศัตรูพืชที่พบในประเทศไทย.....  | 5    |
| ตารางที่ 2 จำนวน trichome บนใบและใต้ใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์.....  | 44   |
| ตารางที่ 3 สีใบของมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ที่ถูกแมลงหริ่ขาว <i>B. tabaci</i> ลงทำลายก่อนการทดสอบ<br>และหลังการทดสอบ..... | 48   |
| ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางชีวเคมีในใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์.....   | 50   |

## รายการภาพประกอบ

|  | หน้า |
|--|------|
| ภาพที่ 1 การแพร่กระจายแมลงหวี่ขาว <i>B. tabaci</i> .....   | 4    |
| ภาพที่ 2 แมลงหวี่ขาว <i>B. tabaci</i> .....  | 10   |
| ภาพที่ 3 กลไกความต้านทานแบบ Antixenosis.....   | 13   |
| ภาพที่ 4 ชนิดของ trichome ที่พบบนใบพริก .....  | 14   |
| ภาพที่ 5 ขนที่มีต่อม (glandular trichome).....   | 15   |
| ภาพที่ 6 กลไกความต้านทานแบบ Antibiosis.....  | 17   |
| ภาพที่ 7 กลไกความต้านทานแบบ Tolerance.....   | 18   |
| ภาพที่ 8 การทำงานของเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลงและการแปรผล .....  | 19   |
| ภาพที่ 9 ช่วงเวลาของการหลั่งน้ำลายที่ทำการศึกษาด้วยเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลง .....                      | 21   |
| ภาพที่ 10 ลักษณะกราฟที่ประมวลผลด้วยเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลงในเวลา 20 วินาที ..                         | 21   |
| ภาพที่ 11 ลักษณะกราฟที่ประมวลผลด้วยเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลงในเวลา 1 ชั่วโมง.....                       | 22   |
| ภาพที่ 12 กราฟแสดงการเจาะดูดน้ำเลี้ยงของเพลี้ยกระโดด <i>B. xanthophis</i> บนพืช.....                         | 23   |
| ภาพที่ 13 รูปแบบกราฟ EPG ที่เกิดขึ้นเมื่อ <i>B. tabaci</i> ลงทำลายพืชอาหาร.....                              | 24   |
| ภาพที่ 14 มะเขือเทศที่ปลูกในโรงเรือน .....   | 25   |
| ภาพที่ 15 ลักษณะของมะเขือเทศพันธุ์สีดา .....   | 29   |
| ภาพที่ 16 ลักษณะของมะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง .....  | 30   |
| ภาพที่ 17 ลักษณะของมะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่.....  | 30   |
| ภาพที่ 18 ลักษณะของมะเขือเทศป่า .....  | 31   |
| ภาพที่ 19 กรงเพาะเลี้ยงแมลงหวี่ขาว <i>B.tabaci</i> เพื่อใช้ในการทดสอบ.....                                   | 32   |
| ภาพที่ 20 แสดงการทดสอบแบบ (non-choice test).....   | 33   |
| ภาพที่ 21 แสดงการทดสอบแบบ (choice test).....   | 34   |
| ภาพที่ 22 จำนวนตัวของแมลงหวี่ขาว <i>B. tabaci</i> ในแต่ละระยะ ที่พบบนใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์.....             | 38   |
| ภาพที่ 23 จำนวนตัวของแมลงหวี่ขาว <i>B. tabaci</i> ที่พบบนมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ หลัง 5 นาทีแรกของการปล่อย..... | 39   |
| ภาพที่ 24 จำนวนตัวของแมลงหวี่ขาว <i>B. tabaci</i> หลังการทดสอบ 3 สัปดาห์.....                                | 40   |
| ภาพที่ 25 แมลงหวี่ขาว <i>B. tabaci</i> .....   | 41   |

### รายการภาพประกอบ (ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| ภาพที่ 26 จำนวนครั้งที่แมลงหริ่งขาว <i>B. tabaci</i> เจาะแทงใบมะเขือเทศ..... | 42   |
| ภาพที่ 27 แสดงการเจาะแทงใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ ที่เวลา 60 วินาที.....        | 43   |
| ภาพที่ 28 ภาพถ่ายเส้นขนบนใบมะเขือเทศแต่ละสายพันธุ์.....                      | 45   |
| ภาพที่ 29 ภาพถ่ายเส้นขนใต้ใบมะเขือเทศแต่ละสายพันธุ์.....                     | 45   |
| ภาพที่ 30 ลักษณะ trichome ของใบมะเขือเทศ.....                                | 46   |

# บทที่ 1

## บทนำ (Introduction)

### 1.1 บทนำต้นเรื่อง

แมลงหวี่ขาวยาสูบ *Bemisia tabaci* (G.) (Hemiptera: Aleyrodidae) เป็นแมลงศัตรูพืชสำคัญ สร้างความเสียหายต่อพืชมากกว่า 600 ชนิด ลงทำลายทั้งในพืชผัก พืชไร่ และไม้ดอกไม้ประดับ (Mound and Halsey, 1978; Johnson *et al.*, 1982; Elsey and Farnham, 1994; Bayhan *et al.*, 2006 ) รวมถึงพืชอีกหลายชนิด (สิริวัฒน์, 2526; Ohno, 1992) พบการระบาดทั้งประเทศไทยและประเทศอื่นทั่วโลก (สุเทพ, 2557; Rybicki and Pietersen, 1999) วิภาลัย และ นุชรี (2552) ได้ทำการสำรวจพืชอาศัยของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ผลจากการสำรวจพบจำนวนประชากรของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* บนพืชอาหารเศรษฐกิจหลากหลายชนิด อย่างเช่น มะเขือ มะเขือเทศ ฝ้าย และพริก ขนิษฐา และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาวงจรชีวิตของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* พบว่ามีวงจรชีวิตเฉลี่ยประมาณ  $15.85 \pm 0.21$  วัน และมีอัตราการวางไข่ประมาณ  $237.80 \pm 48.09$  ฟอง ต่อเพศเมียหนึ่งตัว Mansour *et al.* (2012) พบว่า ระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ชอบอาศัยตรงใบบริเวณกลางลำต้น ขณะที่ตัวเต็มวัยชอบอาศัยบริเวณส่วนยอดของพืช ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยมีพฤติกรรมอาศัยอยู่รวมกันเป็นกลุ่มใต้ใบพืช ดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณใบและยอดอ่อน นอกจากการดูดน้ำเลี้ยงของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* สร้างความเสียหายแก่พืชแล้ว *B. tabaci* ยังเป็นแมลงพาหะนำไวรัสสมาสู่พืชอีกด้วย เกษตรกรอีกมากที่ยังคงใช้สารเคมีกำจัดแมลงหวี่ขาว นอกจากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ยังทำให้แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* มีแนวโน้มต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงมากขึ้น ดังที่ Zhengke *et al.* (2017) กล่าวว่า จากการสังเกตการณ์แปลงปลูกมันฝรั่งในประเทศจีน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2012-2016 พบว่า แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* มีความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิด Spirotetram

มะเขือเทศเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของโลกจัดเป็นพืชผักทานผลชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย (สมภพ, 2530) และมีแนวโน้มความต้องการจากผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจกับสุขภาพและการนำมาใช้ประโยชน์ด้านเวชสำอาง แต่จากสถิติผลผลิตมะเขือเทศต่อไร่ของเกษตรกรกลับลดลง กล่าวคือ ปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณผลผลิตต่อไร่ 4,098 กิโลกรัม ในขณะที่ปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณผลผลิตต่อไร่ 3,727 กิโลกรัม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากการลงทำลายของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ที่เป็นพาหะนำไวรัสสาเหตุโรคในมะเขือเทศ สร้างความเสียหายต่อพื้นที่ปลูกมะเขือเทศ

(Gerling, 1990) ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนเพื่อลดการใช้สารเคมีกำจัดโรคและแมลง แต่อย่างไรก็ตาม แมลงศัตรูพืชที่มีขนาดเล็กอย่างเช่นแมลงหวี่ขาวหรือเพลี้ยชนิดต่างๆยังสามารถเล็ดลอดเข้าไปสร้างความเสียหายต่อมะเขือเทศในโรงเรือนได้

กลยุทธ์หนึ่งของการจัดการแมลงศัตรูพืชคือการสร้างความแข็งแรงให้กับพืช ซึ่งนอกจากการดูแลบำรุงรักษา ให้น้ำและธาตุอาหารที่เหมาะสมแล้ว การปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีความต้านทานต่อแมลงศัตรูพืชนับเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยลดความสูญเสียของผลผลิตจากการทำลายของแมลงศัตรูพืชได้ Painter (1951) ได้อธิบายถึงลักษณะของพืชที่ต้านทานต่อแมลงมีด้วยกัน 3 แบบ คือ ความไม่เหมาะสมของพืชอาศัย (Antixenosis) พืชอาศัยที่มีผลทำให้วงจรชีวิตและการขยายพันธุ์ของแมลงผิดปกติ (Antibiosis) และพันธุ์พืชที่ทนทานต่อการทำลายของแมลง (Tolerance) Easwar *et al.* (2017) รายงานว่า พืชบางชนิดจะผลิตสารทุติยภูมิ เช่น terpenes phenolics สารประกอบที่มีไนโตรเจนและกำมะถัน ซึ่งอาจส่งผลในการฆ่าหรือชะลอการพัฒนาของแมลง Rodriguez-Lopez *et al.* (2011) ยืนยันว่ามะเขือเทศป่ามีสารกลุ่ม acylsucroses ที่มีผลไปยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลงที่ใช้ในการทดสอบ นอกจากการศึกษาสารประกอบในพืชแล้ว การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของพืชพบว่า เส้นขน (trichome) บนใบพืชมีผลต่อการอาศัยของแมลง ส่งผลต่อตัวแมลงในการเลือกพืชอาหารหรือเลือกพืชอาศัยเพราะรบกวนการดำรงชีวิตของแมลง (Parnell *et al.* 1949; Lee, 1983) ด้วยลักษณะของพืชที่แตกต่างกันมีอิทธิพลต่อความชอบของแมลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการศึกษาเปรียบเทียบความชอบของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ต่อพันธุ์มะเขือเทศ เพื่อทราบถึงลักษณะบางประการของพันธุ์มะเขือเทศที่ไม่เหมาะสมต่อแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เพื่อเป็นแนวทางและข้อมูลสำหรับการคัดเลือกพันธุ์มะเขือเทศให้กับเกษตรกร และนอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ประโยชน์ต่องานด้านการปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีลักษณะที่ไม่เหมาะสมต่อการลงทำลายของแมลง ทั้งวิธีการปรับปรุงพันธุ์ที่กระทำในแปลง (conventional breeding) และวิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล (molecular breeding) ในอนาคต

## 1.2 การตรวจสอบเอกสาร (Review of Literature)

Nzaku and Houston (2009) กล่าวว่า พืชผักเศรษฐกิจมากกว่า 500 ชนิด ถูกทำลายและสร้างความเสียหายโดยสาเหตุหลักเกิดจากแมลงศัตรูพืช มีรายงานการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชตลอดเวลาทั้งในประเทศไทยและประเทศอื่นๆทั่วโลก ปัญหาของศัตรูพืชส่งผลกระทบต่อสังคมได้หลายรูปแบบ อาทิเช่น ทำให้ผลผลิตการเกษตรลดลง ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ต่ำลง นอกจากนี้ยังส่งผลให้ผู้บริโภคประสบปัญหาการขาดแคลนอาหาร หรือมีโอกาสในการเลือกชนิดอาหารได้น้อยลง รวมไปถึงปัญหาสารเคมีตกค้างในอาหารอีกด้วย (ศูนย์วิจัยการเกษตรนานาชาติ ออสเตรเลีย (ACIAR), 2551)

### 1.2.1 แหล่งที่มาของแมลงศัตรูพืช

ในปี พ.ศ. 2533-2535 เกษตรกรต้องเผชิญกับปัญหาแมลงศัตรูพืชที่สร้างความเสียหายแก่ผลผลิตทางการเกษตรอย่างหนัก (พรณพิมล, 2555) ปัญหาแมลงศัตรูพืชยังเป็นปัญหาที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อระดับประเทศ แมลงศัตรูพืช (pest insects) แต่ละชนิดมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันออกไป มีทั้งแบบมีปีก และแบบไม่มีปีก มีการเข้าทำลายพืชที่แตกต่างกันตามลักษณะของแมลง อย่างเช่น การทำลายโดยการกัดกินใบ ดูดกินน้ำเลี้ยงพืช เจาะลำต้น และทำลายราก สำหรับแหล่งที่มาของแมลงที่ทำลายพืชผลทางการเกษตรมีที่มาดังนี้ (สุธรรม, 2524)

1) แหล่งที่มาจากต่างประเทศ เป็นการนำเข้าพืชผลทางการเกษตรเข้าประเทศ ระหว่างการนำเข้าอาจมีไข่ของแมลงบางชนิดปะปนติดมา หรือการนำเข้ามาค้นคว้าทดลองวิจัยแต่ขาดการควบคุมดูแลอย่างปลอดภัยจึงทำให้แพร่พันธุ์ออกไปได้ ปัจจุบันพบว่า มีศัตรูพืชต่างถิ่นซึ่งในอดีตไม่เคยมีรายงานพบในประเทศไทย เกิดการระบาดสร้างความเสียหายแก่ผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิด

2) แหล่งที่มาจากประเทศใกล้เคียง โดยเฉพาะบริเวณเขตชายแดนที่มีอาณาเขตติดต่อกัน จึงทำให้เกิดการแพร่กระจายของแมลงเข้ามาในประเทศ เกิดการขยายพันธุ์และระบาดสร้างความเสียหายอย่างรวดเร็ว

3) แหล่งที่มาจากภายในประเทศ เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงพื้นที่จากป่ามาทำการเกษตรที่ปลูกพืชชนิดเดียวจำนวนมาก ส่งผลให้แมลงที่เป็นศัตรูพืชชนิดนั้นขยายพันธุ์ได้รวดเร็วเพราะมีแหล่งอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต



### 1.2.2 ชีวิตประวัติและการแพร่กระจายของแมลงหรีขาว (Whiteflies)

แมลงหรีขาว เป็นแมลงศัตรูพืชสำคัญ มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และได้แพร่กระจายระบาดไปยังประเทศต่างๆทั่วโลก (IIE, 1995) จากรายงานพบว่ามีพืชอาหาร 75 ชนิด 38 วงศ์ เป็นศัตรูสำคัญของส้มในประเทศเม็กซิโก ในปี ค.ศ. 1968 สํารวจพบแมลงหรีขาวลงทำลายในกาแฟ และมีอีกหลายประเทศที่พืชอาหารถูกแมลงหรีขาวเข้าทำลาย อย่างเช่นประเทศอินเดีย อินโดนีเซีย ปากีสถาน และรวมถึงประเทศไทย (CABI, 2007)

### 1.2.3 เขตการแพร่กระจาย

Mound and Halsey (1978) รายงานถึงการพบแมลงหรีขาวแพร่ระบาดอย่างกว้างขวางในหลายประเทศ ปัจจุบันแมลงหรีขาวเป็นศัตรูพืชสำคัญทั่วโลกทั้งในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน (ภาพที่ 1) แต่ในพื้นที่ที่สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิต่ำ มักทำให้มีอัตราการตายของทั้งตัวเต็มวัยและตัวอ่อนของแมลงหรีขาว



ภาพที่ 1 การแพร่กระจายแมลงหรีขาว *B. tabaci*

สีเขียว ระบุถึงประเทศที่มีการระบาดของแมลงหรีขาว; สีเหลือง ระบุถึงประเทศที่พบการระบาดในสภาพโรงเรือน และสีแดง ระบุถึงข้อมูลการกระจายทางภูมิศาสตร์

ที่มา: Gamarra *et al.* (1989)

### 1.2.4 อุณหภูมิกับการพัฒนาของแมลงหมีขาว

อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดชีวิตของแมลงหมีขาว Gamarra *et al.* (1989) รายงานว่า แมลงหมีขาวมีการพัฒนาจากระยะไข่ไปเป็นระยะตัวเต็มวัยได้ดีที่สุด เมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 15-32 องศาเซลเซียส หยุดการเจริญเติบโตเมื่ออุณหภูมิอยู่ที่ 10-12 องศาเซลเซียสและ 35 องศาเซลเซียส การศึกษาพบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส การพัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัยของแมลงหมีขาวมีช่วงเวลานานขึ้น คือ ใช้เวลาประมาณ 156.54 วัน และเมื่ออุณหภูมิอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส แมลงหมีขาวมีระยะเวลาในการพัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัยอยู่ที่ประมาณ 35.73 วัน แมลงหมีขาวมีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (2.4 เปอร์เซ็นต์) และมีอัตราการรอดชีวิตต่ำที่สุดเมื่ออุณหภูมิอยู่ที่ระดับ 15 องศาเซลเซียส (56.3 เปอร์เซ็นต์) สุนัดดา และคณะ (2556) ทำการสำรวจชนิดแมลงในบริเวณพื้นที่เกษตรและพื้นที่ป่าของประเทศไทย ผลการสำรวจพบแมลงหมีขาวส้ม (Citrus Blackfly) แมลงหมีขาวอ้อย (Sugarcane Whitefly) และแมลงหมีขาวยาสูบ (Tobacco Whitefly) นอกจากนี้ วีรณา และคณะ (2550) ยังรายงานถึงการพบแมลงหมีขาว *B. tabaci* (Gennadius) ซึ่งอยู่ในวงศ์ Subfamily Aleyrodinae บนพืชอาหาร 3 ชนิดที่สำคัญคือ กะเพรา กุหลาบ และมะเขือเปราะ Hutacharern *et al.* (2007) ได้รวบรวมรายชื่อของแมลงหมีขาวศัตรูพืชที่พบในประเทศไทยไว้ 93 ชนิด (ตารางที่ 1) โดยแมลงหมีขาวชนิดที่สำคัญและมีพืชอาหารหลากหลายที่สุด คือ แมลงหมีขาวยาสูบ *B. tabaci*

**ตารางที่ 1** รายชื่อแมลงหมีขาวที่เป็นศัตรูพืชที่พบในประเทศไทย

| Order     | Family      | Scientific Name                                     |
|-----------|-------------|---|
| Hemiptera | Aleyrodidae | <i>Acanthaleyrodes styraci</i>                      |
|           |             | <i>Aleurocanthus chiengmaiensis</i> Takahashi       |
|           |             | <i>Aleurocanthus cocois</i> Corbett                 |
|           |             | <i>Aleurocanthus gateri</i> Corbett                 |
|           |             | <i>Aleurocanthus longispinus</i> Quaintance & Baker |
|           |             | <i>Aleurocanthus rugosa</i> Singh                   |
|           |             | <i>Aleurocanthus siamensis</i> Takahashi            |
|           |             | <i>Aleurocanthus spiniferus</i> (Quaintance)        |
|           |             | <i>Aleurocanthus spinosus</i> (Kuwana)              |
|           |             | <i>Aleurocanthus woglumi</i> Ashby                  |

ตารางที่ 1 (ต่อ)

| Order     | Family     | Scientific Name  |
|-----------|------------|--|
| Hemiptera | Aleyroidae | <i>Aleuroclava jasmine</i> (Takahashi)                 |
|           |            | <i>Aleurocybotus setiferus</i> Quaintance & Baker      |
|           |            | <i>Aleurodicus destructor</i> Mackie                   |
|           |            | <i>Aleurodicus disperses</i> Russell                   |
|           |            | <i>Aleurodicus holmesii</i> (Maskell)                  |
|           |            | <i>Aleurolobus barodensis</i> (Maskell)                |
|           |            | <i>Aleurolobus marlatti</i> (Quaintance)               |
|           |            | <i>Aleurolobus rhododendroni</i> Takahashi             |
|           |            | <i>Aleurolobus setigerus</i> Quaintance & Baker        |
|           |            | <i>Aleuroplatus ficifolii</i> Takahashi                |
|           |            | <i>Aleuroputeus baccaureae</i> Corbett                 |
|           |            | <i>Aleuroputeus perseae</i> Corbett                    |
|           |            | <i>Aleurothrixus antidesmae</i> Takahashi              |
|           |            | <i>Aleurothrixus floccosus</i> (Maskell)               |
|           |            | <i>Aleurotrachelus anonae</i> Corbett                  |
|           |            | <i>Aleurotrachelus caerulescens</i> Singh              |
|           |            | <i>Aleurotrachelus machili</i> Takahashi               |
|           |            | <i>Aleurotrachelus multipapillus</i> Singh             |
|           |            | <i>Aleurotrachelus tuberculatus</i> Singh              |
|           |            | <i>Aleurotuberculatus aucubae</i> (Kuwana)             |
|           |            | <i>Aleurotuberculatus citrifolii</i> (Corbett)         |
|           |            | <i>Aleurotuberculatus euphorbiae</i> Jesudasan & David |
|           |            | <i>Aleurotuberculatus jasmine</i> Takahashi            |
|           |            | <i>Aleurotuberculatus latus</i> Takahashi              |
|           |            | <i>Aleurotuberculatus multipori</i> Takahashi          |
|           |            | <i>Aleurotuberculatus nephelii</i> Corbett             |
|           |            | <i>Aleurotuberculatus nitidus</i> (Singh)              |
|           |            | <i>Aleurotuberculatus psidii</i> (Singh)               |

ตารางที่ 1 (ต่อ)

| Order     | Family      | Scientific Name                               |
|-----------|-------------|---|
| Hemiptera | Aleyrodidae | <i>Aleurotuberculatus siamensis</i> Takahashi |
|           |             | <i>Aleurotuberculatus ubonensis</i> Takahashi |
|           |             | <i>Asialeyrodes multipori</i> Takahashi       |
|           |             | <i>Bemisia argentifolii</i> Bellows & Perring |
|           |             | <i>Bemisia bambusae</i> Takahashi             |
|           |             | <i>Bemisia giffardi</i> (Kotinsky)            |
|           |             | <i>Bemisia lampangensis</i> Takahashi         |
|           |             | <i>Bemisia leguminicola</i> (Takahashi)       |
|           |             | <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)             |
|           |             | <i>Dialeurodes agalmae</i> Takahashi          |
|           |             | <i>Dialeurodes bankokana</i> Takahashi        |
|           |             | <i>Dialeurodes bladthiae</i> Takahashi        |
|           |             | <i>Dialeurodes cambodiensis</i> Takahashi     |
|           |             | <i>Dialeurodes celti</i> (Takahashi)          |
|           |             | <i>Dialeurodes chiengsenana</i> Takahashi     |
|           |             | <i>Dialeurodes citri</i> (Ashmead)            |
|           |             | <i>Dialeurodes dipterocarpi</i> Takahashi     |
|           |             | <i>Dialeurodes ficifolii</i> Takahashi        |
|           |             | <i>Dialeurodes formosensis</i> Takahashi      |
|           |             | <i>Dialeurodes gemurohensis</i> Corbett       |
|           |             | <i>Dialeurodes kirkaldyi</i> (Kotinsky)       |
|           |             | <i>Dialeurodes laos</i> Takahashi             |
|           |             | <i>Dialeurodes lithocarp</i> Takahashi        |
|           |             | <i>Dialeurodes lumpurensis</i> Takahashi      |
|           |             | <i>Dialeurodes machilicola</i> Takahashi      |
|           |             | <i>Dialeurodes mekonensis</i> Takahashi       |
|           |             | <i>Dialeurodes mirabilis</i> Takahashi        |
|           |             | <i>Dialeurodes simmondsi</i> (Corbett)        |
|           |             | <i>Dialeurodes sutepensis</i> Takahashi       |

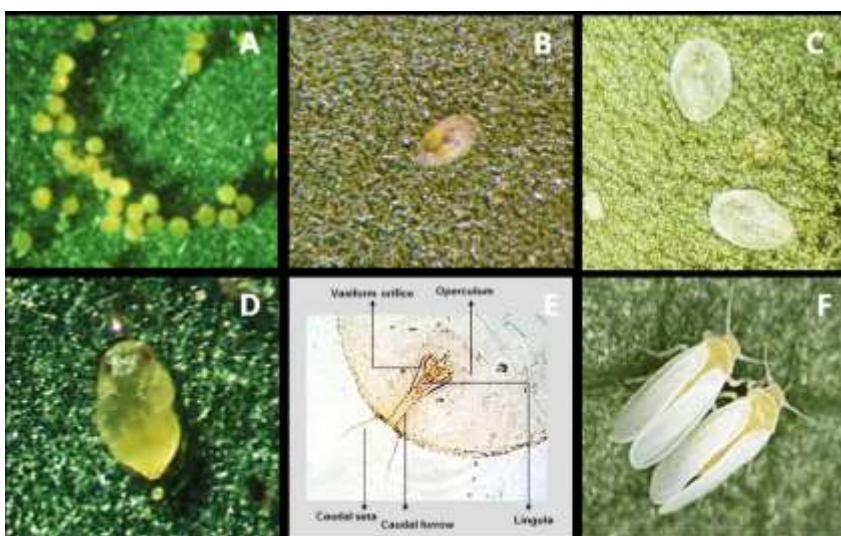
ตารางที่ 1 (ต่อ)

| Order     | Family      | Scientific Name                                     |
|-----------|-------------|---|
| Hemiptera | Aleyrodidae | <i>Dialeurodes tanakai</i> Takahashi                |
|           |             | <i>Dialeurodes decempuncta</i> (Quaintance & Baker) |
|           |             | <i>Heteraleyrodes bambusae</i>                      |
|           |             | <i>Martiniella canangae</i> (Corbett)               |
|           |             | <i>Minutaleyrodes minuta</i> (Singh)                |
|           |             | <i>Neomaskellia bergii</i> (Signoret)               |
|           |             | <i>Pealius bengalensis</i> (Peal)                   |
|           |             | <i>Pealius hibisci</i> (Kotinsky)                   |
|           |             | <i>Pealius misrae</i> Singh                         |
|           |             | <i>Pealius mori</i> (Takahashi)                     |
|           |             | <i>Pealius sutepensis</i>                           |
|           |             | <i>Pealius tuberculatus</i>                         |
|           |             | <i>Rusostigma radiirugosa</i> (Quaintance & Baker)  |
|           |             | <i>Singhiella dipterocarpi</i> (Takahashi)          |
|           |             | <i>Singhiella sutepensis</i> (Takahashi)            |
|           |             | <i>Singhiella hibiscus</i> (Kotinsky)               |
|           |             | <i>Taiwanaleyrodes nitidus</i> (Singh)              |
|           |             | <i>Tetraleyrodes mori</i> (Quaintance)              |
|           |             | <i>Tetraleyrodes pusana</i> Takahashi               |
|           |             | <i>Tetraleyrodes ursorum</i> (Cockerell)            |
|           |             | <i>Trialeyrodes bambusae</i> Takahashi              |
|           |             | <i>Trialeyrodes rara</i> Singh                      |
|           |             | <i>Trialeyrodes ricini</i> (Misra)                  |
|           |             | <i>Trialeyrodes ricinus</i> (Misra)                 |
|           |             | <i>Trialeyrodes thaiensis</i> Takahashi             |
|           |             | <i>Vasdauidius setiferus</i> (Quaintance & Baker)   |

ที่มา : Hutacharearn *et al.*, (2007)

### 1.2.5 รูปร่างลักษณะและชีวประวัติของแมลงหวี่ขาวยาสูบ *B. tabaci*

แมลงหวี่ขาวยาสูบ *B. tabaci* อยู่ในอันดับ Hemiptera วงศ์ Aleyrodidae เป็นแมลงประเภทปากดูดขนาดเล็ก อยู่ในอันดับเดียวกับเพลี้ย จักจั่น และมวน มักอยู่รวมกันเป็นกลุ่มใต้ใบพืช นับเป็นแมลงศัตรูที่มีการระบาดรุนแรง ตัวเต็มวัยยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร มีปีก 1 คู่ ปกคลุมด้วยฝุ่นขาว ตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่เป็นฟองเดี่ยวหรือเรียงติดกัน ไข่มีสีเหลืองอ่อนเรียวยาว ตัวอ่อนมีรูปร่างรี สีเหลืองอมเขียวใส มองเห็นส่วนต่างๆ ภายใน ลำตัวแบนราบติดกับผิวใบ จะมีการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วต่อเมื่อถูกรบกวน แต่จากการสังเกตพบว่า ช่วงเวลา 5 โมงเย็นเป็นต้นไป การเคลื่อนไหวของแมลงหวี่ขาวจะช้าลง ยูวธิดา และนุชรี (2549) รายงานว่า วงจรชีวิตของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตจากระยะไข่ไปเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 13-18 วัน ระยะไข่ประมาณ 2-4 วัน ระยะตัวอ่อนประมาณ 8-10 วัน และระยะดักแด้ประมาณ 2-4 วัน โดยมีวงจรชีวิตเฉลี่ยประมาณ  $24 \pm 6.85$  วัน และมีอัตราการวางไข่  $237.80 \pm 48.09$  ฟองต่อเพศเมียหนึ่งตัว จากการศึกษาลักษณะภายนอกของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในแต่ละระยะ พบว่า ไข่มีขนาด  $0.1 \times 0.19$  มิลลิเมตร (ภาพที่ 2A) ตัวอ่อนวัย 1 มีขนาด  $0.16 \times 0.26$  มิลลิเมตร (ภาพที่ 2B) ตัวอ่อนวัย 2 มีขนาด  $0.36 \times 0.24$  มิลลิเมตร ตัวอ่อนวัย 3 มีขนาด  $0.53 \times 0.36$  มิลลิเมตร (ภาพที่ 2C) ดักแด้หรือตัวอ่อนวัย 4 มีขนาด  $0.73 \times 0.45$  มิลลิเมตร (ภาพที่ 2D) และตัวเต็มวัยมีขนาดอยู่ที่  $0.70 \times 0.95$  มิลลิเมตร (ภาพที่ 2F) แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เป็นแมลงที่มีขนาดเล็กมาก จึงสามารถเล็ดลอดเข้าไปภายในโรงเรือนปลูกพืชได้ Mansour *et al.* (2012) รายงานว่า พฤติกรรมของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในมะเขือเทศ มะเขือเปราะ พริก และกระเจี๊ยบเขียว พบว่าระยะตัวอ่อนของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ชอบอาศัยตรงใบบริเวณกลางลำต้น ในขณะที่ตัวเต็มวัยชอบอาศัยบริเวณส่วนยอดเพื่อวางไข่ โดยทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยมักหลบดูดกินน้ำเลี้ยงอยู่ที่ใบพืช มีการสร้างไซรอปๆ ตัวเพื่อให้จับยึดกับผิวใบได้ดีขึ้น หลังจากนั้นจะขับถ่ายมูลเหนียวที่เป็นน้ำหวานออกมาตามส่วนต่างๆ ของพืชที่ถูกอาศัย ซึ่งมูลเหนียวนี้เป็นอาหารของราดำ เมื่อเกิดราดำในปริมาณมากทำให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตลดลง โดยเฉพาะในพื้นที่เขตร้อนและพื้นที่กึ่งเขตร้อน (กรมวิชาการเกษตร, 2559; Wang *et al.*, 2016)



ภาพที่ 2 แมลงหวี่ขาว *B. tabaci*

(A) ไข่ (B) ตัวอ่อนวัย 1 (C) ตัวอ่อนวัย 2 และ 3 (D) ตัวอ่อนวัย 4 หรือดักแต้  
(E) องค์ประกอบสำคัญตรงปลายท้องของแมลงหวี่ขาวในระยะตัวอ่อนที่ใช้ในการจำแนกชนิด และ (F) ตัวเต็มวัย

ที่มา: Courtesy of CIP (1989)

แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* มีพืชอาหารมากกว่า 600 ชนิด พบทั้งในพืชผัก พืชไร่ และไม้ดอกไม้ประดับ (Mound and Halsey, 1978; Johnson *et al.*, 1982; Elsey and Farnham, 1994; Bayhan *et al.*, 2006) วงศ์พืชที่แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ชอบลงทำลาย คือ ทานตะวัน (Asteraceae) ผักกาด (Cruciferae) แตงกวา (Cucurbitaceae) ยางพารา (Euphorbiaceae) ถั่ว (Fabaceae) กะเพรา (Labiatae) ชบา (Malvaceae) และมะเขือ (Solanaceae) รวมถึงพืชอีกหลายชนิด (สิริวิวัฒน์, 2526; Ohno, 1992) ชนิดพืชที่มีความสำคัญ ได้แก่ มันฝรั่ง ฝ้าย ถั่ว มะเขือเทศ แตงกวา ถั่วเหลือง พริกหยวก มันสำปะหลัง ผักกาดหอม องุ่น ฝักทอง แตงโม กะหล่ำปลี มะเขืออะโวคาโด ฝรั่ง ทานตะวัน และชบา (Gamarra *et al.*, 1978) บริเวณตำแหน่งที่แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เลือกวางไข่บนพืชอาศัย คือบริเวณผิวของใบพืช พบว่าในทุกพืชแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* จะเลือกวางไข่ที่ตำแหน่งนี้เสมอ (Liu and Stansly, 1995; Gruenhagen and Perring, 2001) Lee *et al.* (2011) ทำการศึกษาความชอบของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในพืชอาศัย 2 ชนิด คือ แตงกวา และต้นคริสต์มาส พบว่า แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* มีความชอบแตงกวามากกว่าต้นคริสต์มาส แต่ในทางกลับกันถ้าแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* มีการตั้งรกรากหรืออาศัยบนต้นคริสต์มาสเป็นครั้งแรก

แตงกวาก็จะไม่สามารถดึงดูดต่อประชากรของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ได้ แม้ว่าแตงกวาจะเป็นพืชอาศัยที่แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ชอบก็ตาม ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ซึ่งสอดคล้องกับที่ Bird and Kruger (2007) ได้อธิบายไว้ว่า แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ตัวเต็มวัยเพศเมียเมื่ออาศัยบนพืชชนิดใดชนิดหนึ่งจะไม่เกิดการเปลี่ยนพืชอาศัยหรือเปลี่ยนพืชอาศัยน้อยมาก และตัวเต็มวัยของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* จะกระจายตัวบนพืชอาศัยเพื่อวางไข่และพัฒนาไปเป็นตัวอ่อน

นอกจากการทำลายพืชโดยการดูดน้ำเลี้ยงแล้ว แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เป็นแมลงพาหะนำโรคไวรัสสู่พืชด้วย บุญส่ง และกรุง (2557) รายงานว่าแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เป็นพาหะนำเชื้อ Geminiviral สู่อ้อยมะเขือเทศจนไม่สามารถเก็บผลผลิตได้เนื่องจากเกิดการระบาดของโรคใบหงิกเหลืองขั้นรุนแรง

### 1.2.6 วิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชในปัจจุบัน

ในอดีต เกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปริมาณมาก โดยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2555 การใช้สารเคมีควบคุมศัตรูพืชมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ มูลค่าของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ประเทศไทยมีการนำเข้าคิดเป็น 133,575,731.75 กิโลกรัม/ปี (กระทรวงการพัฒนาคูณภาพชีวิตสาธารณสุข และคุ้มครองผู้บริโภค, 2556) การใช้สารเคมีนอกจากเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตแล้วยังส่งผลต่อตัวเกษตรกร และรวมไปถึงสารเคมีที่ติดไปกับผลผลิตส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคอีกด้วย ปัจจุบันกระแสการเรียกร้องจากผู้บริโภคให้เกษตรกรผลิตอาหารปลอดภัยมีมากขึ้น การควบคุมแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ทั้งในแปลงและในโรงเรือน เน้นการป้องกันกำจัดโดยวิธีทางชีวภาพและมีการบูรณาการนำหลายๆ วิธีมาใช้ร่วมกัน หรือที่เรียกว่า การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน (Integrated pest management) เช่น การใช้ตัวห้ำหรือตัวเบียนในการควบคุม การใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงการใช้พืชกับดักและวิธีการควบคุมโดยชีววิธีในรูปแบบอื่น ซึ่งเป็นวิธีการที่ลดผลกระทบจากการใช้สารเคมีในการป้องกันหรือกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช (Kumar *et al.*, 2008) ซึ่งการศึกษาวิจัยเพื่อหาวิธีการป้องกันกำจัดแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ได้มีการศึกษาอย่างแพร่หลายมาก่อนหน้าจนกระทั่งถึงปัจจุบัน

Marcos and Stephen (2001) ศึกษาวิธีการควบคุมแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* โดยใช้เชื้อรา *Verticillium lecanii* พบว่าเชื้อราสามารถควบคุมประชากรของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในสภาพโรงเรือนและแปลงปลูกได้ดี แต่มีข้อจำกัดเรื่องของราคาเข้ามาเกี่ยวข้อง

Yingfang *et al.* (2011) ใช้ระบบ Banker plant กำจัดแมลงหวี่ขาวศัตรูทำลายมะเขือเทศในโรงเรือน โดยวางระบบคือ ใช้มะละกอเป็นพืชอาศัยของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เพื่อใช้



ในการเพาะเลี้ยงแตนเบียน *Encarsia sophia* ในโรงเรือน เพื่อให้แตนเบียน *E. sophia* ควบคุมแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ศัตรูพืชในมะเขือเทศ

Mohamed (2012) ศึกษาผลการเข้าทำลายของแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ในแตงกวา โดยศึกษาในช่วงเดือนทดสอบที่แตกต่างกัน พบว่าจำนวนประชากรของแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ช่วงเดือนมีนาคมต่ำที่สุด ค่าเฉลี่ยประมาณ 7.15 ตัว ในระหว่างที่เดือนเมษายน และเดือนพฤษภาคม มีจำนวนตัวเฉลี่ย 13.08 และ 21.88 ตามลำดับ ผลงานการศึกษาในครั้งนี้เป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการเลือกปลูกพืชในช่วงเวลาที่แมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ในธรรมชาติมีน้อย

Colin and Brogan (2016) ทำการศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชในการควบคุมแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ในโรงเรือนปลูกมะเขือเทศ โดยใช้เครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลง (Electrical Penetration Graph, EPG) วัดพฤติกรรมการดูดน้ำเลี้ยงพืชหลังจากใช้สารสกัดฉีดพ่น พบว่า การใช้กลิ่นของพืชที่แมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ไม่ชอบ สามารถลดการเข้าทำลายของแมลงชนิดนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 1.2.7 กลไกความต้านทานของพืชต่อแมลง

พืชที่มีสีเขียวทุกชนิด ในบางช่วงของการเจริญเติบโต สามารถผลิตสารเคมี (Secondary metabolic products) ที่มีพืชต่อแมลง ซึ่งสารเหล่านี้ทำให้พืชเกิดความต้านทาน ความต้านทานของพืชส่งผลต่อพฤติกรรมและการอาศัยของแมลงศัตรูพืชที่ลงทำลายพืช โดยลักษณะของความต้านทานเกิดจากการที่พืชมีวิวัฒนาการเพื่อป้องกันการเข้าทำลายหรือลดความเสียหายเมื่อเกิดการลงทำลายของแมลงศัตรูพืช (Schultz, 1988) Eigenbrode and Trumble (1994) อธิบายว่า การจัดการแมลงศัตรูพืชโดยการใช้พันธุ์พืชที่ต้านทานต่อแมลง มีศักยภาพมากขึ้นเรื่อยๆ ทางด้านเศรษฐกิจ การจัดการวิธีนี้เป็นวิธีที่ลดการใช้สารเคมี Painter (1951) แบ่งลักษณะความต้านทานของพืชต่อแมลงเป็น 3 แบบ คือ

1) Antixenosis เป็นกลไกความต้านทานเพื่อขัดขวางยับยั้งการเข้าทำลายของแมลง มีผลทำให้จำนวนของแมลงที่เข้าทำลายลดลง กลไกการต้านทานลักษณะนี้ขัดขวางการเพิ่มจำนวนประชากรของแมลง โดยรบกวนพฤติกรรมการผสมพันธุ์ การวางไข่ การกินอาหารและการย่อยดูดซึมน้ำอาหาร บางครั้งอาจทำให้แมลงอดอาหารตายในที่สุด ซึ่งเกิดจากปัจจัยทางสัณฐานวิทยา (morphology) และสรีรวิทยาของพืช (physiology) เช่น เส้นขน (trichome) ที่ปกคลุมบนใบพืช สามารถขัดขวางการเคลื่อนที่ของแมลง สีของพืชและกลิ่นของพืชเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้แมลงไม่เลือกเข้าทำลายพืชชนิดนั้น เป็นต้น

หลายงานวิจัยยืนยันว่าเส้นขนที่ปกคลุมบนผิวพืชเป็นอุปสรรคต่อการดำรงชีวิตของแมลงศัตรูพืช Parnell *et al.* (1949) รายงานว่า ฝ้ายพันธุ์ที่มีเส้นขนบนต้นและใต้ใบสามารถต้านทานต่อเพลี้ยจักจั่น *Empoasca* spp. (Hemiptera: Cicadellidae) ได้ สอดคล้องกับที่ Lee (1983) รายงานว่า ถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีเส้นขนปกคลุมผิวใบและลำต้นมาก สามารถทำให้ถั่วเหลืองรอดพ้นจากการลงทำลายของเพลี้ยกระโดดถั่วเหลือง *Empoasca fabae* (Hemiptera: Cicadellidae) เพราะเพลี้ยกระโดดถั่วเหลือง *E. fabae* ไม่สามารถแทงท่อวางไข่ (ovipositor) ลงวางไข่บนใบถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีขนหนาทึบ และนอกจากนี้ขนบนใบยังส่งผลให้ตัวหนอนเคลื่อนตัวกัดกินใบพืชได้อย่างลำบาก (ภาพที่ 3)



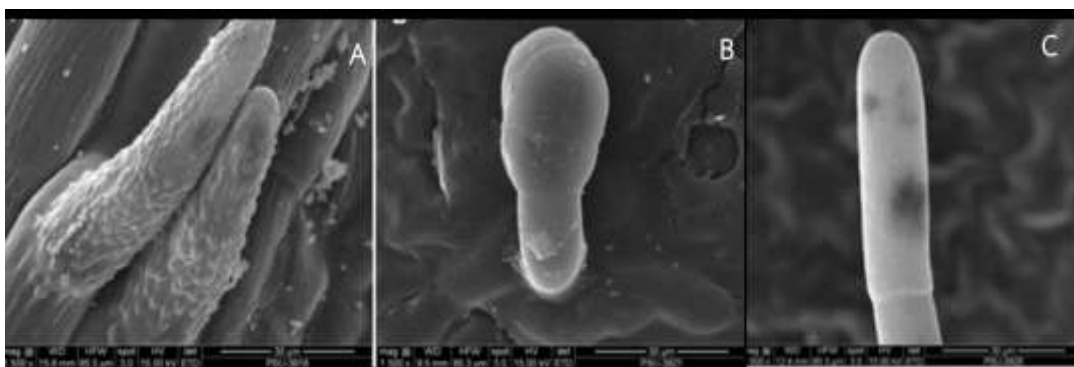
ภาพที่ 3 กลไกความต้านทานแบบ Antixenosis

ที่มา: Dakota State University (2016)

ปริญญญา และคณะ (2554) ทำการศึกษาพัฒนาพันธุ์ฝ้ายที่ทนทานต่อการลงทำลายของเพลี้ยจักจั่น *Amrasca biguttula* Ishida (Hemiptera: Cicadellidae) โดยนำพันธุ์ฝ้าย 2 พันธุ์มาผสมข้ามระหว่างพันธุ์ IRMA1243 ซึ่งมีใบปกคลุมด้วยขน กับพันธุ์ GDPSR 38-136 หรือตากฟ้า 2 ซึ่งเป็นพันธุ์ฝ้ายใบเรียบและต้านทานโรคใบหงิก กลายเป็นพันธุ์ตากฟ้า 84-4 ซึ่งให้ผลผลิตสูงต้านทานต่อโรคใบหงิก ใบมีขนปกคลุม ทำให้ทนทานต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยจักจั่น *A. biguttula*

วิกันดา และจตุพร (2557) ทำการศึกษาสัณฐานวิทยาและความหนาแน่นของขนบนใบพริกที่มีผลต่อการแพร่กระจายของเพลี้ยอ่อนยาสูบ *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ผลการศึกษาพบว่า ขนบนใบพริกมีด้วยกัน 3 แบบ

แบบแรก คือ ขนที่มีต่อม (glandular trichome) ซึ่งมีลักษณะสั้นทู่ ตรงปลายมี 2 พู ผิวเรียบ แบบที่สอง คือ ขนที่มีต่อมลักษณะยาวเรียวจากโคนไปจรดปลาย ผิวขรุขระ และแบบที่สามคือ ขนที่ไม่มีต่อม (non-glandular trichome) มีลักษณะยาวเรียวจากโคนไปจรดปลาย ผิวเรียบ (ภาพที่ 4) และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการแพร่กระจายของเพลี้ยอ่อน *M. persicae* พบว่าขนที่มีต่อมแบบแรก มีการแพร่กระจายของเพลี้ยอ่อน *M. persicae* มากที่สุดตามผิวใต้ใบพริก ในขณะที่ขนแบบที่สองและแบบที่สาม พบการแพร่กระจายตามก้านใบและโคนก้านใบพริก



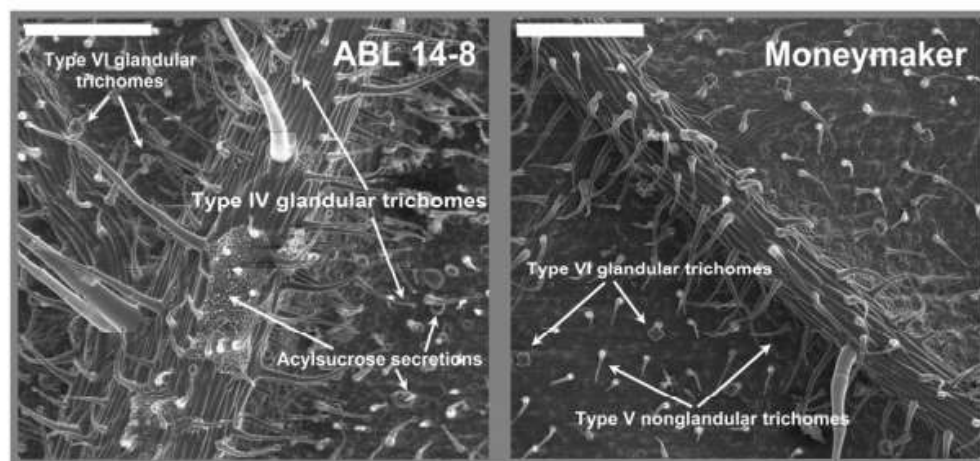
ภาพที่ 4 ชนิดของ trichome ที่พบบนใบพริก

(A) (B) glandular trichomes

(C) non-glandular trichomes

ที่มา: วิกันดา และจตุพร (2557)

Rodríguez-Lopez *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษามะเขือเทศป่า ที่มีลักษณะต้านทานต่อแมลงหรีขาว *B. tabaci* ผลการศึกษาสัณฐานวิทยาของใบมะเขือเทศป่าด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า การที่ใบมะเขือเทศป่ามีขนที่มีต่อม (glandular trichome) เป็นลักษณะอย่างหนึ่งที่ต้านทานต่อแมลงหรีขาว *B. tabaci* (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ขนที่มีต่อม (glandular trichome)

ที่มา: Rodríguez-Lopez *et al.* (2011)

การที่พืชในวงศ์ Solanaceae มีเส้นขนแบบมีต่อม สามารถหลั่งสารที่แมลงไม่ชอบ เช่น methylketones sesquiterpenes และ acyl sugars เป็นต้น (Antonious *et al.*, 2005, Baldin *et al.*, 2005, Ben-Israel *et al.*, 2009, Yu *et al.*, 2010; Rodríguez-Lopez *et al.* 2011; Bleeker *et al.*, 2012 Firdaus *et al.*, 2013, Lucatti *et al.*, 2013) แต่ในทางกลับกัน Heinz and Zalom (1995) Firdaus *et al.* (2012) และ Firdaus *et al.* (2013) กลับรายงานว่า มะเขือเทศที่มี non-glandular trichome บนใบมาก มีผลให้แมลงหรีขาว *B. tabaci* วางไข่และเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งอาจเนื่องมาจาก non-glandular trichome ช่วยป้องกันแดดเผาผิวใบ มีผลช่วยรักษาอุณหภูมิบนใบ ป้องกันใบสูญเสียน้ำ แม้ว่าจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของแมลงที่เดินบนผิวใบ แต่ในทางกลับกัน ก็ช่วยป้องกันแมลงศัตรูพืชจากแมลงศัตรูธรรมชาติได้ (Wagner, 1991, Wagner *et al.*, 2004)

และมีรายงานถึงสีของใบพืช ที่มีผลต่อการดึงดูดแมลงที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปพบว่าแมลงดึงดูดหรือมีความชอบสีเหลืองและสีเขียวอ่อนมากกว่าสีอื่นๆ ดังเช่น ตัวเต็มวัยของ *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) และกลุ่มของผีเสื้อบางชนิดไม่ชอบวางไข่บนใบกะหล่ำปลีสีแดง (red cabbage) แต่ชอบวางไข่บนใบกะหล่ำปลีที่มีสีเขียว (green cabbage) (Dickson and

Eckenrode, 1975) เพลี้ยอ่อนตัว *Aphis craccivora* Koch. (Hemiptera: Aphididae) ที่ตอบสนองหรือเข้าทำลายพืชอาหารที่มีใบสีเหลืองหรือสีเขียวอ่อนมากกว่าพืชที่มีใบสีเขียวเข้ม (นพพร, 2543) และไพศาล (2527) รายงานว่า ฝ้ายที่มีดอกสีแดงต้านทานต่อด้วงวงเจาะสมอฝ้าย *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) ได้ดีกว่าฝ้ายที่มีดอกสีขาว กล่าวได้ว่าสีของพืชมีผลต่อการเลือกเข้าทำลายพืชอาหารของแมลง และนอกจากสีของพืชแล้ว ความมันเงา (glossy) ของใบ เป็นอีกลักษณะที่มีผลต่อความชอบของแมลง เนื่องจากผิวใบที่มัน ทำให้แมลงยึดเกาะได้ยาก และวางไข่ให้ติดบนผิวใบที่มันได้ยาก Stoner (1992) รายงานว่า พืชที่มีใบมันอย่างเช่นบรอกโคลี และกะหล่ำดอก พบการลงทำลายจากเพลี้ยอ่อนกะหล่ำ *Aphis gossypii* Glov. (Hemiptera: Aphididae) ได้น้อย

2) Antibiosis เป็นกลไกที่แสดงผลหลังจากที่แมลงบินมาเกาะและเริ่มกัดกินทำลายพืชแล้ว เมื่อแมลงกินพืชที่มีกลไกต้านทานแบบ Antibiosis พืชจะสร้างสารที่มีภาวะยับยั้งต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของแมลง เป็นกลไกความต้านทานของพืชที่แสดงลักษณะที่มีผลร้ายต่อวงจรชีวิตของแมลง การจำแนกว่าพืชมีความต้านทานแบบ Antibiosis หรือไม่ สามารถสังเกตได้จากลักษณะอาการที่ผิดปกติไปจากเดิมของแมลง โดยลักษณะอาการที่ผิดปกติไปจากเดิมของแมลงแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะอาการ คือ

(1) แมลงมีอัตราการตายช่วงระยะแรกๆของการเจริญเติบโต ก่อนที่จะพัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัย

(2) น้ำหนักและขนาดตัวของแมลงลดลง ช่วงระยะเวลาของการเจริญในตัวอ่อนใช้เวลาพัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัยที่นานขึ้น มีจำนวนตัวของระยะตัวอ่อนน้อยลง ตัวเต็มวัยมีอายุสั้นลง ระยะผสมพันธุ์จนถึงระยะวางไข่สั้นลง แสดงให้เห็นว่าลักษณะทางสรีรวิทยาถูกระทบกระเทือน

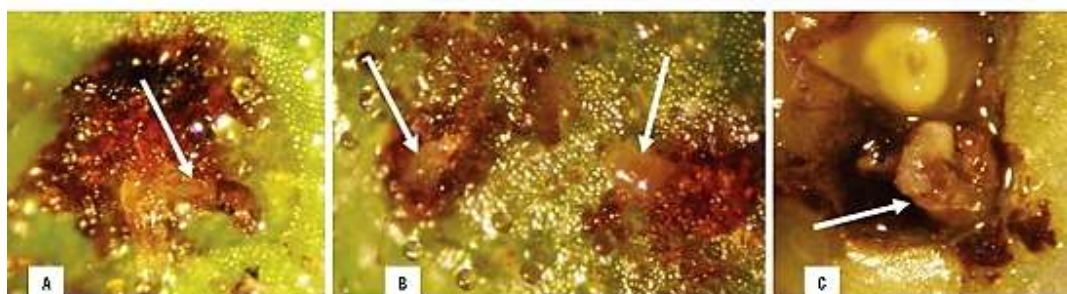
(3) ตัวอ่อนเข้าระยะดักแด้เร็วกว่าปกติและดักแด้ไม่สมบูรณ์ ทำให้จำนวนประชากรของแมลงลดลง แสดงให้เห็นว่าลักษณะทางสรีรวิทยาถูกระทบกระเทือน

(4) แมลงมีพฤติกรรมที่ผิดปกติ เช่น มีอาการที่กระวนกระวาย กระสับกระส่าย สังเกตได้จากการที่แมลงเดินวนเวียนไปมา และขาดการกัดกินส่วนของพืชอย่างต่อเนื่อง สาเหตุของการต้านทานลักษณะนี้เกิดเนื่องจากพืชผลิตสารที่เป็นพิษต่อแมลง

สารที่พืชสร้างขึ้นและส่งผลต่อแมลงมีรายงานพบหลายชนิดด้วยกัน อย่างเช่น สารจำพวก cyclopeptide alkaloid ซึ่งประกอบด้วย L-tyrosine, 3(S)-hydroxy-L-leucine, L-phenylalanine และ 2-hydroxyisocaproic acid สารกลุ่มนี้หากตัวอ่อนด้วงเต่าได้รับเพียง 1 เปอร์เซ็นต์สามารถทำให้ตายได้ (Sugawara *et al.*, 1996) สารในกลุ่ม glycoside ซึ่งพบในข้าวโพด (Waiss *et al.*, 1979) สารกลุ่ม acylsucroses ในมะเขือเทศป่าที่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของ

แมลงหริ่งขาว *B. tabaci* (Rodríguez-Lopez *et al.*, 2011) สารฟลาโวนอยด์ (flavonoid) วิตามินซี (ascorbic acid) กรดอะมิโน (Amino acid) และแทนนิน (tannin) เป็นสารที่พบในบวบเหลี่ยมพันธุ์ AHRG-57, Pusa Nasdar และ AHRG-29 ซึ่งมีผลต้านทานต่อแมลงวันผลไม้ *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) (Shravan *et al.*, 2015) และนอกจากนี้ Pree (1977) Joel (1978) และ Herrera (1982) ได้รายงานไว้ว่า phenolic compound เป็นสารทุติยภูมิชนิดหนึ่ง (secondary metabolic compounds) ที่มีผลต้านทานการลงทำลายของแมลง (ภาพที่ 6)

ในขณะที่ความสมบูรณ์ของธาตุอาหารในพืชมีผลต่อการเจริญเติบโตของแมลง และมีผลให้แมลงเจริญเติบโตได้ไม่ดีและอาจตายจากการที่พืชนั้นขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของแมลง เช่น แมลงจะเลือกลงทำลายต้นพืชที่มีความสมบูรณ์ของธาตุคาร์โบไฮเดรต และขาดกรดอะมิโน การที่พืชชนิดใดชนิดหนึ่งมีลักษณะแบบนี้จะทำให้แมลงมีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ (Buchner, 1965; Solan and Moran, 2012; Su *et al.*, 2013;)



ภาพที่ 6 กลไกความต้านทานแบบ Antibiosis

(A) ตัวอ่อนตายเมื่อเจาะลงทำลายผลพืช (B) ตัวอ่อนมีการดำรงชีวิตในผล และ (C) ตัวอ่อนเกิดการตายภายในผลมะเขือเทศป่า

ที่มา: Casas-Leal *et al.* (2013)

3) Tolerance ความทนทานของพืชต่อแมลง เป็นกลไกหรือความสามารถของพืชที่เจริญเติบโต ขยายพันธุ์ และให้ผลผลิต รวมถึงสามารถซ่อมแซมส่วนที่เสียหายอันเนื่องมาจากการเข้าทำลายของแมลง โดยผลผลิตของพืชไม่ลดลงหรือลดลงเพียงเล็กน้อย หมายถึงการที่พืชถูกทำลายแล้วส่งผลให้ผลผลิตลดลงเพียงเล็กน้อย พืชที่มีลักษณะความต้านทานแบบนี้มีประโยชน์ โดยทำให้ระบบเศรษฐกิจสูงขึ้น และไม่ทำให้แมลงมีการพัฒนาหรือปรับตัวให้ใหม่

พชันี (2547) ทำการทดสอบความทนทานของข้าว 3 พันธุ์ คือ ข้าวหอมคลองหลวง ข้าวหอมสุพรรณบุรี และข้าวหอมปทุมธานี ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *Nilaparvata lugens* (Stal) (Hemiptera: Delphacidae) ทำการเก็บข้อมูลโดยการนับจำนวนตัวแมลงและจำนวนต้นข้าวที่ถูก

ทำลายทุกๆ 5 วัน ผู้ทดสอบพบว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรีพบแมลงน้อยที่สุด สำหรับข้าวหอมคลองหลวง และข้าวหอมปทุมธานีตายหลังจากที่ปล่อยแมลง 30 วัน แสดงให้เห็นว่าข้าวหอมปทุมธานีทนทานต่อการทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *N. lugens* มากกว่าข้าวพันธุ์อื่นที่นำมาทำการทดสอบ

Yasmin *et al.* (1999) ศึกษากลไกความต้านทานของบวบซุกินี ซึ่งเป็นพืชตระกูลแตง ต่อแมลงหริ่งขาว *Bemisia argentifolii* Bellows (Hemiptera: Aleyrodidae) ผลการศึกษาพบว่า บวบซุกินีมีกลไกความต้านทานการลงทำลายของแมลงหริ่งขาว *B. argentifolii* แบบ Tolerance (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 กลไกความต้านทานแบบ Tolerance

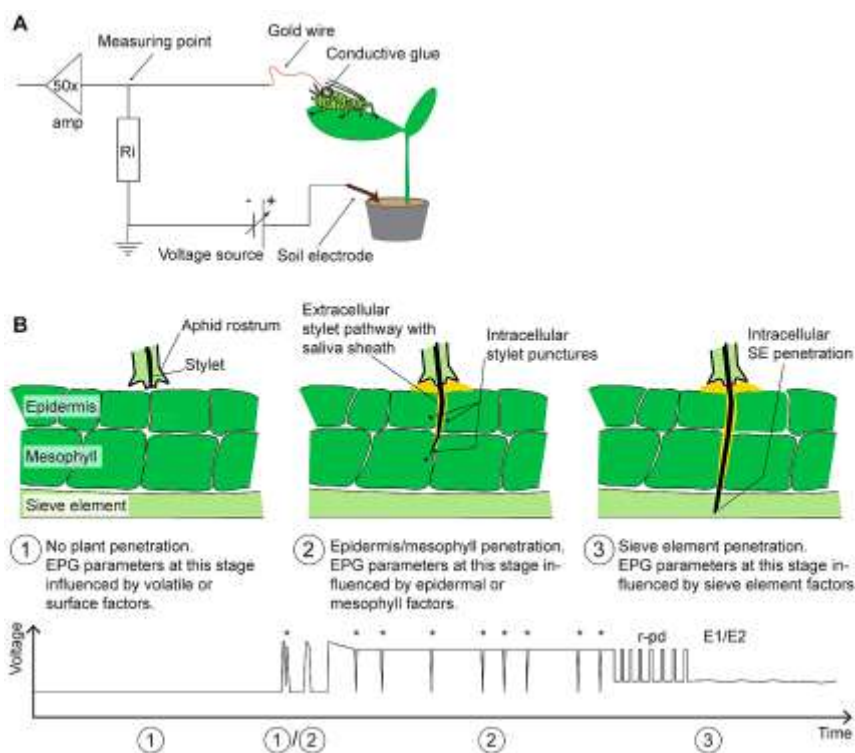
ที่มา: Yasmin *et al.* (1999)

### 1.2.8 การศึกษาความชอบพืชอาศัยของแมลงปากดูดด้วยเครื่องวัดการเจาะแทง

#### พืชของแมลง

เครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลง เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดจำนวนครั้งและระยะเวลาที่แมลงปากดูดดูดกินน้ำเลี้ยงพืช โดยประมวลผลออกมาเป็นลักษณะกราฟคลื่นความถี่ไฟฟ้าแสดงการเจาะแทงพืชของแมลง (Electrical Penetration Graph, EPG) ซึ่งสามารถนำกราฟที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ความชอบพืชอาศัยของแมลงและผลของลักษณะต้านทานของพืชที่רבกวนแมลงในการเจาะดูดน้ำเลี้ยงพืช จากรายงานวิจัยก่อนหน้า พบว่า แมลงที่ถูกศึกษาส่วนใหญ่เป็นแมลงศัตรูพืชในกลุ่มมวนและเพลี้ย ซึ่งเป็นแมลงที่มีปากเป็นท่อแหลม ซึ่งเรียกว่า stylet ในการเจาะแทงเนื้อเยื่อพืชลงไปจนถึงท่อลำเลียงน้ำ (phloem) และท่อลำเลียงอาหาร (xylem) เพื่อดูดกินน้ำเลี้ยงพืช

หลักการใช้งาน โดยการนำแมลงติดกับปลายหลอดทองคำ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ไมโครเมตร) โดยใช้กาวที่เป็นสื่อกระแสไฟฟ้า จากนั้นต่อปลายหลอดทองคำอีกด้านเข้ากับส่วน probe ของเครื่อง เสียบสายขั้วไฟฟ้าไปในดินของกระถางต้นไม้ที่มีต้นไม้ที่ใช้เป็นพืชทดสอบ ตัวเครื่องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกกราฟคลื่นความถี่ที่เกิดขึ้นหลังจากการเปิดเครื่องและปล่อยแมลงให้เดินบนพืชทดสอบ เมื่อแมลงเริ่มสัมผัสพืชและใช้ส่วน stylet เจาะแทงลงในเนื้อเยื่อพืชเพื่อดูดน้ำเลี้ยง วงจรไฟฟ้าจะแสดงรูปคลื่นต่างๆ ให้ปรากฏ ข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ในตัวโปรแกรมอ่านกราฟ (Schwarzkopf *et al.*, 2013) (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 การทำงานของเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลงและการแปรผล ที่มา: Tjallingii (2006)

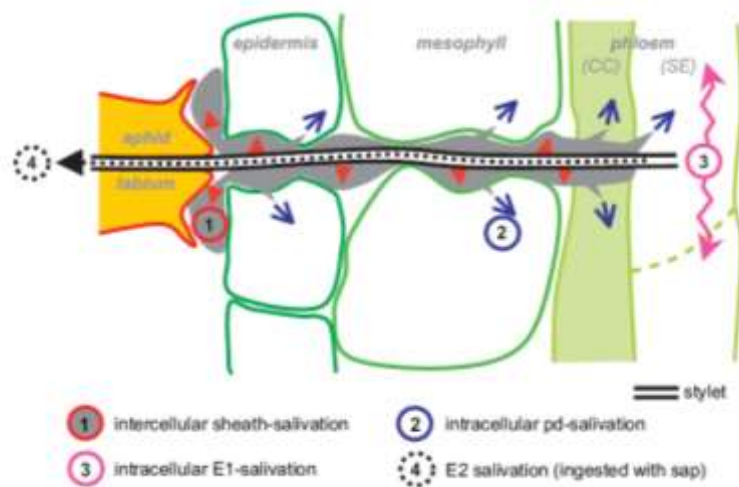
Tjallingii (2006) รายงานว่า การเจาะดูดน้ำเลี้ยงพืชของเพลี้ยอ่อนและแมลงชนิดอื่นที่มีปากดูดสามารถติดตามพฤติกรรมเจาะแทงและดูดกินน้ำเลี้ยงพืชของแมลงได้โดยการใช้เครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลงที่แสดงผลการเจาะแทงพืชของแมลง โดยเป็นวิธีการที่บันทึกรูปแบบสัญญาณคลื่นที่เกิดมาจากพฤติกรรมที่แตกต่างกันของแมลงในการเจาะแทงพืชเพื่อดูดน้ำเลี้ยง เช่น ขั้นตอนของการที่ stylet เจาะเข้าสู่เนื้อเยื่อพืช (stylet work) ขั้นตอนการหลั่งน้ำลาย (saliva secretion) และขั้นตอนการย่อยน้ำเลี้ยงพืช (sap ingestion) ซึ่งตำแหน่งของปลาย stylet ที่อยู่



ภายในพืชยังสามารถระบุได้จากลักษณะกราฟคลื่นความถี่ที่เกิดขึ้น โดยสามารถแบ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นได้จากลักษณะคลื่นที่แตกต่างกันได้ 3 พฤติกรรมหลัก ดังนี้ pathway xylem และ phloem phase

ในระหว่างกระบวนการ pathway และ phloem phase เกิดช่วงของการหลั่งน้ำลายแบ่งได้ 4 ช่วง โดยมีการหลั่งน้ำลายที่แตกต่างกันอย่างน้อย 2 แบบ ซึ่งสามารถเห็นได้จากกราฟคลื่นความถี่ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น โดยน้ำลายที่หลั่งออกมาในช่วงแรกมีลักษณะเป็นเจล (gelling salivation) และ 3 ช่วงหลังเป็นน้ำลายที่มีลักษณะเหลว (watery salivation) น้ำลายที่มีลักษณะเป็นเจลถูกหลั่งออกมาในช่วง pathway phase และฟอรัมตัวเป็นฟิล์มบางๆ (sheath of saliva) ห่อหุ้ม stylet ในระหว่างการเจาะแทงระหว่างเซลล์ของเนื้อเยื่อพืช ต่อมาการหลั่งน้ำลายที่มีลักษณะเหลวเกิดขึ้นขณะ 1) stylet แทะผ่านเข้าไปภายในเซลล์พืช 2) stylet เริ่มแทงเข้าสู่ phloem 3) ระหว่างกระบวนการดูดกินของเหลวจาก phloem

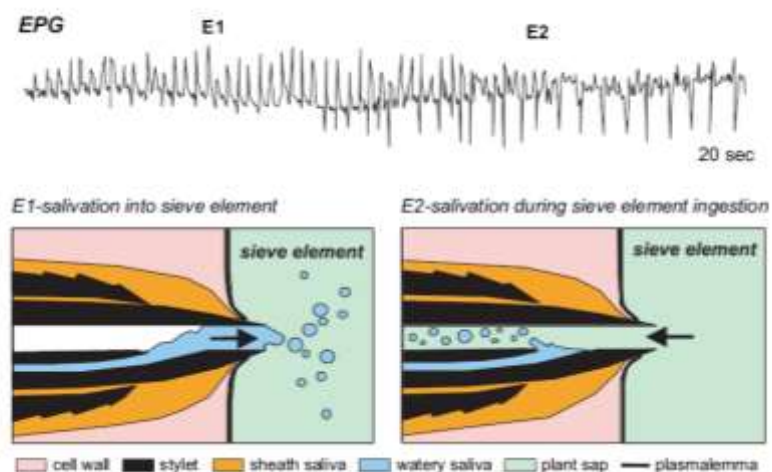
Tjallingii (2006) รายงานขั้นตอนและกระบวนการเจาะแทงพืชของเพลี้ยอ่อน (aphids) โดยเริ่มขึ้นเมื่อเพลี้ยอ่อนสัมผัสกับพืชและมีการหลั่งน้ำลายออกมา หลังจากนั้นจะใช้ stylet แทะเข้าสู่ผิวของพืชหรือชั้นเอพิเดอร์มิส (epidermis) ผ่านชั้น มีโซฟิลล์ (mesophyll) ซึ่งน้ำลายจะถูกหลั่งออกจากต่อน้ำลายอย่างต่อเนื่องรอบๆ stylets ฟอรัมตัวเป็น stylet sheath จนถึงชั้น phloem หลังจากนั้นน้ำลายจะถูกหลั่งอยู่ในช่องปากตลอดการดูดกินน้ำเลี้ยงพืช (ภาพที่ 9, 10 และ 11)



ภาพที่ 9 ช่วงเวลาของการหลั่งน้ำลายที่ทำการศึกษากับเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลง

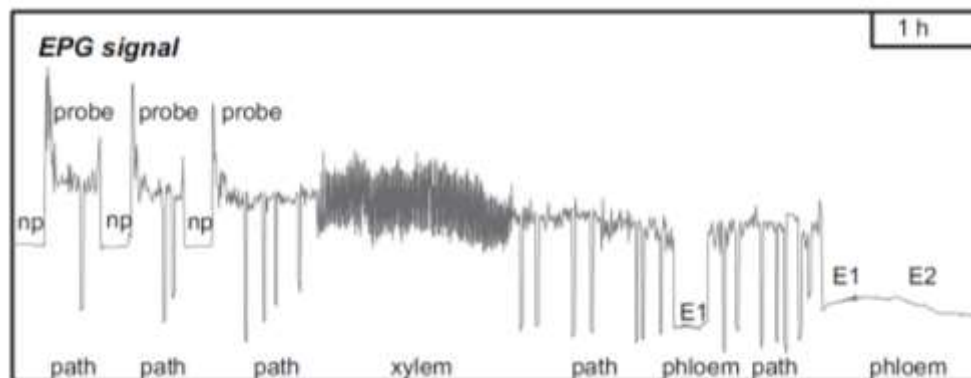
1) การหลั่งน้ำลายระหว่างเซลล์ 2) การหลั่งน้ำลายภายในเซลล์ 3) หลั่งน้ำลายภายในเซลล์ชั้นโพลีเอม (E1) และ 4) หลั่งน้ำลายภายในช่องปากเพื่อย่อยสารอาหารจากน้ำเลี้ยงพืชที่ดูดขึ้นมา (E2), ท่ออาหาร: CC; และท่อลำเลียงอาหาร: SE

ที่มา: Tjallingii (2006)



ภาพที่ 10 ลักษณะกราฟที่ประมวลผลด้วยเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลงในเวลา 20 วินาที โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วง E1 ช่วงที่น้ำลายถูกหลั่งเข้าสู่เซลล์ซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงน้ำตาลภายในต้นพืช (sieve elements) ซึ่งอยู่ภายใน phloem และ ช่วง E2 คือช่วงที่น้ำลายหลั่งออกมาในระหว่างการย่อยสารอาหารภายในเซลล์ sieve elements ซึ่งเกิดขึ้นตรงปลาย stylet และภายใน stylet

ที่มา: Tjallingii (2006)



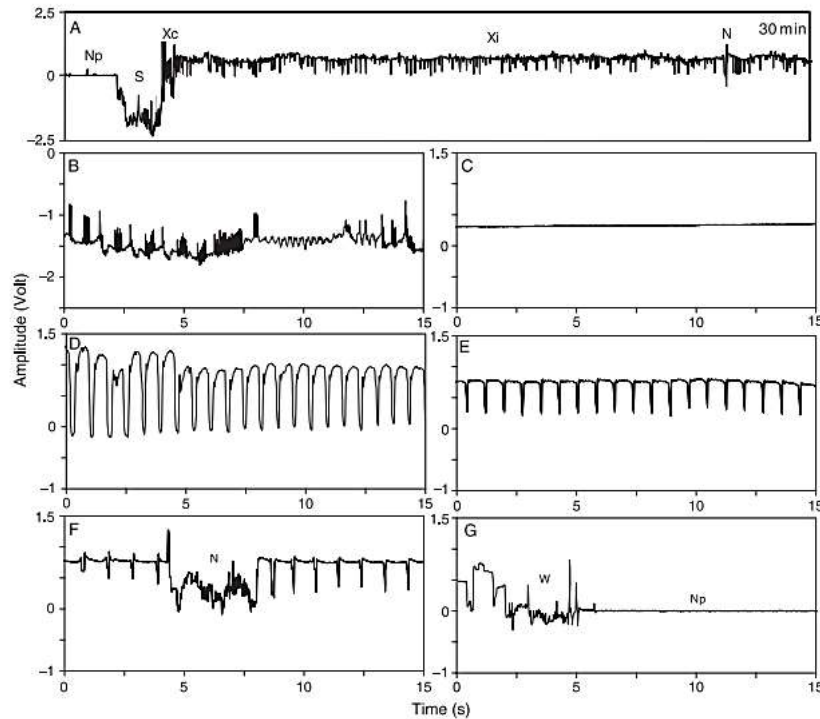
ภาพที่ 11 ลักษณะกราฟที่ประมวลผลด้วยเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลงในเวลา 1 ชั่วโมง np หมายถึง ไม่มีการเจาะแทงเกิดขึ้น E1 หมายถึง แมลงเริ่มหลั่งน้ำลายออกมาเมื่อแทงเข้าสู่ phloem E2 หมายถึง แมลงกำลังดูดน้ำเลี้ยงพืชในส่วนของ phloem

ที่มา: Tjallingii (2006)

Miranda *et al.* (2008) ทำการศึกษาการเจาะดูดน้ำเลี้ยงพืชของเพลี้ยกระโดด *Bucephalogonia xanthophis* (Berg) (Hemiptera: Cicadellidae) ซึ่งเป็นแมลงที่เป็นพาหะแบคทีเรีย *Xylella fastidiosa* ในพืชตระกูลส้ม สังเกตความสัมพันธ์การเจาะดูดน้ำเลี้ยงของแมลงต่อพืช โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาลักษณะของคลื่นไว้ 6 แบบด้วยกัน คือ

- 1) ช่วงเวลาที่แมลงลงสัมผัสพืชและมีการหลั่งน้ำย่อย (Enzyme) (S)
- 2) ช่วงเวลาของการเริ่มเจาะดูด (R)
- 3) ช่วงเวลาที่อวัยวะเจาะดูดสัมผัสกับท่อลำเลียงอาหารของพืช (Xc)
- 4) ช่วงเวลาที่แมลงมีการดูดกินน้ำเลี้ยงพืช (Xi)
- 5) ช่วงเวลาการหยุดพักการดูดน้ำเลี้ยงภายในท่ออาหารของพืช (N)
- 6) ช่วงเวลาที่แมลงถอนอวัยวะเจาะดูดออกจากพืช (W)

ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ช่วงระยะเวลาที่แมลงใช้ตั้งแต่เริ่มสัมผัสพืช แมลงเริ่มเจาะแทงไปจนถึงท่ออาหารของพืช คือ 27.8 นาที และช่วงเวลาของการดูดกินน้ำเลี้ยงพืช คือ 34.2 นาที และช่วงเวลาที่มีแมลงนำสารอาหารจากพืชเข้าสู่ภายในตัวของแมลงใช้เวลา 5 นาที (ภาพที่ 12)



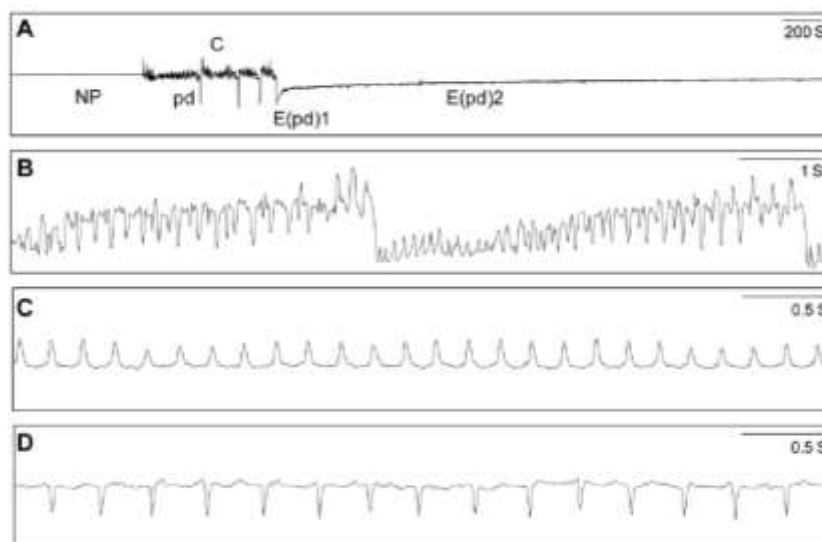
ภาพที่ 12 กราฟแสดงการเจาะดูดน้ำเลี้ยงของเพลี้ยกระโดด *B. xanthophis* บนพืชทดสอบ

A) รูปแบบคลื่นกราฟ EPG แสดงพฤติกรรมของแมลงที่กระทำต่อพืชในช่วงเวลา 30 นาที  
 B) ช่วงเวลาที่แมลงมีการหลั่งน้ำลายและดูดกินน้ำเลี้ยงพืชในส่วน phloem C) ช่วงเวลาของการเริ่มเจาะแทงพืช D) ช่วงเวลาที่ stylet สัมผัสกับท่อลำเลียงอาหารของพืช E) ช่วงเวลาที่แมลงเจาะ F) จังหวะของคลื่นที่แมลงมีการหยุดดูดน้ำเลี้ยง G) แสดงลักษณะของคลื่นที่แมลงเจาะแทง stylet (W), และลักษณะของคลื่นที่แมลงไม่ได้ทำการเจาะดูด (Np)

ที่มา: Miranda *et al.* (2008)

Baiming *et al.* (2012) ศึกษาพฤติกรรมของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* บนพืชอาหารที่มีความแตกต่างกัน โดยทำการศึกษานบนพืชกระหล่ำปลี ผักแว่น แตงกวา ต้นคริสต์มาส และมะเขือเทศ ด้วยเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลง (EPG) จากการทดสอบ คณะผู้วิจัยได้รายงานลักษณะของรูปคลื่นที่เกิดขึ้นจากการทดสอบไว้ดังนี้ คือ A) ช่วงระยะเวลาของการทดสอบที่เกิดรูปคลื่นที่แตกต่าง

กัน B) ช่วงการขยายของ E (pd)1 C) ช่วงการขยายของ E (pd)2 D) ลักษณะคลื่นที่เกิดขึ้นขณะแมลงมีการดูดกินน้ำเลี้ยงพืช (กราฟติดลบ) (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 รูปแบบกราฟ EPG ที่เกิดขึ้นเมื่อ *B. tabaci* ลงทำลายพืชอาหาร  
ที่มา: Baiming *et al.* (2012)

Xiang shun *et al.* (2008) ทำการศึกษาการเปรียบเทียบพฤติกรรมการกินอาหารของเพลี้ยอ่อน *Sitobion avenae* (Fab.) (Hemiptera: Aphididae) บนข้าวสาลีสามพันธุ์ คือ Ww2730, Xiaoyan 22 และ Batis โดยเทคนิคการอ่านค่ากราฟคลื่นไฟฟ้า (EPG) พบว่า เพลี้ยอ่อนเลือกลงทำลายต้นกล้าข้าวสาลีพันธุ์ Ww2730 และ Xiaoyan22 โดยมีช่วงเวลาที่ลงทำลายนานกว่าการลงทำลายข้าวสาลีพันธุ์ Batis อย่างมีนัยสำคัญ

Li-yum (2012) ใช้เครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลง (EPG) ศึกษาพันธุ์ชา 6 พันธุ์ที่ต้านทานต่อเพลี้ยอ่อน *Toxoptera aurantii* (Boyer) (Hemiptera: Aphididae) พบว่า พันธุ์ชา Zhongcha 108 มีค่าของช่วงเวลากการเจาะดูดของเพลี้ยอ่อนน้อยที่สุด รองลงมา Sucha 1, Anjibaicha, Longjing 43, Xicha 5, และ Sucha 120 ตามลำดับ

Kindt *et al.* (2003) ศึกษาพฤติกรรมการกินอาหารของเพลี้ยไฟ *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) ที่เป็นแมลงพาหะในการเกิดโรคเหี่ยวในพริกซึ่งเกิดจากเชื้อไวรัส (TSWV) โดยทำการทดสอบความชอบของเพลี้ยไฟ *F. occidentalis* บนใบพริกด้วยเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลง (EPG) จากผลการทดสอบพบว่า เพลี้ยไฟ *F. occidentalis* มีจำนวนครั้งการเจาะแทงใบพริกที่สูง

### 1.2.10 ชนิดพันธุ์ของมะเขือเทศ (Tomato) และอุปสรรคในการผลิต

มะเขือเทศเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีการปลูกอย่างแพร่หลาย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lycopersicon esculentum* Mill. อยู่ในวงศ์ Solanaceae ลักษณะทางพฤกษศาสตร์คือ เป็นไม้ล้มลุก ฤดูเดียว สูงได้ถึง 2 เมตร ใบเดี่ยวเรียงสลับ (ภาพที่ 14) เป็นผักเศรษฐกิจที่สำคัญของโลก และเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง มีการปลูกเพื่อส่งผลผลิตออกจำหน่ายทั้งแบบผลสด และสำหรับส่งโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อแปรรูป ดังนั้นความต้องการมะเขือเทศจึงมีอยู่ตลอดปี (วสันต์, 2544) มีวิตามินเอ 822 ไอยู และวิตามินซี 21 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัม (ไฉน, 2542) ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต 33,680 ไร่ ผลผลิตรวม 3,359 กิโลกรัม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559)



ภาพที่ 14 มะเขือเทศที่ปลูกในโรงเรือน

ที่มา: เกษตรกรพรวาย (2559)

เสาวณี และคณะ (2558) ได้จัดจำแนกกลุ่มมะเขือเทศตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของผลและต้น ออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มเชอร์รี่ เป็นมะเขือเทศกลุ่มผลเล็กที่มีน้ำหนักผลอยู่ในช่วง 12-15 กรัม สามารถรับประทานได้ง่าย เปลือกไม่เป็นกากเหนียว ไม่มีกลิ่นเหม็นเขียว รสชาติหวาน หอม ก้านช่อดอกตั้งยาวและติดผลสม่ำเสมอ รูปร่างของผลมีหลายแบบ ได้แก่ แปน กลม รี รูปไข่ รูปไข่กลับและรูปแป้น มะเขือเทศกลุ่มเชอร์รี่เมื่อผลสุกมีสีส้มหลากหลาย ได้แก่ แดง ชมพู ส้ม เหลือง ม่วง มะเขือเทศกลุ่มเชอร์รี่ส่วนใหญ่ มักมีการเจริญเติบโตทางลำต้นแบบทอดเลื้อย มีข้อของช่อดอกเว้นกับข้อใบทุกๆ

3 ข้อ และนอกจากนี้ มีส่วนน้อยที่มีการเจริญเติบโตแบบกิ่งทอดเลื้อย มีข้อของช่อดอกเว้นกับข้อใบ ทุกๆ 2 ข้อ

2) กลุ่มสีดา เป็นมะเขือเทศกลุ่มผลเล็กมีน้ำหนักผลมากกว่า 20 กรัม มีลักษณะที่แตกต่างจากกลุ่มเซอร์รืออย่างชัดเจน นั่นก็คือมะเขือเทศกลุ่มสีดามีรสชาติที่เปรี้ยว ปริมาณกรดสูง เมื่อผลสุกจะมีสีชมพูถึงชมพูเข้ม รูปร่างผลทรงรี รูปไข่ และรูปแปร์ มะเขือเทศกลุ่มสีดาถูกนำมาใช้ประโยชน์เฉพาะกลุ่มแต่มีความต้องการด้านปริมาณของผู้บริโภคค่อนข้างสูงและมีราคาแพง สำหรับในช่วงเวลาที่กลุ่มมะเขือเทศสีดาขาดแคลน ผู้จัดจำหน่าย (แม่ค้า) จะเลือกใช้มะเขือเทศกลุ่มแปรรูปแทน แต่ก็ไม่ได้ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากนัก

3) กลุ่มรับประทานสด มะเขือเทศกลุ่มนี้มีผลใหญ่ มีน้ำหนักผลมากกว่า 40 กรัม และอาจสูงถึง 400 กรัม เนื่องจากมีผลที่มีขนาดใหญ่ สำหรับการนำมาในด้านการประกอบอาหารมีหลากหลายรูปแบบ เช่น การนำมาต้มเป็นผักของมะเขือเทศรูปร่างผลจีบแบบฟักทองที่มีรสเปรี้ยว จนถึงการผ่าเป็นแผ่นบางๆ วางเคียงกับเนื้อหรือขนมปัง มะเขือเทศกลุ่มนี้มีแกนกลางใหญ่และหยักเป็นหลายแฉก มีปริมาณเนื้อมาก และมีน้ำในผลมาก แต่เปลือกผลเข้าได้ง่ายความต้องการของผู้บริโภคมะเขือเทศกลุ่มนี้มีรูปร่างของผลหลายแบบ ได้แก่ ผลจีบแบบฟักทอง แบน แป้น กลม รี และรูปไข่ผลเมื่อสุกจะมีสีแดงชมพู ส้ม เหลือง ม่วง และเขียว

4) กลุ่มแปรรูป (โรงงาน) เป็นมะเขือเทศที่มีขนาดผลใหญ่ มีน้ำหนักของผลมากกว่า 40 กรัม รูปร่างผลส่วนใหญ่เป็นรูปร่างรี หรือรีค่อนข้างกลม เมื่อผลสุกจะมีสีแดงหรือชมพูเข้ม ลักษณะของมะเขือเทศกลุ่มแปรรูปที่เป็นที่ต้องการของตลาด คือผลแข็ง ปลายผลไม่แหลมหรือมีติ่ง ความตึงบริเวณกลางผลมากกว่า 0.40 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีจำนวนช่องว่างภายในผลไม่เกิน 4 ช่อง กลีบเลี้ยงและขั้วผลมีขนาดใหญ่ หลุดได้ง่าย และผลสุกพร้อมกันทั้งต้น สะดวกต่อการเก็บเกี่ยวผลผลิต

5) กลุ่มต้นตอ เป็นมะเขือเทศกลุ่มที่พิจารณาจากการเจริญเติบโตและความทนทานต่อโรคแมลงและสภาพแวดล้อมช่วงเวลาต่างๆ เป็นหลัก ลักษณะของมะเขือเทศกลุ่มนี้คือ ลักษณะของลำต้นเหนือใบเลี้ยงมีขนาดใหญ่ เจริญเติบโตดี ทนต่อสภาพแวดล้อม เป็นกลุ่มที่มีการเจริญเติบโตแบบทอดเลื้อยหรือกิ่งทอดเลื้อย ผลสุกแสดงอาการ cracking และเยื่อหุ้มเมล็ดมักมีสีเขียวซึ่งจะสัมพันธ์กับการทนทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (Tomato yellow leaf curl virus) หรือมียืนต้นทาน

เนื่องจากมะเขือเทศเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกากลางและอเมริกาใต้แหล่งที่พบมักอยู่บนภูเขาที่สูงกว่า 2,000 เมตร จึงเป็นพืชที่ต้องการอากาศค่อนข้างเย็นในการติดผล พันธุ์มะเขือเทศที่ถูกนำเข้ามาปลูกในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้มีอากาศค่อนข้างร้อนเกือบตลอดปีจึงไม่สามารถปลูกได้ผลผลิตเหมือนที่ปลูกในเขตอบอุ่น ส่งผลต่อการ

ติดดอกทำให้ดอกร่วงและไม่ติดผลในลำดับต่อมาเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไป (กรุง, 2553) ดังนั้น การปลูกมะเขือเทศในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนจึงปลูกได้ยากมากเพราะมีปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆที่ไม่เหมาะสม Aref (1991) รายงานว่า อุณหภูมิที่สูงจะชักนำให้ดอกร่วง เปอร์เซ็นต์ของการติดผลน้อย และการพัฒนาของผลไม่สมบูรณ์ ซึ่งงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของการศึกษาลักษณะทางพืชสวนและการศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาเพื่อเพิ่มผลผลิตและปริมาณไลโคปีนของมะเขือเทศพันธุ์ต่างๆ พบว่า การปลูกมะเขือเทศในฤดูร้อนให้ผลผลิตต่อต้นต่ำที่สุด และการปลูกในฤดูฝนก็ทำให้เกิดการระบาดของโรคเหี่ยวเหี่ยว (ปริญญาวัต และคณะ, 2555) สำหรับการศึกษาเพื่อประเมินความต้านทานโรคของมะเขือเทศสายพันธุ์ต่างๆ ในสภาพโรงเรือนตาข่าย เพชรรัตน์ และคณะ (2551) พบว่า โรคที่เกิดกับมะเขือเทศมากที่สุด คือ โรคใบหงิกเหลืองจากเชื้อ (TYLCV) และเชื้อ cucumber mosaic virus แม้ปลูกในโรงเรือนก็ตาม เชื้อโรคพืชซึ่งรวมถึงเชื้อรา ไส้เดือนฝอย แบคทีเรีย และไวรัส เป็นสาเหตุหนึ่งที่สร้างความเสียหายต่อพืช (Boland, 2005) Farr and Rossman (2017) รายงานถึงสาเหตุการเกิดโรคราน้ำค้าง ซึ่งเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Athelia rolfsii* (Curzi) สร้างความเสียหายต่อพืชมากกว่า 1,200 ชนิด และนอกจากสภาพแวดล้อมที่มีผลแล้ว มะเขือเทศยังมีแมลงศัตรูพืชเข้าทำลายสูงอีกด้วย ทั้งการดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณใบ และยอดอ่อน ทำให้ใบเป็นจุดสีเหลือง มีอาการหยิกงอ เหี่ยวร่วง และการทำลายโดยทางอ้อมคือการเป็นพาหะนำเชื้อไวรัสสู่มะเขือเทศ (Mound and Halsey, 1978)

ดังนั้นการศึกษาเพื่อพัฒนาพันธุ์มะเขือเทศให้มีความต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืชเป็นวิธีการหนึ่งที่สำคัญ เพื่อลดความเสียหายของผลผลิตมะเขือเทศจากการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืชทั้งที่ปลูกในโรงเรือนและในแปลง โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเปรียบเทียบความชอบของแมลงหิวข้าว *B. tabaci* ต่อพันธุ์มะเขือเทศ ซึ่งการศึกษาประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ส่วนแรกคือการทดสอบความชอบของแมลงหิวข้าว *B. tabaci* ในมะเขือเทศพันธุ์ต่างๆ ทั้งพันธุ์การค้าและพันธุ์ป่า ในสภาพทรงทดลองทั้งการทดสอบแบบมีตัวเลือก (choice test) และไม่มีตัวเลือก (non-choice test) และ การใช้เทคนิคการอ่านค่ากราฟคลื่นไฟฟ้า (EPG) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการดูดน้ำเลี้ยงและวิเคราะห์ความชอบพันธุ์มะเขือเทศของแมลงหิวข้าว *B. tabaci* ส่วนที่สองคือการศึกษาลักษณะสรีรวิทยาของมะเขือเทศที่อาจมีผลต่อความชอบของแมลงหิวข้าว *B. tabaci* ทั้งการศึกษาลักษณะ trichome ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) การศึกษาสีใบมะเขือเทศด้วยเครื่องวัดสีพืช และการวิเคราะห์สารเคมีภายในใบ

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกพันธุ์มะเขือเทศให้กับเกษตรกรในพื้นที่ปลูกที่มีการระบาดของแมลงหิวข้าว *B. tabaci* และยังเป็นประโยชน์ต่องานด้านการปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีลักษณะที่ไม่เหมาะสมต่อการลงทำลายของแมลง ทั้งวิธีการปรับปรุงพันธุ์ที่



กระทำในแปลง (conventional breeding) และวิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล (molecular breeding) ในอนาคต

### 1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย (Objective)

- 1) เพื่อเปรียบเทียบความชอบของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ต่อมะเขือเทศ 4 พันธุ์ คือ มะเขือเทศพันธุ์สีดา มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง มะเขือเทศพันธุ์เขอरी และมะเขือเทศป่า
- 2) เพื่อศึกษาลักษณะสรีรวิทยาของมะเขือเทศที่มีผลต่อความชอบของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci*

## บทที่ 2

### วิธีการวิจัย (Research Methodology)

#### 2.1 วิธีดำเนินการ (Method)

2.1.1 พันธุ์มะเขือเทศที่เลือกนำมาทำการทดสอบ ประกอบด้วย พันธุ์การค้า จำนวน 3 พันธุ์ คือ มะเขือเทศพันธุ์สีดา มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ และพันธุ์พื้นเมือง 1 พันธุ์ คือ มะเขือเทศป่า

มะเขือเทศพันธุ์สีดา เป็นพันธุ์ที่ถูกพัฒนาเพื่อการค้า มีลักษณะเด่นของพันธุ์ คือ ผลมีสีแดงส้ม ลักษณะของผลกลม ทรงต้นค่อนข้างสูง แตกกิ่งก้านมาก ผลดก พันธุ์นี้อ่อนแอต่อโรคใบหงิกเหลือง (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 ลักษณะของมะเขือเทศพันธุ์สีดา

**มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง** เป็นพันธุ์ที่ถูกพัฒนาเพื่อการค้าและเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก มีลักษณะเด่นของพันธุ์คือ ผลสีเหลือง มีรสชาติหวาน เป็นพันธุ์ที่นิยมบริโภคเป็นผลสด (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 ลักษณะของมะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง

**มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่** เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้เร็ว มีความต้านทานต่อไวรัสสูง เป็นมะเขือเทศพันธุ์ที่มีความหวาน และมีกลิ่นหอม เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และเป็นพันธุ์ที่ถูกพัฒนาเพื่อการค้า (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 ลักษณะของมะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่

**มะเขือเทศป่า** (สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่) เป็นพันธุ์ที่มักไม่มีการลงทำลายของแมลง ทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง มีเส้นขนเยอะตรงบริเวณใบและลำต้น (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 ลักษณะของมะเขือเทศป่า

### 2.1.2 การเตรียมต้นกล้ามะเขือเทศสำหรับการทดสอบ

เพาะต้นกล้ามะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ พันธุ์ละ 25 ต้น โดยนำเมล็ดมาเพาะกล้าในดินผสมที่ประกอบด้วยแกลบดำ: ดินร่วนอัตรา 1:1 ในถาดพลาสติกสีดำขนาด 2 นิ้ว ใช้เมล็ด 4-5 เมล็ด/ถาด เมื่ออายุต้นกล้าได้ 2 สัปดาห์ ถอนแยกให้เหลือ 2 ต้น/ถาด รดปุ๋ยยูเรียและยาป้องกันเชื้อรา 1 ครั้ง และเมื่อต้นกล้าอายุได้ 3 สัปดาห์ ย้ายปลูกลงในกระถาง โดยรองก้นหลุมด้วยแกลบดำ ปุ๋ยคอกปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ปูนขาว และร็อคฟอสเฟต คลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดกับดินให้เข้ากันก่อน ก่อนที่จะนำมะเขือเทศลงปลูกหลังจากนั้น เมื่อต้นกล้าตั้งตัวได้ ให้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 20 กรัม/ต้น และมีการให้น้ำทุกวัน เมื่อมะเขือเทศมีอายุได้ประมาณ 1 เดือน จึงเริ่มนำมาทำการทดลอง

### 2.1.3 การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* บนต้นมะเขือเปราะ

1) เพาะต้นกล้ามะเขือเปราะ โดยนำเมล็ดมาเพาะกล้าในดินผสมที่ประกอบด้วยแกลบดำ: ดินร่วน อัตรา 1:1 ในถาดพลาสติกสีดำขนาด 2 นิ้ว ใช้เมล็ด 4-5 เมล็ด/ถาด หลังจากที่ตั้งต้นกล้า

งอกได้ประมาณ 20 วัน ทำการย้ายลงปลูกในกระถาง 2 ต้น/กระถาง และเมื่อต้นกล้าอายุได้ประมาณ 30 วัน จึงนำไปเป็นพืชอาศัยในการเพิ่มจำนวนของแมลงหรีขาว *B.tabaci*

2) เก็บรวบรวมแมลงหรีขาว *B.tabaci* ในระยะตัวอ่อนจากใบมะเขือเทศในแปลงเกษตร บริเวณตำบลมะขามเตี้ย อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มาเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณในกรงเลี้ยงแมลงขนาด 1.5 x 1.5 x 1.5 เมตร โดยใช้มะเขือเปราะอายุประมาณ 1 เดือน เป็นพืชอาศัย เพาะเลี้ยงเพิ่มจำนวนแมลงหรีขาว *B.tabaci* โดยใช้จำนวนต้นมะเขือทั้งหมด 20 ต้น เลี้ยงที่ระดับอุณหภูมิ  $28 \pm 3$  องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการได้รับแสง 12: 12 (L:D) ชั่วโมง (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 กรงเพาะเลี้ยงแมลงหรีขาว *B.tabaci* เพื่อใช้ในการทดสอบ

#### 2.1.4 การทดสอบแมลงหรีขาว *B.tabaci* แบบ (non-choice test) และแบบ (choice test) ต่อพันธุ์มะเขือเทศ

การศึกษาความชอบพันธุ์มะเขือเทศของแมลงหรีขาว *B. tabaci* ทำการทดสอบทั้งการทดสอบแบบมีตัวเลือก (choice test) และการทดสอบแบบไม่มีตัวเลือก (non-choice test) ภายในกรงทดสอบขนาด 0.5 x 0.5 x 1 เมตร โดยใช้มะเขือเทศ 4 พันธุ์ คือ มะเขือเทศพันธุ์สีดา มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ และมะเขือเทศป่า โดยการปล่อยแมลงหรีขาว

*B. tabaci* เพศผู้และเพศเมียในกรงที่มีต้นมะเขือเทศที่เลือกนำมาทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบความชอบ และเปรียบเทียบการขยายพันธุ์ของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในมะเขือเทศแต่ละพันธุ์

### การทดสอบแบบไม่มีตัวเลือก (non-choice test)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทดสอบการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในมะเขือเทศแต่ละพันธุ์แบบไม่มีตัวเลือก (non-choice test) ภายในกรงทดสอบ เมื่อมะเขือเทศมีอายุประมาณ 1 เดือน (ความสูงเฉลี่ยประมาณ 15 เซนติเมตร) นำมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ที่ปลูกในกระถางไปวางตรงกลางกรงทดสอบ ขนาด 0.5 x 0.5 x 1 เมตร 1 ต้น/กรง ปล่อยแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เพศผู้และเพศเมียตัวเต็มวัย จำนวน 3 คู่ บนต้นมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ภายในกรงทดสอบ ในเวลา 16.00 น. (ภาพที่ 20) ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ทำการตัดใบทั้งหมดจากต้นมะเขือเทศที่ใช้ทดสอบและจับตัวเต็มวัย *B. tabaci* ใส่ในขวดที่มีแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ นับจำนวนแมลงหวี่ขาวทั้งหมดที่พบบนต้นมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ โดยแบ่งเป็นระยะไข่ ระยะตัวอ่อนวัย 1 ตัวอ่อนวัย 2 ตัวอ่อนวัย 3 ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ ทำการทดสอบบนมะเขือเทศ 4 พันธุ์ พันธุ์ละ 10 ซ้ำ



ภาพที่ 20 แสดงการทดสอบแบบ (non-choice test)

### การทดสอบแบบมีตัวเลือก (choice test)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ทดสอบความชอบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* แบบมีตัวเลือก โดยใส่มะเขือเทศทุกพันธุ์ในกรงพร้อมกัน (ภาพที่ 21) ทำการทดลองในเวลา 07.00 - 08.00 นาฬิกา นำต้นมะเขือเปราะที่มีแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ตัวเต็มวัยอาศัยอยู่ มาทำการเขย่าภายในกรงทดสอบเป็นเวลา 3 นาที เพื่อให้แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* บินออกจากต้นมะเขือเปราะ นำต้นมะเขือเปราะออกจากกรงและปิดกรง ทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที นับจำนวนตัวเต็มวัยแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* บนต้นมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ใน 5 นาทีแรกของการปล่อยแมลง หลังจากนั้นทิ้งไว้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนด ทำการเก็บข้อมูลโดยการนับจำนวนตัวเต็มวัยแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ที่เกาะอยู่ที่ใบ ก่อนที่จะทำการตัดใบมะเขือเทศทั้งหมดและจับตัวเต็มวัย *B. tabaci* ทั้งหมดใส่ในขวดที่มีแอลกอฮอล์ 70 % ทำการนับจำนวนไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัยของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ ในการทดสอบทำการวางสลับตำแหน่งมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ให้ครบทุกตำแหน่งภายในกรง โดยทดสอบตำแหน่งละ 3 ซ้ำ



ภาพที่ 21 แสดงการทดสอบแบบ (choice test)

### 2.1.5 การทดสอบพฤติกรรมดูดน้ำเลี้ยงมะเขือเทศของแมลงหวี่ขาวในห้องปฏิบัติการ

ทดสอบความถี่ในการดูดกินน้ำเลี้ยงมะเขือเทศของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ด้วยเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลง (Electrical Penetration Graph, EPG, ยี่ห้อ Giga รุ่น Giga 8) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการดูดน้ำเลี้ยงของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เช่น จำนวนครั้งที่ดูดน้ำเลี้ยงและระยะเวลาในการดูดน้ำเลี้ยง การทดสอบใช้จำนวนแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* 3 ตัว/พันธุ์มะเขือเทศ

### 2.1.6 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์

1) ศึกษาลักษณะเส้นขนบนใบและเส้นขนใต้ใบ (trichome) ของมะเขือเทศแต่ละพันธุ์และความหนาแน่นของ trichome ในพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, รุ่น 5800L: SEM 5800) ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

2) ศึกษาสีใบของมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ด้วยเครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Precise Colorimeter, รุ่น AMT501) โดยวัดสีใบที่ตำแหน่งที่สองต่ำลงมาจายอดจำนวน 1 ใบ กระทำการวัดสีใบมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ พันธุ์ละ 10 ซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบกับต้นควบคุม (Control) ซึ่งได้กระทำการวัดสีก่อนการทดสอบ 1 ครั้ง และกระทำหลังการทดสอบ 1 ครั้ง

### 2.1.7 การศึกษาองค์ประกอบทางชีวเคมีในใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์

1) วิเคราะห์ปริมาณ คาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน (C:H:N) ในใบมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ โดยใช้ใบจากส่วนยอดและส่วนกลางของลำต้น วิเคราะห์พันธุ์ละ 3 ซ้ำ หลังจากทำการตัดใบมะเขือเทศแล้ว นำใบมะเขือเทศของแต่ละพันธุ์ ล้างน้ำเพื่อทำความสะอาด และตากลมให้แห้ง กำจัดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำใบพืชที่ผ่านการอบด้วยตู้อบลมร้อนมาบดให้ละเอียด และทำการส่งตัวอย่างวิเคราะห์ด้วยเครื่อง CHNS-O Analyzer รุ่น Flash 1112 EA Series EA ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่



2) วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลในใบมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ โดยใช้ใบจากส่วนยอดและส่วนกลางของลำต้น วิเคราะห์พันธุ์ละ 3 ซ้ำ หลังจากทำการตัดใบมะเขือเทศแล้ว นำใบมะเขือเทศล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นทำการแช่แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด ทำการล้างใบมะเขือเทศด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำใบมะเขือเทศอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนด นำใบพืชมาบดให้เป็นผง แล้วสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95% ในอัตราส่วนผงใบมะเขือเทศ 5 กรัม/เอทานอล 150 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่อง Shaker ที่อัตราเร็ว 150 รอบต่อนาที ( 3 วัน) จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 แล้วทำการเก็บสารสกัดในขวดสีชาปิดฝาให้แน่น และทำการส่งตัวอย่างวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Thermo Quest รุ่น Italy ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

## 2.2 วัสดุและอุปกรณ์ (Material and Equipment)

### 2.2.1 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- 1) เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ
- 2) เมล็ดพันธุ์มะเขือเปราะ
- 3) ดินปลูก แกลบ และปุ๋ย
- 4) กระจกพลาสติกกาดเพาะกล้า
- 5) บัวรดน้ำ
- 6) กรรไกร พู่กัน
- 7) ถังกระดาษ
- 8) ขวดรูปชมพู่
- 9) Forcep
- 10) ขวดสีชา
- 11) กระดาษกรองเบอร์ 4
- 12) ครกบดใบพืช
- 13) กล้องใส่แมลง
- 14) กรงตาข่ายเลี้ยงแมลง ขนาด (50 x 100 x 60 cm) และ (0.5 x 0.5 x 1 m)
- 15) ชั้นวางแมลง
- 16) กล้อง Stereo Microscope
- 17) เครื่องอ่านค่ากราฟคลื่นไฟฟ้า (EPG)

- 18) เครื่องวัดสีพีช (รุ่น AMT501 ยี่ห้อ Precise Colorimeter)
- 19) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)
- 20) ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
- 21) เครื่อง CHNS-O Analyzer
- 22) เครื่อง Thermo Quest
- 23) เครื่อง (Shaker)

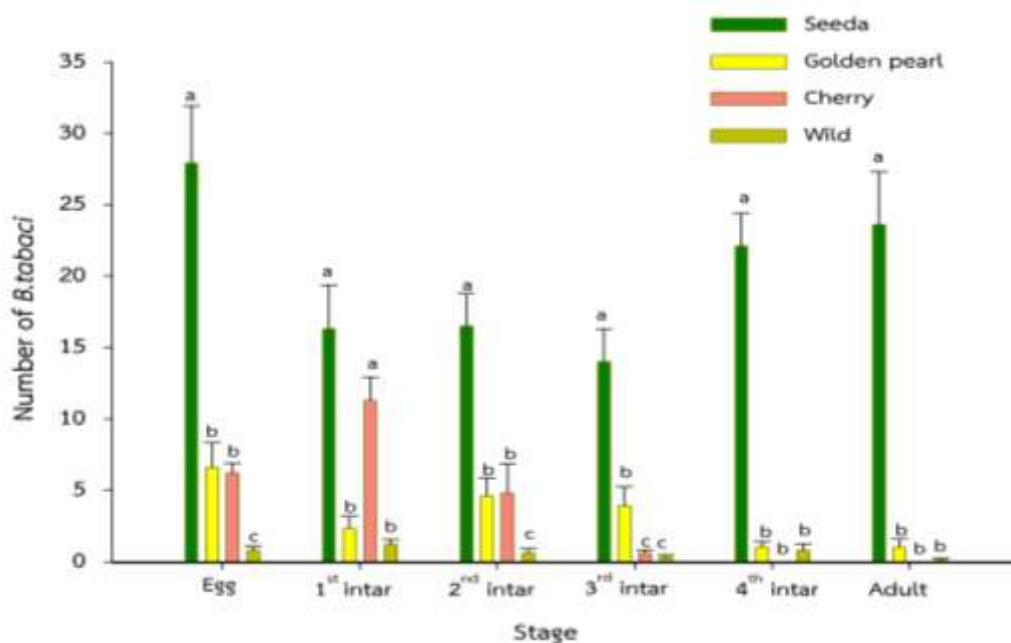
### 2.2.2 สารเคมี

- 1) แอลกอฮอล์
- 2) น้ำกลั่น

### บทที่ 3 ผลการวิจัย (Result)

#### 3.1 ผลการศึกษาการทดสอบแบบไม่มีตัวเลือก (non-choice test)

จากผลการทดสอบการขยายพันธุ์ของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* บนมะเขือเทศ 4 พันธุ์ ได้แก่ มะเขือเทศพันธุ์สีดา มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง มะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่ และมะเขือเทศป่า พบว่า จำนวนไข่และจำนวนตัวแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในแต่ละระยะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ (One-way ANOVA: ระยะไข่,  $F_{3,36} = 56.483$ ,  $P = 0.0001$ ; ระยะตัวอ่อนวัย 1,  $F_{3,36} = 33.091$ ,  $P = 0.0001$ ; ระยะตัวอ่อนวัย 2,  $F_{3,36} = 16.807$ ,  $P = 0.0001$ ; ระยะตัวอ่อนวัย 3,  $F_{3,36} = 29.590$ ,  $P = 0.0001$ ; ระยะตัวอ่อนวัย 4,  $F_{3,36} = 75.040$ ,  $P = 0.0001$ ; ตัวเต็มวัย,  $F_{3,36} = 127.576$ ,  $P = 0.0001$ ) ผลการศึกษาพบว่าจำนวนไข่และจำนวนตัวแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในทุกระยะการเจริญเติบโตมีสูงที่สุดในมะเขือเทศพันธุ์สีดา โดยมีจำนวนตัวรวมทั้งตั้งแต่ระยะไข่จนถึงระยะตัวเต็มวัย คือ  $200.67 \pm 21.73$  ตัว รองลงมาคือ มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง มีจำนวนตัวรวม  $38.17 \pm 8.45$  ตัว มะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่มีจำนวนตัวรวม  $31.82 \pm 8.45$  ตัว และมะเขือเทศป่ามีจำนวนตัวรวม  $6.33 \pm 1.60$  ตัว (ภาพที่ 22)

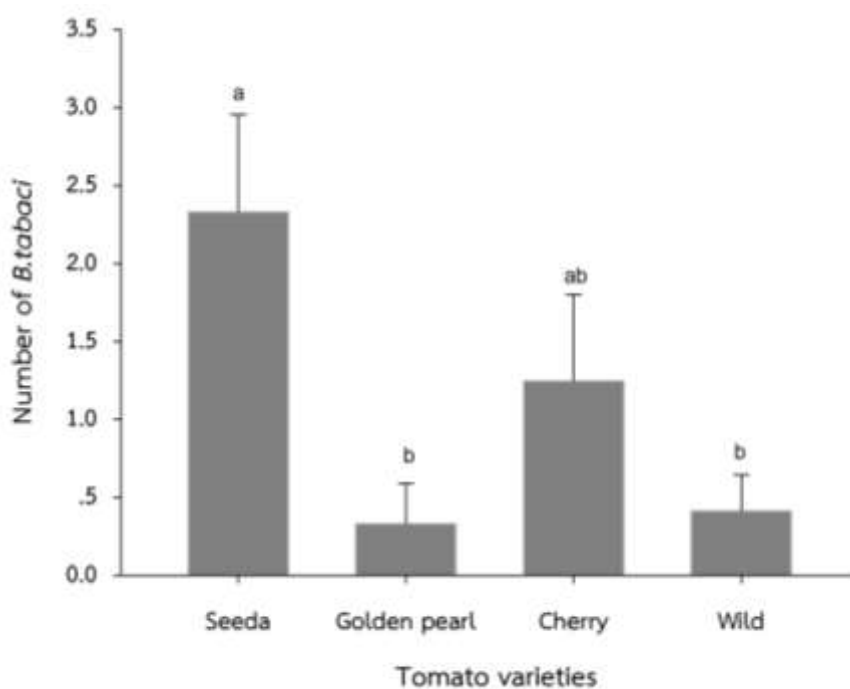


ภาพที่ 22 จำนวนตัวของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในแต่ละระยะที่พบบนใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันบนแท่งกราฟที่แสดงการเจริญเติบโตของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในแต่ละระยะ แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Tukey-test,  $P \leq 0.05$ ). ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติผ่านการแปลงข้อมูลโดยการใช้  $\log(x + 1)$ , ข้อมูลที่ไม่ผ่านการแปลงข้อมูลนำมาแสดงผลในลักษณะกราฟหรือตาราง

### 3.2 ผลการศึกษาการทดสอบแบบมีตัวเลือก (choice test)

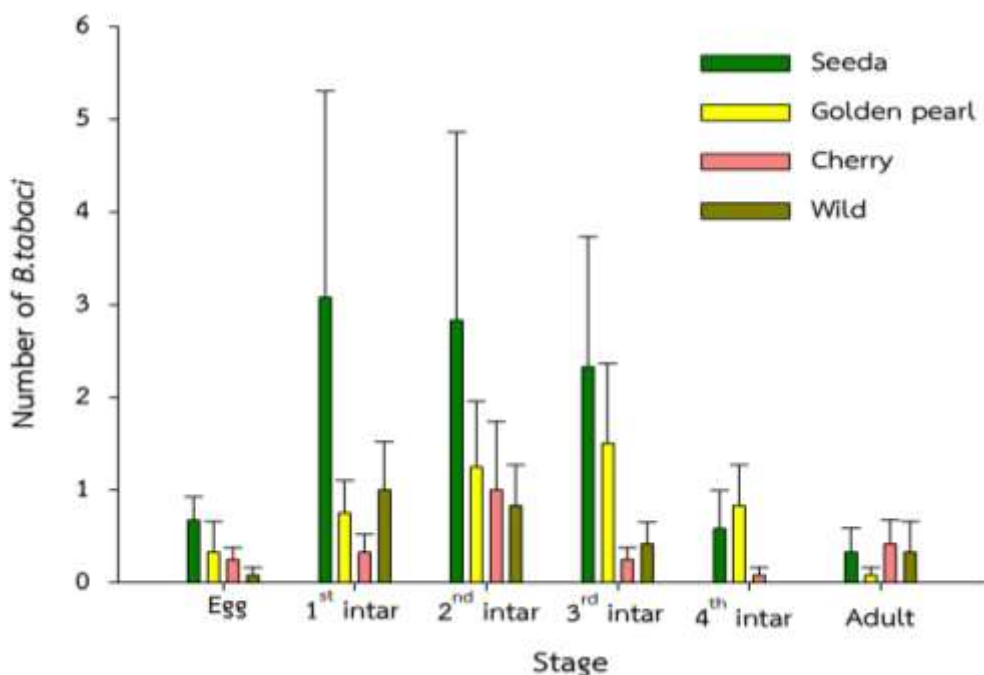
ผลการศึกษาความชอบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ของแมลงหีวขาว *B. tabaci* แบบมีตัวเลือก โดยปล่อยแมลงหีวขาว *B. tabaci* ในกรงที่มีมะเขือเทศทุกพันธุ์ที่ใช้ทดสอบ พบว่า ตำแหน่งที่วางกระถางมะเขือเทศในกรงทดสอบไม่มีผลต่อจำนวนตัวแมลงหีวขาว *B. tabaci* ที่พบบนมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ใน 5 นาทีแรกของการปล่อย (Two-way ANOVA:  $F_{3,32} = 0.513$ ,  $P = 0.676$ ) โดยแมลงหีวขาว *B. tabaci* เลือกเกาะบนมะเขือเทศพันธุ์สีตามากที่สุด ในขณะที่มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทองมีจำนวนตัวของแมลงหีวขาว *B. tabaci* เกาะอยู่น้อยที่สุด (One-way ANOVA:  $F_{3,44} = 3.881$ ,  $P = 0.015$ ) (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 23 จำนวนตัวของแมลงหีวขาว *B. tabaci* ที่พบบนมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ หลัง 5 นาทีแรกของการปล่อย

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันบนแท่งกราฟ แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Tukey-test,  $P \leq 0.05$ ). ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติผ่านการแปลงข้อมูลโดยใช้  $\log(x + 1)$ , ข้อมูลที่ไม่ผ่านการแปลงข้อมูลนำมาแสดงผลในลักษณะกราฟหรือตาราง

ผลการศึกษาการขยายพันธุ์ของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* บนมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ แบบมีตัวเลือก หลังจากปล่อยในกรงทดสอบเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า ตำแหน่งที่วางกระถางมะเขือเทศในการทดสอบไม่มีผลต่อจำนวนตัวแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ที่พบบนมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ หลังทิ้งไว้ 3 สัปดาห์ (Two-way ANOVA: ระยะไข่,  $F_{9,32} = 0.666$ ,  $P = 0.733$ ; ระยะตัวอ่อนวัย 1,  $F_{9,32} = 0.652$ ,  $P = 0.745$ ; ระยะตัวอ่อนวัย 2,  $F_{9,32} = 0.441$ ,  $P = 0.902$ ; ระยะตัวอ่อนวัย 3,  $F_{9,32} = 0.671$ ,  $P = 0.729$ ; ระยะตัวอ่อนวัย 4,  $F_{9,32} = 0.954$ ,  $P = 0.494$ ; ตัวเต็มวัย,  $F_{9,32} = 1.925$ ,  $P = 0.084$  จากการบันทึกผล พบว่า ประชากรของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* มีการกระจายตัวบนมะเขือเทศทุกระยะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ (One-way ANOVA: ระยะไข่,  $F_{3,44} = 1.879$ ,  $P = 0.147$ ; ระยะตัวอ่อนวัย 1,  $F_{3,44} = 0.792$ ,  $P = 0.505$ ; ระยะตัวอ่อนวัย 2,  $F_{3,44} = 0.604$ ,  $P = 0.616$ ; ระยะตัวอ่อนวัย 3,  $F_{3,44} = 1.235$ ,  $P = 0.308$ ; ระยะตัวอ่อนวัย 4,  $F_{3,44} = 2.075$ ,  $P = 0.117$ ; ตัวเต็มวัย,  $F_{3,44} = 0.393$ ,  $P = 0.758$ ) ผลการศึกษาพบว่า มีการพบจำนวนไข่และจำนวนตัวเต็มวัยของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* มากที่สุดบนมะเขือเทศพันธุ์สีดา ( $12.355 \pm 0.96$ ) รองลงมาคือ มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง ( $4.697 \pm 0.08$ ) มะเขือเทศป่า ( $3.041 \pm 0.28$ ) และมะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ ( $3.016 \pm 0.12$ ) (ภาพที่ 24)



ภาพที่ 24 จำนวนตัวของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* หลังการทดสอบ 3 สัปดาห์

ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ค่าทางสถิติผ่านการแปลงข้อมูลโดยใช้  $\log(x + 1)$ , ข้อมูลที่ไม่ผ่านการแปลงข้อมูลนำมาแสดงผลในลักษณะกราฟหรือตาราง

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่า ไข่ของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* มีรูปร่างรี ขนาดประมาณ  $0.1 \times 0.19$  มิลลิเมตร สีเหลืองใส ในระยะตัวอ่อนวัย 1 และตัวอ่อนวัย 2 มีลักษณะคล้ายกันแต่ต่างกันที่ขนาด โดยมีรูปร่างรี ส่วนหัวป้านและสอบแหลมไปทางส่วนกัน สีขาวใส สังเกตเห็นจุดตาสี่แดงทั้งสองข้างของหัว ตัวอ่อนวัย 1 และตัวอ่อนวัย 2 มีขนาดประมาณ  $0.16 \times 0.26$  มิลลิเมตร  $0.36 \times 0.24$  มิลลิเมตร ตามลำดับ เคลื่อนที่ได้ว่องไว ตัวอ่อนวัย 3 มีลักษณะแตกต่างจากตัวอ่อนวัย 1 และตัวอ่อนวัย 2 คือ มีรูปร่างรีค่อนข้างทรงแท่ง ลำตัวแบนราบติดกับผิวใบ สีขาวใส ขนาดประมาณ  $0.53 \times 0.36$  มิลลิเมตร ระยะนี้ไม่สามารถเห็นจุดตาสี่แดงและอยู่นิ่งไม่เคลื่อนที่ ในระยะดักแด้ มีขนาดและลักษณะรูปร่างใกล้เคียงกันกับตัวอ่อนวัย 3 แต่มีสีเหลืองขุ่น ลำตัวนูนขึ้นจากผิวใบ สังเกตเห็นจุดตาสี่แดงได้ชัดเจน ไม่เคลื่อนที่ ตัวอ่อนวัย 4 หรือระยะดักแด้ มีขนาดประมาณ  $0.73 \times 0.43$  มิลลิเมตร ตัวเต็มวัยแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* มีลำตัวสีเหลืองอ่อน ปีกทั้งสองข้างสีขาวขุ่น บินได้ว่องไวถ้าถูกรบกวน มีขนาดประมาณ  $0.73 \times 0.95$  มิลลิเมตร (ภาพที่ 25)

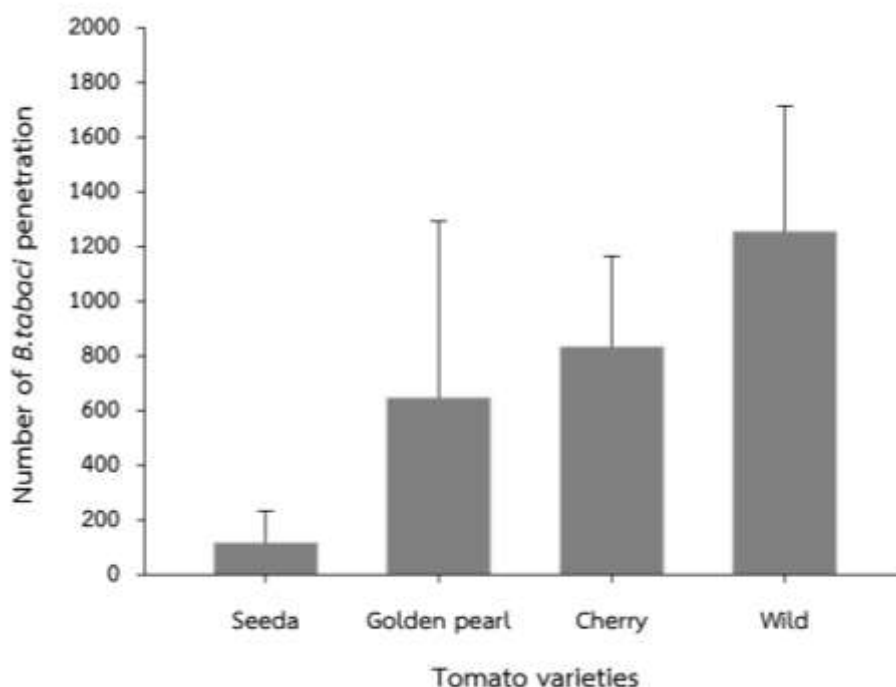


ภาพที่ 25 แมลงหวี่ขาว *B. tabaci*

(A) ไข่ (B) ตัวอ่อนวัย 1 (C) ตัวอ่อนวัย 2 (D) ตัวอ่อนวัย 3 (E) ตัวอ่อนวัย 4 หรือดักแด้ และ (F) ตัวเต็มวัย

### 3.3 ผลการทดสอบพฤติกรรมการดูดน้ำเลี้ยงมะเขือเทศของแมลงหริ่ขาว *B. tabaci* ในห้องปฏิบัติการ

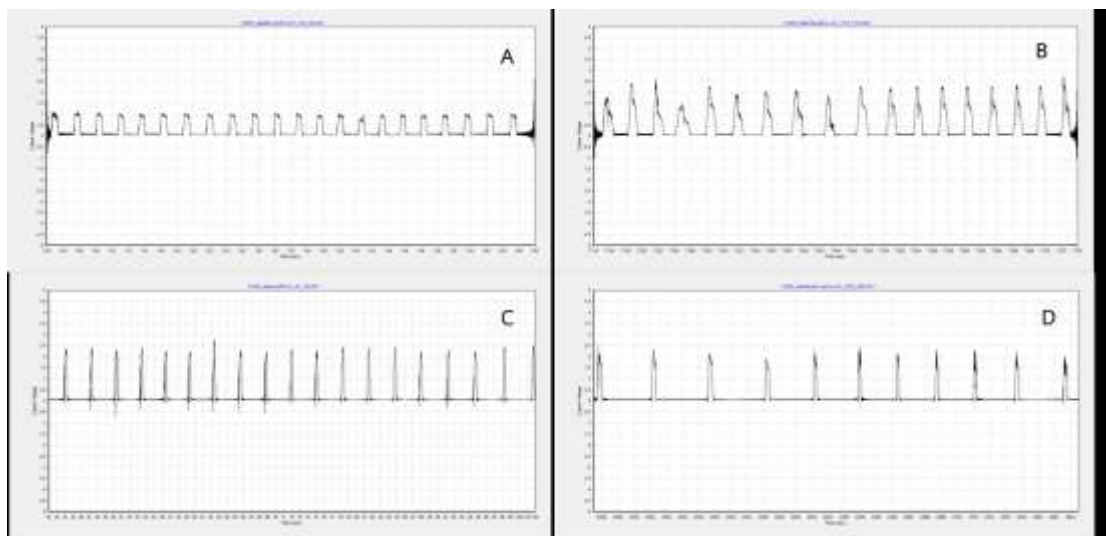
ผลการทดสอบการเจาะแทงมะเขือเทศแต่ละพันธุ์เพื่อดูกินน้ำเลี้ยงของแมลงหริ่ขาว *B. tabaci* ด้วยเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลงในมะเขือเทศ 4 พันธุ์ คือ มะเขือเทศพันธุ์สีดา มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง มะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่ และมะเขือเทศป่า โดยเวลาที่ทำการทดสอบคือ 08.00 – 11.00 น. พบว่า แมลงหริ่ขาว *B. tabaci* มีความพยายามเจาะแทงใบมะเขือเทศไม่แตกต่างกันในทุกพันธุ์ที่ทำการทดสอบ (One-way ANOVA:  $F_{3,8} = 2.648$ ,  $P = 0.120$ ) (ภาพที่ 26)



ภาพที่ 26 จำนวนครั้งที่แมลงหริ่ขาว *B. tabaci* เจาะแทงใบมะเขือเทศ

ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ค่าทางสถิติผ่านการแปลงข้อมูลโดยการใช้  $\log(x + 1)$ , ข้อมูลที่ไม่ผ่านการแปลงข้อมูลนำมาแสดงผลในลักษณะกราฟหรือตาราง

จากการสังเกตลักษณะกราฟคลื่นความถี่ไฟฟ้าที่ได้จากการแปรผลการเจาะแทงใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ของแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ด้วยเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลง พบว่า แม้จะไม่มี ความแตกต่างของจำนวนครั้งที่แมลงหริ่งขาว *B. tabaci* พยายามเจาะแทงใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ แต่แมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ทั้งระยะห่างในแต่ละครั้งของการพยายามเจาะแทงในมะเขือเทศป่านานกว่ามะเขือเทศพันธุ์อื่นคือประมาณ 6 วินาที จึงจะเริ่มพยายามเจาะแทงใหม่ ในขณะที่ทั้งระยะห่างประมาณ 3 วินาทีในมะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ และประมาณ 2 วินาทีในมะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทองและมะเขือเทศพันธุ์สีดา ตามลำดับ (ภาพที่ 27)



ภาพที่ 27 แสดงการเจาะแทงใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ ที่เวลา 60 วินาที  
(A) สีดา (B) ไข่มุกสีทอง (C) เซอร์รี่ (D) มะเขือเทศป่า



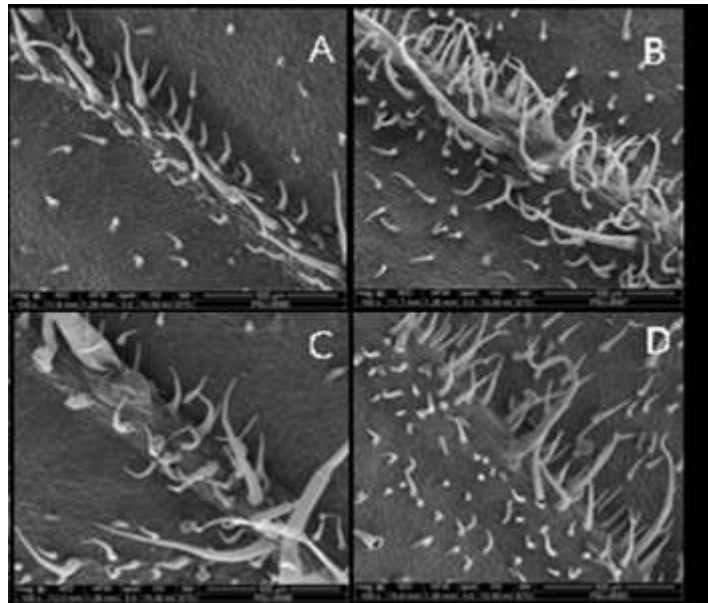
### 3.4 ผลการศึกษาลักษณะสรีรวิทยาของมะเขือเทศแต่ละพันธุ์

#### 3.4.1 ลักษณะและความหนาแน่นของ trichome บนใบและใต้ใบมะเขือเทศ

จากการศึกษาความหนาแน่นของ trichome ใบมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า trichome มีลักษณะที่แตกต่างกัน 2 แบบ คือ trichome แบบธรรมดา (non-glandular trichome) และ trichome แบบที่มีต่อม (glandular trichome) ผลจากการนับจำนวนความหนาแน่นของ trichome แบบธรรมดา พบว่า มะเขือเทศป่ามีความหนาแน่นของ trichome ทั้งบนใบและใต้ใบในพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรสูงที่สุด ในขณะที่มะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่มีความหนาแน่นของ trichome ใต้ใบสูงรองมาจากมะเขือเทศป่า แต่มีความหนาแน่นของ trichome บนใบน้อยที่สุด ซึ่งตรงข้ามกับมะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทองที่มีความหนาแน่นของ trichome บนใบสูงรองมาจากมะเขือเทศป่าแต่มีความหนาแน่นของ trichome ใต้ใบต่ำที่สุด ในขณะที่มะเขือเทศพันธุ์สีดา มีความหนาแน่นของ trichome บนใบและใต้ใบในระดับกลาง และผลการนับจำนวนของ glandular trichome พบว่า มะเขือเทศป่ามีความหนาแน่นของ glandular trichome ทั้งบนใบและใต้ใบสูงที่สุด รองลงมาคือ มะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่ มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง และมะเขือเทศพันธุ์สีดา ตามลำดับ (ตารางที่ 2, ภาพที่ 28 และ 29)

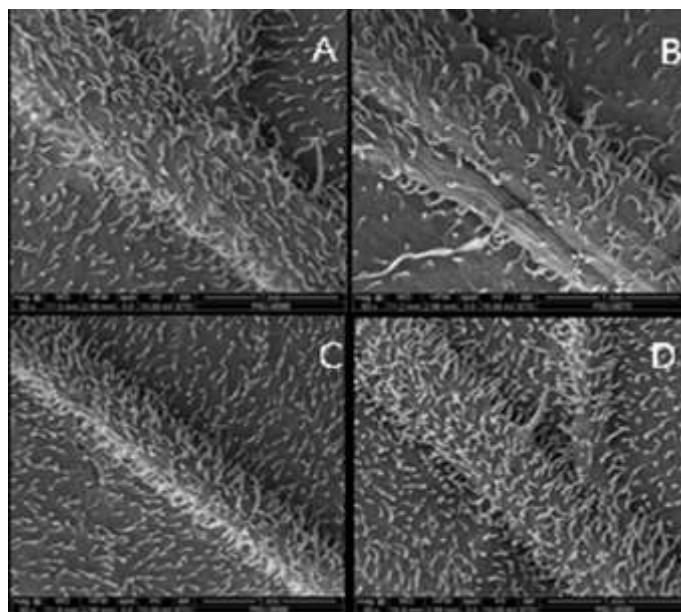
ตารางที่ 2 จำนวน trichome บนใบและใต้ใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์

| Trichome  | Tomato varieties |              |        |      |
|---|------------------|--------------|--------|------|
|   | Seeda            | Golden pearl | Cherry | Wild |
| Non-glandular trichome on leaf surface<br>(number of trichome/1 cm. <sup>2</sup> )    | 60               | 88           | 47     | 103  |
| Non-glandular trichome under leaf surface<br>(number of trichome/1 cm. <sup>2</sup> ) | 302              | 190          | 420    | 450  |
| Grandular trichome on leaf surface<br>(number of trichome/1 cm. <sup>2</sup> )        | 6                | 7            | 9      | 12   |
| Grandular trichome under leaf surface<br>(number of trichome/1 cm. <sup>2</sup> )     | 5                | 5            | 8      | 15   |



ภาพที่ 28 ภาพถ่ายเส้นขนบนใบมะเขือเทศแต่ละสายพันธุ์

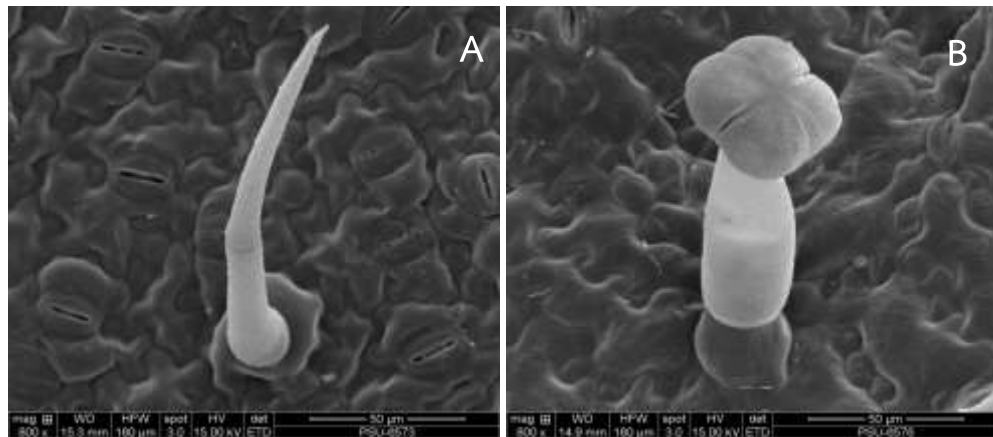
- A) มะเขือเทศพันธุ์สีดา B) มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง  
C) มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ D) มะเขือเทศป่า



ภาพที่ 29 ภาพถ่ายเส้นขนใต้ใบมะเขือเทศแต่ละสายพันธุ์

- A) มะเขือเทศพันธุ์สีดา B) มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง  
C) มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ D) มะเขือเทศป่า

non-glandular trichome ที่พบบนใบและใต้ใบมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ มีลักษณะโคนใหญ่และค่อยๆสอบเรียวยาวแหลมไปทางปลาย ผิวเกลี้ยง (ภาพที่ 30A) ในขณะที่ glandular trichome ตรงส่วนปลายมีลักษณะเป็นพู่จำนวนสี่พู (ภาพที่ 30B)



ภาพที่ 30 ลักษณะ trichome ของใบมะเขือเทศ

A) trichome แบบธรรมดา (non-glandular trichome)

B) trichome ที่มีต่อม (glandular trichome)

### 3.4.2 ผลการศึกษาสีของใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ด้วยเครื่องวัดสีพีช

ผลการวัดสีใบมะเขือเทศด้วยเครื่องวัดสี พบว่า หลังจากทีใบมะเขือเทศถูกแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ลงทำลายเป็นเวลา 3 สัปดาห์ มีเพียงมะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่เท่านั้นที่แสดงอาการเปลี่ยนแปลงที่สื่อให้เห็นถึงผลกระทบจากการถูกดูดกินน้ำเลี้ยงโดยแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* คือมีค่า  $b^*$  (yellowness) สูงขึ้น แสดงว่าสีใบมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น มะเขือเทศบางพันธุ์มีค่าสีบางค่าที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบ แต่ไม่ได้เกิดจากการทำลายของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เช่น มะเขือเทศพันธุ์สีดา และมะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง ที่มีค่า  $L^*$  (lightness) ต่ำลง คือมีสีใบเข้มขึ้น สำหรับในมะเขือเทศป่าพบว่าหลังการทดสอบ สีใบมีค่า  $a^*$  (redness) มากขึ้น ซึ่งหมายถึงสีของใบไปทางสีเขียวมากกว่าสีแดง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงขณะมีการเจริญเติบโต เนื่องจากทิ้งไว้ถึง 3 สัปดาห์ จากการสังเกต พบว่า มะเขือเทศป่ามีใบสีเขียวอมม่วงในระยะกล้าถึงอายุ 1 เดือน เมื่อมีอายุมากกว่า 1 เดือน สีใบจะค่อยๆเปลี่ยนเป็นสีเขียวมากขึ้น (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 สีใบของมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ที่ถูกแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ลงทำลายก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบ

| Tomato varieties | Indicies | Leaf color of tested plant |                           |                                 | Leaf color of control plant |                           |                                 |
|------------------|----------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------|
|                  |          | Before test                | After test                | t - test                        | Before test                 | After test                | t - test                        |
|                  |          | Mean $\pm$ SE<br>(n = 10)  | Mean $\pm$ SE<br>(n = 10) |                                 | Mean $\pm$ SE<br>(n = 10)   | Mean $\pm$ SE<br>(n = 10) |                                 |
| Seeda            | L*       | 56.95 $\pm$ 4.82*          | 51.12 $\pm$ 1.46*         | t = 1.155, d.f. = 8, P = 0.001  | 41.44 $\pm$ 0.99            | 48.90 $\pm$ 1.42          | t = -4.295, d.f. = 8, P = 0.262 |
|                  | a*       | -8.97 $\pm$ 3.92           | -7.24 $\pm$ 3.80          | t = -0.318, d.f. = 8, P = 0.630 | -11.15 $\pm$ 0.79*          | -2.95 $\pm$ 3.54*         | t = -2.258, d.f. = 8, P = 0.009 |
|                  | b*       | 18.20 $\pm$ 4.14           | 26.01 $\pm$ 3.42          | t = -1.453, d.f. = 8, P = 0.304 | 18.44 $\pm$ 1.39            | 17.77 $\pm$ 2.68          | t = 0.223, d.f. = 8, P = 0.224  |
| Golden pearl     | L*       | 47.53 $\pm$ 0.87*          | 45.16 $\pm$ 4.92*         | t = 0.473, d.f. = 8, P = 0.0001 | 46.50 $\pm$ 1.57            | 58.55 $\pm$ 1.70          | t = -5.206, d.f. = 8, P = 0.884 |
|                  | a*       | -11.56 $\pm$ 7.83          | -9.85 $\pm$ 3.23          | t = -0.201, d.f. = 8, P = 0.188 | -18.10 $\pm$ 0.88           | -4.97 $\pm$ 1.72          | t = -6.785, d.f. = 8, P = 0.385 |
|                  | b*       | 33.30 $\pm$ 0.61*          | 22.91 $\pm$ 2.40*         | t = 4.179, d.f. = 8, P = 0.022  | 30.60 $\pm$ 2.50            | 28.48 $\pm$ 1.34          | t = 0.745, d.f. = 8, P = 0.132  |
| Cherry           | L*       | 43.87 $\pm$ 0.96           | 45.26 $\pm$ 1.73          | t = -0.700, d.f. = 8, P = 0.235 | 42.41 $\pm$ 1.69            | 45.61 $\pm$ 1.29          | t = -1.499, d.f. = 8, P = 0.556 |
|                  | a*       | -6.74 $\pm$ 1.09           | -17.02 $\pm$ 0.83         | t = 7.464, d.f. = 8, P = 0.356  | 15.28 $\pm$ 1.32            | -16.69 $\pm$ 1.28         | t = -3.297, d.f. = 8, P = 0.061 |
|                  | b*       | 15.49 $\pm$ 1.01*          | 26.53 $\pm$ 3.15*         | t = -3.331, d.f. = 8, P = 0.022 | 15.28 $\pm$ 1.32            | 26.58 $\pm$ 3.16          | t = -3.297, d.f. = 8, P = 0.061 |
| Wild             | L*       | 46.15 $\pm$ 1.77           | 13.99 $\pm$ 11.81         | t = -1.173, d.f. = 8, P = 0.482 | 45.61 $\pm$ 1.29            | 21.31 $\pm$ 3.30          | t = -1.173, d.f. = 8, P = 0.482 |
|                  | a*       | -10.44 $\pm$ 0.52*         | -22.33 $\pm$ 1.58*        | t = -1.425, d.f. = 8, P = 0.004 | -11.42 $\pm$ 2.94*          | -41.14 $\pm$ 11.37*       | t = 1.637, d.f. = 8, P = 0.0001 |
|                  | b*       | 22.45 $\pm$ 1.44           | 21.86 $\pm$ 0.54          | t = -0.362, d.f. = 8, P = 0.640 | 23.20 $\pm$ 1.45*           | 31.67 $\pm$ 10.86*        | t = -0.902, d.f. = 8, P = 0.035 |

\*แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Tukey-test,  $P \leq 0.05$ ) ของค่าที่ใช้วัดก่อนทดสอบและหลังทดสอบในมะเขือเทศแต่ละพันธุ์

### 3.5 การศึกษาองค์ประกอบทางชีวเคมีในใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์

จากผลการศึกษาการทดสอบองค์ประกอบทางชีวเคมีในใบมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ ประกอบด้วยมะเขือเทศพันธุ์สีดา มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ และมะเขือเทศป่า โดยทำการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ ไนโตรเจน (nitrogen) คาร์บอน (carbon) ไฮโดรเจน (hydrogen) และสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) ผลจากการศึกษา พบว่า มะเขือเทศป่ามีปริมาณไนโตรเจน คาร์บอน และไฮโดรเจนในใบสูงที่สุด ในขณะที่มะเขือเทศพันธุ์สีดามีปริมาณไนโตรเจนและคาร์บอนในใบต่ำที่สุด และมะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทองมีปริมาณไฮโดรเจนในใบต่ำกว่ามะเขือเทศทุกพันธุ์ที่นำมาทำการทดสอบ ผลที่ได้ยังเห็นได้ชัดว่า มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่และมะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทองมีปริมาณธาตุอาหารทั้ง 3 ชนิดอยู่ในระดับกลาง ผลการศึกษาสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) พบว่า มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลในใบมากที่สุด รองลงมาคือมะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง ในขณะที่มะเขือเทศพันธุ์สีดามีค่าสารประกอบฟีนอลน้อยที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (One-way ANOVA: ไนโตรเจน (nitrogen),  $F_{3,8} = 207.888$ ,  $P \leq 0.0001$ ; คาร์บอน (carbon),  $F_{3,8} = 111.221$ ,  $P \leq 0.0001$ ; ไฮโดรเจน (hydrogen),  $F_{3,8} = 71.440$ ,  $P \leq 0.0001$ ; สารประกอบฟีนอล (phenolic compounds),  $F_{3,8} = 280.280$ ,  $P \leq 0.0001$ ) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางชีวเคมีในใบมะเขือเทศแต่ละพันธุ์

| Biochemical<br>properties of tomato<br>leaf | Tomato varieties            |                               |                             |                             | P-value |
|---|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------|
|   | Seeda                       | Golden pearl                  | Cherry                      | Wild                        |         |
|   | Mean ± SE                   | Mean ± SE                     | Mean ± SE                   | Mean ± SE                   |         |
|   | (n = 3)                     | (n = 3)                       | (n = 3)                     | (n = 3)                     |         |
| Nitrogen                                    | 4.118 ± 0.006 <sup>d</sup>  | 4.225 ± 0.018 <sup>c</sup>    | 4.481 ± 0.018 <sup>b</sup>  | 4.827 ± 0.344 <sup>a</sup>  | ≤0.0001 |
| Carbon                                      | 40.777 ± 0.100 <sup>c</sup> | 43.722 ± 0.121 <sup>a,b</sup> | 43.285 ± 0.076 <sup>b</sup> | 43.997 ± 0.218 <sup>a</sup> | ≤0.0001 |
| Hydrogen                                    | 5.433 ± 0.033 <sup>b</sup>  | 5.587 ± 0.019 <sup>c</sup>    | 5.739 ± 0.008 <sup>b</sup>  | 5.850 ± 0.019 <sup>a</sup>  | ≤0.0001 |
| phenolic compounds                          | 40.866 ± 0.547 <sup>c</sup> | 51.303 ± 0.216 <sup>b</sup>   | 53.116 ± 0.477 <sup>a</sup> | 40.870 ± 0.220 <sup>c</sup> | ≤0.0001 |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Tukey-test,  $P \leq 0.05$ ), n คือ จำนวนซ้ำ

## บทที่ 4 บทวิจารณ์ (Discussion)

ผลการศึกษาความชอบของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ต่อพันธุ์มะเขือเทศ 4 พันธุ์ ได้แก่ มะเขือเทศพันธุ์สีดา มะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทอง มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ และมะเขือเทศป่า แบบไม่มีตัวเลือก (non-choice test) และแบบมีตัวเลือก (choice test) ผลของการทดสอบแบบไม่มีตัวเลือก (non-choice test) พบว่า แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ตัวเต็มวัยเพศเมียมีการกระจายตัวบนพืชอาหารทุกชนิด แม้ว่าจะไม่ใช่พืชอาหารที่ชอบมากที่สุดก็ตาม เพื่อการวางไข่และเพิ่มจำนวนประชากรให้มากที่สุด แตกต่างกับผลการทดสอบแบบไม่มีตัวเลือก ผลการทดสอบแบบมีตัวเลือก (choice test) พบว่า แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* มีการขยายพันธุ์และเจริญเติบโตได้น้อยที่สุดในมะเขือเทศป่า ในขณะที่มะเขือเทศพันธุ์สีดาเป็นพันธุ์ที่แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ขยายพันธุ์และเจริญเติบโตได้ดีที่สุด สอดคล้องกับผลการศึกษาลักษณะผิวใบของมะเขือเทศได้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า มะเขือเทศป่ามีจำนวนของเส้นขนบนใบและใต้ใบมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับมะเขือเทศพันธุ์อื่นๆที่นำมาทำการทดสอบ โดยมีเส้นขนสองประเภทที่พบ คือ เส้นขนแบบธรรมดา (non-glandular trichome) และเส้นขนแบบมีต่อม (glandular trichome) มะเขือเทศป่ามีจำนวนของเส้นขนแบบมีต่อมต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร มากกว่ามะเขือเทศพันธุ์อื่น ซึ่งรบกวนการอยู่อาศัยและการขยายพันธุ์ของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เนื่องจากเส้นขนแบบมีต่อมของพืชในวงศ์ Solanaceae สามารถหลั่งสารที่ขัดขวางการอยู่อาศัยหรือเป็นพิษต่อแมลง เช่น methylketones sesquiterpenes และ acyl sugars เป็นต้น (Antonious *et al.*, 2005, Baldin *et al.*, 2005, Ben-Israel *et al.*, 2009, Yu *et al.*, 2010; Rodríguez-Lopez *et al.* 2011; Bleeker *et al.*, 2012 Firdaus *et al.*, 2013, Lucatti *et al.*, 2013) ในขณะที่แม้ว่ามะเขือเทศพันธุ์สีดามีเส้นขนหนาแน่นใต้ใบมากเช่นกัน แต่พบว่าส่วนใหญ่เป็น non-glandular trichome โดยมี glandular trichome น้อย จากผลการศึกษาก่อนหน้านี้ พบว่า มะเขือเทศที่มี non-glandular trichome บนใบมาก มีผลให้แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* วางไข่และเจริญเติบโตได้ดี (Heinz and Zalom, 1995, Firdaus *et al.*, 2012, Firdaus *et al.*, 2013) ซึ่งอาจเนื่องมาจาก non-glandular trichome ช่วยป้องกันแดดเผาผิวใบ มีผลช่วยรักษาอุณหภูมิบนใบ ป้องกันใบสูญเสียน้ำ แม้ว่าจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของแมลงที่เดินบนผิวใบ แต่ในทางกลับกัน ก็ช่วยป้องกันแมลงศัตรูพืชจากแมลงศัตรูธรรมชาติได้ (Wagner, 1991, Wagner *et al.*, 2004) ดังนั้น การมี non-glandular trichome หนาแน่น อาจสนับสนุนการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในมะเขือเทศพันธุ์สีดา



ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารและสารที่มีผลในการต้านทานแมลง พบว่า มะเขือเทศป่ามีธาตุอาหาร (C: H: N) สูงกว่ามะเขือเทศพันธุ์อื่น แต่มีปริมาณ phenolic compounds น้อยกว่าพันธุ์อื่น โดย phenolic compounds เป็นสารทุติยภูมิชนิดหนึ่ง (secondary metabolic compounds) ที่มีผลต้านทานการลงทำลายของแมลง (Pree, 1977; Joel, 1978; Herrera, 1982) ผลที่ได้ยังสนับสนุนว่า ความหนาแน่นของ glandular trichome บนใบ เป็นลักษณะสำคัญที่ทำให้มะเขือเทศป่ามีความต้านทานต่อการลงทำลายของแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* เพราะแม้ว่าจะมีคุณค่าทางอาหารสูงและมีสารต้านทานแมลงน้อย ซึ่งเป็นลักษณะของพืชที่สนับสนุนการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของแมลงกินพืชได้ดี แต่มะเขือเทศป่ากลับเป็นพันธุ์ที่แมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ขยายพันธุ์ได้น้อยที่สุด เพราะมีความหนาแน่นของ glandular trichome บนใบสูง ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้านทานต่อแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* แบบ antixenosis ตรงกันข้ามกับมะเขือเทศพันธุ์สีดา ที่พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่ามะเขือเทศพันธุ์อื่น แต่ในขณะเดียวกันก็มีปริมาณ phenolic compounds ต่ำ เช่นเดียวกับมะเขือเทศป่า ดังนั้นลักษณะที่มีความหนาแน่นของ non-glandular trichome ได้ใบมาก และการมีปริมาณ phenolic compounds ต่ำ จึงทำให้มะเขือเทศพันธุ์สีดาไม่ต้านทานต่อการลงทำลายของแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* มากกว่าพันธุ์อื่นที่ทดสอบ

ผลการศึกษายังพบว่า มะเขือเทศพันธุ์ไม่มูกสีทองและมะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ มีความต้านทานต่อแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* โดยพบว่าการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ในมะเขือเทศสองพันธุ์นี้เป็นไปได้น้อย จากการสังเกต พบว่าในการทดสอบแบบไม่มีตัวเลือก แมลงหริ่งขาว *B. tabaci* เจริญเติบโตในมะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ ได้ช้ากว่ามะเขือเทศพันธุ์อื่น เนื่องจากไม่พบระยะดักแด้และตัวเต็มวัยแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* เมื่อทิ้งไว้ให้แมลงขยายพันธุ์และเจริญเติบโตในระยะเวลาที่เท่ากับพันธุ์อื่น สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณ phenolic compounds ซึ่งพบว่ามะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่มีสูงกว่าพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือมะเขือเทศพันธุ์ไม่มูกสีทอง โดยมะเขือเทศพันธุ์ไม่มูกสีทองมีเส้นขนบนผิวใบน้อยกว่ามะเขือเทศพันธุ์อื่น ในขณะที่มะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่มี non-glandular trichome ได้ใบค่อนข้างหนาแน่น ดังนั้น การที่แมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ขยายพันธุ์และเจริญเติบโตได้น้อยในมะเขือเทศสองพันธุ์นี้ อาจมาจากการมีปริมาณ phenolic compounds สูง ซึ่งเป็นลักษณะต้านทานแบบ antibiosis

อย่างไรก็ตาม การศึกษาพฤติกรรมการดูดน้ำเลี้ยงของแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ด้วยเครื่องวัดการเจาะแทงพืชของแมลงบนมะเขือเทศ 4 พันธุ์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ไม่พบความแตกต่างของความพยายามในการดูดน้ำเลี้ยงจากมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ของแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* โดยผลการสังเกตพบว่าแมลงหริ่งขาว *B. tabaci* ทั้งระยะห่างในแต่ละครั้งของการพยายามเจาะแทงในมะเขือเทศป่ามากกว่ามะเขือเทศพันธุ์อื่น

นอกจากลักษณะและความหนาแน่นของเส้นขน ปริมาณธาตุอาหาร และปริมาณสารทุติยภูมิที่ต้านทานแมลงแล้ว ลักษณะสีใบของมะเขือเทศแต่ละพันธุ์มีผลในการดึงดูดแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* แตกต่างกัน ผลการทดสอบแบบ choice test โดยการปล่อยแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ให้เลือกเกาะมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ภายใน 5 นาทีแรก พบว่า แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เลือกบินเข้าเกาะมะเขือเทศพันธุ์สีดำมากกว่าพันธุ์อื่นอย่างเห็นได้ชัด รองลงมาคือมะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่ ในขณะที่มะเขือเทศป่าและมะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทองมีแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* บินเข้าเกาะน้อยที่สุด

โดยผลจากการวัดสีพบว่า มะเขือเทศพันธุ์สีดำมีค่าดัชนีที่วัดสี คือ ค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  ซึ่งแสดงค่าสีใบที่มีความสว่างมากกว่ามะเขือเทศพันธุ์อื่น รวมทั้งมีสีเขียวและสีเหลืองที่อ่อนกว่ามะเขือเทศพันธุ์อื่น ดังนั้นสีใบของมะเขือเทศสีดำที่สว่าง เป็นสีเขียวอ่อนหรือเขียวอมเหลืองอ่อน จึงดึงดูดแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ได้มากกว่ามะเขือเทศป่าและมะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทองที่มีใบสีเขียวเข้ม โดยจากการสังเกตพบว่ามะเขือเทศป่ามีสีใบเป็นสีเขียวอมม่วง ดังที่ Dickson and Eckenrode (1975) รายงานไว้ว่า แมลงโดยทั่วไปมักดึงดูดหรือมีความชอบสีเหลืองและสีเขียวอ่อนมากกว่าสีอื่นๆ ดังเช่น ตัวเต็มวัยของผีเสื้อหนอนกะหล่ำ *P. rapae* ไม่ชอบวางไข่บนใบกะหล่ำปลีสีแดง (red cabbage) แต่ชอบวางไข่บนใบกะหล่ำปลีที่มีสีเขียว (green cabbage) สอดคล้องกับงานวิจัยของ นพพร (2543) และ Dixon (1985) ที่กล่าวว่า เพลี้ยอ่อนถั่ว *A. craccivora* ตอบสนองหรือเข้าทำลายพืชอาหารที่มีใบสีเหลืองหรือสีเขียวอ่อนมากกว่าพืชที่มีใบสีเขียวเข้ม

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ (Conclusion)

ลักษณะและความหนาแน่นของเส้นขนบนใบมะเขือเทศ เป็นลักษณะสำคัญในการต้านทานต่อการลงทำลายของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เพราะเป็นปรากฏการณ์แรกที่ขัดขวางการตั้งรกรากเพื่อเพิ่มจำนวนประชากรของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* แต่อย่างไรก็ตาม เส้นขนบนใบที่มีบทบาทในการป้องกันมะเขือเทศจากการทำลายของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* คือเส้นขนแบบมีต่อม เนื่องจากสามารถหลั่งสารบางชนิดที่ขัดขวางการอยู่อาศัยของแมลงศัตรูพืชได้ ในทางตรงข้าม การมีเส้นขนแบบธรรมดาหนาแน่นบนใบ อาจช่วยให้แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* อยู่อาศัยและแพร่ขยายพันธุ์ได้ดี เนื่องจากการมีเส้นขนแบบธรรมดาหนาแน่นบนใบ ช่วยรักษาอุณหภูมิบนผิวใบ ป้องกันใบสูญเสียน้ำและแดดเผาผิวใบ ในขณะเดียวกัน ลักษณะที่มีเส้นขนแบบมีต่อมมากบนใบ สำคัญเท่ากันกับการมีปริมาณ phenolic compounds สูง ซึ่งแสดงถึงการมีสารที่ช่วยป้องกันการทำลายจากแมลงสูง ดังนั้นมะเขือเทศพันธุ์ที่มีลักษณะใดลักษณะหนึ่งดังต่อไปนี้คือ มีความหนาแน่นของเส้นขนแบบมีต่อมบนใบมาก หรือมีปริมาณ phenolic compounds สูง สามารถต้านทานการลงทำลายของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ได้ ดังเช่นมะเขือเทศป่า ที่มีความหนาแน่นของเส้นขนแบบมีต่อมบนใบมากกว่าพันธุ์อื่นที่นำมาทดสอบ ทำให้แมลงหวี่ขาวเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้น้อยกว่ามะเขือเทศพันธุ์อื่น แม้ว่ามะเขือเทศป่ามีปริมาณ phenolic compounds ต่ำที่สุดในมะเขือเทศที่นำมาทดสอบ เช่นกันกับมะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ ที่แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เจริญเติบโตได้ช้าที่สุดเมื่ออาศัยบนมะเขือเทศพันธุ์นี้ เนื่องจากการมีปริมาณ phenolic compounds สูงที่สุดในบรรดามะเขือเทศที่นำมาทดสอบ แม้ว่ามีเส้นขนแบบมีต่อมบนใบน้อย และมีเส้นขนแบบธรรมดาหนาแน่นก็ตาม เช่นกันกับมะเขือเทศพันธุ์ไข่มุกสีทองที่มีลักษณะต้านทานแมลงหวี่ขาวคล้ายกันกับมะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่ แต่มีเส้นขนแบบธรรมดาหนาแน่นน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับมะเขือเทศพันธุ์อื่น

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ ยังสามารถยืนยันได้ว่า มะเขือเทศพันธุ์สีดาเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* เนื่องจากมีเส้นขนแบบธรรมดาหนาแน่นบนใบ และมีปริมาณ phenolic compounds ต่ำ ซึ่งทั้งสองลักษณะนี้ เอื้อต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* จากการศึกษาพฤติกรรมการดึงดูดต่อสีใบพืชของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ยังพบว่า แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ดึงดูดต่อใบพืชที่มีสีใบสว่าง เช่น เขียวอ่อน มากกว่าสีใบทึบ เช่น สีเขียวเข้ม หรือเขียวอมม่วง ดังนั้น ผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถเป็นประโยชน์และใช้เป็นข้อมูลต่อยอดในการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศหรือพืชชนิดอื่นต่อไปในอนาคต

**ข้อเสนอแนะ**

1. ไม่ควรปลูกมะเขือเทศพันธุ์สีดาเพื่อขาย ในพื้นที่ที่มีการระบาดของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* อยู่บ่อยครั้ง
2. จากการเพาะเลี้ยงแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ด้วยมะเขือเปราะเพื่อใช้ในการทดสอบพบว่า มะเขือเปราะเป็นพืชที่แมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ชอบลงทำลาย จึงอาจสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ในแปลง เช่น เป็นพืชกับดัก (trap crop) หรือใช้เป็นพืชติดตามการเข้ามาในแปลงปลูก (indicator plant) ของแมลงหวี่ขาว *B. tabaci*

## บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร. 2559. จดหมายข่าว ผลิตใบแก้วใหม่การวิจัยและพัฒนาการเกษตร. การพยากรณ์  
ผลผลิตการเกษตร 19(8): 81-89.
- กรุง สีตะธนี. 2553. การปลูกมะเขือเทศในฤดูกาลต่างๆ. ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม. 6 น.
- เกษตรกรพารวย. 2559. ปลูก "มะเขือเทศเชอร์รี่" ในโรงเรือน. มป.ท.  
<http://www.manager.co.th/iBizChannel/ViewNews.aspx?NewsID=9590000117844> (สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2560).
- กระทรวงการพัฒนาคุณภาพชีวิต สาธารณสุข และคุ้มครองผู้บริโภค. 2556. การคุ้มครองผู้บริโภค  
จากอันตรายของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: แผนงานพัฒนาวิชาการ  
และกลไกคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ (คคส.). 32 น.
- ไฉน ยอดเพชร. 2542. พืชผักอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์วิเชียร. 358 น.
- นพพร สายัมพล. 2543. เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ:  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 261 น.
- บุญส่ง เอกพงษ์ และกรุง สีตะธนี. 2557. การประเมินพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคใบหงิกเหลือง  
มะเขือเทศในสภาพแปลงปลูกในจังหวัดอุบลราชธานี. วารสารแก่นเกษตร 42(3): 719-723.
- ปริญญาวัตี ศรีตันทิพย์, จิรภา พงษ์จันทา, ชิติ ศรีตันทิพย์, ยุทธนา เขาสุเมรุ, นภา ชันสุภา, พิทักษ์  
พุทธวรชัย, และคณะ. 2555. ลักษณะทางพืชสวนและการศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาเพื่อ  
เพิ่มผลผลิตและปริมาณไลโคปีนของมะเขือเทศพันธุ์ต่าง ๆ. สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร.  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- ปริญญา สีบุญเรือง, สุริพัฒน์ ไทยเทศ, ศิวีไล ลาภบรรจบ, อมรา ไตรศิริ, อนุรักษ์ คำหล้า และสาธิต  
อารีรักษ์. 2554. ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 84-4. วารสารแก่นเกษตร 39(2): 38-43.
- พรรณพิมล ชัญญานุวัตร, วิทยา อธิปอนันต์, พรชัย พิระบูล, เรืองจิตร พรหมสถิต, วัชรินทร์ โอสถารกนก,  
อารีย์พันธ์ อุปนิสากร, จุมพล ไทยสุชาติ และคณะ. 2555. การจัดการศัตรูพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1.  
สมุทรสาคร: ยูไนเต็ด โปรดักชั่น เพรส จำกัด.
- พัชนี ชัยวัฒน์. 2547. การทำลายข้าวพันธุ์รับรองไม่ไวแสงของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata  
lugens* Stal) ในภาคตะวันตก. กรมวิชาการเกษตร 22(3): 39-48.
- เพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล เสาวลักษณ์ โพธิ์หลา และสุชีลา เตชะวงศเสถียร. 2551. การประเมินความ  
ต้านทานโรคของมะเขือเทศสายพันธุ์ต่างๆ ในสภาพโรงเรือนตาข่าย. วิทยาศาสตร์เกษตร  
442(39): 301-304.

- ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2527. หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. พิมพ์ครั้งที่ 4. สงขลา: โรงพิมพ์ไทยนำ. 320 น.
- ยุวธิดา ศรีพลแทน และนุชรีย ศิริ. 2549. ชีววิทยาของ *Serangium* sp. ดั้วงเต่าตัวห้ำแมลงหิวขาว *Bemisia tabaci*. พิมพ์ครั้งที่ 6. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะเกษตรศาสตร์ ภาควิชาพืชสวน. 420 น.
- วสันต์ กฤษฏารักษ์. 2544. การปลูกผัก. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการและวิจัยแห่งชาติ. 142 น.
- วิภาลัย พุดจันทิก และนุชรีย ศิริ. 2552. ผลของชนิดพืชอาหารแมลงหิวขาวและอาหารทดแทนต่อ พัฒนาการเจริญเติบโตและอายุขัยของดั้วงเต่าตัวห้ำ (*Serangium* sp). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรมวิชาการเกษตร ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบน: สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 5 น.
- วิกันดา รัตนพันธ์ และจตุพร ไกรถาวร. 2557. สัณฐานวิทยาและความหนาแน่นของขนบนใบพริกที่มี ผลต่อการแพร่กระจายของเพลี้ยอ่อน. วารสารแก่นเกษตร 42(3): 713-717.
- วีรณา สีนสวัสดิ์เฟอร์, ศิริณี พูนไชยศรี, สมชัย สุวงศ์ศักดิ์ศรี, ชลิตา อุณหุฒิ, รัตนา นชะพงษ, ณัฐวัฒน์ แยมยิ้ม และสิทธิศิริโรตม แก้วสวัสดิ์. 2550. อนุกรมวิธานแมลงศัตรูพืช ศัตรูธรรมชาติ. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร. 12 น.
- ศูนย์วิจัยการเกษตรนานาชาติ ออสเตรเลีย (ACIAR). 2551. คำแนะนำในการสำรวจศัตรูพืชใน ภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก. 199 น.
- สมภพ ฐิตะวสันต์. 2530. การผลิตมะเขือเทศเพื่อการค้า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 172 น.
- สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2526. แมลงศัตรูพืชทางการเกษตรของประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 424 น.
- สุธรรม อารีกุล. 2524. แมลงศัตรูพืชสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: พิมพ์ลักษณ์. 260 น.
- สุเทพ สหายา. 2557. แมลงหิวขาวศัตรูสำคัญของพืชเศรษฐกิจ และปัญหาส่งออก. เคหการเกษตร 38(9): 150-153.
- สุนัดดา เขาวลิต, ชมัยพร บัวมาศ, อิทธิพล บรรณาการ, เกศสุดา สนศิริ และสิทธิศิริโรตม แก้วสวัสดิ์. 2556. อนุกรมวิธานแมลงหิวขาวในวงศ์ย่อย Aleyrodinae Taxonomy of Whitefly in Subfamily Aleyrodinae. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ : สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 70 น.

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถิติการเกษตรของประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 402. กรุงเทพฯ: กระทรวงการเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถิติการเกษตรของประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 402. กรุงเทพฯ: กระทรวงการเกษตรและสหกรณ์.
- เสาวณี เขตสกุล, จิรภา ออสติน, รัชณี ศิริยาน, อรรถพล รุกขพันธ์, ปัญจพล สิริสุวรรณมา, วิมล แก้วสีตาศุจิรัตน์ และคณะ 2558. เทคโนโลยีการผลิตมะเขือเทศ. กรมวิชาการเกษตร. ม.ป.ท.
- Antonious, G., T. Kochhar and A. Simmons. 2005. Natural products: Seasonal variation in trichome counts and contents in *Lycopersicum hirsutum* f. *glabratum*. Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes, 40: 619-631.
- Aref, A.B. 1991. Tolerance of tomato cultivars and selected germplasm to heat stress. Journal of American Society for Horticultural Science, 116: 1113-1116.
- Baldin, E.L. L., J. D. Vendramim and A.L. Lourencao. 2005. Resistance of tomato genotypes to the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae). Neotropical Entomology, 34: 435-441.
- Baiming, L., Y. Fengming, C. Dong, P. Huipeng, J. Xiaoguo, X. Wen, W. Qingjun, W. Shaoli, X. Baoyun, Z. Xuguo and Z. Youjun. 2012. Difference in feeding behaviors of two invasive Whiteflies on host plants with different suitability: implication for competitive displacement. International Journal of Biological Sciences, 8: 697-706.
- Bayhan, E., M.R. Ulusoy and J.K. Brown. 2006. Host range, distribution, and natural enemies of *Bemisia tabaci* "B biotype" (Hemiptera: Aleyrodidae) in Turkey. Journal of Pest Science, 79: 233-240.
- Ben-Israel, I., G. YU, M. Austin, B. Bhuiyan, N. Auldridge, M. Nguyen, T. Schauvinhold, I. Ndel, J.P. Pichersky and E. Fridman. 2009. Multiple biochemical and morphological factors underlie the production of methylketones in tomato trichomes. Plant Physiology, 151: 1952-1964.
- Bird, T.L. and K. Kruger. 2007. Response of the polyphagous whitefly *Bemisia tabaci* B biotype (Hemiptera: Aleyrodidae) to crop diversification-influence of multiple sensory stimuli on activity and fecundity. Bulletin of Entomological Research, 96: 15-23.

- Bleeker, P. M., R. Mirabella, P.J. Diergaarde, A. Vandoorn, A. Tissier, M.R. Kant, M. Prins, M. Devos, M.A. Haring and R.C. Schuurink. 2012. Improved herbivore resistance in cultivated tomato with the sesquiterpene biosynthetic pathway from a wild relative. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109: 20124-20129.
- Boland, G.J. 2005. *Plant pathology*, GN Agrios. Burlington, MA: Elsevier Academic Press. ISBN: 0-12-044565-4.
- Buchner, P. 1965. Symbiosis in animals which suck plant juices. In: Buchner, P. (Ed.), *Endosymbiosis of Animals with Plant Microorganisms*. Interscience, New York. 210–432.
- Casas, L., A. Franco and I. Edgar. 2013. Mechanisms of resistance to *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) in wild germplasm of the genus *Solanum*. *Agronomía Colombiana*, 31: 153-160.
- CABI. 2007. *Crop protection compendium*. CD-ROM. CAB International, Wallingford, UK. *Agron. Sustain.* p. 183–193.
- Courtesy of CIP. 1989. Sweetpotato Whitefly, *Bemisia tabaci*. <https://cipotato.org/riskatlasforafrica/bemisia-tabaci>. (accessed October 25, 2017).
- Colin, R.T. and B. Brogan. 2016. Control of tomato whiteflies using the confusion effect of plant odours. 183-193.
- Dickson, M.K. and C.J. Eckenrode. 1975. Variation in *Brassica oleracea* resistance to cabbage Looper and imported cabbageworm in the greenhouse and field. *Journal of Economic Entomology*, 68: 757-760.
- Easwar Rao, D., Divya, K., Prathyusha, I.V.S.N., Rama Krishna, Ch. and Chaitanya, K.V. 2017. Insect-resistant plants. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*, 47–74.
- Eigenbrode, D.F. and J.T. Trumble. 1994. Host plant resistance to insects in integrated pest management in vegetable crops. *Department of Entomology*, 11: 201-224.



- Else, K.D. and M.W. Farnham. 1994. Response of *Brassica oleracea* L. to *Bemisia tabaci* (Gennadius). Horticultural Science, 29: 814-817.
- Farr, D.F. and A.Y. Rossman. 2017. Fungal databases. U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases>. (accessed August 10, 2017).
- Firdaus, S., A.W. Heusden, N. Hidayati, E. Supena, R. Mumm, R.C.H. Vos, R.G.F. Visser, and B. Vosman. 2013. Identification and QTL mapping of whitefly resistance components in *Solanum galapagense*. Theoretical and Applied Genetics, 126: 1487-1501.
- Firdaus, S., A.W. Heusden, N. Hidayati, E.D.J. Supena, R.G.F. Visser and B. Vosman. 2012. Resistance to *Bemisia tabaci* in tomato wild relatives. Euphytica, 187: 31-45.
- Gamarra, H., N. Mujica, P. Carhuapoma, and J. Kreuze, & J. Kroschel. 1978. Sweet potato Whitefly, *Bemisia tabaci*. International Potato Center (CIP). ISBN 85-99.
- Gerling, D. 1990. Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Crop Protection, 20: 779-799.
- Gruenhagen, N.M. and T.M. Perring. 2001. Plant influences on silverleaf whitefly oviposition and development and the potential for enemy-free space. Entomol, 99: 387-391.
- Herrera, C.M. 1982. Defense of ripe fruit from pests: Its significance in relation to plant-disperser interactions. The American Naturalist, 120: 218-241.
- Heinz, K.M. and F.G. Zalom. 1995. Variation in trichome-based resistance to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) oviposition on tomato. Journal of Economic Entomology, 88: 1494-1502.
- Hutachareon, C., N. Tubtim, and C. Dokmai. 2007. Checklist of Insects and Mites in Thailand. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. 319.
- IIE, 1995. Distribution maps of plant pests, Wallingford, UK: CAB International. 91.
- Joel, D.M. 1978. The secretory ducts of mango fruits: a defense system effective against the Mediterranean fruit fly. Israel Journal of Botany, 27: 44-45.

- Johnson, M.W., N.C. Toscano, H.T. Reynolds, E.S. Sylvester, K. Kido, and E.T. Natwick. 1982. Whiteflies cause problems for southern California growers. *California Agriculture*, 36: 24-26.
- Kindt, F. N.N. Joosten, D. Peters, and W.F. Tjallingii. 2003. Characterisation of the feeding behaviour of western flower thrips in terms of electrical penetration graph (EPG) waveforms. *Journal of Insect Physiology*, 49: 183–191.
- Kumar, S., N. Kaushik, R. Edrada-Ebel, R. Ebel and P. Proksch. 2008. Endophytic fungi for pest and disease management. *Integrated Management of Diseases Caused by Fungi, Phytoplasma and Bacteria*. 365-387.
- Lee, Y.I. 1983. The potato leafhopper, *Empoasca fabae*, soybean pubescence, and hopperburn resistance. Ph.D. Thesis, University of Illinois.
- Lee, D.H., J.P. Nyrop and J.P. Sanderson. 2011. Avoidance of natural enemies by adult whiteflies, *Bemisia argentifolii*, and effects on host plant choice. *Biological Control*, 58: 302-309.
- Li-yum, L., L. Li-fang, Y. Xiao-ping and H. Bao-yu. 2012. Evaluation of the resistance of different tea cultivars to tea aphids by EPG technique. *Journal of Integrative Agriculture*, 11: 2028-2034.
- Liu, T.X., and P.A. Stansly, 1995. Oviposition by *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae): effects of tomato leaf factors and insecticidal residues. *Journal of Economic Entomology*, 88: 992-997.
- Lucatti, A.F., A.W. Van Heusden, R.C.H. De Vos, R.G.F. Visser and B. Vosman. 2013. Differences in insect resistance between tomato species endemic to the Galapagos Islands. *BMC Evolutionary Biology*, 13: 175.
- Mansour, S.A.A., M.N. MohamadRoff, S.A. Khalid, A. Ismail and A. Idris. 2012. Responses of whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) population on tomato *Lycopersicon esculentum* mixed with other crops under glasshouse conditions. *APCBEE Procedia*, 4: 48-52.
- Marcos, F., and W. P. Stephen. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. *Crop Protection*, 20: 767-778.

- Miranda, M. P., A. Fereres, B. Appezzato-da-Gloria, and J. R. S. Lopes. 2008. Characterization of electrical penetration graphs of *Bucephalagonia xanthophis*, a vector of *Xylella fastidiosa* in citrus. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 130: 35-46.
- Mohamed, M.A. 2012. Impact of planting dates, spaces and varieties on infestation of cucumber plants with whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 65: 17-20.
- Mound, L., and A. Halsey. 1978. Whitefly of the world: a systematic catalogue of the *Aleyrodidae* (Homoptera) with host plant and natural enemy data. British Museum (Natural History), London. 340.
- Nzaku, K. and J.E. Houston. 2009. Analysis of U.S. Demand for fresh tropical fruit and vegetable imports. <https://ideas.repec.org/p/ags/saeana/46850.html>. (accessed October 25, 2017).
- Ohno, I. 1992. Whiteflies problem in the United States of America. *JAPAN Pesticide Information*, 60: 19-20.
- Parnell, F.R., H.E. King and D.F. Ruston. 1949. Jassid resistance and hairiness of the cotton plant. *Bull Entomol Res*, 39: 539-575.
- Painter, R.H. 1951 *Insect resistance in crop plant*. MacMillan Company, New York. 520.
- Pree, D.J. 1977. Resistance to development of larvae of the apple maggot in crab apples. *Journal of Economic Entomology*, 70: 611-614.
- Rodríguez-Lopez, M.J., E. Garzo, J.P. Bonani, A. Fereres, R. Fernández-Munoz and E. Moriones. 2011. Whitefly resistance traits derived from the wild tomato *Solanum pimpinellifolium* affect the preference and feeding behavior of *Bemisia tabaci* and reduce the spread of tomato yellow leaf curl virus. *Phytopathology*, 101: 191-201.
- Rybicki, E.P. and G. Pietersen. 1999. Plant virus disease problems in the developing world. *Adv. Virus Research*, 53: 127-175.
- Schultz, J.C. 1988. Many factors influence the evolution of herbivore diets, but plant chemistry in central. *Ecology*, 69: 896-897.

- Schwarzkopf, A., A. Schwarzkopf, D. Rosenberger, M. Niebergall, and G. Kunert. 2013. To feed or not to feed: plant factors located in the epidermis, mesophyll, and sieve elements Influence pea aphid's ability to feed on legume species. Article PLoS ONE, 8: 75-289.
- Shravan, M.H., B.R. Choudhary, R. Bhargava, and K. Gurjar. 2015. Host plant resistance (HPR) traits of ridge gourd (*Luffa acutangula* (Roxb.) L. against melon fruit fly, (*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)) in hot arid region of India. *Scientia Horticulturae*, 194: 168–174.
- Solan, D.B., Moran, N.A., 2012. Endosymbiotic bacteria as a source of carotenoids in whiteflies. *Biology Letters*, 8: 986–989.
- Stoner, K.A. 1992. Density of imported cabbageworms (Lepidoptera: Pieridae), cabbage aphid (Homoptera: Aphididae), and flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) on glossy and trichome-bearing lines of *Brassica oleracea*. *Journal of Economic Entomology*, 85: 1023-1030.
- Su, Q., K.M. Oliver, H. Pan, X. Jiao, B. Liu, W. Xie, S. Wang, Qi. Wu, B. Xu, J.A. White, X. Zhou and Y. Zhang. 2013. Facultative symbiont *Hamiltonella* confers benefits to *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), an invasive agricultural pest worldwide. *Environmental Entomology*, 42: 1265–1271.
- Sugawara, F., M. Lshimoto, N.L. Van, H. Hoshino, J. Uzawa, S. Yoshida. And K. Kitamura. 1996. Insecticidal peptide from mungbean: A resistant factor against infestation with azuki bean weevil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 3360-3364.
- Tjallingii, W. F. 2006. Salivary secretions by aphids interacting with proteins of phloem wound responses. *Journal of Experimental Botany*, 57: 739–745.
- Wang, R., H.X. Zheng, C. Qu, Z.H. Kong and C. Luo. 2016. Lethal and sublethal effects of a novel cis-nitromethylene neonicotinoid insecticide cycloxaprid, on *Bemisia tabaci*. *Crop Protection*, 83: 15-19.
- Wagner, G.J. 1991. Secreting glandular trichomes: More than just hairs. *Plant Physiology*, 96: 675-679.

- Wagner, G.J., E. Wang and R.W. Shepherd. 2004. New approaches for studying and exploiting an old protuberance, the plant trichome. *Annals of Botany*, 93: 3-11.
- Xiang-shun, H., Z. Hui-yan, H. Zu-qing, L. Dong-hong and Z. Yu-hong. 2008. EPG Comparison of *Sitobion avenae* (Fab.) feeding behavior on three wheat varieties. *Agricultural Sciences in China*, 7: 180-186.
- Yasmin, J.C., M.J. Heather, and W.E. Susan. 1999. Mechanisms of resistance to whitefly-induced squash silverleaf disorder in zucchini. *Economic Entomology*, 700-707.
- Yingfang, X., C. Jianjun, C. Daniel, M. Cindy, and H. Katherine. 2011. Establishment of papaya banker plant system for parasitoid, *Encarsia Sophia* (Hymenoptera: Aphilidae) against *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in greenhouse tomato production. *Biological Control*, 58: 239-247.
- Zhengke, P., Z. Huixin, X. Wen, W. Shaoli and W. Qingjun. 2017. Field resistance monitoring of the immature stages of the whitefly *Bemisia tabaci* to spirotetramat in China. *Crop Protection*, 98: 243-247.

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวคัทริยา สิทธิฤทธิ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5840320103

วุฒิการศึกษา

| วุฒิ   | ชื่อสถาบัน               | ปีที่สำเร็จการศึกษา |
|--|--------------------------|---------------------|
| วิทยาศาสตร์บัณฑิต<br>(เทคโนโลยีการผลิตทางชีวภาพ) | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | 2558                |

**ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)**

ทุนสนับสนุนค่าธรรมเนียมการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่เน้นการศึกษาวิจัย ประจำปีการศึกษา 2558 จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2560 จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**ผลงานตีพิมพ์**

คัทริยา สิทธิฤทธิ สุรพล ฐิติธนากุล และ วิกันดา รัตนพันธ์. 2560. ผลของลักษณะสัณฐานวิทยาของมะเขือเทศที่มีต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* (G.) (Hemiptera: Aleyrodidae). วารสารแก่นเกษตร 45(ฉบับพิเศษ 1): 43-47.