การถ่ายทอดพันธุกรรมควบคุมลักษณะความต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศอุตสาหกรรม

GENETIC INHERITANCE OF FUSARIUM WILT AND TOMATO YELLOW LEAF CURL VIRUS DISEASES IN PROCESSING TOMATO

สุดารัตน์ ผาใต้

SUDARAT PHATAI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2565

KMITL-2022-AG-M-065-366

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GENETIC INHERITANCE OF FUSARIUM WILT AND TOMATO YELLOW LEAF CURL VIRUS DISEASES IN PROCESSING TOMATO

SUDARAT PHATAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2022

KMITL-2022-AG-M-065-366

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2022

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การถ่ายทอดพันธุกรรมควบคุมลักษณะความต้านทานโรคเหี่ยวเหลืองและโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศอุตสาหกรรม
นักศึกษา	นางสาว สุดารัตน์ ผาใต้
รหัสนักศึกษา	61604051
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2565
อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. พัชราภรณ์ สุวอ

บทคัดย่อ

มะเขือเทศเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศไทย สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปัจจุบันการผลิตมะเขือเทศมักประสบปัญหาการเข้าทำลายของโรคและแมลง โดยเฉพาะโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศ ทำให้ผลผลิตลดลงถึง 100% ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคัดเลือกมะเขือเทศพันธุ์พ่อแม่ที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ระบาดในไทย พร้อมทั้งศึกษาประสิทธิภาพการใช้เครื่องหมายโมเลกุล และศึกษาความสามารถในการถ่ายทอดยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง โรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศ ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต ในพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ทำการประเมินคัดเลือกมะเขือเทศพันธุ์พ่อแม่ที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ระบาดในไทยทั้งหมด 32 สายพันธุ์ ผลการทดลองพบว่าพันธุ์พ่อแม่ที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง แสดงการตอบสนองต่อโรค ระดับต้านทานมาก (HR) คือพันธุ์ AVTO1422 และ AVTO1008 และพบพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย *Tomato yellow leaf curl Thailand virus- Nakhon Pathom* (TYLCTHV-NP) สายพันธุ์ที่แสดงการตอบสนองต่อโรค ระดับต้านทาน (R) คือพันธุ์ AVTO1008 AVTO1314 AVTO1422 และ KKU-T14009 และตรวจพบยีน *Ty-2* และ *Ty-3* ยกเว้นพันธุ์ AVTO1314 นอกจากนั้นยังพบว่าตำแหน่งอ้างอิงทั้งสองนี้สัมพันธ์กับลักษณะความต้านทานต่อเชื้อ TYLCTHV-NP 81.25% และ 84.38% ตามลำดับ และงานทดลองที่ 2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ พันธุ์การค้า และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ พบว่าลักษณะการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลืองในมะเขือเทศพันธุ์แม่ TKP003 TKP007 และพันธุ์พ่อ AVTO1424 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปต่ำที่สุด และใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์ลูกผสมพบว่า TKP007 × AVTO1008 มีค่าดัชนีการเกิดโรคต่ำ แสดงความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) และความดีเด่นเหนือพ่อแม่ต่ำ พบอิทธิพลของยีนเป็นแบบผลบวก ลักษณะการข่มเป็นแบบข่มเกิน ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบมีค่าปานกลาง (h^2 43.70%) มีโอกาสในการถ่ายทอดลักษณะให้รุ่นถัดไปได้สูง สำหรับผลการศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) ในมะเขือเทศพันธุ์แม่ TKP003 พันธุ์พ่อ AVTO1008 และ KKU-T14009 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปต่ำ ในพันธุ์ลูกผสมพบว่า TKP003 × AVTO1424 แสดงค่า SCA ในลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองต่ำที่สุด และสายพันธุ์ TKP003 × AVTO1008 และ TKP004 × KKU-T14009 ให้ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง และมีค่าดัชนีความรุนแรงของโรคต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าพันธุ์พ่อแม่ และคู่ผสมดังกล่าวมีความต้านทานต่อโรคสูง นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลของยีนเป็นแบบผลบวก มีลักษณะการข่มเป็นแบบข่มไม่สมบูรณ์ ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบมีค่าสูง (h^2 61.38%) สามารถทำการคัดเลือกได้ในชั่วต้น ๆ และผลการศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนในลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต ในพันธุ์แม่ TKP003 และ TKP007 พันธุ์พ่อ AVTO1008 และ KKU-T14009 แสดงค่า GCA สูง และสายพันธุ์ TKP007 × AVTO1008 แสดงค่า SCA และค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะของผลผลิตสูง ดังนั้นจากผลการทดลองมะเขือเทศลูกผสม TKP007 × AVTO1008 สามารถต้านทานโรคเหี่ยวเหลืองไวรัสใบหงิกเหลืองและให้ผลผลิตสูงจึงมีศักยภาพที่จะนำไปผลิตเป็นลูกผสมพันธุ์การค้าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Genetics Inheritance of Fusarium Wilt and Tomato Yellow Leaf Curl Virus Diseases in Processing Tomato
Student	Sudarat Phatai
Student ID	61604051
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2022
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Patcharaporn Suwor

ABSTRACT

Tomato is the most important economic and industrial crop in Thailand. The crop can be grown in all regions of Thailand, especially in the Northeastern. Currently, tomato production was damaged by insects and diseases especially, Fusarium wilt (FW) and Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) disease, which are affected to yield loss up to 100%. Therefore, the objective of this study was to evaluate and selection of tomato cultivars resistant to FW and TYLCTHV disease and study the efficacy of using a molecular marker-assisted selection. The genetic inheritance of FW, TYLCV, yield, and yield components in F_1 hybrids was studied. The resistance of parental lines to FW was found high resistance (HR) in AVTO1422 and AVTO1008, while AVTO1008, AVTO1314, AVTO1422, and KKU-T14009 showed resistance to TYLCTHV and they were detected *Ty-2* and *Ty-3* genes, except for the AVTO1314. In addition, these two molecular markers were associated with TYLCTHV at 81.25% and 84.38%, respectively. In the second experiment, the combining ability for FW and TYLCTHV-NP in hybrids was compared with their parental lines, commercial varieties, and susceptible check. The results showed the general combining ability (GCA) of FW trait TKP003, TKP007, and AVTO1424 gave the lowest GCA value and hybrid TKP007 × AVTO1008 gave the lowest specific combining ability (SCA) and heterosis. In addition, the trait was controlled by additive gene action, with the narrow sense heritability value of h^2 43.70%. Resistance to TYLCTHV-NP trait, the GCA was found lowest in TKP003, AVTO1008, and KKU-T14009 varieties, while the hybrid TKP003 × AVTO1424 gave the lowest SCA and hybrids TKP003 × AVTO1008 and TKP004 × KKU-T14009 gave the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

lowest of heterosis and severity index. The resistant gene was controlled by additive gene action with a narrow sense heritability of h^2 61.38%. Therefore, both resistant genes to FW and TYLCTHV can be selected in the early generation. For yield and yield components, the parental lines TKP003, TKP007, AVTO1008, and KKU-T14009 gave the high GCA value and hybrid TKP007 × AVTO1008 gave the high SCA and heterosis. In addition, the additive gene action and the narrow sense heritability showed intermediate - high values. Therefore, TKP007 × AVTO1008 showed resistance to FW and TYLCTHV-NP, which is considered a new commercial F_1 hybrid tomato.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร. พัชราภรณ์ สุวอ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะแนวคิดต่าง ๆ และขัดเกลาศิษย์ให้มีความพร้อมในการทำงานวิจัย อีกทั้งยังผ่านอุปสรรคต่าง ๆ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ร่วมกันมาโดยตลอด และยังคอยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ศิษย์จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะรวมถึงชี้แนะแนวทางต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่มอบทุนการศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา และเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ร่วมกับบริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนวิจัย ทำให้งานวิจัยดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง

ขอบขอบคุณ นายกฤษนัย แก้วบุญเรือง (พี่เน็ท) และพี่ ๆ คนงานที่จัดการและคอยดูแลมะเขือเทศที่นำไปปลูกทดสอบที่บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น ตลอดจนการเก็บเกี่ยวจนทำให้การปลูกทดสอบมะเขือเทศลูกผสมสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณสมาชิกแลปปรับปรุงพันธุ์ เพื่อน ๆ พี่ๆ และน้อง ๆ ทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน ทั้งงานในแปลงปลูกและงานทดลองในแลปจนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์

และที่สำคัญขอขอบพระคุณครอบครัวที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จ ซึ่งคอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในเรื่องต่าง ๆ และเป็นกำลังใจสำคัญ ให้ผู้วิจัยทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี และที่ขาดไม่ได้เลย คือ “กำลังใจลับ” ที่คอยสนับสนุนให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งผู้เขียนไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้หมด จึงขอขอบคุณทุกท่านเหล่านั้นไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

สุดารัตน์ ผาใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III
กิตติกรรมประกาศ.....V
สารบัญ.....VI
สารบัญตาราง.....IX
สารบัญภาพ.....XII

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....3
1.3 สถานที่ดำเนินงาน.....3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 มะเขือเทศ.....4
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะเขือเทศ.....4
2.1.2 การจำแนกชนิดของมะเขือเทศ.....5
2.2 ความสำคัญทางด้านโภชนาการ.....7
2.3 การผลิต และการจัดการมะเขือเทศ.....10
2.3.1 การผลิตมะเขือเทศในประเทศไทย.....10
2.4 การผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ และการนำเข้า-ส่งออกเมล็ดมะเขือเทศ.....11
2.5 โรคที่สำคัญของมะเขือเทศ.....12
2.6 ปัญหาที่พบในการผลิตมะเขือเทศ.....15
2.7 โรคเหี่ยวเหลืองในมะเขือเทศ (Fusarium wilt).....15
2.7.1 การระบาดในต่างประเทศ และประเทศไทย.....15
2.7.2 การจัดจำแนก race ของเชื้อ.....16
2.7.3 กลไกการเข้าทำลายของเชื้อ.....17
2.7.4 การควบคุมการระบาดของโรคเหี่ยวเหลือง.....18
2.7.5 การปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง.....18
2.8 โรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศ (Tomato yellow leaf curl virus).....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8.1 การแพร่ระบาดของโรคไวรัสใบหงิกเหลือง.....20
2.8.2 การจำแนกชนิดของเชื้อไวรัส.....21
2.8.3 กลไกการเข้าทำลายของโรคไวรัสใบหงิกเหลือง.....22
2.8.4 การจัดการโรคมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อ *Begomovirus*.....24
2.9 การทดสอบความสามารถในการรวมตัว (combining ability test).....26
2.9.1 ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability: GCA).....26
2.9.2 ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability: SCA).....26
2.9.3 ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม (Heterosis).....27
2.9.4 การทำงานของยีน (gene action).....28
2.9.5 อัตราพันธุกรรม (heritability).....29

บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน.....31
3.1 วิธีการดำเนินการ.....31
3.2 ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศ คัดเลือกพันธุ์ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง.....32
3.2.1 ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศ.....32
3.2.2 การประเมินการเกิดโรคจากลักษณะที่ปรากฏ (phenotype).....33
3.2.3 การตรวจสอบยีนต้านทานโรค (detection of assistant gene).....36
3.3 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง โรคไวรัสใบหงิกเหลือง ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต.....38
3.3.1 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง.....39
3.3.2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต.....42
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (statistical analysis).....43
3.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic parameters).....43
3.4.2 การวิเคราะห์ความสามารถการรวมตัวทั่วไป (GCA).....44
3.4.3 การวิเคราะห์ความสามารถการรวมตัวจำเพาะ (SCA).....45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.4 การวิเคราะห์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม (heterosis).....45

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....46
4.1 ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศ คัดเลือกพันธุ์ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง.....46
4.1.1 ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศ.....46
4.1.2 การประเมินการเกิดโรคจากลักษณะที่ปรากฏ (phenotype).....52
4.2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง โรคไวรัสใบหงิกเหลือง ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต.....61
4.2.1 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง ในสภาพโรงเรือน (สจล.) และสภาพแปลงปลูก (TKR&D).....61
4.2.2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง ในสภาพโรงเรือน (สจล.) และสภาพแปลงปลูก (TKR&D).....71
4.2.3 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต.....80

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง.....101
5.1 ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศ คัดเลือกพันธุ์ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง.....101
5.2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง โรคไวรัสใบหงิกเหลือง ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต.....105

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....110
6.1 สรุปผลการทดลอง.....110
6.1.1 คัดเลือกพันธุ์พ่อแม่.....110
6.1.2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของมะเขือเทศพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1.....111
6.2 ข้อเสนอแนะ.....112

บรรณานุกรม.....113
ประวัติผู้วิจัย.....125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 คุณค่าทางโภชนาการของมะเขือเทศผลสด และแปรรูปแต่ละชนิด 100 กรัม.....8
3.1 มะเขือเทศจำนวน 32 สายพันธุ์ ที่ใช้ประเมินคัดเลือกสายพันธุ์ดี ทดสอบโรคเหี่ยวเหลือง และไวรัสใบหงิกเหลือง *Tomato yellow leaf curl Thailand virus- Nakhon Pathom* (TYLCTHV-NP).....33
3.2 เครื่องหมายโมเลกุลช่วยสำหรับการคัดเลือกเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP).....38
3.3 ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม ที่ใช้ศึกษาความสามารถในการรวมตัวโดยใช้แผนการผสมแบบ North Carolina Mating Design-II.....39
3.4 ANOVA ที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมของผลผลิตของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1.....43
3.5 สูตรในการวิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม.....44
4.1 ประเมินลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศจำนวน 32 สายพันธุ์ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในช่วงฤดูแล้ง (ตุลาคม-กุมภาพันธ์ 2561).....48
4.2 ประเมินลักษณะคุณภาพของมะเขือเทศ 32 สายพันธุ์ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในช่วงฤดูแล้ง (ตุลาคม-กุมภาพันธ์ 2561).....50
4.3 ดัชนีการเกิดโรคเหี่ยวเหลือง (DI%) ของต้นกล้ามะเขือเทศ 32 สายพันธุ์ ปลูกเชื้อด้วย *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (*Fol*) race 2 ไอโซเลต KK6 7-42 วันหลังการปลูกเชื้อ (DAI).....53
4.4 ดัชนีความรุนแรง (SI) และระดับการตอบสนองต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) ในต้นกล้ามะเขือเทศ 32 สายพันธุ์ ปลูกเชื้อด้วยวิธีการเสียบยอด (grafting method).....55
4.5 ประสิทธิภาพการใช้เครื่องหมายโมเลกุล SCAR-P1-16 (*Ty-2*) และ SCAR-P6-25 (*Ty-3*) ตรวจสอบความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) ในมะเขือเทศ 32 สายพันธุ์.....58
4.6 ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสมใช้แผนการผสมแบบ North Carolina Mating Design-II.....59
4.7 ดัชนีการเกิดโรคเหี่ยวเหลือง (DI%) ของต้นกล้ามะเขือเทศ 21 สายพันธุ์ทดสอบพันธุ์พ่อแม่ และลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ในสภาพโรงเรือน (สจล.) และสภาพแปลงปลูก (TKR&D).....63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (mean square) ในลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง ของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 วันที่ 42 DAI ในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก.....66

4.9 องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง ของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จากแผนการผสม North Carolina Mating Design-II ในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก.....66

4.10 ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง ของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ ในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก.....67

4.11 ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) ลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองของ ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 สายพันธุ์ ในสภาพโรงเรือน และจำนวน 11 สายพันธุ์ ในสภาพแปลงปลูก.....68

4.12 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองของ ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม ในสภาพโรงเรือน จำนวน 11 สายพันธุ์ ในสภาพแปลงปลูก.....70

4.13 ดัชนีความรุนแรง (SI) และระดับการตอบสนองต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) ของต้นกล้ามะเขือเทศ 21 สายพันธุ์ ทดสอบลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 และพันธุ์พ่อแม่ ปลูกเชื้อด้วยแมลงหวี่ขาว ในสภาพโรงเรือน (สจล.) และประเมินในสภาพแปลงปลูก (TKR&D).....72

4.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (mean square) ในลักษณะต้านทานต่อโรค ไวรัสใบหงิกเหลืองของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 วันที่ 56 DAI ในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก.....75

4.15 องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะต้านทานต่อโรค ไวรัสใบหงิกเหลืองของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จากแผนการผสม North Carolina Mating Design-II ในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก.....75

4.16 ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง ของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ ในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก.....76

4.17 ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) ลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง ของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 สายพันธุ์ ในสภาพโรงเรือน และจำนวน 11 สายพันธุ์ ในสภาพแปลงปลูก.....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.18 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม ในสภาพโรงเรือน และจำนวน 11 สายพันธุ์ในสภาพแปลงปลูก.....79

4.19 ลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 11 สายพันธุ์ พันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ และพันธุ์การค้า 2 สายพันธุ์.....82

4.20 ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตของมะเขือเทศในสภาพแปลงปลูก บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น ในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 11 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์การค้า.....93

4.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (mean square) ในลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตมะเขือเทศ ในสภาพแปลงปลูกบริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น ของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 9 คู่ผสม.....94

4.22 องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตมะเขือเทศ ในสภาพแปลงปลูกบริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น ของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 9 คู่ผสม จากแผนการผสม North Carolina Mating Design-II.....95

4.23 ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตมะเขือเทศ ในสภาพแปลงปลูก บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น ของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 7 สายพันธุ์.....96

4.24 ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) ของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตมะเขือเทศ ในสภาพแปลงปลูกบริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น ของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 11 คู่ผสม.....97

4.25 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสมในลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตมะเขือเทศ ในสภาพแปลงปลูกบริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น จำนวน 11 คู่ผสม.....98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 (A) ลักษณะโคโลนีของเชื้อ *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (B) ไมโครโคนิเดีย (microconidia) (C) มาโครโคนิเดีย (macroconidia) และ (D) คลาไมโดสปอร์ (chlamydospores).....17

2.2 ชนิดของแมลงหวี่ขาว; B biotype (A) และ Q biotype (B).....21

2.3 ลักษณะอาการของมะเขือเทศที่แมลงหวี่ขาวเข้าทำลาย.....21

2.4 ลักษณะของไวรัสวงศ์ *Geminiviridae* (ซ้าย) ลักษณะของไวรัสที่ส่องด้วยกล้องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบแช่แข็ง (ขวา) อนุภาครูปทรงกลมหลายเหลี่ยมอยู่ติดกันเป็นคู่.....22

2.5 เส้นทางของเชื้อไวรัส *Begomovirus* ที่เข้าสู่แมลงหวี่ขาวตัวเมีย อวัยวะและเซลล์หลักที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้าย begomovirus.....23

3.1 แผนผังการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคเหี่ยวเหลืองและโรคไวรัสใบเหลืองหงิกเหลือง.....31

3.2 ระดับความรุนแรงของโรคเหี่ยวเหลืองในมะเขือเทศ 5 ระดับ (0 = ไม่แสดงอาการของโรค 1 = ใบล่างเหลือง 2 = ใบ และยอดแสดงอาการเหี่ยว 3 = ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวทั้งต้น 4 = ต้นเหี่ยวและแห้งตาย).....35

3.3 ระดับความรุนแรงของโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) ในมะเขือเทศ 5 ระดับ (0 = ไม่ปรากฏอาการ (highly resistant) 1= ปรากฏอาการใบด่างเล็กน้อย (resistant) 2= เริ่มปรากฏอาการใบด่างร่วมกับใบหงิกชัดเจน (moderately resistant) 3= เริ่มปรากฏอาการใบด่างร่วมกับใบหงิก 25-50% (moderately susceptible) และ 4 = เริ่มปรากฏอาการใบด่างร่วมกับใบหงิก 50-100% (susceptible)).....36

3.4 ลักษณะแปลงปลูกทดสอบมะเขือเทศลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น.....42

4.1 ลักษณะต้นกล้ามะเขือเทศ 42 วัน แสดงลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง ระดับต้านทานมาก (HR) A; AVTO1422 B; AVTO1008 และ C; สีดาทิพย์ 3 (อ่อนแอเปรียบเทียบ).....54

4.2 สายพันธุ์ที่แสดงอาการระดับต้านทาน (R) คือพันธุ์ AVTO1008 AVTO1314 AVTO1422 และ KKU-T14009 แสดงค่าดัชนีความรุนแรงอยู่ระหว่าง 1.00-1.33.....56

4.3 สายพันธุ์ที่แสดงอาการระดับต้านทานปานกลาง (MR) แสดงค่าดัชนีความรุนแรง อยู่ระหว่าง 1.48-2.38 จำนวน 9 สายพันธุ์.....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.4 ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอ *Ty-2* (A) และ *Ty-3* (B) P1-16 และ P6-25 ตามลำดับ ช่องที่ 1: 1 kb marker; ช่องที่ 2: สีดาทิพย์ 3 (อ่อนแอเปรียบเทียบ); ช่องที่ 3-32: สายพันธุ์ที่ใช้ทดสอบ และช่องสุดท้าย: AVTO1008 (ต้านทานเปรียบเทียบ).....59
4.5 ลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์แม่ TKP003 TKP004 และ TKP007.....60
4.6 ลักษณะทางการเกษตรของพันธุ์พ่อที่มีความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง (AVTO1422 และ AVTO1424).....60
4.7 ลักษณะทางการเกษตรของพันธุ์พ่อที่มีความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (AVTO1008 และ KKU-T14009).....61
4.8 ลักษณะต้นกล้าทดสอบโรคเหี่ยวหลือง 42 วันหลังจากปลูกเชื้อ ในสภาพโรงเรือน (สจล.) จำนวน 21 สายพันธุ์ตามระดับการตอบสนอง ระดับ SI = ไม่แสดงอาการ HR = ต้านทานมาก IR = ต้านทานปานกลาง IS = อ่อนแอปานกลาง และ HS = อ่อนแอมาก.....64
4.9 ลักษณะต้นกล้าทดสอบโรคไวรัสใบหงิกเหลือง 56 วันหลังจากปลูกเชื้อ ในสภาพโรงเรือน (สจล.) จำนวน 21 สายพันธุ์ตามระดับการตอบสนอง ระดับ HR = ต้านทานมาก R = ต้านทาน MR = ต้านทานปานกลาง S = อ่อนแอ และ HS = อ่อนแอมาก.....73
4.10 ลักษณะทางการเกษตรของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1.....84
4.11 ลักษณะมะเขือเทศสายพันธุ์พ่อแม่ ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พันธุ์การค้า และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ ปลูกประเมินผลผลิตในสภาพแปลงปลูก (TKR&D).....100
5.1 การเกิดโรคในสภาพแปลงปลูกทดสอบ.....109
5.2 ลักษณะอาการเกิดโรคในสภาพแปลงปลูก.....109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ขนาดใหญ่ที่สำคัญแหล่งหนึ่งในเอเชีย เนื่องจากมีความเหมาะสมทางด้านสภาพภูมิอากาศ แรงงานในการผลิต และมีตลาดรองรับ ซึ่งประเทศไทยมีความได้เปรียบในการส่งออกเล็ดพันธุ์ในตลาดส่งออกทั้งในอาเซียน และนอกอาเซียน (สมพร, 2560) ประเทศไทยแบ่งมะเขือเทศออกเป็น 4 ชนิดตามลักษณะการบริโภค คือ มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก มะเขือเทศสีดา มะเขือเทศรับประทานสดผลใหญ่ และมะเขือเทศอุตสาหกรรม ปัจจุบันมะเขือเทศอุตสาหกรรมมีพื้นที่การเพาะปลูก และมีการใช้ประโยชน์มากที่สุดเนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ทางด้านอุตสาหกรรมอาหาร เวชภัณฑ์เครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมยา ดังนั้นจึงมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ แหล่งผลิตมะเขือเทศผลใหญ่ที่สำคัญของประเทศไทยอยู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดนครพนม สกลนคร หนองคาย นครราชสีมา และบึงกาฬ อย่างไรก็ตาม เกษตรกรที่ผลิตมะเขือเทศมักประสบปัญหาในการผลิตโดยเฉพาะในช่วงอากาศร้อน พบกับปัญหาการระบาดของแมลงหวี่ขาว (*Bemisia tabaci*) ที่เป็นพาหะนำโรคไวรัสใบหงิกเหลืองของมะเขือเทศ (TYLCV) อย่างรุนแรง มีเชื้อสาเหตุมาจาก Begomovirus เมื่อพืชได้รับเชื้อจะเกิดอาการ ใบเหลือง หรือใบเหลืองร่วมกับใบด่าง ใบม้วนงอ และลำต้นแคระแกร็น ทำให้ผลผลิตเสียหาย 100% เมื่อฝนเริ่มตกในต้นฤดูฝนอากาศยิ่งร้อนอบอ้าว เมื่ออากาศร้อนและชื้นจึงประสบกับปัญหาโรคพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่ง โรคเหี่ยวเหลือง (Fusarium wilt) ที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (*Fol*) เป็นเชื้อที่สำคัญชนิดหนึ่งในการผลิตมะเขือเทศ ที่สามารถแพร่ระบาดในหลายแหล่งที่มีการเพาะปลูก และเป็นปัญหาสำคัญในการผลิตมะเขือเทศทั้งในเขตร้อน และกึ่งร้อนทั่วโลก การแพร่ระบาดของโรคเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว โรคเหี่ยวเหลืองสามารถเข้าทำลายตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยทำความเสียหายต่อผลผลิตมะเขือเทศมากถึง 80% (McGrath et al., 1987; Malhotra et al., 1993) ในประเทศไทยพบการระบาดของโรคเหี่ยวเหลืองที่รุนแรง 2 race คือ race 1 และ race 2 โดยเฉพาะใน race 2 ที่แพร่ระบาดอย่างมากบริเวณชายฝั่งริมแม่น้ำโขง และโรคเหี่ยวเหลืองมีโอกาสถ่ายทอดไปกับเมล็ดพันธุ์ได้ ซึ่งจัดเป็นปัญหาสำคัญในธุรกิจเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตามการระบาดของโรคดังกล่าวพบการระบาด และเพิ่มความรุนแรงทุกปี ดังนั้นวิธีที่ดีและยั่งยืนที่สุด คือ การใช้พันธุ์ต้านทานต่อโรคดังกล่าว การปรับปรุงพันธุ์ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง พบแหล่งเชื้อพันธุกรรมต้านทาน ได้มีรายงานไว้ในต่างประเทศ ได้แก่ พันธุ์ UC82-L (ต้านทานต่อ race 1) Walter (ต้านทานต่อ race 1 และ 3) และ I3R-1 (ต้านทานต่อ race 1, 2 และ 3) (Marlatt et al., 1996) นอกจากนั้นศูนย์วิจัยผักของโลก (The World Vegetable Center, Taiwan) มีการพัฒนาสายพันธุ์และสร้างพันธุ์ progressive line ที่มียีนต้านทานต่อโรคดังกล่าวซึ่งความต้านทานต่อโรคขึ้นอยู่กับเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และความจำเพาะต่อพันธุ์ สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองได้มีการนำโมเลกุลเครื่องหมายเข้ามาช่วยในการคัดเลือกเพื่อย่นระยะเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งเครื่องหมายโมเลกุลนี้ได้มีการพัฒนาให้มีความจำเพาะต่อเชื้อ และยีนต้านทาน โดยแหล่งความต้านทานส่วนใหญ่อยู่ในมะเขือเทศพันธุ์ป่า และได้ถูกจำแนกยีนต้านทานต่อ Begomovirus จำนวน 6 ยีน คือ *Ty-1, Ty-2, Ty-3, Ty-4, ty-5* และ *Ty-6* (Ji et al., 2007a,b,c; Verlaan et al., 2013; Hutton and Scott, 2014) สำหรับยีน *Ty-2* มีรายงานว่าอยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 11 (Hanson et al., 2006) และพบว่ามี SCAR-Marker P1-16 วางอยู่ใกล้ตำแหน่งยีนดังกล่าว (Yang et al., 2014) ยีน *Ty-3* มีรายงานว่าอยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 6 (Zamir et al., 1994) อย่างไรก็ตามยีน *Ty-1* รายงานว่าอยู่ตำแหน่งใกล้กับยีน *Ty-3* (Verlaan et al., 2013) และพบว่ามี SCAR-Marker P6-25 วางอยู่ใกล้ตำแหน่งยีนดังกล่าว (Ji et al., 2007a; Jensen et al., 2007) นอกจากนี้มีรายงานว่า SCAR-Marker P1-16 และ SCAR-Marker P6-25 สามารถใช้คัดเลือกยีน *Ty-3* และ ยีน *Ty-2* ได้ในมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก (พัชราภรณ์ และคณะ, 2561) สำหรับยีน *Ty-2* และ *Ty-3* พบว่าสัมพันธ์กับการเกิดโรคไวรัสสายพันธุ์ไทยสามารถทนทานต่อการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ระบาดในไทยได้ (บุญส่ง และกรุง, 2557) ความสำเร็จของการสร้างมะเขือเทศพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวขึ้นอยู่กับการคัดเลือกสายพันธุ์แท้ที่ดีซึ่งสายพันธุ์แท้ดังกล่าวต้องผ่านการทดสอบความสามารถในการรวมตัว (combining ability test) โดยความสามารถในการรวมตัวแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability: GCA) ซึ่งเป็นการแสดงออกโดยเฉลี่ยของสายพันธุ์แท้ที่ได้จากการทดสอบลูกผสมเป็นการวัดอัตราของยีนแบบผลบวก (additive gene action) และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability: SCA) เป็นการแสดงออกของลูกผสมที่ดีเหนือการแสดงออกโดยเฉลี่ยของสายพันธุ์แท้ที่เป็นสายพันธุ์พ่อแม่ (Sprague and Tatum, 1942) เกิดจากยีนแบบไม่เป็นผลบวก (non-additive gene action) รวมไปถึงอิทธิพลของยีนแบบข่มและแบบข่มข้ามคู่ (dominant and epistatic gene action) ซึ่งเป็นการแสดงออกของยีนเฉพาะชั่วรุ่นนั้น ๆ ไม่สามารถถ่ายทอดไปยังชั่วรุ่นอื่นได้ สำหรับการปรับปรุงพันธุ์จะเกิดขึ้นช้าหรือเร็ว นักปรับปรุงพันธุ์สามารถคาดการได้จากค่าอัตราพันธุกรรม ซึ่งเป็นค่าที่แสดงอิทธิพลของพันธุกรรมต่อลักษณะ ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงได้รับอิทธิพลจากยีนมากเนื่องจากยีนเป็นตัวถ่ายทอดลักษณะจากพ่อแม่ไปยังลูก ดังนั้นลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงจึงถ่ายทอดลักษณะสู่รุ่นลูกได้สูงด้วย นิยมใช้อัตราพันธุกรรมอย่างแคบ (narrow sense heritability) มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในการปรับปรุงพันธุ์พืช เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์ (ไพศาล และคณะ, 2546) อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังมีการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองน้อย อีกทั้งพันธุ์มะเขือเทศที่มียีนต้านทานโรคนั้นมีคุณภาพและผลผลิตต่ำไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค และโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศให้มีความสามารถในการต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองได้หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายพันธุ์หรือต้านทานในแนวกว้าง (broad resistance) ด้วยวิธีการรวมยีนต้านทาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาพันธุ์มะเขือเทศอุตสาหกรรมให้ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อประเมินคัดเลือกมะเขือเทศพันธุ์พ่อแม่ที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ระบาดในประเทศไทย

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกยีนต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

1.2.2 เพื่อศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง โรคไวรัสใบหงิกเหลือง ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต ในมะเขือเทศพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1

1.3 สถานที่ดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช โรงเรือน และแปลงภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และบริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในพันธุ์พ่อแม่ที่แพร่ระบาดในประเทศไทย

1.4.2 ได้ทราบประสิทธิภาพการใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกยีนต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

1.4.3 ได้ทราบการแสดงออกของยีนต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง โรคไวรัสใบหงิกเหลือง ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต ในมะเขือเทศพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะเขือเทศ

มะเขือเทศมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Solanum lycopersicum* L. เป็นพืชที่อยู่ในตระกูล *Solanaceae* โดยมีพืชร่วมตระกูลคือ พริก มะเขือ พิทูเนีย ยาสูบ และมันฝรั่ง เป็นต้น มะเขือเทศมีทั้งหมด 17 ชนิด (species) มะเขือเทศพันธุ์ทั่วไปจัดอยู่ในกลุ่ม *S. lycopersicum* (*Lycopercicon esculentum esculentum L. esculentum ceraiforme* และ *L. pimpinellifolium*) มีถิ่นกำเนิดในแถบชายฝั่งตะวันตกของอเมริกาใต้บริเวณประเทศเอกวาดอร์ ชิลี และเปรู รวมทั้งเกาะกาลาปากอส ในศตวรรษที่ 18 ได้มีการเผยแพร่และพัฒนามะเขือเทศพันธุ์ใหม่ขึ้น เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการแปรรูปในทวีป ยุโรป และอเมริกาเหนือ มะเขือเทศจัดเป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ (พีระศักดิ์ และเจริญศักดิ์, 2529) มะเขือเทศจัดเป็นพืชผสมตัวเองโดยทั่วไปผสมตัวเองได้สูงถึง 98% ขึ้นไป ดังนั้นจึงมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมน้อยมาก และมีโอกาสผสมข้าม 2-5% (จานุ ลักษณ์, 2541) จำนวนโครโมโซมเท่ากับ 2n = 24 คู่ ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจกับสุขภาพมากขึ้น การรับประทานอาหารที่มีประโยชน์จะช่วยให้สุขภาพดี ดังนั้นมะเขือเทศจึงเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญต่อสุขภาพชนิดหนึ่ง เนื่องจากในผลสุกมะเขือเทศประกอบด้วยสาร carotenoids (เสาวนี, 2558) โดยเฉพาะไลโคปีน (lycopene) เป็นสารสำคัญในกลุ่ม carotenes พบมากในมะเขือเทศผลสีแดง ดังนั้นมะเขือเทศจึงเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านออกซิเดชั่น อย่างไรก็ตามปริมาณของไลโคปีนมีความแตกต่างกันภายในสายพันธุ์มะเขือเทศ (Stahl and Sies, 1996)

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะเขือเทศ

ราก มะเขือเทศมีระบบรากแก้ว (tap root system) ที่เจริญเติบโตได้รวดเร็ว และแข็งแรง เมื่อรากแก้วถูกทำลายจะสร้างรากแขนง (leteral roots) และระบบรากฝอย (fibrous roots) มาทดแทนเป็นจำนวนมาก ระบบรากจะเปลี่ยนแปลงตามระบบการปลูก เช่น การปลูกโดยหว่านเมล็ดลงในแปลงเพาะกล้าแล้วทำการถอนต้นกล้าเพื่อนำไปปลูกในแปลงจะทำให้ระบบรากแก้วถูกทำลาย มะเขือเทศจะสร้างรากฝอยมาทดแทน และสามารถสร้างรากพิเศษ (adventitious roots) บนต้นได้ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสม (สมภพ, 2530)

ลำต้น ในระยะแรกจะมีขนขึ้นปกคลุม มีลำต้นกลมอ่อนเปราะ เมื่อมีอายุมากขึ้นลำต้นแข็งเป็นเหลี่ยม มีกิ่งก้านสาขาแผ่กว้าง

ใบ มีสีเขียวปนเทา ย่น และเรียว เป็นใบรวม (compound leaves) ประกอบด้วยใบย่อย 7-9 ใบ แต่ละใบย่อยยาว 5-10 นิ้ว โดยอยู่รวมกันเป็นคู่ ๆ ยกเว้นใบย่อยปลายใบจะมีใบเดี่ยว (odd-pinnately compound leaves) ใบมีขนขึ้น และมีต่อมที่ขนใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอก เป็นช่อดอกแบบ raceme เจริญจากลำต้นบริเวณข้อหรือระหว่างข้อ เรียกว่า ทรัสส์ (truss) หรืออินฟอลเรสเซนซ์ (inflorescence) หรือคลัสเตอร์ (cluster) มีการจัดเรียงช่อดอกแบบ monochasial cyme เนื่องจากช่อดอกประกอบด้วยดอกเดี่ยวในแต่ละช่อ ช่อดอกมีดอกย่อย 4-50 ดอก

ดอก กลีบดอกมีสีเหลือง กลีบเลี้ยงสีเขียวจำนวน 5 กลีบ เป็นดอกสมบูรณ์เพศ เกสรตัวผู้ประกอบด้วยอับเรณูรูปร่างยาวจำนวน 5 อัน เชื่อมติดต่อกันเป็นหลอด มีก้านยอดเกสรตัวเมียสอดตรงกลางส่งให้ยอดเกสรตัวเมียอยู่ในแนวระดับใกล้เคียงกับปลายอับเรณู ส่วนการผสมเกสร (pollination) พันธุ์มะเขือเทศส่วนใหญ่ผสมตัวเอง (self pollination) ถุงหรืออับละอองเกสรเปิดหลังจากดอกบาน 24-48 ชั่วโมง เกสรตัวเมียพร้อมที่จะผสมได้ก่อนที่อับละอองเกสรเปิด 1-2 วัน

ผล เป็นผลแบบ fleshy berry รูปร่างขนาด และสีไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับพันธุ์ เมล็ดอยู่ภายใน fleshy mesocarp ติดอยู่กับผนังรังไข่ (placenta) ทรงผลมีตั้งแต่กลมจนถึงกลมรี สีของผลขึ้นอยู่กับเม็ดสี (pigment) ผลประกอบด้วยช่องว่างในผล (locule) มีตั้งแต่ 2-25 ช่อง ภายในช่องเป็นที่อยู่ของเมล็ด ซึ่งมีขนาดเล็ก และถูกล้อมรอบด้วยวุ้นสร้างเมล็ดใน fleshy mesocarp ลักษณะรูปร่างแตกต่างกัน เช่น กลม (round) กลมแป้น (oblate) กลมยาว (pear shape) หรือเป็นเหลี่ยม (square or blocky shape)

เมล็ด ลักษณะรูปไข่ แบน เปลือกหุ้มเมล็ดมีขนละเอียดปกคลุมอยู่ทั่วไป ความยาวของเมล็ดแต่ต่างกันตั้งแต่ 3-5 มิลลิเมตร ภายในเมล็ดมีต้นอ่อนขดกลม (coiled embryo) ล้อมรอบด้วย endosperm ซึ่งมะเขือเทศนั้นเป็นพืชที่อยู่ในอันดับ (order) Polemoniales อยู่ในตระกูล (family) *Solanaceae* หรือ *Nightshade* สกุล *Lycopersicon* ซึ่งเป็นสกุลที่ค่อนข้างเล็ก มีเพียง 6 ชนิด (species) เท่านั้น

2.1.2 การจำแนกชนิดของมะเขือเทศ

นอกจากการจำแนกตามหลักพฤกษศาสตร์แล้วยังมีการจัดจำแนกตามการเจริญเติบโตและการนำไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

2.1.2.1 การจำแนกตามลักษณะการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ แบ่งเป็น 3 แบบ (จานุ ลักษณ์, 2535; กรุง, 2539 และ Villareal, 1980)

1) แบบไม่ทอดยอด (determinate type) ลำต้นตั้งตรง เป็นลักษณะของมะเขือเทศที่ออกดอกในระยะเวลาใกล้เคียงกัน และระยะเวลาการเจริญเติบโตจำกัด ให้ผลผลิตเร็ว ลักษณะทรงต้นเป็นพุ่มเตี้ย

2) แบบทอดยอด (indeterminate type) ประกอบด้วยช่อดอกข้างเท่านั้น การออกดอกจะทยอยออกไม่พร้อมกันในขณะที่ออกดอกส่วนปลายยอดยังมีการเจริญทางกิ่งก้าน และใบ ช่อดอกจะเกิดระหว่างช่อบนลำต้นหรือกิ่งแขนงออกดอกข้อเว้นสองข้อหรือมากกว่านี้ ทรงพุ่มหลวม ต้นสูงต้องขึ้นค้าง การให้ผลผลิตช้าและช่วงเก็บเกี่ยวยาวนาน (มณีฉัตร, 2538) เหมาะสำหรับมะเขือเทศผลสด การตัดแต่งกิ่ง และตัดแต่งผลจะช่วยเพิ่มคุณภาพผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) แบบกึ่งทอดยอด (semi-indeterminate type) เมื่อตายอดเกิดช่อดอกแล้ว จะมีกิ่งแขนงเกิดที่ใต้ช่อดอกและเติบโตต่อไป ต้องใช้ไม้ค้างในการประคองทรงพุ่ม และหยุดการเจริญเติบโตทางกิ่งก้านใบเร็วกว่าแบบทอดยอด

2.1.2.2 การจำแนกมะเขือเทศตามลักษณะผล และการใช้ประโยชน์

มะเขือเทศรับประทานผลสด สามารถจำแนกแบ่งออกตามขนาดของผลเป็นมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก และมะเขือเทศรับประทานสดผลใหญ่ คุณลักษณะของมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก และผลใหญ่มีคุณลักษณะเฉพาะแตกต่างกัน คือ

1) มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก (cherry tomato) ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์เลื้อย หรือกึ่งพุ่มกึ่งเลื้อย โดยมีการแบ่งผลของมะเขือเทศตามรูปทรง และขนาดผลออกเป็น 4 ประเภท คือ ผลกลม (round) ผลเป็นพู (ribbed) ผลยาว หรือผลรี (oblong หรือ elongated) มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก (cherry และ cocktail) มีผลเล็กน้ำหนักผลประมาณ 10-30 กรัม มีการจัดเรียงของช่อผลที่สม่ำเสมอโดยมีผลมะเขือเทศอย่างน้อยที่สุด 12 ผลต่อช่อ นอกจากนั้นควรมีลักษณะเนื้อผลหนา ผลมีความเนื้อแน่น ผลกรอบ เมล็ดน้อย น้ำหนักดี และมีรสชาติค่อนข้างหวานมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ total soluble solid (TSS) มากกว่า 8 °Brix (เสาวนี, 2558)

2) มะเขือเทศกลุ่มสีดา มะเขือเทศกลุ่มผลเล็กที่มีน้ำหนักผลมากกว่า 20 กรัม แต่มีลักษณะที่แยกออกจากกลุ่มเชอร์รี่ด้าน รสชาติที่เปรี้ยว มีปริมาณกรดสูง และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ไม่เกิน 4 °Brix ผลเมื่อสุกมีสีชมพูถึงชมพูเข้ม รูปร่างผลทรงรี รูป ไข่ และรูปแพร์ (อรรถพล, 2557)

3) มะเขือเทศรับประทานสดผลใหญ่ (table tomato) ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์เลื้อย มักมีลักษณะผลแบบทรงกลม คล้ายแอปเปิ้ล น้ำหนักผลมากกว่า 40 กรัม และอาจสูงถึง 400 กรัม เมื่อผลสุกมีสีแดงเข้ม ไหล่ผลมีสีเขียว เนื้อหนาแข็งเปลือกไม่เหนียว จำนวนช่องภายในผลมากและไม่กลวง รสชาติดี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) สูง มะเขือเทศกลุ่มนี้มักจะมีแกนกลางใหญ่ และหยักเป็นหลายแฉก มีปริมาณเนื้อมาก น้ำในผลมาก แต่เปลือกผลบางช้ำได้ง่าย รูปร่างผลมีหลายแบบ ได้แก่ ผลจีบแบบฟักทอง แบน แป้น กลม รี และรูปไข่ มีสีสันเมื่อสุกหลากหลาย ได้แก่ แดง ชมพู ส้ม เหลือง ม่วง เขียวนอกจากนี้ยังมีสารสำคัญหลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สารไลโคพีน เบต้าแคโรทีน และวิตามินซี (เสาวนี, 2558)

4) มะเขือเทศสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูป (processing tomato) ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์พุ่ม เป็นพันธุ์ที่สุกแก่พร้อมกันเป็นส่วนใหญ่ ผลมีทั้งกลมและรี น้ำหนักผลมากกว่า 40 กรัม ขนาดผลไม่ควรน้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร ผลสุกมีสีแดงไม่มีไหล่หรือขั้วผลสีเหลือง ผลมีผิวเรียบเนียน ลักษณะที่เป็นที่ต้องการของตลาด คือ ผลแน่นเนื้อแข็ง ปลายผลไม่แหลมหรือมีติ่ง สามารถขนส่งได้ในระยะทางไกล ๆ และเก็บไว้ได้นานโดยไม่เน่าเสีย เจริญเติบโตได้ในพื้นที่เขตร้อน ขั้วผลควรหลุดจากผลได้ง่ายเมื่อปลิดผล มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ≥ 5 °Brix ความเป็นกรดเป็นด่าง ≤4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิตต่อไร่สูง (ผลผลิตไม่ควรต่ำกว่า 3 กก./ต้น) มีค่าสีแดง-สีเหลือง (a/b) มากกว่า 2.2 ทนทานต่อโรคเหี่ยวเขียวเป็นพื้นฐาน รองลงมา ได้แก่ โรคเหี่ยวเหลือง และไส้เดือนฝอย (บุญส่ง, 2557)

2.2 ความสำคัญทางด้านโภชนาการ

มะเขือเทศนอกจากจะเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทยและยังความสำคัญอีกมากเนื่องจากผลของมะเขือเทศสามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง และที่สำคัญยังให้คุณค่าทางโภชนาการสูงอีกด้วยโดยเป็นแหล่งของวิตามิน และแร่ธาตุที่จำเป็นของมนุษย์และสัตว์ (สมภพ, 2530) มะเขือเทศสามารถบริโภคได้ทั้งผลสดและแปรรูป ซึ่งมะเขือเทศให้ประโยชน์อย่างมากมาย เช่น ช่วยบำรุงผิวพรรณให้ชุ่มชื่นไม่แห้งกร้าน มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยลด และชะลอการเกิดริ้วรอยแห่งวัย ช่วยเสริมภูมิคุ้มกันของร่างกายให้แข็งแรง มีสารแอนตี้ออกซิแดนท์ (antioxidant) คือ ไลโคปีนโดยเฉพาะในมะเขือเทศอบแห้ง และมะเขือเทศผง (ตารางที่ 2.1) ที่มีคุณสมบัติสามารถลดการเกิดมะเร็งลำไส้ และมะเร็งต่อมลูกหมากได้ วิตามินซีในมะเขือสามารถป้องกันและรักษาโรคลักปิดลักเปิด ช่วยระบบการย่อย และช่วยการขับถ่ายอุจจาระอีกด้วย ช่วยป้องกันการแข็งตัวของหลอดเลือด มะเขือเทศยังมีฤทธิ์ขับปัสสาวะจึงสามารถแก้อาการความดันโลหิตสูง มีวิตามินเอ ซึ่งมีส่วนชวยบำรุงสายตา มะเขือเทศ มีบีตาแคโรทีน และฟอสฟอรัสในปริมาณมากช่วยในการรักษาสิว ในผลมะเขือเทศมีสารสำคัญ (USDA, 2019) (ตารางที่ 2.1) จำพวกแคโรทีนอยด์ ชื่อ ไลโคปีน (lycopene) ซึ่งเป็นสารสีแดง และวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินเค โดยเฉพาะวิตามินเอ และวิตามินซี มีในปริมาณสูง มีกรดมาลิก กรดซิตริก ซึ่งให้รสเปรี้ยว และมีกลูตามิค (glutamic) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ช่วยเพิ่มรสชาติให้อาหาร นอกจากนี้ยังประกอบด้วยแร่ธาตุหลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก เป็นต้น นอกจากนี้มะเขือเทศยังมี วิตามินซี (citrin) ฟลาโวนอยด์ หรือไบโอฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารเมทาบอไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolite) ของพืชกลุ่มหนึ่งที่รู้จักกันทั่วไปนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของมะเขือเทศผลสด และแปรรูปแต่ละชนิด 100 กรัม

Nutrition (100 g)	Unit	Tomatoes (green, raw)	Tomatoes (red, ripe)	Tomatoes (red, dried)	Tomato catsup	Tomato powder	Tomato (canned, sauce)
Water	g	93	94.34	14.56	68.51	3.06	91.28
Energy	kcal	23	18	258	101	302	24
Energy	kJ	95	73	-	-	1263	102
Protein	g	1.2	0.95	14.11	1.04	12.91	1.2
Total lipid (fat)	g	0.2	0.11	2.97	0.1	0.44	0.3
Ash	g	0.5	0.6	-	-	8.91	1.92
Carbohydrate, by difference	g	5.1	4.01	55.76	27.4	74.68	5.31
Fiber, total dietary	g	1.1	0.7	12.3	0.3	16.5	1.5
Sugars, total including NLEA	g	4	2.49	37.59	21.27	43.9	3.56
Sucrose	g	-	0	-	-	-	0.07
Glucose (dextrose)	g	-	1.18	-	-	-	1.82
Fructose	g	-	1.31	-	-	-	1.67
Lactose	g	-	0	-	-	-	0
Maltose	g	-	0	-	-	-	0
Galactose	g	-	0	-	-	-	0
Calcium, Ca	mg	13	11	110	15	166	14
Iron, Fe	mg	0.51	0.68	9.09	0.35	4.56	0.96
Magnesium, Mg	mg	10	9	194	13	178	15
Phosphorus, P	mg	28	28	356	26	295	27
Potassium, K	mg	204	218	3427	281	1927	297
Sodium, Na	mg	13	11	107	907	134	474
Zinc, Zn	mg	0.07	0.14	1.99	0.17	1.71	0.22
Copper, Cu	mg	0.09	0.075	1.423	0.085	1.241	0.115
Manganese, Mn	mg	0.1	0.105	-	-	1.951	0.113
Selenium, Se	µg	0.4	0.5	5.5	0.7	5.3	0.6
Vitamin C, total ascorbic aci	mg	23.4	22.8	39.2	4.1	116.7	7
Thiamin	mg	0.06	0.036	0.528	0.011	0.913	0.024
Riboflavin	mg	0.04	0.022	0.489	0.166	0.761	0.065
Niacin	mg	0.5	0.532	9.05	1.434	9.133	0.991
Pantothenic acid	mg	0.5	0.129	-	-	3.76	0.309
Vitamin B-6	mg	0.081	0.079	0.332	0.158	0.457	0.098
Folate, total	µg	9	13	68	9	120	9
Folic acid	µg	0	0	0	0	0	0
Folate, food	µg	9	13	68	9	120	9
Folate, DFE	µg	9	13	68	9	120	9
Choline, total	mg	8.6	6.9	104.6	12.5	-	9.9
Vitamin B-12	µg	0	0	0	0	0	0
Vitamin B-12, added	µg	0	0	0	0	0	0
Vitamin A, RAE	µg	32	24	44	26	862	22
Retinol	µg	0	0	0	0	0	0
Carotene, beta	µg	346	293	524	316	10348	259
Carotene, alpha	µg	78	0	0	0	0	0
Cryptoxanthin, beta	µg	0	0	0	0	0	3

ที่มา: USDA (2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของมะเขือเทศผลสด และแปรรูปแต่ละชนิด 100 กรัม (ต่อ)

Nutrition (100 g)	Unit	Tomatoes (green, raw)	Tomatoes (red, ripe)	Tomatoes (red, dried)	Tomato catsup	Tomato powder	Tomato (canned, sauce)
Vitamin A, IU	IU	642	489	-	-	17247	435
Lycopene	µg	0	3041	45902	12062	46260	13895
Lutein + zeaxanthin	µg	0	94	1419	161	1370	24
Vitamin E (alpha-tocopherol)	mg	0.38	0.56	0.01	1.46	12.25	1.44
Vitamin E, added	mg	0	0	0	0	0	0
Tocopherol, beta	mg	-	0.01	-	-	-	0.02
Tocopherol, gamma	mg	-	0.21	-	-	-	0.1
Tocopherol, delta	mg	-	0.01	-	-	-	0
Tocotrienol, alpha	mg	-	0	-	-	-	-
Tocotrienol, beta	mg	-	0	-	-	-	-
Tocotrienol, gamma	mg	-	0	-	-	-	-
Tocotrienol, delta	mg	-	0	-	-	-	-
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0	0	0	0	0	0
Vitamin K (phylloquinone)	µg	10.1	2.8	43	3	48.8	2.8
Fatty acids, total saturated	g	0.028	0.015	0.426	0.014	0.062	0.041
Fatty acids, total monounsaturat	g	0.03	0.016	0.487	0.015	0.066	0.045
Fatty acids, total polyunsaturate	g	0.081	0.044	1.115	0.041	0.179	0.121
Fatty acids, total trans	g	0	0	-	-	0	0
Cholesterol	mg	0	0	0	0	0	0
Tryptophan	g	0.009	0.008	-	-	0.089	0.01
Threonine	g	0.03	0.027	-	-	0.295	0.041
Isoleucine	g	0.029	0.026	-	-	0.25	0.027
Leucine	g	0.044	0.039	-	-	0.359	0.038
Lysine	g	0.044	0.039	-	-	0.37	0.041
Methionine	g	0.01	0.009	-	-	0.066	0.008
Cystine	g	0.016	0.014	-	-	0.076	0.014
Phenylalanine	g	0.031	0.028	-	-	0.273	0.04
Tyrosine	g	0.021	0.018	-	-	0.173	0.02
Valine	g	0.031	0.027	-	-	0.264	0.027
Arginine	g	0.029	0.026	-	-	0.258	0.031
Histidine	g	0.018	0.016	-	-	0.204	0.022
Alanine	g	0.034	0.03	-	-	0.405	0.041
Aspartic acid	g	0.166	0.148	-	-	1.617	0.202
Glutamic acid	g	0.442	0.393	-	-	5.163	0.645
Glycine	g	0.03	0.026	-	-	0.213	0.029
Proline	g	0.023	0.02	-	-	0.283	0.023
Serine	g	0.032	0.028	-	-	0.308	0.039
Alcohol, ethyl	g	0	0	0	0	0	0
Caffeine	mg	0	0	0	0	-	0
Theobromine	mg	0	0	0	0	-	0
Caffeine	mg	0	0	0	0	-	0
Theobromine	mg	0	0	0	0	-	0

ที่มา: USDA (2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การผลิต และการจัดการมะเขือเทศ

มะเขือเทศเป็นพืชผักฤดูเดียว (annual plant) ที่นิยมปลูกและบริโภคกันแพร่หลายทั่วโลก สามารถปลูกและผลิตได้ตลอดปีในทุกภาคของประเทศไทย เป็นพืชที่มีแมลงรบกวนน้อย ให้ผลตอบแทนเร็ว สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ จะสามารถเจริญเติบโตทางลำต้น ใบ และดอกได้ดีตลอดทั้งปี แต่การติดผลของมะเขือเทศต้องการสภาพอากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิกลางวันอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกลางคืนระหว่าง 16-20 องศาเซลเซียส มะเขือเทศ สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในดินร่วนทราย และดินร่วนเหนียว ความเป็นกรดด่าง (pH) ที่เหมาะสม ประมาณ 5.5-7.0 (กรุง, 2537) การเก็บเกี่ยวมะเขือเทศ การเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับพันธุ์ แต่โดยเฉลี่ยแล้วเมื่อปลูกได้ประมาณ 30-45 วัน มะเขือเทศจะเริ่มออกดอก และจะเริ่มเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 70-90 วัน และจากเริ่มปลูกถึงเก็บเกี่ยวหมด ประมาณ 4-5 เดือน อายุของผลที่เก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการปลูกเป็นสำคัญ (อรสา และคณะ, 2540) ปลูกเพื่อส่งตลาดสดจะต้องเก็บในระยะที่ไม่แก่จัดคือในระยะที่ผลเป็นสีเขียว และเริ่มการเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีชมพูเรื่อ ๆ หรือสีส้มเหลืองเพียงเท่านั้น และการเก็บจะต้องให้ขั้วผลติดมาด้วย เหตุที่ต้องเก็บผลในระยะที่ไม่แก่จัดเนื่องจากทำให้ทนทานต่อการขนส่ง และเมื่อมะเขือเทศถึงมือผู้บริโภคหรือวางขายในตลาดก็จะเริ่มสุกพอดี (แก่จัดผลมีสีส้มหรือสีแดง) ส่วนการเก็บเกี่ยวผลมะเขือเทศเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรมต้องเก็บในระยะผลสุก เป็นสีแดงหรือสีส้มทั้งผล (แล้วแต่พันธุ์) และเก็บไม่ให้มีขั้วผลติดมากับผล หากผลไม่สุกแดงและมีขั้วผลติดมาด้วยโรงงานอุตสาหกรรมจะคัดทิ้ง เนื่องจากเมื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์แล้วจะทำให้คุณภาพและสีของผลิตภัณฑ์เสียไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่ต้องการ ในปี ค.ศ. 2019 องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ หรือ Food and Agriculture Organization (FAO) รายงานข้อมูลสถิติเกี่ยวกับพื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตมะเขือเทศของโลกพบว่ามีพื้นที่เพาะปลูกทั่วโลกอยู่ที่ 5,030,545 เฮกตาร์ หรือคิดเป็น 31,440,906.25 ไร่ มีผลผลิตมะเขือเทศทั่วโลกอยู่ที่ 180,766,329 ล้านตัน ภูมิภาคที่มีการผลิตมะเขือเทศมากที่สุดได้แก่ ภูมิภาคเอเชียคิดเป็นร้อยละ 62.0% อเมริกา 13.2% ยุโรป 12.6% แอฟริกา 12.0% และโอเชียเนีย 0.2% ซึ่งประเทศที่มีผลิตมากที่สุด 10 อันดับ คือ ประเทศจีน 62,764,671 ล้านตัน อินเดีย 19,007,000 ล้านตัน ตุรกี 12,841,990 ล้านตัน สหรัฐอเมริกา 10,858,990 ล้านตัน อียิปต์ 6,751,856 ล้านตัน อิตาลี 5,252,690 ล้านตัน อิหร่าน 5,248,904 ล้านตัน สเปน 5,000,560 ล้านตัน เม็กซิโก 4,271,914 ล้านตัน บราซิล 3,917,967 ล้านตัน ตามลำดับ และประเทศไทยจัดอยู่ในอันดับที่ 73 ผลผลิตมะเขือเทศ 124,944 ตัน (FAO, 2019)

2.3.1 การผลิตมะเขือเทศในประเทศไทย

การปลูกมะเขือเทศในประเทศไทยมีการปลูกกันมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ โดยแบ่งตามการใช้ประโยชน์เป็น 2 ประเภท คือ มะเขือเทศบริโภคสด (table tomato) กับมะเขือเทศส่งโรงงานอุตสาหกรรม (processing tomato) มะเขือเทศส่วนใหญ่ที่ปลูกในประเทศไทยได้รับการปรับปรุงพันธุ์มาจากประเทศเขตอบอุ่น ดังนั้นการปลูกให้ได้ผลผลิตสูงจึงควรปลูกในฤดูหนาว การปลูกในฤดูร้อนและฤดูฝนจะพบปัญหามากทั้งให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากโรคและแมลงเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำลาย (ศุภลักษณ์, 2537) อย่างไรก็ตามในฤดูร้อน และฤดูฝนมะเขือเทศในตลาดจะมีราคาสูงมาก โดยเฉพาะช่วงเดือน มิถุนายน-ตุลาคม

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะเขือเทศรวม 39,050 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยว 37,463 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 134,084 ตัน แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกมะเขือเทศโรงงานอุตสาหกรรม 22,931 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยว 22,080 ไร่ ได้ผลผลิต 90,324 ตัน และพื้นที่ปลูกมะเขือเทศบริโภคสด 16,119 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยว 15,383 ไร่ ได้ผลผลิต 43,760 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ข้อมูลการเพาะปลูกรายจังหวัด ในปี พ.ศ. 2563 รวมทั้งประเทศมีเนื้อที่เพาะปลูก 39,555 ไร่ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่การเพาะปลูกมากที่สุด 19,728 ไร่ ได้แก่ จังหวัดสกลนคร นครพนม หนองคาย นครราชสีมา บึงกาฬ อุบลราชธานี มุกดาหาร กาฬสินธุ์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด อุดรธานี ขอนแก่น หนองบัวลำภู บุรีรัมย์ อำนาจเจริญ ชัยภูมิ และเลย รองลงมาคือภาคเหนือ 12,860 ไร่ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง ตาก เชียงราย พะเยา แม่ฮ่องสอน อุทัยธานี เพชรบูรณ์ และลำพูน ภาคกลาง 6,941 ไร่ ได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สระบุรี นครปฐม กาญจนบุรี ราชบุรี สุพรรณบุรี ลพบุรี และชัยนาท และภาคใต้ 26 ไร่ ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) นอกจากนี้ประเทศไทยมีการส่งออกมะเขือเทศสด หรือแช่เย็น มะเขือเทศทั้งผลหรือเป็นชิ้นปรุงแต่ง น้ำมะเขือเทศ ซอสมะเขือเทศ และมะเขือเทศผง

2.4 การผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ และการนำเข้า-ส่งออกเมล็ดมะเขือเทศ

มะเขือเทศเป็นพืชที่นิยมปลูก และบริโภคกันทั่วโลกจึงทำให้มะเขือเทศมีความสำคัญเป็นอันดับที่สองรองจากมันฝรั่ง (บุญส่ง, 2557) จากการรายงานของ FAOSTAT ในปี ค.ศ. 2019 พบว่าทั่วโลกมีผลผลิตมะเขือเทศ 180.76 ล้านตัน จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ทราบว่ามีการใช้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมากในการผลิตเมล็ดพันธุ์ มะเขือเทศลูกผสมเริ่มต้นครั้งแรกที่ประเทศญี่ปุ่น สำหรับประเทศไทยเริ่มผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเป็นการค้าเมื่อปี พ.ศ. 2522 ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตพืชพันธุ์เขตร้อนที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลกเป็นฐานการผลิตเมล็ดพันธุ์ใหญ่ที่สุดในอาเซียน โดยมีการส่งออกเมล็ดพันธุ์ไปยังประเทศในกลุ่มอาเซียนมากเป็นอันดับ 1 และเป็นอันดับ 3 ในภูมิภาคเอเชียรองจากจีน และญี่ปุ่น เป็นอันดับที่ 22 ของโลก (International Seed Federation, 2017) หลักการสำคัญที่ผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศให้ประสบความสำเร็จจะต้องมีการวางแผนในการผลิต จำนวนต้นพ่อต่อต้นแม่ในการผลิตแต่ละครั้งเท่ากับ 1:4 โดยปลูกพันธุ์พ่อก่อนปลูกพันธุ์แม่ 1 สัปดาห์ การตอนดอก (emasculation) ควรตอนก่อนดอกบาน 2-3 วัน และทำการผสมในเช้าวันถัดไป การเก็บเกสรตัวผู้นั้นจะต้องเก็บดอกที่บานเต็มที่ อับเกสรตัวผู้มีสีเหลืองจัด การเก็บเกสรตัวผู้นั้นควรเก็บในตอนเช้าช่วงเวลา 9.30-12.00 น. เป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุด หลังจากนั้นนำเกสรมาตากแดดบนผ้า 2-3 ขั่วโมง แล้วนำมาเก็บไว้ในร่มเพื่อให้คายความร้อนแล้วนำเกสรใส่ถ้วยเล็ก ๆ บีบละอองเกสรให้แตก เคาะให้ละอองเกสรหลุดออกมา หากต้องการสำรองเกสรไว้ เกสรจะเก็บได้นาน 3 วัน โดยเก็บไว้ในที่แห้งและเย็น อุณหภูมิประมาณ 27 องศาเซลเซียส (FAO, 1961) สำหรับการถ่ายละอองเกสร (pollination)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรียมเกสรตัวผู้โดยใช้ถ้วยเล็กสองใบ ใส่เกสรตัวผู้ลงในถ้วยใบหนึ่งแล้วห่อด้วยผ้าขาวบาง เคาะเบา ๆ กับอีกถ้วยหนึ่งจะทำให้เกสรตัวผู้ (pollen) หลุดออกมา ใช้คีมคีบปลายแหลมแตะที่ละอองเกสรจากถ้วย แตะลงปลายยอดเกสรตัวเมีย (stigma) ใช้คีมคีบปลายแหลมขลิบกลีบดอกเพื่อเป็นเครื่องหมายว่าทำการผสมแล้ว โดยเวลาที่เหมาะสมในการผสมคือช่วงเช้าเวลาประมาณ 7.30-11.30 น. (ทศพร และชัยฤกษ์, 2525) ซึ่งพบว่าช่วงระยะเวลานี้ทำให้ตัวเมียติดผลและมีจำนวนเมล็ดต่อผลสูงสุด (Scott and William, 1980) นอกจากนี้ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมขนาดใหญ่ที่สำคัญแหล่งหนึ่งในเอเชียเนื่องจากได้เปรียบด้านทำเลที่ตั้ง ความเหมาะสมทางด้านสภาพภูมิอากาศตลอดจนความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐาน และที่สำคัญแรงงานในการผลิตมีทักษะความชำนาญด้านการผลิตเมล็ดพันธุ์สูงพร้อมมีตลาดรองรับ (ทศพร และชัยฤกษ์, 2525) จึงส่งผลให้ในปี 2560 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศของไทยอยู่ที่ 19.61 ตัน คิดเป็นมูลค่า 47.12 ล้านบาท และในปีเดียวกัน ประเทศไทยได้ส่งออกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในปริมาณ 38.34 ตัน สามารถสร้างรายได้เข้าประเทศไทยคิดเป็น มูลค่า 5,452.44 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560)

2.5 โรคที่สำคัญของมะเขือเทศ

ปัจจัยหลักที่เป็นปัญหาอันดับต้น ๆ ของการผลิตมะเขือเทศคือโรคพืชเนื่องจากมะเขือเทศสามารถเกิดโรคได้ทุกระยะการเจริญเติบโต และทุกส่วนของต้นมะเขือเทศ ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือลดลง 30-50% สำหรับโรคที่เกิดบนต้นและกิ่งก้าน หากเกิดโรคที่รุนแรงทำให้ไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ผลผลิตเสียหาย 100% โรคที่สำคัญที่พบในมะเขือเทศมีดังนี้

1) โรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* ก่อให้เกิดโรค bacterial wilt

เชื้อสามารถเข้าทำลายได้ทุกระยะของการเจริญเติบโต อาการที่ปรากฏจะเริ่มเหี่ยวที่ยอดก่อน โดยยอดจะเหี่ยวในเวลากลางวัน และสามารถฟื้นตัวได้ในเวลากลางคืน ต่อมาจะเหี่ยวถาวรทั้งใบล่างและใบบน เมื่อนำโคนต้นมาตัดตามขวางจะพบวงแหวนสีน้ำตาล เป็นวงบริเวณท่อน้ำและท่ออาหาร และพบเมือก (bacterial ooze) สีขาวขุ่น ลักษณะเหนียวหนืดบริเวณรอยตัด (ศักดิ์, 2537) เชื้อนี้อยู่รอดในดินได้เป็นเวลานาน (Prior et al., 1998) การปลูกพืชหมุนเวียนสามารถควบคุมโรคนี้ได้ ซึ่งโรคนี้ไม่สามารถควบคุมโดยการใช้สารเคมี (ปริเชษฐ์, 2548)

Xanthomonas euvesicatoria (synonym = *Xanthomonas campestris* pv. vesicatoria race 1) *Xanthomonas vesicatoria* (synonym = *Xanthomonas campestris* pv. vesicatoria race 2) *Xanthomonas perforans* (synonym = *Xanthomonas campestris* pv. vesicatoria races 3 & 4) และ *Xanthomonas gardneri* ก่อให้เกิดโรค bacterial spot เชื้อสามารถเข้าทำลายได้ทุกระยะของการเจริญเติบโต อาการที่ปรากฏจะเกิดจุดแผลฉ่ำน้ำ ต่อมาเป็นแผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเป็นวงรอบแผล มีสีเหลืองรอบแผล แผลลุกลามขยายติดกันกลายเป็นสีน้ำตาล ทิ้งใบและร่วง อาการเกิดได้ทั้งบนใบและผล ในแผลเป็นจุดสีดำ แบคทีเรียเหล่านี้สามารถอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอดได้ในเศษซากพืช วัชพืช และเมล็ด การให้น้ำแบบ overhead irrigation อาจส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว แพร่ระบาดในฤดูฝน หรือช่วงที่อากาศมีความชื้นสูงจึงทำให้ผลผลิตลดลง

Pseudomonas syringae pv. tomato ก่อให้เกิดโรค bacterial speck แบคทีเรียนี้สามารถเกิดที่ ใบ ลำต้น ก้านใบ ดอก และผล อาการทางใบปรากฏเป็นจุดสีน้ำตาลเข้มถึงจุดดำมักจะล้อมรอบด้วยรัศมีสีเหลือง รอยโรคเหล่านี้มีลักษณะเป็นวงกลมถึงรูปร่างเป็นเหลี่ยม แพร่ระบาดในฤดูฝนหรือช่วงที่อากาศมีความชื้นสูง แบคทีเรียชนิดนี้สามารถอยู่รอดได้ในพืช และวัชพืชหลายชนิด ในขณะที่การระบาดสามารถถ่ายทอดผ่านเมล็ดได้

เชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุโรคมะเขือเทศที่สำคัญอื่น ๆ ได้แก่ *Clavibacter michiganensis* sub sp. *michiganensis* โรคแคงเกอร์ (bacterial canker) *Pectobacterium carotovorum* sub sp. *Carotovorum* และ *Pectobacterium carotovorum* sub sp. *brasiliensis* โรคลำต้นเน่า (bacterial stem rot) *Pseudomonas cichorii Pseudomonas corrugata Pseudomonas fluorescens Pseudomonas mediterranea* และ *Pseudomonas viridiflava* โรคไส้ดำ (pith necrosis) *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* โรคใบจุด (syringae leaf spot)

2) เชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคมะเขือเทศที่สำคัญ ได้แก่

Phytophthora infestans ก่อให้เกิดโรค late blight อาการของโรคใบไหม้มะเขือเทศสามารถเกิดขึ้นได้กับทุกระยะการเจริญเติบโต และทุกส่วนของพืชพบแผลบนลำต้น กิ่งก้าน จะเกิดแผลเน่าแห้งสีน้ำตาลเข้มหรือดำ แผลมีลักษณะยาวทอดไปตามแนวของลำต้นและกิ่งก้าน หากรุนแรงจะทำให้ลำต้นและกิ่งนั้นหักพับลงแห้งตาย แพร่ระบาดในฤดูฝนหรือช่วงที่อากาศมีความชื้นสูง

Oidium neolycopersici Oidium lycopersici และ *Leveillula taurica* ก่อให้เกิดโรค powdery mildew อาการของโรคราแป้งโดยผิวใบจะมีเส้นใยของเชื้อราสีขาวคล้ายแป้ง ปกคลุมมาที่หลังใบ แล้วใบจะเริ่มแห้ง ซึ่งอาการใบแห้งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และทำให้ใบแห้งตายในที่สุด แพร่ระบาดในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 20-27 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์สูง (85-95%)

Verticillium albo-atrum และ *Verticillium dahlia* เป็นราที่พบในดินเกือบทุกชนิด โดยเฉพาะประเทศในเขตอบอุ่นและเขตร้อน อาการแคระแกร็น หยุดการเจริญเติบโต ต่อมาต้นใบจะเหลืองซีด และเหี่ยว ใบแก่ตอนล่าง ๆ ของต้นจะลู่ลงในที่สุดจะหลุดร่วงออกจากต้น อาการจะค่อย ๆ เพิ่มความรุนแรงและลามสูงขึ้นไปยังส่วนบน ในที่สุดจะเหลืองและเหี่ยวตายทั้งต้นส่วนของท่อน้ำท่ออาหาร (vascular bundle) ถูกทำลายเน่า เป็นสีน้ำตาลเข้ม แพร่ระบาดในช่วงอุณหภูมิปานกลาง 21-25 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์สูง

เชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคมะเขือเทศที่สำคัญอื่น ๆ ได้แก่ *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* โรคเหี่ยวเหลือง (fusarium wilt) *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* โรคโคนเน่าและรากเน่า (fusarium crown and root rot) *Fusarium solani* f. sp. *eumartii* โรครากเน่า (fusarium foot rot) *Alternaria solani* โรคใบจุดวง (early blight) *Pythium* sp. และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phytophthora sp. โรคเน่าคอดิน (damping-off) *Pyrenochaeta lycopersici* (corky root rot) *Pseudocercospora fuligena* โรคราใบดำมะเขือเทศ หรือโรคใบปื้นเหลือง (black leaf mold) *Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici* โรคใบจุด (alternaria leaf spot) *Passalora fulva* โรคราดำมะหยี่ (leaf mold) *Phoma destructiva* var. *destructive* โรคผลเน่า (phoma rot) *Septoria lycopersici* โรคใบจุดวงกลม(septoria leaf spot) *Colletotrichum coccodes Colletotrichum dematium* และ*Colletotrichum gloeosporioides* โรคแอนแทรคโนส (anthracnose) *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica Phytophthora capsici* และ *Phytophthora drechsleri* โรคผลเน่ารากเน่า*(buckeye fruit and root rot) Didymella lycopersici* โรคลำต้นเน่า (didymella stem rot) *Botrytis cinerea* โรคราสีเทา (gray mold) *Sclerotinia sclerotiorum* และ *Sclerotinia mino* โรคราขาว (white mold) *Sclerotium rolfsii* โรคโคนเน่า (southern blight) *Corynespora cassiicola* โรคใบจุดเป้ากระสุน (target spot)

3) ไส้เดือนฝอยที่เป็นสาเหตุโรคมะเขือเทศที่สำคัญ ได้แก่

Meloidogyne hapla (northern root-knot nematode) *Meloidogyne incognita* (southern root-knot nematode) *Meloidogyne arenaria* (peanut root-knot nematode) *Meloidogyne javanica* (javanese root-knot nematode) *Meloidogyne chitwoodi* (root-knot nematode) และ *Meloidogyne enterolobbii* โรคไส้เดือนฝอยรากปม (root-knot nematode) *Belonolaimus* sp. โรคไส้เดือนฝอยรากกุด (sting nematode) *Globodera* sp. โรคไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่ง (potato cyst nematode) *Pratylenchus* sp. โรคไส้เดือนฝอยรากแผลสีน้ำตาล(root lesion nematode) *Rotylenchus* sp. โรคไส้เดือนฝอยเรนิฟอร์ม (reniform nematode)

4) เชื้อไวรัสที่เป็นสาเหตุโรคมะเขือเทศที่สำคัญ ได้แก่ *Alfalfa mosaic virus* โรคไวรัสใบด่างอัลฟาฟ่า (AMV) *Tomato chlorosis virus* โรคไวรัสใบจุดเหลืองยอดไหม้มะเขือเทศ (ToCV) *Tomato infectious chlorosis virus* โรคไวรัสใบจุดเหลืองมะเขือเทศ (TICV) *Cucumber mosaic virus* โรคไวรัสใบด่างแตง (CMV) *Tomato yellow leaf curl virus* โรคไวรัสใบหงิกเหลืองมะเขือเทศ (TYLCV) *Beet curly top virus* โรคไวรัสใบหงิกในบีท (BCTV) *Tobacco streak virus* โรคไวรัสยาสูบ (TSV) *Tomato necrotic spot virus* โรคยอดไหม้มะเขือเทศ (ToNSV) *Tobacco mosaic virus* โรคไวรัสใบด่างยาสูบ (TMV) *Potato virus X* โรคไวรัสเอ็กซ์มันฝรั่ง (PVX) *Potato virus Y* โรคไวรัสวายมันฝรั่ง (PVY) *Tomato mosaic virus* โรคไวรัสใบด่างมะเขือเทศ (ToMV) *Tomato mottle mosaic virus* โรคไวรัสใบด่างมะเขือเทศ (ToMMV) *Tomato bushy stunt virus* โรคไวรัสยอดพุ่มมะเขือเทศ (TBSV) *Tomato necrotic streak virus* โรคไวรัสใบขีดเนื้อเยื่อตายมะเขือเทศ (TomNSV) *Tobacco mild green mosaic virus* โรคไวรัสใบด่างเขียวยาสูบ (TMGMV) *Tomato brown rugose fruit virus* โรคไวรัสผลหยักสีน้ำตาลมะเขือเทศ (ToBRFV) *Tomato spotted wilt virus* โรคไวรัสใบจุดเหี่ยวมะเขือเทศ (TSWV) *Tomato*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

necrotic ringspot virus ไวรัสจุดวงแหวนเนื้อเยื่อตายมะเขือเทศ (TNRV) *Wild tomato mosaic virus* ไวรัสใบด่างมะเขือป่า (WTMV) และ *Impatiens necrotic spot virus* โรคไวรัสใบจุดดอกเทียนฝรั่ง (INSV)

5) เชื้อไวรอยด์ที่เป็นสาเหตุโรคมะเขือเทศที่สำคัญ ได้แก่ *Citrus exocortis viroid* (CEVd) *Columnea latent viroid* (CLVd) *Tomato planta macho viroid* (TPMVd) *Pepper chat fruit viroid* (PCFVd) *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd) *Tomato apical stunt viroid* (TASVd) *Tomato chlorotic dwarf viroid* (TCDVd)

2.6 ปัญหาที่พบในการผลิตมะเขือเทศ

การปลูกมะเขือเทศโดยทั่วไปมักจะประสบปัญหาหลายด้าน เช่น สายพันธุ์มะเขือเทศเนื่องจากเกษตรกรนิยมมักนำเมล็ดมาปลูกซ้ำ ทำให้มะเขือเทศมีความแปรปรวนของสายพันธุ์ส่งผลให้คุณภาพของผลผลิตมะเขือเทศไม่สม่ำเสมอและไม่ได้มาตรฐาน เป็นปัญหาการนำไปแปรรูปเพื่ออุตสาหกรรมและการส่งออก สำหรับสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นปัญหาในการผลิตมะเขือเทศ เนื่องจากในปัจจุบันอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากสภาวะโลกร้อน จึงไม่สามารถปลูกได้ดีในช่วงต้นฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน) และต้นฤดูฝน (พฤษภาคม และมิถุนายน) ทำให้มะเขือเทศอ่อนแอ ดอกร่วง ไม่ติดผลหรือติดผลได้น้อยมาก ผลเล็ก แคระแกร็น มะเขือเทศเจริญเติบโตไม่ดี ประกอบกับปัญหาการระบาดของแมลงหวี่ขาว (*Bemisia tabaci*) ที่เป็นพาหะนำโรคใบหงิกของมะเขือเทศส่งผลให้ผลผลิตต่ำ และในต้นฤดูฝนอากาศยิ่งร้อนอบอ้าวและมีความชื้นสูงเป็นสาเหตุสำคัญทำให้โรคทางใบและทางรากระบาดรุนแรง ดังนั้นการปลูกมะเขือเทศส่วนใหญ่จะนิยมปลูกในฤดูหนาวเพราะมะเขือเทศต้องการสภาพอากาศค่อนข้างเย็นในการติดผล นอกจากนี้ปัญหาใหญ่ที่พบในการผลิตมะเขือเทศของประเทศไทย คือ มะเขือเทศสายพันธุ์อ่อนแอต่อโรค มาจากการเข้าทำลายของโรคและแมลง ซึ่งส่งผลเสียหายทั้งต่อปริมาณ และคุณภาพของผลผลิต โดยโรคที่เป็นปัญหาสำคัญอันดับต้น ๆ ของการผลิตมะเขือเทศ คือ โรคเหี่ยวเหลืองและโรคไวรัสใบหงิกเหลือง โรคดังกล่าวสามารถทำความเสียหายให้แก่พืชปลูกได้ทุกฤดูกาลปลูก สำหรับโรคเหี่ยวเหลืองส่งผลให้ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตลดลงถึง 80% (McGrath et al., 1987; Malhotra et al., 1993) โรคไวรัสใบหงิกเหลืองส่งผลให้ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตลดลงถึง 100% (Czosnek and Laterrot, 1997) ปัจจุบันพันธุ์การค้าที่เกษตรกรใช้ปลูกยังมีความอ่อนแอต่อโรคดังกล่าว

2.7 โรคเหี่ยวเหลืองในมะเขือเทศ (Fusarium wilt)

2.7.1 การระบาดในต่างประเทศ และประเทศไทย

ในการผลิตมะเขือเทศเพื่อการบริโภคผลสด อุตสาหกรรมการแปรรูป และเมล็ดพันธุ์ส่วนมากปลูกในระบบแปลงปลูก มักจะพบการระบาดของโรคที่เกิดจากเชื้อรา โดยเฉพาะการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

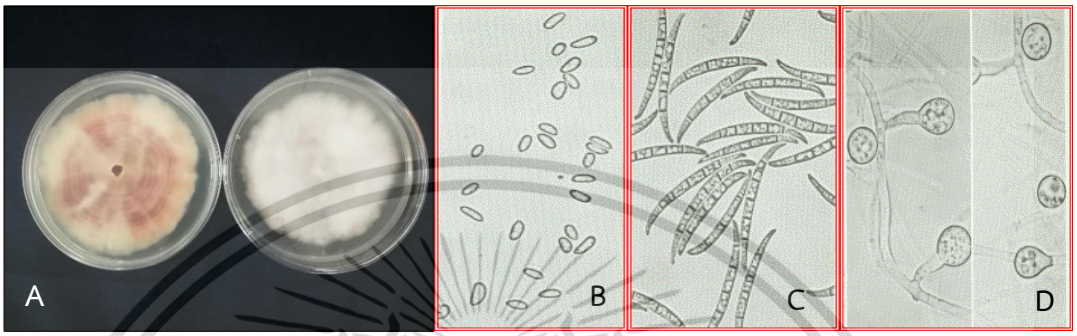
เมล็ดพันธุ์พบการระบาดของโรคจากเชื้อราสาเหตุของโรคเหี่ยวเหลืองจากเชื้อ *Fol* เป็นโรคที่มีการระบาดไปทั่วโลกทั้งในเขตร้อนและอบอุ่น ซึ่งการระบาดของเชื้อ *Fol* พบ 3 race คือ race 1 2 และ 3 โดย race 3 เป็น race ที่แพร่ระบาดและรุนแรงมากที่สุดในเขตยุโรป ซึ่งต่างประเทศได้ให้ความสำคัญต่อโรคที่เกิดจากเชื้อทุก race ค่อนข้างมาก อาการของโรคเหี่ยวเหลืองอาการเริ่มแรกของโรคจะเหี่ยวที่บริเวณด้านนอกของใบ ใบอ่อนจะมีเส้นใบสีขาว หรือสีซีด ต่อจากนั้นยอดอ่อนจะเหี่ยวและเหี่ยวทั้งต้น เมื่อตัดโคนในส่วนที่ติดกับดินจะพบท่อน้ำเป็นสีน้ำตาล ถ้าหากเกิดขึ้นกับต้นอ่อนจะทำให้เหี่ยวอย่างรวดเร็ว สำหรับพืชในแปลงปลูกจะเจริญเติบโตได้จนถึงระยะที่ติดผล โดยทั่วไปพืชจะแสดงอาการโดยมีเส้นใบขาวซีด ใบเหี่ยว ชะงักการเจริญเติบโต ใบส่วนล่างจะเหลือง พืชจะสร้างรากแขนงพิเศษขึ้นมา ใบและส่วนประกอบของลำต้นที่อ่อนจะเหี่ยว ใบร่วงและตาย ในบางครั้งอาการจะปรากฏเพียงข้างใดข้างหนึ่ง หรือระยะแรกอาจจะเหี่ยวในตอนกลางวัน และฟื้นในตอนเช้าประมาณ 2-3 วัน พืชจะตายในที่สุด ซึ่งแตกต่างจากโรคเหี่ยวเขียวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียพืชจะเหี่ยว และตายอย่างรวดเร็ว (นิพนธ์, 2526) ประเทศไทยนับได้ว่าเป็นหนึ่งในผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ส่งออกต่างประเทศ ซึ่งเมล็ดพันธุ์ที่ส่งออกจะต้องปลอดเชื้อ race 3 ซึ่งเป็นกฎหมายที่มีการกำหนดไว้แล้ว แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังพบการระบาดของโรคเหี่ยวเหลือง race 2 มากที่สุดในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Bunyatratchata et al., 2005) โดยเฉพาะพื้นที่ริมฝั่งแม่น้ำโขง (วราภรณ์ และคณะ, 2560) สำหรับ race 3 นั้นยังไม่พบการระบาดแต่อยู่ในสถานการณ์เฝ้าระวัง อย่างไรก็ตามความรุนแรงของ race 2 สามารถสร้างความเสียหายในการผลิตมะเขือเทศได้อย่างรุนแรง ดังนั้นหากประเทศไทยสามารถผลิตมะเขือเทศพันธุ์ต้านทานต่อเชื้อ *Fol* race 2 และ race 3 จะส่งผลให้เพิ่มปริมาณ และมูลค่าของการส่งออกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเพิ่มได้ ซึ่งขั้นแรกในการปรับปรุงพันธุ์จำเป็นต้องรวบรวมและจำแนกเชื้อพันธุกรรมที่ต้านทาน และปรับปรุงพันธุ์ที่มีความต้านทานเชื้อ race 2 เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป (มนัสวี และคณะ, 2552)

2.7.2 การจัดจำแนก race ของเชื้อ

โรคเหี่ยวเหลืองเป็นโรคที่เกิดจากเชื้อโรคในดิน (soil-borne) โดยการจัดจำแนก race ของเชื้อ *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) สามารถจัดจำแนกตามพืชอาศัยได้จำนวน 3 race คือ race 1 2 และ 3 มีพืชอาศัยหลากหลายโดยเฉพาะตระกูลมะเขือโดยเชื้อ race 1 มีรายงานครั้งแรกในปี ค.ศ. 1886 ในแปลงปลูกมะเขือเทศ และพบว่ามีรายงานการเข้าทำลายเชื้อ *Fol* race 2 ในแปลงปลูกมะเขือเทศที่รัฐ Ohio ต่อมามีรายงานการระบาดของ *Fol* race 3 ในพื้นที่ปลูกมะเขือเทศหลายแหล่ง เช่น ในปี ค.ศ. 1978 ที่ออสเตรเลีย ปี ค.ศ. 1982 ที่ Florida ปี ค.ศ. 1987 ที่ California และปี 2001 ที่ Tennessee (วรรณดี และคณะ, 2546) ซึ่งการเกิด race ต่าง ๆ ของเชื้อ *Fol* อาจเป็นผลมาจากความแปรผันทางพันธุกรรมทำให้เกิดสายพันธุ์ใหม่ ๆ ได้ (มนัสวี และคณะ, 2552) ลักษณะของเชื้อ *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* จัดอยู่ใน Kingdom: Fungi Phylum: Ascomycota Class: Sordarionycetes Subclass: Hypocreomycetidae Order: Hypocreales, Family: Nectriaceae Genus: Fusarium Species: *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* เมื่อเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตบนอาหาร PDA (Potato Dextrose Agar) เชื้อจะสร้างเส้นใยสีขาวอมชมพูหรือม่วง โดยเชื้อจะสร้างสปอร์ 3 ชนิด ได้แก่ microconidia macroconidia และ chlamydospore (ภาพที่ 2.1) โดย microconidia มีรูปร่างหัวมนท้ายมน ขนาด 5-12 × 2.2-3.5 ไมโครเมตร ไม่มีผนังกั้น และ macroconidia จะสร้างบน conidiospore เซลล์มีผนังกั้น 3-5 เซลล์ มีรูปร่างคล้ายพระจันทร์เสี้ยว และ chlamydospora มีผนังเรียบใช้ในการอยู่ข้ามฤดู



ภาพที่ 2.1 (A) ลักษณะโคโลนีของเชื้อ *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (B) ไมโครโคนิเดีย (microconidia) (C) มาโครโคนิเดีย (macroconidia) และ (D) คลาไมโดสปอร์ (chlamydospores)
ที่มา: (ภาพ B C และ D) Toussoun and Nelson (1976)

2.7.3 กลไกการเข้าทำลายของเชื้อ

กลไกการเข้าทำลายของเชื้อ *Fol* โดยเชื้อจะเข้าไปอยู่ในท่อน้ำท่ออาหาร แล้วสร้างเอนไซม์พวก pectin methyl esterase (PME) และ depolymerase (DP) enzymes โดยเอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้จะทำลาย pectin substances ที่อยู่ในผนังเซลล์แล้วจะเข้าไปใน xylem parenchyma และใน xylem แล้วจะเกิดเป็น colloidal mass อุดอยู่ ทั้งยังทำให้อัตราการคายน้ำ (transpiration) ของพืชลดลงในระยะนี้พืชจะเกิดอาการเหี่ยวขั้นแรก ต่อไปเชื้อจะสร้างสาร lycomer asmin และ fusaric acid ขึ้น ทำให้เกิดอาการเหี่ยวถาวร (permanent wilting) และจะเริ่มวงจรชีวิตของเชื้อเมื่อพืชเจริญเติบโตในดินที่มีเชื้อปนเปื้อนอยู่ โคนิเดียของเชื้อจะสร้าง germ tube และเส้นใยจะงอกแทงผ่านปลายรากโดยตรงหรือผ่านทางบาดแผล เส้นใยจะเจริญผ่าน cortex ของรากไปยังช่องว่างระหว่างเซลล์ และเมื่อเชื้อ *Fol* เจริญมาถึงท่อลำเลียงก็จะแผ่ขยายไปถึงลำต้น และส่วนต่าง ๆ ของพืช ในขณะที่อยู่ในท่อลำเลียงเส้นใยจะมีการแตกแขนงและสร้างไมโครโคนิเดีย ซึ่งจะถูกปลดปล่อยและแพร่กระจายไปยังท่อลำเลียงของพืช เส้นใยจะแทงผ่านไปยังเซลล์ที่อยู่ติดกัน และจะผลิตไมโครโคนิเดียต่อไป สำหรับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเกิดโรคจะพัฒนาได้ดีเมื่ออยู่ในอุณหภูมิที่อบอุ่น 27-28 องศาเซลเซียส สภาพดินเป็นกรด pH 5-5.6 มีความชื้นในดินสูง และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ กระบวนการเข้าทำลายของเชื้อ *Fol* เริ่มจากสปอร์จะงอกเมื่อถูกกระตุ้นโดยสารที่ปล่อยออกมาจากรากแทงเข้าสู่รากพืชโดยตรงหรือเข้าทางบาดแผล โดยเฉพาะเมื่อมีไส้เดือยฝอยรากแผล (*Pratylenchus penetrans*) ในปริมาณมาก เส้นใยจะเจริญและสร้างสปอร์ในท่อลำเลียงน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชบางชนิดสร้าง tylose ยื่นออกมาในท่อน้ำ น้ำย่อยที่ปล่อยจากเชื้อจะย่อยสลายเซลล์รอบ ๆ ท่อน้ำ เชื้อปล่อยทอกซินออกมาฆ่าเซลล์พาราไคมาที่อยู่ถัดไป เกิดกระบวนการออกซิเดชันของเซลล์ที่ถูกเชื้อเข้าทำลายเซลล์ vessels จะถูกปิดกั้นด้วย tylose สร้างวุ้นหรือสารเหนียว เส้นใยหรือสปอร์ เซลล์พาเรนไคมา อาจถูกกระต้นให้แบ่งตัวจำนวนมากแล้วยุบตัวเมื่อเซลล์ vessels อุดตัน พืชแสดงอาการเหี่ยว เชื้ออยู่ในท่อน้ำจนพืชตายแล้วเข้าทำลายทุกส่วนของพืช

2.7.4 การควบคุมการระบาดของโรคเหี่ยวเหลือง

โรคดังกล่าวควบคุมได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากในทางทฤษฎีเพียงหนึ่งสปอร์สามารถทำให้เกิดโรค การใช้สารเคมีใช้ไม่ได้ผลเนื่องจากมีสปอร์จำนวนมากในดิน การเขตกรรมอาจช่วยลดปริมาณเชื้อแต่ไม่สามารถขจัดเชื้อได้หมด เนื่องจากเชื้อรา *Fol* อยู่รอดในรูป saprophyte ได้นาน และมีพืชอาศัยจำนวนมาก การรมดินได้ผลแต่ค่าใช้จ่ายสูงใช้ได้ผลไม่นาน การอบดินด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ได้ผลดีในเขตร้อนการควบคุมด้วยชีววิธีกับเชื้อ *Fol* โดยใช้ *Fol* ที่ไม่เป็นสาเหตุโรคพืชคลุกดินก่อน และใช้ราปฏิปักษ์ เช่น Pseudomonas ที่สร้างสาร siderophores และเชื้อไตรโคเดอร์มา (Trichoderma) การใช้พันธุ์ต้านทาน (Barone et al., 2007) การได้มาซึ่งพันธุ์ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง สามารถทำได้โดยการผสมพันธุ์ป่าที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองกับพันธุ์ที่มีลักษณะทางการค้าที่ดี เช่น รสชาติดี ผิวสวย สีสด ซึ่งเมื่อใช้พันธุ์ต้านทานทำให้เชื้อราอยู่กับที่ แพร่กระจายในวงแคบ การปรับตัวของโรคเหี่ยวเหลืองช้าไม่แพร่กระจายและไม่สร้างสายพันธุ์ใหม่ แต่อย่างไรก็ตามการผลิตมะเขือเทศเหล่านี้ยังพบปัญหาในเรื่องการแพร่ระบาดของโรคเหี่ยวเหลืองที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากโรคดังกล่าวอาจสามารถติดไปกับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศได้

2.7.5 การปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง

โดยทั่วไปในการคัดเลือกเพื่อพัฒนาพันธุ์มะเขือเทศต้องแสวงหาแหล่งพันธุกรรมที่มีลักษณะตามต้องการ ซึ่งต้องทำการรวบรวมเชื้อพันธุกรรม เพื่อทำการคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่และลูกผสมที่มีคุณภาพต่อไป ซึ่งมีการคัดเลือกทั้งในสภาพแปลงทดลอง และในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบว่ามีลักษณะที่ต้องการ โดยเฉพาะลักษณะที่มีความต้านทานโรคจำเป็นต้องมีการค้นหายีนความต้านทาน ซึ่งส่วนมากมาจากพันธุ์ป่าโดยต้องมีเชื้อพันธุกรรมที่มีความหลากหลาย ซึ่งข้อมูลพื้นฐานทางพันธุกรรมจึงเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาหรือเป็นเกณฑ์การคัดเลือกหาพันธุ์ที่ดี และเหมาะสมในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปแหล่งเชื้อพันธุกรรมสำคัญของมะเขือเทศที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองในการทดสอบเพื่อหาแหล่งเชื้อพันธุกรรมต้านทานใหม่ ๆ จำเป็นสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ต้านทานโรค เนื่องจากเชื้อมีการพัฒนามากขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปทำให้พันธุ์ที่มีอยู่เดิมเกิดลักษณะอ่อนแอลงในที่สุด สำหรับการทดสอบหาพันธุ์ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง มีชุดของพืชอาศัยตรวจสอบ race โดยใช้พันธุ์พืชอาศัยตรวจสอบ race ของมะเขือเทศ 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Bonny Best (อ่อนแอต่อเชื้อโรคเหี่ยวเหลือง race 1 2 และ 3) พันธุ์ UC82-L (ต้านทานต่อเชื้อโรคเหี่ยวเหลือง race 1) พันธุ์ Walter (ต้านทานต่อเชื้อโรคเหี่ยวเหลือง race 1 และ 2) พันธุ์ I3R-1 (ต้านทานต่อเชื้อโรคเหี่ยวเหลือง race 1 2 และ 3) (Marlatt et al., 1996) ในประเทศไทยมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองใช้พันธุ์พืชอาศัยซึ่งเป็นพันธุ์ที่ผลิตในประเทศไทยเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าจากต่างประเทศ ได้แก่ พันธุ์สีดาสามารถใช้แทนพันธุ์ Bonny Best พันธุ์ TW4 หรือพันธุ์ Tm1290 ใช้แทนพันธุ์ Walter และพันธุ์วาเลนไทน์แทนพันธุ์ I3R-1 แต่พันธุ์ UC82-L ยังไม่พบพันธุ์มะเขือเทศในประเทศไทยที่สามารถใช้แทนกันได้ (วรรณดี และคณะ, 2546) และแหล่งเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศในประเทศไทยที่ใหญ่เป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศไทย คือ ศูนย์ปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งได้ทำการรวบรวมเชื้อพันธุกรรมมาจากแหล่งต่าง ๆ ที่รายงานว่ามีความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง มีความต้านทานในทั้ง 3 race และแหล่งเชื้อพันธุกรรมที่สามารถส่งขอเมล็ดพันธุ์เพื่อนำมาปรับปรุงพันธุ์ต้านทานโรคเหี่ยวเหลืองอีก 3 แหล่ง คือ 1) United States Department of Agriculture (USDA) 2) Tomato Genetic Resource Center (TGRC) และ 3) The World Vegetable Center (World veg) ซึ่งเชื้อพันธุกรรมที่ขอมาจากแหล่งต่าง ๆ เป็นพันธุกรรมต้านทานโรคมาจากสายพันธุ์ป่าโดยพบว่าพันธุ์ PI79532 มียีน *I* (Immunity) ใน *L. pimpinellifolium* (Just) Mill. (Bohn and Tucker, 1939) โดยยีน *I* มีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นแบบยีนเด่น บนโครโมโซมแท่งที่ 11 (Paddock, 1950) นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ LA1221 และ LA2028 ที่มียีน *I-1* ต้านทานต่อเชื้อ *Fol* race 1 ได้รับความต้านทานมาจากมะเขือเทศสายพันธุ์ป่า *L. pennellii* มีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นแบบยีนเด่น บนโครโมโซมแท่งที่ 7 (Bournival et al., 1990; Sarfatti et al., 1991) ต่อมามีการค้นพบเชื้อ race 2 ที่รัฐโอไฮโอ (Alexander and Tucker, 1945) และต่อมามีรายงานว่ามีการระบาดของเชื้อ race 2 ทำให้ผลิตเสียหายอย่างรุนแรงในรัฐฟลอริดา (Stall and Walter, 1965) ในปี 1965 Stall and Walter ค้นพบยีน *I-2* ที่ต้านทานต่อเชื้อ race 2 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นแบบยีนเด่น บนโครโมโซมแท่งที่ 11 (Laterrot, 1976) ในพันธุ์ PI126915 เป็นลูกผสมระหว่าง *L. esculentum* และ *L. pimpinellifolium* นอกจากนี้ ยังมีพันธุ์ LA4285 และ LA3528 ต้านทานต่อเชื้อ Fol race 2 (Alexander and Tucker, 1945) หลังจากนั้นเชื้อมีการพัฒนาจนกลายเป็น race 3 ถูกค้นพบครั้งแรกในออสเตรเลียในปี 1978 สามารถเข้าทำลายพันธุ์มะเขือเทศที่มียีน *I* และ *I-2* (Grattidge and O'Brien, 1982) เชื้อ race 3 มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางในพื้นที่ปลูกมะเขือเทศทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิตในรัฐควีนแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย (McGrath et al., 1987) ต่อมามีการค้นพบยีน *I-3* ต้านทานต่อเชื้อ race 3 ถูกค้นพบครั้งแรกในมะเขือเทศสายพันธุ์ *L. pennellii* accession PI414773 และยีน *I-3* จาก *L. pennellii* accession LA716 (McGrath et al., 1987; Scott and Jones, 1989) แสดงการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นแบบยีนเด่น 1 ตำแหน่ง อยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 7 (Bournival et al., 1989) แต่เดิมยีนต้านทานทั้งสองแหล่งถูกระบุว่าเป็นยีน *I-3* ที่ต้านทานต่อเชื้อ race 3 ต่อมาได้มีการพิจารณาแยกยีนต้านทานที่ได้จากสายพันธุ์ *L. pennellii* accession PI414773 เป็นยีน *I-7* (Lim et al. 2006) โดย Gonzalez-Cendales et al., (2016) ได้ระบุว่ายีน *I-7* ตั้งอยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 8 นอกจากนี้ LA716 พบว่าให้ความต้านทานเชื้อทั้ง race 1 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Bournival et al., 1990; Sela-Buurlage et al., 2001) นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ LA4025 หรือ FLA7547 ที่สามารถต้านทานต่อเชื้อ *Fol* race 3 ได้

2.8 โรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศ (Tomato yellow leaf curl virus)

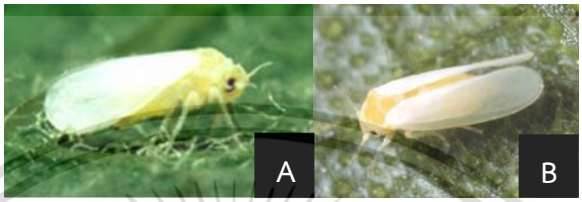
โรคไวรัสใบหงิกเหลืองเกิดจากเชื้อไวรัสเป็นปัญหาสำคัญในการผลิตมะเขือเทศพบการระบาดอย่างรุนแรงโดยเฉพาะประเทศในเขตร้อน และร้อนชื้น (Pico et al., 1996) TYLCV พบการแพร่ระบาดในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 โดยพบกลุ่มประชากรแมลงหวี่ขาวจำนวนมาก (Thanapase et al., 1983; Thongrit et al., 1986) โดยมีการแพร่ระบาด การจัดจำแนกชนิดของเชื้อไวรัส และกลไกการเข้าทำลายดังนี้

2.8.1 การแพร่ระบาดของโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

โรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่พบการแพร่ระบาดครั้งแรกในประเทศไทยนั้นเป็นเขตเพาะปลูกมะเขือเทศในจังหวัดเชียงใหม่ ประจวบคีรีขันธ์ นครปฐม นครราชสีมา และสมุทรสาคร ปัจจุบันพบการระบาดของโรคได้ในแหล่งเพาะปลูกมะเขือเทศในเขตภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มักพบการระบาดมากในฤดูร้อนและฤดูฝน (บุญส่ง และกรุง, 2557) โรคไวรัสใบหงิกเหลืองเกิดจากเชื้อไวรัสชนิด *Begomovirus* ที่ถ่ายทอดโรคโดยแมลงหวี่ขาว (Kenyon et al., 2014) ในมะเขือเทศหลายชนิดซึ่งการเรียกชื่อนั้นขึ้นอยู่กับการเข้าทำลายของพืชอาศัย และสามารถถ่ายทอดผ่านแมลงได้หลายชนิดเช่น เพลี้ยไฟ ไรขาว เพลี้ยอ่อน และแมลงหวี่ขาว เป็นต้น สำหรับไวรัสที่แพร่ระบาดในมะเขือเทศอย่างรุนแรง คือ โรคไวรัสที่ถ่ายทอดผ่านแมลงหวี่ขาวยาสูบ *Bemisia tabasi* (Gennadius) เป็นแมลงศัตรูพืชที่มีความสำคัญ เนื่องจากเข้าทำลายพืชเศรษฐกิจที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ พริก มะเขือ กระเจี๊ยบเขียว มันเทศ พืชตระกูลกะหล่ำ ถั่วต่าง ๆ ยาสูบ มันฝรั่ง และฝ้าย เป็นต้น และยังแพร่ระบาดอย่างกว้างขวางทั่วทุกภาคของประเทศไทย มักเริ่มระบาดในเดือนสิงหาคม-ตุลาคม และระบาดอย่างต่อเนื่องตลอดฤดูปลูกพืช สร้างความเสียหายโดยการดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบพืช และยังเป็นพาหะของเชื้อไวรัสสาเหตุของโรคใบด่างมาสู่พืชมากกว่า 100 ชนิด (นุชจิรา, 2561) ซึ่งแมลงชนิดนี้พบว่ามี 2 biotypes ที่สามารถนำโรคไวรัสกลุ่มสกุล *Begomovirus* ได้ คือ B และ Q biotype (ภาพที่ 2.2) แมลงหวี่ขาวชนิด B biotypes มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากกว่า Q biotypes อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า Q biotypes เป็นพาหะนำเชื้อที่รุนแรงกว่า B biotypes (Horowitz and Ishaaya, 2014) แมลงหวี่ขาว (whitefly) เป็นแมลงปากดูดขนาดเล็ก อยู่รวมกันเป็นกลุ่มใต้ใบพืช แมลงหวี่ขาวสามารถเข้าทำลายได้ทุกระยะการเจริญเติบโตของพืช โดยทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะอาศัยดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบและยอดอ่อนของพืช ขนาดตัวเต็มวัยยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร มีปีก 1 คู่ จะเคลื่อนไหวเมื่อถูกรบกวน จึงทำให้เกิดการระบาดได้อย่างรวดเร็ว ตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่เป็นฟองเดี่ยวหรือเรียงติดกัน ไข่มีสีเหลืองอ่อน เรียวยาว ตัวอ่อนมีลักษณะคล้ายรูปไข่สีเหลืองปนเขียว แบนราบติดกับผิวใบ มีสีเหลืองอมเขียวใส มองเห็นส่วนต่าง ๆ ภายในแมลงชนิดนี้มีวงจรชีวิตสั้นอายุประมาณ 28 วัน และสามารถวางไข่ได้ถึง 66-300 ฟอง ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพร่กระจายของแมลงหวี่ขาวไปยังถิ่นไกลออกไปนั้นส่วนใหญ่จะเกิดจากการติดไปกับนักท่องเที่ยว และพืชทางการค้า ส่วนใหญ่จะแพร่ระบาดมากในช่วงฤดูแล้งในเขตพื้นที่ร้อนและกึ่งร้อน (Trisno et al., 2009) การถ่ายทอดเชื้อ *Begomovirus* ของแมลงหวี่ขาวนั้นอาศัยความจำเพาะของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคของไวรัส และโปรตีนตัวรับผนังกระเพาะอาหารแมลง (Kenyon et al., 2014) ผลของการที่แมลงหวี่ขาวเข้าทำลายจะทำให้พืชอาศัยเกิดอาการใบหงิกงอ ขอบใบม้วนลงด้านล่าง ต้นแคระแกร็น (ภาพที่ 2.3) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลผลิตลดลง



ภาพที่ 2.2 ชนิดของแมลงหวี่ขาว; B biotype (A) และ Q biotype (B)
ที่มา: Scott Bauer (USDA), (A) and Mathias (2006), (B)

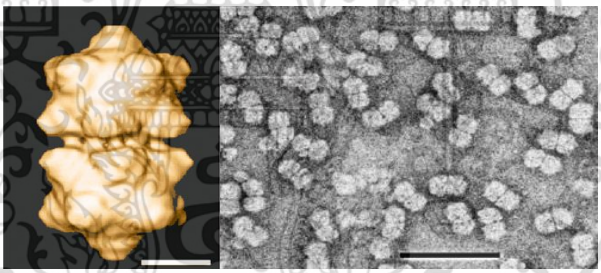
ภาพที่ 2.3 ลักษณะอาการของมะเขือเทศที่แมลงหวี่ขาวเข้าทำลาย

2.8.2 การจำแนกชนิดของเชื้อไวรัส

โรคที่เกิดจากไวรัสในมะเขือเทศมีหลายชนิดซึ่งการเรียกชื่อนั้นขึ้นอยู่กับการเข้าทำลายของพืชอาศัย และสามารถถ่ายทอดผ่านแมลงได้หลายชนิด เช่น เพลี้ยไฟ ไรขาว เพลี้ยอ่อน และแมลงหวี่ขาวเป็นต้น สำหรับไวรัสที่แพร่ระบาดในมะเขือเทศอย่างรุนแรง คือ โรคไวรัสที่ถ่ายทอดผ่านแมลงหวี่ขาว มี 2 ชนิดคือ 1) *Crinivirus* ที่อยู่ในวงศ์ *Closteroviridae* พบครั้งแรกในมะเขือเทศ (ToCV) (Wisler et al., 1998; Prakash and Singh, 2006) โรคดังกล่าวส่งผลให้มะเขือเทศมีอาการใบเหลือง ใบอ่อนม้วนขึ้นด้านบน และต้นหยุดชะงักการเจริญเติบโต และ 2) *Begomovirus* ที่อยู่ในวงศ์ *Geminiviridae* ซึ่งไวรัสวงศ์นี้แบ่งได้เป็น 4 สกุล ประกอบไปด้วย *Martrevirus*, *Curtovirus*, *Negomovirus* และ*Tospovirus* ขึ้นอยู่กับลักษณะของจีโนมไวรัส (monopartite หรือ bipartite) มีแมลงพาหะ คือ แมลงหวี่ขาว เพลี้ยจั๊กจั่น เป็นต้น มีพืชอาศัยหลายชนิดทั้งพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ จีโนมของ *Geminivirus* เป็น DNA สายเดี่ยว single standed DNA (ssDNA) ขนาดประมาณ 2.5-3.0 กิโลเบส (kb) และมีโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคจำนวน 22 pentameric capsomer ซึ่งมีน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลประมาณ 2.7×10^3 -3.4×10^3 ดาลตัน (Goodman, 1981; Van et al., 2000; Hull, 2002) อนุภาครูปทรงกลมหลายเหลี่ยมอยู่ติดกันเป็นคู่ (geminated particle) ขนาดประมาณ 18×30 นาโนเมตร (ภาพที่ 2.4) ซึ่งจีโนมชนิดนี้สามารถเพิ่มจำนวนและอาศัยอยู่ในเซลล์พืชได้ นอกจากนั้นแล้วไวรัสยังสามารถเคลื่อนย้ายภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ของต้นที่เป็นโรคได้ อย่างไรก็ตามการเคลื่อนย้ายและการเพิ่มจำนวนไวรัสนั้นยังขึ้นอยู่กับพืชอาศัยด้วย *Geminivirus* ที่สามารถเข้าทำลายพืชสามารถส่งถ่ายโรคแบบถาวรผ่านแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* ซึ่งจีโนมของ *Geminivirus* แบ่งได้ 2 แบบ คือ monopartite (DNA-A) และ bipartite ประกอบด้วย 2 component (DNA-A และ DNA-B) โดย DNA-A จะมียีนเกี่ยวข้องกับการเพิ่มปริมาณไวรัส และสังเคราะห์โปรตีน ทำให้สามารถจำลองตัวเองได้อัตโนมัติในเซลล์พืช แต่สำหรับ DNA-B นั้นเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายแพร่กระจายอนุภาคของไวรัสจากเซลล์หนึ่งไปสู่เซลล์อื่น ๆ (Hanley-Bowdoin et al., 1999; Fauquet et al., 2005) ส่งผลให้พืชแสดงอาการหงิกเหลืองทั้งในผลและใบ ลำต้นแคระแกร็น การเจริญเติบโตหยุดชะงักหรือไม่สามารถพัฒนาต่อได้จึงส่งผลถึงการลดลงของผลผลิต ปัจจุบันไวรัสได้จำแนกตามเกณฑ์ของ International committee on taxonomy of virus (ICTV) *Begomovirus* species มีประมาณ 89% นอกจากนี้แล้วยังพบว่าโรคดังกล่าวสามารถถ่ายทอดจากพริกผ่านแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ไปสู่ต้นยาสูบ มะเขือ พริก บีทรูท มะละกอ งา ได้อีกด้วย (Pal and Tandon., 1937) ดังนั้นจึงทำให้โรคดังกล่าวนี้มีพืชอาศัยที่กว้าง และยากต่อการกำจัด



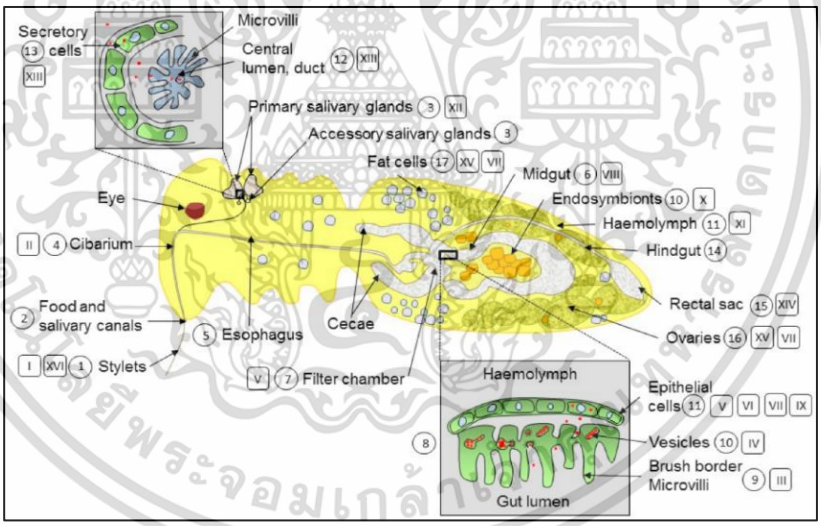
ภาพที่ 2.4 ลักษณะของไวรัสวงศ์ *Geminiviridae* (ซ้าย) ลักษณะของไวรัสที่ส่องด้วยกล้องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบแช่แข็ง (ขวา) อนุภาครูปทรงกลมหลายเหลี่ยมอยู่ติดกันเป็นคู่
ที่มา: Zhang et al., (2001)

2.8.3 กลไกการเข้าทำลายของโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

การถ่ายทอดเชื้อไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศโดยมีแมลงหวี่ขาวเป็นพาหะ ไวรัสจะเคลื่อนย้ายเข้าสู่แมลงหวี่ขาวโดยผ่านระบบทางเดินอาหารของแมลงหวี่ขาว เส้นทางของเชื้อไวรัส *Begomovirus* ที่เข้าสู่แมลงพาหะจะรับเชื้อ TYLCV เข้าสู่ตัวของแมลงขณะที่แมลงดูดกินน้ำเลี้ยงของพืชที่ติดโรคผ่านปากแบบเจาะดูด (stylets) ไปยังหลอดอาหาร (esophagus) เข้าสู่อวัยวะขจัดน้ำหรือ filter chamber และกระเพาะอาหาร หลังจากนั้นเชื้อจะเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิต (haemolymph) ของแมลงหวี่ขาว ไวรัสจะเคลื่อนย้าย (translocate) ไปยังต่อมน้ำลายหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(primary salivary glands) และเชื้อไวรัสจะถูกปล่อยออกมาทางน้ำลาย (ภาพที่ 2.5) เมื่อแมลงหวี่ขาวดูดกินน้ำเลี้ยงพืชต้นอื่น ซึ่งสามารถตรวจพบเชื้อไวรัสในแมลงหวี่ขาวได้ประมาณ 4-7 ชั่วโมง (Czosnek et al., 2017) หลังจากที่ได้ดูดกินน้ำเลี้ยงพืชที่เป็นโรค เมื่อเชื้อไวรัสในตัวแมลงหวี่ขาวเข้าสู่พืชจะถูกถ่ายเข้าไปในท่อลำเลียง โดยการถ่ายสารพันธุกรรมเข้าไปในเซลล์พืช ไวรัสจะทำการเพิ่มปริมาณตัวเอง (replication) และมีการแสดงออกของยีน (genome expression) ส่งผลให้ยีนและผลิตผลของยีน (gene products) ถูกสร้างขึ้น และเกิดการรวมตัวเข้ากับ DNA ของพืชเข้าสู่กระบวนการ DNA Replication, Transcription และ Translation ออกนอกเซลล์ (Hanley et al., 2013) จากนั้นเชื้อไวรัสจะเคลื่อนย้ายจากเซลล์ไปสู่เซลล์ (cell-to-cell movement) เป็นการเคลื่อนย้ายระยะสั้น (short distance movement) หลังจากนั้นไวรัสจะเพิ่มปริมาณตัวเองและเคลื่อนย้ายเข้าสู่ท่อลำเลียงอาหาร (phloem) และท่อลำเลียงน้ำ (xylem) เกิดการแพร่กระจายไปยังเซลล์อื่น ๆ ทั่วลำต้นจัดเป็นการเคลื่อนย้ายระยะไกล (long distance movement) ซึ่งนำไปสู่อาการผิดปกติของเซลล์พืช และทำให้พืชปรากฏอาการตอบสนองต่อโรค (สุพัฒน์, 2552) โดยใช้เวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง เริ่มตั้งแต่การดูดกินน้ำเลี้ยงของแมลงหวี่ขาวจนกระทั่งเชื้อ TYLCV สามารถถ่ายทอดเชื้อไปสู่ต้นมะเขือเทศ และทำให้เกิดอาการของโรค 2-4 สัปดาห์ หลังจากได้รับเชื้อ



ภาพที่ 2.5 เส้นทางของเชื้อไวรัส *Begomovirus* ที่เข้าสู่แมลงหวี่ขาวตัวเมีย อวัยวะและเซลล์หลักที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้าย begomovirus

ที่มา: Czosnek et al., (2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 การจัดการโรคมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อ *Begomovirus*

1) การทำการเขตกรรม

การป้องกันไวรัสและลดการเกิดโรคที่เกิดจากเชื้อชนิดนี้รวมถึงลดการแพร่ กระจายของโรคที่ส่งผลต่อคุณภาพและผลผลิตของพืช การป้องกันแมลงหวี่ขาวเข้าทำลายพืชอาศัยสามารถจัดการได้ 4 วิธี 1) การจัดการเมล็ดพันธุ์ เลือกใช้เมล็ดพันธุ์ที่ปราศจากการปนเปื้อนของเชื้อไวรัส ดังนั้นเพื่อลดการปนเปื้อนของเมล็ดพันธุ์จำเป็นต้องฆ่าเชื้อก่อนนำไปเพาะ โดยนำเมล็ดไปแช่ใน trisodium phosphate 15% นาน 20 นาที แล้วล้างด้วยน้ำเปล่าให้สะอาด ผึ่งเมล็ดให้แห้ง (Rast and Stijger, 1987) และ 2) การจัดการต้นกล้า ต้องปลูกต้นกล้าในที่ปลอดจากต้นที่เป็นพาหะนำโรค เศษซากพืช หรือวัชพืชที่เป็นพืชอาศัยของไวรัส และจำเป็นต้องใช้มุ้งตาข่ายที่มีความถี่มากกว่า 32 mesh ใช้ในการทำโรงเรือน เพื่อป้องกันแมลงหวี่ขาว (Kenyon et al., 2014) และหมั่นตรวจดูโรคเป็นประจำหากแสดงอาการ ใบเหลือง หรือหงิกเหลืองต้องนำออกอย่างรวดเร็วและนำไปเผาทิ้ง 3) การจัดการในโรงเรือนเพาะปลูกหรือแปลงปลูก ควรมีการใช้กาวเหนียวล่อดักแมลง (colored sticky traps) สามารถทาลงบนฟิวเจอร์บอร์ดสีเหลือง 4) การปลูกพืชหมุนเวียนที่ไม่ใช่พืชอาศัยของแมลงหวี่ขาว เช่น ข้าวโพด ปอเทือง และดาวเรือง เป็นต้น และหมั่นกำจัดวัชพืชป้องกันการหลบซ่อนของแมลงหวี่ขาว (พัชราภรณ์, 2560)

2) การจัดการด้วยสารป้องกันกำจัดแมลง และการใช้ศัตรูธรรมชาติ

การควบคุมโรคดังกล่าวจะทำการควบคุมการแพร่ระบาดของแมลงหวี่ขาวโดยวิธีการฉีดพ่นสารเคมีกำจัด โดยสามารถใช้เพื่อป้องกันได้ตั้งแต่ช่วงก่อนย้ายปลูก ช่วงย้ายปลูก และช่วงหลังย้ายปลูกโดยก่อนย้ายปลูกควรฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดแมลง คาร์โบซัลเฟน 20 % EC อัตรา 40 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร ช่วงย้ายปลูกควรรองก้นหลุมด้วย ไดโนทีฟูแรน อัตรา 2 กรัมต่อหลุม หลังจากย้ายปลูกควรที่จะคลุมต้น หรือแปลงด้วยตาข่ายขนาดถี่ 32 mesh เป็นเวลา 1 เดือน เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงหวี่ขาวในระยะต้นเล็ก หลังจากนั้นควรพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงหวี่ขาวเมื่อพบการแพร่ระบาดของแมลงหวี่ขาว โดยใช้สารป้องกันกำจัดตัวใดตัวหนึ่ง เช่น อิมิดาคลอพริด ไตรโซฟอส คาร์โบซัลเฟน หรือปิโตรเลียมออยล์ และควรเปลี่ยนใช้สลับกับสารตัวใหม่เพื่อป้องกันการดื้อยาของแมลงหวี่ขาว หรือใช้สารสกัดจากธรรมชาติ เช่น สารสกัดจากเมล็ดสะเดาร่วมกับการฉีดพ่นสารเคมี และนอกจากนั้นแมลงหวี่ขาวสามารถควบคุมด้วยศัตรูธรรมชาติ เช่น การใช้แมลงเบียนระยะตัวอ่อน ได้แก่ แตนเบียนหนอนดักแด้ เช่น แตนเบียน (*Encarsia* sp. และ *Eretmocerus* sp.) และตัวห้ำ เช่น แมลงช้างปีกใส (*Chrysopa basalis*) และแมลงวันตัวห้ำ (*Coenosia* sp.) (พัชราภรณ์, 2560) สำหรับแมลงหวี่ขาวเป็นแมลงที่มีวงจรชีวิตสั้นสามารถเพิ่มประชากรได้รวดเร็วและยังมีพืชอาศัยที่กว้าง (Kenyon et al., 2014) ดังนั้นจึงทำให้การควบคุมแมลงพาหะชนิดนี้ได้ยากยิ่งขึ้น และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรโดยตรงเนื่องจากต้องใช้สารเคมีในปริมาณมากสำหรับกำจัดแมลงหวี่ขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การใช้พันธุ์ต้านทาน และแหล่งเชื้อพันธุกรรมต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

การปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศให้ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองนี้เริ่มจากจำแนกหรือหาพันธุ์ต้านทาน Cohen and Harpaz (1964) พบว่ามีมะเขือเทศพันธุ์ปลูกที่สามารถต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสูงสุดได้ในระดับปานกลางเท่านั้น Cohen and Nitzany (1966) ได้ค้นพบมะเขือพันธุ์ป่า (*L. pimpinellifolium* และ *L. peruvianum*) ที่สามารถต้านทานต่อโรค TYLCV ต่อมาจึงได้ศึกษาพันธุกรรมยีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานโดยทำการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ปลูกกับพันธุ์ป่า (currant tomato/accession LA121) พบว่ายีนที่ควบคุมโรคดังกล่าวนั้นเป็นแบบข่มไม่สมบูรณ์ (Incomplete dominant gene) และยีนเด่นแบบข่ม (single dominant gene) (Pilowski and Cohen., 1974) ในปี 1977 ได้เริ่มพัฒนาพันธุ์ให้ต้านทานต่อโรคดังกล่าวและได้ลูกผสม TY-20 ที่สามารถต้านทานต่อไวรัสได้ (Pilowski and Cohen., 1990) และได้สายพันธุ์อื่น ๆ ที่สามารถต้านทาน/ทนทาน เช่น TY172 TY197 TY198 และ TY536 (Lapidot et al., 1997; Friedmann et al., 1998) อย่างไรก็ตามในพันธุ์การค้า (*Solanum lycopersicum*) ส่วนใหญ่ยังไม่สามารถต้านทานต่อไวรัสใบหงิกเหลืองได้ดีเท่ากับมะเขือเทศพันธุ์ป่า เช่น *S. chilense S. habrochaites* f. *glabratum* และ *S. peruvianum* ซึ่งในมะเขือเทศพันธุ์ป่าเหล่านี้ได้ค้นยีนต้านทานจำนวน 6 ยีน คือ *Ty-1 Ty-2 Ty-3 Ty-4 ty-5* และ *Ty-6* สำหรับยีน *Ty-1 Ty-3* และ *Ty3a* พบบนโครโมโซมแท่งที่ 6 ในมะเขือเทศสปีชีส์ *S. chilense* สายพันธุ์ LA1969 (Zamir et al., 1994) LA2779 และ LA1932 ตามลำดับ (Ji et al., 2007a,b,c) ยีน *Ty-2* พบบนโครโมโซมแท่งที่ 11 ในมะเขือเทศสปีชีส์ S. *habrochaites* (B6013) (Hanson et al., 2006) ในขณะที่มะเขือเทศพันธุ์ LA1932 (*S. chilense*) พบยีนต้านทาน *Ty-4* อยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 3 แต่มีผลต่อการแสดงออกของความต้านทานน้อยกว่าทุกยีน และยีน *ty-5* มีลักษณะเป็นยีนด้อย (recessive) อยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 4 พบในมะเขือเทศพันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ชื่อ TY172 (*S. peruvianum*) (Anbinder et al., 2009) และยีน *Ty-6* พบว่าอยู่บนโครโมโซมที่ 10 ในมะเขือเทศสายพันธุ์ LA2779 (*S. Chilense*) (Scott et al., 2015) ปัจจุบันพบมะเขือเทศพันธุ์ FLA456 ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ TYLCTHV ที่ระบาดในเมืองไทย พันธุ์ดังกล่าวพบยีนต้านทานจำนวน 4 ยีน คือมียีนหลักจำนวน 2 ยีน (major gene) และยีนรองจำนวน 2 ยีน (minor gene) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ายีน *Ty-2* และ *Ty-3* สัมพันธ์กับการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ระบาดในไทย (บุญส่ง และกรุง, 2557) ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศให้ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองจำเป็นต้องทำการรวมยีนแบบ pyramiding gene เพื่อรวมยีนต้านทานเข้าด้วยกันและจะสามารถต้านทานต่อโรคไวรัสแบบกว้างได้ (broad resistance) (Kadirvel et al., 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การทดสอบความสามารถในการรวมตัว (combining ability test)

มะเขือเทศแต่ละสายพันธุ์มีความสามารถที่จะให้ลูกผสมที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความสามารถในการรวมตัว หรือการผสมพันธุ์ (combining ability) ความสามารถในการผสมพันธุ์ที่ดี หมายถึง ความสามารถของพันธุ์พ่อแม่ที่จะให้รุ่นลูกที่ดี (superior progenies) โดยทั่วไปพันธุ์ดี 2 พันธุ์อาจไม่จำเป็นต้องให้รุ่นลูกที่ดีเสมอไป และไม่จำเป็นที่ทุกคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์แท้จะให้ลักษณะความดีเด่นของลูกผสม (heterosis หรือ hybrid vigor) ดังนั้นจึงต้องศึกษาความสามารถในการผสมของสายพันธุ์ที่ต้องการจะคัดเลือกเพื่อมาเป็นพันธุ์พ่อแม่ว่าดีหรือไม่ เลือกพันธุ์ใดจึงจะเหมาะสมที่สุด การคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่มาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ ทั้งพันธุ์พ่อและแม่ควรมีลักษณะที่สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ และมีความแตกต่างทางพันธุกรรมกันพอสมควร โดยปกติแล้วลักษณะดังกล่าวหาได้ยาก ดังนั้นการเลือกอย่างน้อยก็ควรจะมีพันธุ์พ่อหรือพันธุ์แม่ที่ปรับตัวได้ดี และอีกพันธุ์หนึ่งมีลักษณะบางอย่างที่ต้องการอยู่ การคัดพันธุ์พืชที่นำเข้ามาโดยการปลูกศึกษาลักษณะทางการเกษตรและผลผลิตก่อนจึงจะสามารถคัดพันธุ์ที่ไม่เหมาะสมทิ้งได้ ช่วยลดปริมาณงานลงได้มาก การทดสอบหาความสามารถในการผสมพันธุ์ของสายพันธุ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูง การทดสอบความสามารถในการรวมตัวของสายพันธุ์ เป็นการทดสอบความสามารถของแต่ละสายพันธุ์ในการให้ลูกผสมที่ดี แบ่งเป็น 2 ประเภท (กฤษฎา, 2544) ดังนี้

2.9.1 ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability: GCA)

ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป หมายถึง ความสามารถของสายพันธุ์หนึ่งเมื่อทำการผสมเข้ากับสายพันธุ์อื่นหลาย ๆ พันธุ์แล้วให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมสูง ถือเป็นการวัดอัตราบวกของยีนที่ควบคุมลักษณะนั้น ๆ โดยความสามารถการรวมตัวทั่วไปจัดเป็นอิทธิพลของการแสดงออกของยีนแบบเป็นผลบวก (additive gene action) ซึ่งลักษณะที่แสดงออกนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของยีนที่ช่วยเสริมลักษณะนั้น ๆ และการแสดงออกของยีนดังกล่าวสามารถถ่ายทอดลักษณะไปสู่รุ่นลูกได้ ถ้ามีค่าสูงพันธุ์ดังกล่าวจะเหมาะสำหรับใช้เป็นพันธุ์ทดสอบสำหรับการประเมินความสามารถการผสมในครั้งต่อไป หรือการพัฒนาเป็นพันธุ์สังเคราะห์ (synthetic variety) ลูกผสมที่ได้จากพ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวสูงจะมีความสามารถในการรวมตัวสูงกว่าลูกผสมที่ได้จากพ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวต่ำ (Sprague and Tatum, 1942)

2.9.2 ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability: SCA)

ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ หมายถึง ความสามารถของสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่งเมื่อผสมกับอีกสายพันธุ์หนึ่งแล้วให้ลูกผสมที่ดี เป็นขีดความสามารถเฉพาะของคู่ผสมนั้น ๆ อิทธิพลของการแสดงออกของยีนแบบไม่เป็นผลบวก (non-additive gene action) อาจเป็นผลเนื่องมาจากยีนแบบข่ม หรือ ข่มข้ามคู่ ดังนั้นถ้า SCA มีค่าสูง การใช้พันธุ์พ่อแม่คู่นั้นๆ เหมาะสมอย่างยิ่งในการผลิตลูกผสมเดี่ยว ลูกผสมสามทาง และลูกผสมคู่ (ไพศาล, 2527) ซึ่งการแสดงออกของยีนดังกล่าวจะปรากฏในชั่วรุ่นนั้น ๆ ไม่สามารถถ่ายทอดไปชั่วอื่น ๆ ได้จึงเป็นประโยชน์ได้แต่เฉพาะลูกผสม นิยมใช้ในพืชผสมข้าม ลูกผสมที่ดีมักได้จากพ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั้งสองแบบสูง โดยพันธุ์ที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูง เมื่อผสมกับคู่ผสมที่เหมาะสมก็จะให้ลูกผสมที่ดีด้วย (Griffing, 1956) วิธีการทดสอบความสามารถในการรวมตัวเป็นการนำลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่ต้องการทดสอบความสามารถในการผสมมาปลูกในแปลงเพื่อประเมินคุณค่าของพันธุ์พ่อแม่ว่าสามารถให้ลูกผสมที่ดีหรือไม่ซึ่งทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีมีประสิทธิภาพและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน การเลือกวิธีให้เหมาะสมกับสภาพงานช่วยประหยัดแรงงาน งบประมาณและเวลา เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการปรับปรุงพันธุ์มีวิธีดังนี้

1) การใช้สายพันธุ์ทดสอบ (topcross หรือ testcross)

ทำโดยการผสมพันธุ์ที่ต้องการทดสอบกับตัวทดสอบ อาจจะใช้ตัวทดสอบเพียง 1 สายพันธุ์หรือมากกว่าก็ได้ เหมาะสำหรับโครงการปรับปรุงพันธุ์ ที่มีพันธุ์ที่ต้องการทดสอบจำนวนมาก โดยตัวทดสอบที่มีฐานพันธุกรรมที่แตกต่างกันจะใช้สำหรับประเมินความสามารถในการผสมที่แตกต่างกันคือ สายพันธุ์ใดผสมกับพันธุ์ที่มีฐานพันธุกรรมกว้าง ได้แก่ พันธุ์ผสมเปิด เป็นการประเมินสมรรถนะการผสมทั่วไป ส่วนพันธุ์ที่ผสมกลับพันธุ์ที่มีฐานพันธุกรรมแคบ ได้แก่ พันธุ์แท้เป็นการประเมินความสามารถการผสมเฉพาะ

2) การผสมแบบพบกันหมดภายในกลุ่ม (diallel cross)

ทำโดยการผสมแบบพบกันหมดภายในกลุ่มทำให้ ได้คู่ผสมเท่ากับ $n(n-1)/2$ เมื่อ n คือจำนวนสายพันธุ์ที่ต้องการทดสอบ เป็นการทดสอบคู่ผสมแต่ละคู่โดยตรง ค่าเฉลี่ยของคู่ผสมที่เกี่ยวข้องกับแต่ละสายพันธุ์ใช้เป็นดัชนีการวัดความสามารถในการผสมทั่วไปของสายพันธุ์นั้น และคู่ผสมแต่ละคู่ใช้เป็นดัชนีวัดค่าความสามารถในการผสมเฉพาะของคู่ผสมนั้น ๆ วิธีนี้เหมาะสำหรับใช้กับสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมาแล้ว เป็นการทดสอบที่มีประสิทธิภาพ และใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการคัดเลือกคู่ผสมหรือการจัดกลุ่มพันธุ์ตามความสามารถในการผสม และรูปแบบการให้ผลผลิต (heterotic pattern)

3) การผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross)

มักใช้เมื่อสามารถแบ่งกลุ่มพันธุ์ทดสอบออกจากกันได้ เช่น สายพันธุ์ละอองเกสรเป็นหมันที่ใช้เป็นพันธุ์แม่ กับสายพันธุ์ละอองเกสรปกติที่ใช้เป็นพันธุ์พ่อ หรือสายพันธุ์ที่มีความใกล้ชิดทางพันธุรรมจัดเป็นกลุ่มเดียวกันเพื่อผสมกับกลุ่มสายพันธุ์ที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน จำนวนคู่ผสมที่จะต้องดำเนินการคือ n x m เมื่อ n คือจำนวนพันธุ์ที่ใช้เป็นพันธุ์แม่ และ m คือจำนวนพันธุ์ที่ใช้เป็นพันธุ์พ่อ (ธานี, 2556)

2.9.3 ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม (Heterosis)

ความดีเด่นของลักษณะ หมายถึง การที่ลูกผสมมีความแข็งแรง ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานต่อโรคและแมลง ทนแล้ง และให้ลักษณะอื่น ๆ ดีกว่า หรือสูงกว่าพันธุ์พ่อแม่ ความดีเด่นของลักษณะนั้นอาจเกิดจากการที่พืชอยู่ในสภาพพันธุ์ทาง หรือเฮตเตอโรไซกัส (heterozygous) ดังนั้นจึงพบความดีเด่นระดับสูงในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ความดีเด่นของลูกผสมในพืชชนิดเดียวกันอาจมีระดับแตกต่างกัน ถ้าพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่นำมาผสมแตกต่างกัน ยิ่งกว่านั้น แม้เป็นลูกผสมชุดเดียวกัน แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราความดีเด่นในชั่วรุ่นต่าง ๆ จะแตกต่างกัน การวัดค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นของลูกผสมวัดได้ 2 วิธี ได้แก่ ความดีเด่นของลูกผสมเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ (heterosis) การวัดโดยวิธีนี้แสดงให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวมีการแสดงออกของยีนในลักษณะข่ม และความดีเด่นของลูกผสมเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อหรือแม่ที่ดี (heterobeltiosis) การวัดวิธีนี้เป็นการวัดคุณสมบัติในด้านการใช้ประโยชน์ คือ นำค่าเฉลี่ยของลูกไปเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ที่ให้ลักษณะที่ดี (พรชัย, 2560; ไพศาล และคณะ, 2546)

2.9.4 การทำงานของยีน (gene action)

แบ่งได้ 2 ประเภท คือ การทำงานร่วมกันของยีนภายในตำแหน่ง (locus) เดียวกัน และการทำงานร่วมกันของยีนที่อยู่คนละตำแหน่ง การทำงานของยีนไม่ว่าจะอยู่บนตำแหน่งเดียวกันหรือคนละตำแหน่งก็จะมีการทำงานร่วมกันอยู่ 2 แบบ คือ การเสริมหรือลดการแสดงออกในแบบผลบวกและการเสริมหรือลดอย่างไม่เป็นผลบวก

1) แบบผลบวก (additive gene action)

การทำงานของยีนแบบผลบวก เกิดจากยีนเด่นแบบบวกสะสม (cumulative) ทำให้เกิดความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือพ่อ หรือแม่ หรือทั้งพ่อและแม่ หรือเรียกว่าเกิด transgressive segregation ในประชากรชั่วรุ่นที่ F_2 ทำให้สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีเด่นได้ตั้งแต่ชั่วแรก ๆ ทำให้เกิดความก้าวหน้าในการคัดเลือก และพันธุกรรมจะเข้าสู่ความสมดุล (equilibrium) หรือมีความคงตัว (fixed) ได้อย่างรวดเร็ว จึงมีความเหมาะสมสำหรับการคัดเลือกพืชที่ผสมตัวเองที่ต้องการพันธุ์แท้ ซึ่งจะมีความคงตัวของยีนในตำแหน่งต่าง ๆ จากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง และยังแสดงผลคงที่ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ (วรีพันธ์ และสุทัศน์, 2554)

2) แบบไม่เป็นผลบวก (non-additive gene action)

เป็นการแสดงออกของยีนที่ไม่มีความต่อเนื่องกันเหมือนการแสดงออกของยีนแบบบวกสะสม การแสดงออกของรุ่นลูกจะมีความโดดเด่นแตกต่างจากรุ่นพ่อแม่อย่างชัดเจน โดยเฉพาะชั่วรุ่นแรก ๆ (early generation) ซึ่งยากที่จะคาดการณ์ความก้าวหน้าจากผลการคัดเลือก เนื่องจากในชั่วรุ่นหลัง ๆ (late generation) ลักษณะเด่นเหล่านี้จะหายไปในระหว่างชั่วรุ่นที่มีการคัด เลือก เช่น การคัดเลือกสายพันธุ์ให้มีลักษณะพันธุ์เบา (early variety) ลักษณะพันธุ์เบาจะแสดงออกมากในชั่วแรก ๆ เมื่อคัดเลือกต่อในชั่วหลัง ๆ ลักษณะพันธุ์เบาจะค่อย ๆ หายไป ได้ลักษณะพันธุ์หนัก (late variety) แทนเป็นต้น การทำงานของยีนแบบไม่เป็นผลบวกมีทั้งการทำงานของยีนในตำแหน่งเดียวกัน (dominance) และการทำงานของยีนที่ต่างตำแหน่งกัน (epistasis) (วรีพันธ์ และสุทัศน์, 2554)

3) แบบข่ม (dominance)

เกิดจากอิทธิพลของยีนเด่น (dominance gene) ไปข่มการแสดงออกของยีนด้อย (recessive gene) ทำให้การแสดงออกของลักษณะเป็นการแสดงออกของยีนเด่นเพียงอย่างเดียวและจะไม่คงที่ จากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกถ้าพบลักษณะเช่นนี้นักปรับปรุงพันธุ์จะต้องใช้ความระมัดระวังในการคัดเลือก โดยทำการคัดเลือกในชั่วรุ่นหลัง ๆ เพื่อให้พันธุกรรมที่ควบคุมมีการคงตัวก่อนนอกจากนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระทำของยีนแบบข่มมีโอกาสที่จะเกิดความดีเด่นของลูกผสม ซึ่งนักปรับปรุงพันธุ์ พืชสามารถใช้ประโยชน์โดยการสร้างลูกผสม (วรีพันธ์ และสุทัศน์, 2554) แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ด้วยกัน

- ปฏิกิริยาข่มสมบูรณ์ (dominant gene action หรือ complet dominance) หมายถึง ปฏิกิริยาของยีนตัวหนึ่งไปข่มการแสดงออกของยีนอีกตัวหนึ่งบนตำแหน่งเดียวกันอย่างสมบูรณ์ลักษณะ AA = Aa

- ปฏิกิริยาข่มไม่สมบูรณ์ (incomplete dominance) คือ การที่ยีนตัวหนึ่งไปข่มการแสดงออกของยีนอีกตัวหนึ่งบนตำแหน่งเดียวกันอย่างไม่สมบูรณ์ ลักษณะ Aa จะค่อนมาทาง Aa แต่ไม่เท่ากับ AA และไม่เท่ากับผลเฉลี่ย ของ AA และ aa

- ปฏิกิริยาข่มเกิน (overdominant gene action) เป็นการทำงานของยีนบนตำแหน่งเดียวกันซึ่งจะทำให้ heterozygote (Aa) แสดงออกได้มากกว่า AA

4) แบบข่มข้ามคู่ (epistasis)

เกิดจากอิทธิพลของยีนต่างตำแหน่งที่ควบคุมลักษณะเดียวกันมากกว่า 1 คู่โดยยีนคู่หนึ่งไปมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของยีนคู่อื่นอีกคู่หนึ่งในลักษณะเดียวกันหรือตำแหน่งเดียวกันทำให้สิ่งมีชีวิตแสดงลักษณะทาง phenotype ที่แตกต่างจากการอธิบายแบบอื่น ๆ การกระทำของยีนแบบ epistasis ของยีน 2 คู่ มี 3 รูปแบบ คือ additive x additive additive x dominance และ dominance x dominance ผลจากการแสดงออกแบบข่มข้ามคู่นี้ทำให้ค่าเฉลี่ยของประชากรชั่วรุ่นต่าง ๆ ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยการประมาณค่าจาก additive dominance model (วรีพันธ์ และสุทัศน์, 2554)

2.9.5 อัตราพันธุกรรม (heritability)

อัตราพันธุกรรม หมายถึง อัตราส่วนของลักษณะทางพันธุกรรมต่อลักษณะปรากฏ มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในการปรับปรุงพันธุ์พืช เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์ อัตราพันธุกรรมมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 หรือจาก 0% ถึง 100% สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (broad sense heritability) คือ อัตราส่วนของความปรวนแปรที่เกิดมาจากการแสดงผลของยีนทุกรูปแบบ (ไพศาล และคณะ, 2546)

2) อัตราพันธุกรรมอย่างแคบ (narrow sense heritability) คือ อัตราส่วนของความปรวนแปรที่เกิดจากยีนที่แสดงผลในแบบบวกอัตราพันธุกรรมอย่างแคบนี้แสดงให้เห็นถึงอัตราการถ่ายทอดลักษณะจากพ่อแม่ไปยังลูกหลาน (ไพศาล และคณะ, 2546)

จากรายงานของ Srivastava et al., (2020) ได้ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของลักษณะความต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง TLCNDV ในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 33 คู่ผสม และพันธุ์พ่อแม่ 14 สายพันธุ์ ใช้วิธีการทดสอบความสามารถในการรวมตัว โดยวิธี Line x Tester พบว่า คู่ผสมที่ให้มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (heterosis) ต่ำ แสดงให้เห็นถึงลักษณะความต้านทาน TLCNDV ในลูกผสม จากการผสมข้ามของสายพันธุ์พ่อ P12 P13 และ P14 แสดงค่า heterosis ต่ำ ในลูกผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทดสอบ GCA สายพันธุ์แม่ (lines) P10, P7, P8, P5 และ P11 และพันธุ์พ่อ (testers) P12 และ P13 แสดงค่า GCA ต่ำ ซึ่งอาจใช้เป็นหนึ่งในพ่อแม่พันธุ์ที่นำไปสร้างลูกผสมเพื่อให้เกิดความต้านทานต่อ ToLCV ต่อไป สำหรับ SCA พบว่าคู่ผสมมะเขือเทศที่มียีน *Ty-2* และ *Ty-3* แสดงค่า SCA ที่ดีมีความต้านทานเชื้อ TLCND สูง ลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมพบอิทธิพลของยีนแบบเป็นผลบวก (additive gene)

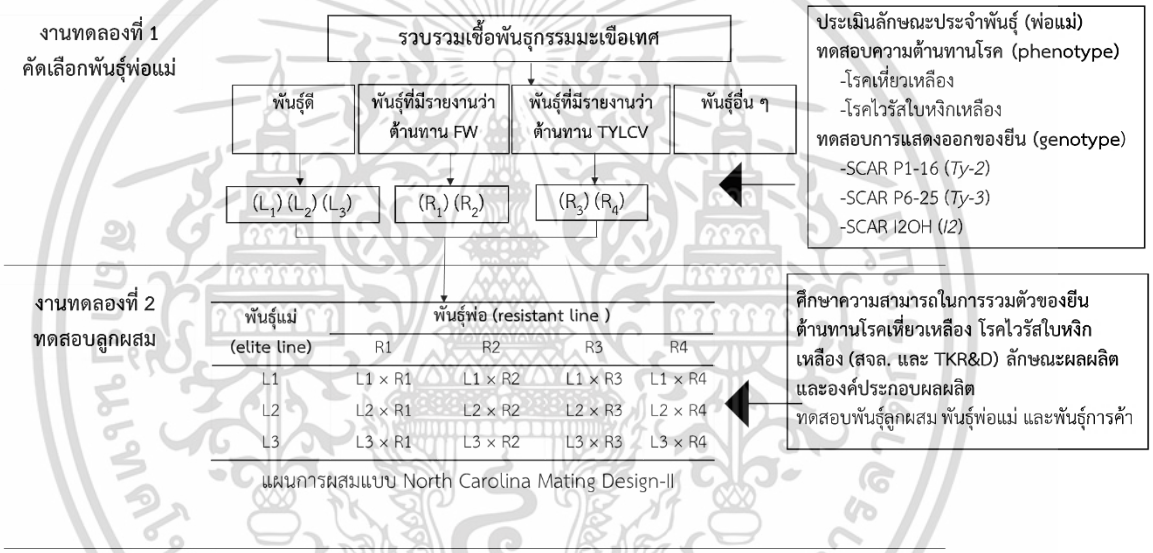
จากรายงานของ Chattopadhyay et al., (2011) ได้ศึกษาความดีเด่นเหนือพ่อแม่ ความสามารถในการรวมตัว และการทำงานของยีนในมะเขือเทศทดสอบความสามารถในการรวมตัวโดยวิธี Line x Tester ลูกผสม 8 คู่ ศึกษาลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต 11 ลักษณะ ได้แก่ วันที่ดอกบาน 50% (days to 50% flowering) เส้นผ่านศูนย์กลาง (equatorial diameter) เส้นผ่านศูนย์กลางขั้ว (polar diameter) น้ำหนักผล (fruit weight) จำนวนผลต่อต้น (fruit number per plant) จำนวนช่องผล (locules per fruit) ความหนาเนื้อ (pericarp thickness) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (total soluble solids) ความเป็นกรด (acidity) เปอร์เซ็นต์ดัชนีการเกิดโรค (percent disease Index) ผลผลิตต่อต้น (fruit yield per plant) พบว่าพันธุ์ที่แสดงค่า GCA ของผลผลิตสูง จะแสดงค่า SCA ของผลผลิตสูงด้วย สำหรับลูกผสมสายพันธุ์ CLN2777G x BCT-59 และ CLN2777A x BCT-82P พบว่ามีค่า SCA และความดีเด่นเหนือพ่อแม่สูง สามารถใช้เป็นพันธุ์การค้าได้เนื่องจากให้ผลผลิต คุณภาพของผลผลิตสูง และดัชนีการเกิดโรค ToLCV ต่ำ การทำงานของยีนในลักษณะของวันที่ดอกบาน 50% (days to 50% flowering) และเปอร์เซ็นต์ดัชนีการเกิดโรค (percent disease Index) พบอิทธิพลของยีนแบบเป็นผลบวก (additive gene) สำหรับลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตอื่น พบอิทธิพลของยีนทั้งแบบไม่เป็นผลบวก (non-additive gene) และเป็นผลบวก (additive gene)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการดำเนินการ

การดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 งานทดลอง คือ 1) ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศ และทำการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองและโรคไวรัสใบหงิกเหลือง โดยทำการคัดเลือกทั้งทางลักษณะที่ปรากฏ (phenotype) และการแสดงออกของยีนโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลร่วมคัดเลือก (genotype) 2) ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศ โดยมีรายละเอียดในการดำเนินงานดังนี้ (ภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 แผนผังการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบเหลืองหงิกเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศ คัดเลือกพันธุ์ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองและโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

โดยทำการคัดเลือกลักษณะที่แสดงออก (phenotype) และการคัดเลือกโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล (marker) ตรวจหาพันธุ์ต้านทานโรค (genotype) ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศโดยนำพันธุ์มะเขือเทศมาจากศูนย์วิจัยพืชผักของโลก (WorldVeg) จากประเทศไต้หวัน จำนวน 18 สายพันธุ์ จาก Tomato Genetics Resource Center (TGRC) จำนวน 2 สายพันธุ์ จาก United States Department of Agriculture (USDA) จำนวน 1 สายพันธุ์ จาก Hsin Ho Seed Co. Chia I จำนวน 1 สายพันธุ์ จากศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน จำนวน 1 สายพันธุ์ และพันธุ์จากบริษัท ที เค อาร์ แอนดี จำกัด จำนวน 9 สายพันธุ์ รวมทั้งหมด 32 พันธุ์ (ตารางที่ 3.1) มาใช้ในการประเมินลักษณะประจำพันธุ์ ประเมินความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง โดยแบ่งการประเมินตามลักษณะการแสดงออกลักษณะที่ปรากฏ (phenotype) และการแสดงออกของยีนต้านทาน (genotype) ดังนี้

3.2.1 ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศ

นำมะเขือเทศจำนวน 32 พันธุ์ (ตารางที่ 3.1) ปลูกในแปลงทดลองสายพันธุ์ละ 5 ต้น เพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่มีศักยภาพ มีลักษณะทางพืชสวนที่ดี และมีผลผลิตสูง โดยใช้แบบประเมินลักษณะประจำพันธุ์ตามแบบของ Descriptors for Tomato (*Lycopersicon* sp.) (IPGRI, 1996) เบื้องต้นศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น 5 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะการเจริญเติบโต จำนวนใบใต้ดอกช่อแรก การวางตัวของใบ ชนิดของใบ สีของสารแอนโธไซยานินที่เส้นใบ และศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตของผล 3 ลักษณะ ได้แก่ รูปร่างของผล รูปร่างของก้นผล และสีภายนอกของผลสุก

การเก็บผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ทำการสุ่มเก็บผลผลิตจากต้นจำนวน 5 ต้น เก็บผลแดงจนกว่าจะสิ้นสุดการให้ผลผลิตของแต่ละสายพันธุ์ สำหรับพันธุ์ที่ให้ผลผลิตนานทำการแยกเก็บเพียง 5 ครั้ง ดังนี้

1) น้ำหนักต่อผล (กรัม) ชั่งน้ำหนัก เฉลี่ย 10 ผลต่อซ้ำ
2) ความกว้างผล (เซนติเมตร) วัดจากเส้นผ่าศูนย์กลางของผล เฉลี่ย 10 ผลต่อซ้ำ
3) ความยาวผล (เซนติเมตร) โดยวัดจากก้นผลถึงขั้วผล เฉลี่ย 10 ผลต่อซ้ำ

การเก็บข้อมูลลักษณะทางคุณภาพโดยสุ่มเก็บผลผลิตในครั้งที่ 2 เก็บในระยะผลสุกเต็มที่ในตำแหน่งผลที่ 3 ของช่อที่ 2 หรือช่อที่ 3 รายละเอียด ดังนี้

1) ความหนาเนื้อ (มิลลิเมตร) วัดความหนาเนื้อ เฉลี่ยจากจำนวน 10 ผลต่อซ้ำ
2) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (% Brix) วัดจากน้ำคั้นโดยใช้เครื่อง Digital hand–held“ Pocket” Refractometer PAL, Atago (R), Japan เฉลี่ยจากจำนวน 10 ผลต่อซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 มะเขือเทศจำนวน 32 สายพันธุ์ ที่ใช้ประเมินคัดเลือกสายพันธุ์ดี ทดสอบโรคเหี่ยวเหลืองและไวรัสใบหงิกเหลือง *Tomato yellow leaf curl Thailand virus- Nakhon Pathom* (TYLCTHV-NP)

ลำดับ	สายพันธุ์	Name/Pedigree	ที่มา	ลำดับ	สายพันธุ์	Name/Pedigree	ที่มา
1	AVTO1418	CLN3669A	WorldVeg	17	TKP005	-	TKR&D Co,Ltd.
2	AVTO1420	CLN3670B	WorldVeg	18	TKP007	-	TKR&D Co,Ltd.
3	AVTO1422	CLN3670F	WorldVeg	19	TKP008	-	TKR&D Co,Ltd.
4	AVTO1424	CLN3682C	WorldVeg	20	KKU-T44064	-	TGRC
5	AVTO9801	CLN1621L	WorldVeg	21	KKU-T24141	PI269140	WorldVeg
6	AVTO1003	CLN3125L	WorldVeg	22	KKU-T34145	PI370072-73AISD	USDA
7	AVTO1008	CLN3078C	WorldVeg	23	KKU-T24060	L01251	WorldVeg
8	AVTO0102	CLN2366B	WorldVeg	24	KKU-T24063	L01321-A	WorldVeg
9	AVTO1219	CLN3241H-27	WorldVeg	25	KKU-T24065	L01346	WorldVeg
10	AVTO1314	CLN3212C	WorldVeg	26	KKU-T24064	L01321-B	WorldVeg
11	TK001	-	TKR&D Co,Ltd.	27	KKU-T24127	NAN TZU	Hsin Ho Seed Co. Chia I
12	TK002	-	TKR&D Co,Ltd.	28	KKU-T14009	CLN3022F2-154-44-14-3-15	TGRC
13	TK003	-	TKR&D Co,Ltd.	29	KM-T10018-3-5	Pettcure	Japan
14	TKP001	-	TKR&D Co,Ltd.	30	KM-T10018-3-6	Pettcure	Japan
15	TKP003	-	TKR&D Co,Ltd.	31	KM-T10018-3-2	Pettcure	Japan
16	TKP004	-	TKR&D Co,Ltd.	32	สีดาทิพย์ 3	สีดาทิพย์ 3	TVRC

หมายเหตุ: WorldVeg = The World Vegetable Center; TGRC = Tomato Genetics Resource Center; USDA = The United States Department of Agriculture; TVRC = Tropical Vegetable Research Center

3.2.2 การประเมินการเกิดโรคจากลักษณะที่ปรากฏ (phenotype)

1) การประเมินความต้านทานโรคเหี่ยวเหลืองมะเขือเทศในสายพันธุ์พ่อแม่

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) พันธุ์ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น ทดสอบร่วมกับพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ (สีดาทิพย์ 3) โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะกล้า ขนาดถาดเพาะกล้า 104 หลุม เมื่อกล้ามีอายุ 21 วัน จึงทำการปลูกเชื้อ

การเตรียมเชื้อโรคเหี่ยวเหลือง และการปลูกเชื้อโดยนำเชื้อ *Fol* race 2 จำนวน 1 isolate คือ KK6 ที่ระบาดรุนแรงในพื้นที่การปลูกมะเขือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์จากสาขาโรคพืช ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยนำมาเลี้ยงในอาหาร PDA medium โดยตัดชิ้นวุ้นที่มีสปอร์เดี่ยวแล้วจึงนำชิ้นวุ้นที่มีเชื้อ ขนาด 0.5 มิลลิเมตร วางบริเวณตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 27±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน จนเชื้อเจริญเติบโตเต็มอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นทำการเตรียมสารแขวนลอยสปอร์ (spore suspension) ให้มีปริมาณสปอร์เท่ากับ 1×10^6 สปอร์/มิลลิลิตร ทำการปลูกเชื้อต้นกล้าที่มีอายุ 21 วัน โดยวิธีการล้างราก (root dip) ทำการล้างดินออกจากราก แล้วจึงตัดรากต้นกล้าประมาณ 1 เซนติเมตร จากปลายราก นำต้นกล้าไปแช่ในภาชนะที่เตรียมสารแขวนลอยสปอร์ เป็นเวลา 20 นาที (Hemming et al., 2004) แล้วทำการย้ายปลูกในวัสดุปลูก ดิน:ทราย ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วน 1:1 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยใช้ระยะเวลานึ่ง 15 นาที การบันทึกข้อมูลทำการประเมินโรคโดยสังเกตอาการของต้นเป็นโรคทุก 7 วัน และให้คะแนนการเกิดโรคเป็นเวลา 42 วัน โดยให้คะแนนการเกิดโรคเป็น 5 ระดับ ให้ระดับคะแนน 0-4: (ภาพที่ 3.2) (Aguiar et al., 2013)

ระดับ 0 = ไม่แสดงอาการของโรค

ระดับ 1 = ใบล่างเหลือง

ระดับ 2 = ใบ และยอดแสดงอาการเหี่ยว

ระดับ 3 = ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวทั้งต้น

ระดับ 4 = ต้นเหี่ยวและแห้งตาย

นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นดัชนีการเกิดโรค (disease index) ตามวิธีการของ (Anonymous, 1974) จากสูตร

$$I = \{\Sigma (N_i \times V_i)/ (N \times V)\} \times 100$$

Ni = จำนวนต้นที่แสดงการเกิดโรคในแต่ละระดับ

Vi = ระดับการเกิดโรค (0, 1, 2, 3 และ 4)

V = ระดับการเกิดโรคสูงสุด

N = จำนวนต้นทั้งหมดที่นำมาทดสอบ

แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป statistic version 8 และเปรียบเทียบความแตกต่างของเปอร์เซ็นดัชนีการเกิดโรคด้วย Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 ค่าที่ได้นำมาจัดกลุ่มการตอบสนองต่อโรคตามดัชนีการเกิดโรค ดัดแปลงตามวิธีการของ (Aguiar et al., 2013) ดังนี้

0% = ไม่แสดงอาการ (similar to an immune-like response; SI)

0.01 - 25% = ต้านทานมาก (high level of resistance; HR)

25 - 50% = ต้านทานปานกลาง (intermediate resistance; IR)

50 - 75% = อ่อนแอปานกลาง (intermediate susceptibility; IS)

75 - 100% = อ่อนแอมาก (high level of susceptibility; HS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.2 ระดับความรุนแรงของโรคเหี่ยวเหลืองในมะเขือเทศ 5 ระดับ (0 = ไม่แสดงอาการของโรค 1 = ใบล่างเหลือง 2 = ใบ และยอดแสดงอาการเหี่ยว 3 = ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวทั้งต้น 4 = ต้นเหี่ยวและแห้งตาย)

2) การประเมินความต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในสายพันธุ์พ่อแม่

การปลูกเชื้อและการประเมินความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในโรงเรือน ประเมินในระยะต้นกล้า อายุ 35 วัน หลังจากเพาะเมล็ด ปลูกด้วยเชื้อไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย *Tomato yellow leaf curl Thailand virus- Nakhon Pathom* (TYLCTHV-NP) ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการไวรัสพืชและแบคทีรีโอฟาจ-ศช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน มาเพิ่มปริมาณในต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์ 3 เมื่อต้นกล้าอายุ 21 วัน ย้ายต้นกล้าลงวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ขุยมะพร้าว และมะพร้าวสับ ให้ปุ๋ยออสโมโค้ทสูตร 13-13-13 ต้นกล้าทดสอบอายุได้ 35 วัน จึงทำการปลูกเชื้อ TYLCTHV-NP ด้วยวิธีการเสียบยอด วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น ในโรงเรือนที่มุงด้วยมุ้งตาข่ายขนาด 50 mesh ทำการประเมินโรคทุก ๆ สัปดาห์หลังจากปลูกเชื้อเป็นเวลา 6 สัปดาห์ (7 14 21 28 35 และ 42 วัน หลังปลูกเชื้อ) ตามระดับการตอบสนองต่อการเกิดโรค 5 ระดับ (ภาพที่ 3.3) คือ

0 = ไม่ปรากฏอาการ (highly resistant)

1 = เริ่มปรากฏอาการใบด่างเล็กน้อย 1-2 จุด (resistant)

2 = ปรากฏอาการใบด่างร่วมกับใบหงิกชัดเจนมากกว่า 2 จุด (moderate resistant)

3 = เริ่มปรากฏอาการใบด่างร่วมกับใบหงิก 25-50% ของต้น (susceptible)

4 = เริ่มปรากฏอาการใบด่างร่วมกับใบหงิก 50-100% ของต้น ลำต้นแคระแกร็น หยุดการเจริญเติบโต (highly susceptible) ดัดแปลงตามวิธีการของ (Akhtar et al., 2019)

แล้วนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ยการเกิดโรคในแต่ละสัปดาห์ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป statistic version 8 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และนำค่าเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 6 มาจัดกลุ่มตามการตอบสนองต่อโรคของมะเขือเทศ โดยใช้ค่าดัชนีความรุนแรงในการแบ่งกลุ่มออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 1 ค่าดัชนีความรุนแรง 0 = ต้านทานมาก (highly resistant; HR)

กลุ่มที่ 2 ค่าดัชนีความรุนแรง 0.1-1.4 = ต้านทาน (resistant; R)

กลุ่มที่ 3 ค่าดัชนีความรุนแรง 1.5-2.4 = ต้านทานปานกลาง (moderate resistant; MR)

กลุ่มที่ 4 ค่าดัชนีความรุนแรง 2.5-3.4 = อ่อนแอ (susceptible; S)

กลุ่มที่ 5 ค่าดัชนีความรุนแรง 3.5-4.0 = อ่อนแอมาก (highly susceptible; HS)

ภาพที่ 3.3 ระดับความรุนแรงของโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) ในมะเขือเทศ 5 ระดับ (0 = ไม่ปรากฏอาการ (highly resistant) 1= ปรากฏอาการใบด่างเล็กน้อย (resistant) 2= เริ่มปรากฏอาการใบด่างร่วมกับใบหงิกชัดเจน (moderately resistant) 3= เริ่มปรากฏอาการใบด่างร่วมกับใบหงิก 25-50% (moderately susceptible) และ 4 = เริ่มปรากฏอาการใบด่างร่วมกับใบหงิก 50-100% (susceptible))

3.2.3 การตรวจสอบยีนต้านทานโรค (detection of assistant gene)

นำพันธุ์มะเขือเทศจำนวน 32 สายพันธุ์ มาคัดเลือกลักษณะทาง genotype ที่มียีนต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง โดยมีขั้นตอนการตรวจสอบดังนี้ เริ่มจากวิธีการสกัดดีเอ็นเอโดยใช้ CTAB method (Doyle and Doyle., 1987) โดยเริ่มนำใบยอดอ่อนของมะเขือเทศอายุ 20 วัน จำนวน 4-5 ใบต่อสายพันธุ์มาบดด้วยไนโตรเจนเหลวปริมาณ 2 กรัม ตักผงใบมะเขือเทศใส่ในหลอดไมโครเซนทริฟิวส์ 1.5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย CTAB extraction buffer [CTAB 0.2 กรัม NaCl 1 มิลลิโมลาร์, PVP 0.1 กรัม, Tris-HCl (pH 8.0) 100 มิลลิโมลาร์, EDTA 20 มิลลิโมลาร์] ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และเติม 2-mercaptoethonol ปริมาตร 3 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที กลับหลอดทุก ๆ 10 นาที จากนั้นเติม chlorofrom: isoamy alcohol (24:1) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมสารละลายให้เข้ากันโดยการกลับหลอดไปมาประมาณ 10-15 นาที นำไปปั่นเหวี่ยง 14,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ดูดสารละลายสีใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านบน ปริมาณ 350 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดใหม่ 1.5 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย potassium acetate ความเข้มข้น 7.5 โมลาร์ ที่แช่เย็นปริมาตร 0.08 เท่าของสารละลาย (ปริมาณ 28 ไมโครลิตร) และสาร isopropanal ที่แช่เย็นปริมาตร 0.5 เท่าของสารละลาย ผสมสารทั้งหมดเข้าด้วยกันโดยการกลับหลอดไปมาเบา ๆ 10 ครั้ง จากนั้นนำหลอดไปแช่ในตู้ -20 องศาเซลเซียส เพื่อให้ DNA ตกตะกอน ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง 14,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที DNA ที่สกัด จะตกตะกอนอยู่ที่ก้นหลอดไมโครเซนทริฟิวส์ ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายออก จากนั้นล้างตะกอน DNA ด้วยเอทานอล 70% ใช้ปริมาตร 700 ไมโครลิตร กลับหลอดไปมาเบา ๆ 10 ครั้ง เพื่อล้างตะกอน DNA จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง 14,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเอทานอล 70% ออกมา จากนั้นล้างตะกอน DNA อีกครั้งด้วยเอทานอล 95% ใช้ปริมาตร 700 ไมโครลิตร กลับหลอดไปมาเบา ๆ 10 ครั้ง เพื่อล้างตะกอน DNA จากนั้น นำไปปั่น 14,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเอทานอล 95% ออกมา ปล่อยให้ตะกอน DNA แห้ง หลังจากนั้นละลายตะกอน DNA ด้วย TE buffer 30 ไมโครลิตร เขย่าเบา ๆ ให้ตะกอน DNA ละลายใช้ในการตรวจสอบยีนต้านทานโรคต่อไป

ขั้นตอนการตรวจสอบยีนต้านทานโดยใช้โมเลกุลเครื่องหมายชนิด SCAR markers ที่มีรายงานว่าสัมพันธ์กับลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองจำนวน 3 Marker คือ P1-6 และ P6-25 ใช้การตรวจสอบยีน *Ty-2 Ty-3* (Yang et al., 2014; Ji et al., 2008) และ I2OH ใช้ตรวจสอบยีน *I2* (Popoola et al., 2014) (ตารางที่ 3.2) โดยนำดีเอ็นเอมาเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิค Polymerase chain reaction (PCR) ปริมาตร 25 µl โดยแต่ละปฏิกิริยาประกอบด้วย genomic DNA 1 µl primer ความเข้มข้น 10 µl dNTP ความเข้มข้น 50 µM Mg^{2+} เข้มข้น 2.5 µM และ *Taq* DNA polymerase 1 unit และปรับปริมาตรสุดท้ายด้วย dH2O ให้ครบ 25 µl นำ PCR products จำนวน 5 µl ตั้งค่า PCR condition ดังนี้ เริ่มต้น pre-denaturation ใช้อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที denaturation ใช้อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที annealing ใช้อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที extension ใช้อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ขั้นตอน denaturation, annealing และ extension ทำซ้ำ 35 รอบ final-extention ใช้อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที (Nevame et al., 2020) จากนั้นนำ PCR product มาตรวจสอบขนาดของชิ้นดีเอ็นเอด้วยวิธีการอิเล็กโตรโฟรีซิสบน agarose gel ความเข้มข้น 1.5% ที่ผสม RedSafe solution ละลายใน 1 X TAE บัฟเฟอร์ ใช้ความต่างศักย์ 100 โวลต์ (BIO-RAD Modell 1000/500 power supply) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง gel electrophoresis (BIO-RAD, DNA SUB CELL Tm และ BIO-RAD, PROTEIN ®II Xi CELL) ตรวจดูแถบดีเอ็นเอภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต 260 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง gel documentation analysis system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 เครื่องหมายโมเลกุลช่วยสำหรับการคัดเลือกเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP)

Resistant gene (chromosome)	Marker	Dominant/ Co-dominant	Primer sequence	Annealing temperature	Reference
Ty-2 (ch 11)	P1-16	Co-dominant	F: CACACATATCCTCTATCCTATTAGCTG R: CGGAGCTGAATTGTATAAACACG	55	Yang et al.,2014
Ty-3 (ch 6)	P6-25	Co-dominant	F: GGTAGTGGAAATGATGCTGCTC R: GCTCTGCCTATTGTCCCATATATAACC	55	Ji et al., 2007a
I2 (ch 11)	I2OH	Dominant	F: TGGAGAGTTCCCTACAATTGAG R: TTCTCTTCAAGGTAGTTGGCAG	55	Popoola et al., 2014

3.3 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง โรคไวรัสใบหงิกเหลือง ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

สร้างประชากรมะเขือเทศชั่วรุ่นที่ 1 เพื่อใช้ในการศึกษาความสามารถในรวมตัวของยีนต้านทานโรค โดยนำมะเขือเทศกลุ่มพันธุ์ที่ผ่านการประเมินจากงานทดลองที่ 1 จำนวน 7 สายพันธุ์ โดยแบ่งเป็นพันธุ์ดี จำนวน 3 สายพันธุ์ (L1 L2 และ L3) และพันธุ์ที่ต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง จำนวน 2 สายพันธุ์ (R1 และ R2) และพันธุ์ที่ต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) จำนวน 2 สายพันธุ์ (R3 และ R4) วางแผนการผสมแบบ North Carolina Mating Design-II โดยกำหนดให้พันธุ์แม่เป็นพันธุ์ดี (elite line) และพันธุ์พ่อเป็นพันธุ์ต้านทาน (resistant line) ได้ลูกผสมจำนวน 12 คู่ผสม (ตารางที่ 3.3) ทดสอบจัดกลุ่มระดับความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) ปลูกทดสอบผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic parameters) ศึกษาความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability; GCA) ศึกษาความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability; SCA) และศึกษาความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (heterosis) ของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ พันธุ์การค้า และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ (สีดาทิพย์ 3) ในงานทดลองนี้แบ่งงานทดลองออกเป็น 2 งานทดลองย่อย ดังนี้

งานทดลองที่ 1 ทดสอบความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) ของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ พันธุ์การค้า และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ (สีดาทิพย์ 3) ในสภาพโรงเรือน (สจล.) และสภาพแปลงปลูก บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น (TKR&D)

งานทดลองที่ 2 ทดสอบความสามารถในการรวมตัวของผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต ของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ พันธุ์การค้า และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ (สีดาทิพย์ 3) สภาพแปลงปลูก (TKR&D) มีรายละเอียดและวิธีการดำเนินงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม ที่ใช้ศึกษาความสามารถในการรวมตัวโดยใช้แผนการผสมแบบ North Carolina Mating Design-II

พันธุ์แม่	พันธุ์พ่อ (resistant line)			
(elite line)	R1	R2	R3	R4
L1	L1 × R1	L1 × R2	L1 × R3	L1 × R4
L2	L2 × R1	L2 × R2	L2 × R3	L2 × R4
L3	L3 × R1	L3 × R2	L3 × R3	L3 × R4

3.3.1 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

ปลูกทดสอบเพื่อประเมินความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) ของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ 4 สายพันธุ์ (AVTO1422 AVTO1424 AVTO1008 และ KKU-T14009) พันธุ์แม่ 3 สายพันธุ์ (TKP003 TKP004 และ TKP007) พันธุ์การค้า 1 สายพันธุ์ (TK001) และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ 1 สายพันธุ์ (สีดาทิพย์ 3) ทั้งหมด 21 สายพันธุ์ ดำเนินการปลูกทดสอบในสภาพโรงเรือน (สจล.) และสภาพแปลงปลูก (TKR&D) แบ่งการปลูกทดสอบโรคดังนี้

1) การประเมินความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง (สจล.)

เพาะกล้ามะเขือเทศทั้งหมด 21 สายพันธุ์ โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะกล้า ขนาดถาดเพาะกล้า 104 หลุม วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) พันธุ์ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น เมื่อกล้ามีอายุ 21 วัน จึงทำการปลูกเชื้อ

การเตรียมเชื้อโรคเหี่ยวเหลืองและการปลูกเชื้อ นำเชื้อ *Fol* race 2 จำนวน 1 isolate คือ KK6 ที่ระบาดรุนแรงในพื้นที่การปลูกมะเขือเทศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์จากสาขาโรคพืช ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยนำมาเลี้ยงในอาหาร PDA medium โดยตัดชิ้นวุ้นที่มีสปอร์เดี่ยวแล้วจึงนำชิ้นวุ้นที่มีเชื้อ ขนาด 0.5 มิลลิเมตร วางบริเวณตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 27±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน จนเชื้อเจริญเติบโตเต็มอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นทำการเตรียมสารแขวนลอยสปอร์ (spore suspension) ให้มีปริมาณสปอร์เท่ากับ 1×10^6 สปอร์/มิลลิลิตร ทำการปลูกเชื้อต้นกล้าที่มีอายุ 21 วัน โดยวิธีการล้างราก (root dip) ทำการล้างดินออกจากราก แล้วจึงตัดรากต้นกล้าประมาณ 1 เซนติเมตร จากปลายราก นำต้นกล้าไปแช่ในภาชนะที่เตรียมสารแขวนลอยสปอร์ เป็นเวลา 10-20 นาที (Hemming et al., 2004) แล้วทำการย้ายปลูกในวัสดุปลูก ดิน:ทรายในอัตราส่วน 1:1 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยใช้ระยะเวลานึ่ง 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบันทึกข้อมูลทำการประเมินโรคโดยสังเกตอาการของต้นเป็นโรคทุก 7 วัน และให้คะแนนการเกิดโรคเป็นเวลา 42 วัน โดยให้คะแนนการเกิดโรคเป็น 5 ระดับ ให้ระดับคะแนน 0-4: (ภาพที่ 3.2) (Aguiar et al., 2013) และวิเคราะห์ผลตามวิธีเดียวกันกับงานทดลองที่ 1 (3.2.2) ดังนี้

ระดับ 0 = ไม่แสดงอาการของโรค
ระดับ 1 = ใบล่างเหลือง
ระดับ 2 = ใบ และยอดแสดงอาการเหี่ยว
ระดับ 3 = ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวทั้งต้น
ระดับ 4 = ต้นเหี่ยวและแห้งตาย

นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นดัชนีการเกิดโรค (disease index) ตามวิธีการของ (Anonymous, 1974) จากสูตร

$I = \{\sum (N_i \times V_i)/ (N \times V)\} \times 100$

Ni = จำนวนต้นที่แสดงการเกิดโรคในแต่ละระดับ
Vi = ระดับการเกิดโรค (0, 1, 2, 3 และ 4)
V = ระดับการเกิดโรคสูงสุด
N = จำนวนต้นทั้งหมดที่นำมาทดสอบ

แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป statistic version 8 และเปรียบเทียบความแตกต่างของเปอร์เซ็นดัชนีการเกิดโรคด้วย Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 ค่าที่ได้นำมาจัดกลุ่มการตอบสนองต่อโรคตามดัชนีการเกิดโรค ดัดแปลงตามวิธีการของ (Aguiar et al., 2013) ดังนี้

0% = ไม่แสดงอาการ (similar to an immune-like response; SI)
0.01 - 25% = ต้านทานมาก (high level of resistance; HR)
25 - 50% = ต้านทานปานกลาง (intermediate resistance; IR)
50 - 75% = อ่อนแอปานกลาง (intermediate susceptibility; IS)
75 - 100% = อ่อนแอมาก (high level of susceptibility; HS)

2) การประเมินความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) (สจล.)

การปลูกเชื้อ และการประเมินความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในโรงเรือน ประเมินในระยะต้นกล้า อายุ 21 วัน หลังจากเพาะเมล็ด ปลูกด้วยเชื้อไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย *Tomato yellow leaf curl Thailand virus- Nakhon Pathom* (TYLCTHV-NP) ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการไวรัสพืชและแบคทีรีโอฟาจ-ศช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยใช้วิธีการถ่ายทอดโรคให้กับมะเขือเทศทดสอบแต่ละต้นโดยการใช้แมลงหวี่ขาวที่ได้รับเชื้อ TYLCTHV-NP เริ่มต้นโดยการเพิ่มปริมาณแมลงหวี่ขาวที่เลี้ยงไว้บนต้นฟักทองบัตเตอร์นัทในโรงเรือนตาข่ายป้องกันแมลง ส่วนต้นมะเขือเทศที่มีเชื้อไวรัส TYLCTHV-NP เลี้ยงแยกไว้อีกกรงหนึ่ง และเพิ่มปริมาณเชื้อไวรัส TYLCTHV-NP โดยการเสียบยอดต้นที่เป็นโรค ให้กับต้นมะเขือเทศสายพันธุ์สีดาทิพย์ 3 ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอ จากนั้นนำแมลงหวี่ขาวที่ปราศจากเชื้อมาเลี้ยงร่วมกับต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะเขือเทศที่เป็นโรคเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อให้แมลงหวี่ขาวได้รับเชื้อแล้วนำแมลงหวี่ขาวดังกล่าวมาปล่อยในกรงที่มีต้นกล้าทดสอบ เฉลี่ยต้นละ 5-10 ตัว เป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นฉีดพ่นสารเคมีกำจัดแมลง (Acetamiprid SP 20% หรือ Thiamethoxam 25% WG) และย้ายปลูกต้นกล้าในกระถาง 3 นิ้ว ลงวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ขุยมะพร้าว และมะพร้าวสับ ให้ปุ๋ยออสโมโค้ทสูตร 13-13-13 ไว้ในโรงเรือนตาข่ายป้องกันแมลง วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น ในโรงเรือนที่มุงด้วยมุ้งตาข่ายขนาด 50 mesh ทำการประเมินโรคทุก ๆ สัปดาห์หลังจากปลูกเชื้อเป็นเวลา 8 สัปดาห์ (7 14 21 28 35 42 49 และ 56 วัน หลังปลูกเชื้อ) ตามระดับการตอบสนองต่อการเกิดโรค 5 ระดับ เหมือนกับการทดลองที่ 1 ดังนี้

0 = ไม่ปรากฏอาการ (highly resistant)

1 = เริ่มปรากฏอาการใบด่างเล็กน้อย 1-2 จุด (resistant)

2 = ปรากฏอาการใบด่างร่วมกับใบหงิกชัดเจนมากกว่า 2 จุด (moderate resistant)

3 = เริ่มปรากฏอาการใบด่างร่วมกับใบหงิก 25-50% ของต้น (susceptible)

4 = เริ่มปรากฏอาการใบด่างร่วมกับใบหงิก 50-100% ของต้น ลำต้นแคระแกร็น หยุดการเจริญเติบโต (highly susceptible) ดัดแปลงตามวิธีการของ (Akhtar et al., 2019)

แล้วนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ยการเกิดโรคในแต่ละสัปดาห์ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป statistic version 8 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และนำค่าเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 6 มาจัดกลุ่มตามการตอบสนองต่อโรคของมะเขือเทศ โดยใช้ค่าดัชนีความรุนแรงในการแบ่งกลุ่มออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ค่าดัชนีความรุนแรง 0 = ต้านทานมาก (highly resistant; HR)

กลุ่มที่ 2 ค่าดัชนีความรุนแรง 0.1-1.4 = ต้านทาน (resistant; R)

กลุ่มที่ 3 ค่าดัชนีความรุนแรง 1.5-2.4 = ต้านทานปานกลาง (moderate resistant; MR)

กลุ่มที่ 4 ค่าดัชนีความรุนแรง 2.5-3.4 = อ่อนแอ (susceptible; S)

กลุ่มที่ 5 ค่าดัชนีความรุนแรง 3.5-4.0 = อ่อนแอมาก (highly susceptible; HS)

3) การประเมินความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศลูกผสมในสภาพแปลงปลูก (TKR&D)

ปลูกทดสอบลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ 7 สายพันธุ์ พันธุ์การค้า 2 สายพันธุ์ และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ 1 สายพันธุ์ (สีดาทิพย์ 3) วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำ 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น ทดสอบพร้อมกับดำเนินการปลูกทดสอบผลผลิต ณ บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด (TKR&D) จังหวัดขอนแก่น (ภาพที่ 3.4) ประเมินการตอบสนองต่อโรคโดยให้คะแนนการตอบสนองทั้งสองโรคตามวิธีการทดลองย่อยที่ 1) และ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.4 ลักษณะแปลงปลูกทดสอบมะเขือเทศลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น

3.3.2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต

ปลูกทดสอบผลผลิตของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ 4 สายพันธุ์ (AVTO1424 AVTO1422 AVTO1008 และ KKU-T14009) พันธุ์แม่ 3 สายพันธุ์ (TKP003 TKP004 และ TKP007) พันธุ์การค้า 2 สายพันธุ์ (TK001 และ TK002) และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ 1 สายพันธุ์ (สีดาทิพย์ 3) วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำ 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น ดำเนินการปลูกทดสอบผลผลิต ณ บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น สำหรับปลูกเพื่อเก็บข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโต คุณภาพผลผลิต โดยใช้แบบประเมินลักษณะประจำพันธุ์ตามแบบของ Descriptors for Tomato (*Lycopersicon* sp.) (IPGRI, 1996) ศึกษาลักษณะต้นพืช 4 ลักษณะ ได้แก่ 1) ลักษณะการเจริญเติบโต การวางตัวของใบ ชนิดของใบ สีของสารแอนโธไซยานินที่เส้นใบ 2) ลักษณะผล 12 ลักษณะ ได้แก่ ความสม่ำเสมอของขนาดผล สีภายนอกของผลอ่อน แถบยาวสีเขียวที่ไหล่ผล ความเข้มของไหล่เขียว ข้อต่อของขั้วผล สันที่ปลายกลีบเลี้ยงมะเขือเทศ รูปร่างผล สีภายนอกของผลสุก ความแน่นเนื้อ รูปร่างของก้นผล รูปร่างของแผลที่เกิดจากเกสรเพศเมีย และรูปร่างผลเมื่อตัดขวาง

การเก็บผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ทำการเก็บจากต้นจำนวน 5 ต้น จนกว่าจะสิ้นสุดการให้ผลผลิต สำหรับพันธุ์ที่ให้ผลผลิตนานทำการแยกเก็บเพียง 5 ครั้ง ข้อมูลในครั้งสุดท้ายที่เก็บจะทำการเก็บผลผลิต ทั้งผลสุกและผลดิบเพื่อนำมารวบรวมเป็นผลผลิตต่อต้น ดังนี้

1) จำนวนผลต่อต้น
2) ผลผลิตต่อต้น (กรัม)
3) น้ำหนักต่อผล (กรัม) ชั่งน้ำหนักเฉลี่ย 10 ผลต่อซ้ำ
4) ความยาวผล (เซนติเมตร) โดยวัดจากก้นผลถึงส่วนที่ติดกับขั้วผลเฉลี่ย 10 ผลต่อซ้ำ
5) ความกว้างผล (เซนติเมตร) วัดจากเส้นผ่าศูนย์กลางของผลเฉลี่ย 10 ผลต่อซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ความหนาเนื้อ (มิลลิเมตร) วัดจากความหนาเนื้อเฉลี่ยจากจำนวน 10 ผลต่อซ้ำ

7) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (% Brix) วัดจากน้ำคั้นโดยใช้เครื่อง Digital hand–held “Pocket” Refractometer PAL, Atago (R), Japan เฉลี่ยจากจำนวน 10 ผลต่อซ้ำ

8) จำนวนช่องผล 5 ผลต่อซ้ำ

9) จำนวนผลต่อช่อ

10) ความสูง (เซนติเมตร) วัดตั้งแต่โคนต้นจนถึงปลายยอด

และนำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ยของผลผลิต วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป statistic version 8 และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

สำหรับงานทดลองที่ 3.3.1 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านโรคเหี่ยวเหลืองและโรคไวรัสใบหงิกเหลืองของมะเขือเทศลูกผสม ในสภาพโรงเรือน (สจล.) และสภาพแปลงปลูก (TKR&D) และงานทดลองที่ 3.3.2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม ศึกษาความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability; GCA) ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability; SCA) และวิเคราะห์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม (heterosis) มีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (statistical analysis)

3.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic parameters)

ในลักษณะของผลผลิต ลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติเมื่อพบว่ามีนัยสำคัญจึงวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรมสามารถคำนวณโดยใช้โมเดลทางสถิติดังนี้ (ตารางที่ 3.4) (ตารางที่ 3.5)

ตารางที่ 3.4 ANOVA ที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมของผลผลิตของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1

Source	df	Mean Squares	Expected Mean Squares
Replication	r-1		
Males	m-1	M_4	$\sigma^2 + r\sigma_{mf}^2 + rf\sigma_m^2$
Females	f-1	M_3	$\sigma^2 + r\sigma m_{mf}^2 + rm\sigma_f^2$
Females × Males	(m-1)(f-1)	M_2	$\sigma^2 + r\sigma_{mf}^2$
Error	(r-1)(mf-1)	M_1	σ^2
Total	rmf-1		

หมายเหตุ: r = จำนวนซ้ำ m = จำนวนเพศผู้ และ f = จำนวนเพศเมียที่ผสมกับเพศผู้แต่ละต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 สูตรในการวิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม	สูตร
ความแปรปรวนของต้นตัวผู้ Male variance (σ_m^2)	$(M_4-M_2)/rf$
ความแปรปรวนของต้นตัวเมีย Female variance (σ_f^2)	$(M_3-M_2)/rm$
ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย (Male × Female) variance (σ_{mf}^2)	$(M_2-M_1)/r$
ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก Additive variance (σ_A^2) (m)	$4\sigma_m^2$ หรือ 4(M4-M2)/rf
ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก Additive variance (σ_A^2) (f)	$4\sigma_f^2$ หรือ 4(M3-M2)/rm
ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบข่ม Dominant variance (σ_D^2)	$4\sigma_{mf}^2$ หรือ $4(M_2-M_1)/r$
ความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม Environmental variance (σ_E^2)	σ^2
ความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ Phenotypic variance (σ_p^2)	$\sigma_A^2+\sigma_D^2+\sigma_E^2$
อัตราการข่ม Dominance ratio (σ_D^2/σ_A^2)	σ_D^2/σ_A^2
การข่มเฉลี่ย Average degree of dominance ($\bar{d}$)	$(2\sigma_{mf}^2/\sigma_m^2)^{1/2}$
อัตราพันธุกรรมอย่างแคบ Narrow-sense heritability h^2 (%)	$\sigma_A^2/(\sigma_E^2+\sigma_D^2+\sigma_A^2)$ หรือ $4\sigma_m^2/(\sigma^2+4\sigma_{mf}^2+4\sigma_m^2)$

หมายเหตุ: M_1 = Error M_2 = Females × Males M_3 = Females และ M4 = Males สำหรับ r = จำนวนซ้ำ m = จำนวนเพศผู้ และ f = จำนวนเพศเมียที่ผสมกับเพศผู้แต่ละต้น

จากค่าความแปรปรวนของยีนแบบบวก (additive variance) (σ_A^2) ควรใช้ค่า σ_A^2 (m) หรือ σ_A^2 (f) ที่มีค่าบวกในการคำนวณ แต่ถ้าในกรณีที่ทั้ง 2 ค่าดังกล่าวเป็นค่าบวก อาจใช้วิธีการ pooled sum of square ของทั้ง 2 ค่าเข้าด้วยกัน ดังนี้ $\sigma^2_{(m+f)}$ หรือ σ_A^2(pooled) = $(MS_m + MS_f) / (df_m+df_f)$ การวัดระดับอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ ถ้าน้อยกว่า 40% จัดว่ามีค่าในระดับต่ำ 41-50% จัดว่ามีค่าในระดับปานกลาง และมากกว่า 50% จัดว่ามีค่าในระดับสูง (Searle,1965) การข่มเฉลี่ย $\bar{d}$ = 0 หมายถึง ไม่มีการข่ม $\bar{d}$ = 1 หมายถึง การข่มสมบูรณ์ $\bar{d}$ > 1 หมายถึง การข่มเกิน และ $\bar{d}$ < 1 หมายถึง การข่มไม่สมบูรณ์ (พีระศักดิ์, 2525)

3.4.2 การวิเคราะห์ความสามารถการรวมตัวทั่วไป (GCA)

นำข้อมูลของลักษณะต่าง ๆ มาคำนวณหาค่า GCA โดยใช้โมเดลทางสถิติดังนี้

$$\hat{G}_{P1}=\bar{Y}_{P1}-\bar{Y}..$$

$\hat{G}_{P1}$ = ค่า GCA ของลักษณะผลผลิตของสายพันธุ์ P1

$\bar{Y}_{P1}$ = ค่าเฉลี่ยของผลผลิตของลูกผสมที่เกิดจากสายพันธุ์ P1

$\bar{Y}..$ = ค่าเฉลี่ยของผลผลิตของลูกผสมทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การวิเคราะห์ความสามารถการรวมตัวจำเพาะ (SCA)

นำข้อมูลของลักษณะต่าง ๆ มาคำนวณหาค่า SCA โดยใช้โมเดลทางสถิติดังนี้

$$\hat{S}_{AB}=\bar{Y}_{AB}-\hat{G}_{A}-\hat{G}_{B}-\bar{Y}..$$

$\hat{S}_{AB}$ = ค่า SCA ของลักษณะผลผลิตของคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ A และ B

$\bar{Y}_{AB}$ = ค่าเฉลี่ยของผลผลิตของลูกผสมระหว่างสายพันธุ์ A และ B

$\hat{G}_{A}$, $\hat{G}_{B}$ = ค่า GCA ของลักษณะผลผลิตของสายพันธุ์ A และ B

$\bar{Y}..$ = ค่าเฉลี่ยของผลผลิตของลูกผสมทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง

3.4.4 การวิเคราะห์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม (heterosis)

1) ทำการวัดโดยการเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่

$$\text{Heterosis (\%)} = [(F_1 - MP)/MP] \times 100$$

เมื่อ F_1 = ค่าเฉลี่ยของลูกผสม

MP = ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ $(P_1 + P_2) / 2$

P_1 = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่

P_2 = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ

2) ทำการวัดโดยการเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า

$$\text{Heterobeltiosis (\%)} = [(F_1 - HP)/HP] \times 100$$

เมื่อ F_1 = ค่าเฉลี่ยของลูกผสม

HP = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศ คัดเลือกพันธุ์ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองและโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

4.1.1 ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศ

จากการประเมินลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศจำนวน 32 สายพันธุ์ ที่รวบรวมมาจาก WorldVeg บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน และเชื้อพันธุกรรมของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อแบ่งกลุ่มตามการใช้ประโยชน์ของมะเขือเทศสามารถแบ่งได้ดังนี้

1) มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก (cherry tomato) ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์เลื้อย หรือกึ่งเลื้อย ชนิดของใบพบแบบมาตราฐาน และคล้ายใบมันฝรั่ง การวางตัวของใบเป็นแบบกึ่งตั้งตรง ไม่พบสีของสารแอนโธไซยานินที่เส้นใบ จำนวนใบใต้ดอกช่อแรกมาก มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก มีน้ำหนักผลประมาณ 10 - 20 กรัม ความกว้างผล 3.08 - 4.11 เซนติเมตร ความยาวผล 2.67 - 5.57 เซนติเมตร ความหนาเนื้อ 2.80 - 5.64 มิลลิเมตร ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ 5.00-6.04 °Brix ผลเมื่อสุกมีสีส้ม และสีแดง รูปร่างผลมีลักษณะ ผลกลม ผลกลมทรงสูง ผลแบน และผลรูปทรงรี รูปร่างของก้นผลพบแบบเรียบ และแหลม ได้แก่พันธุ์ KM-T10018-3-2 KM-T10018-3-5 KM-T10018-3-6 KKU-T24141 AVTO0102 KKU-T24064 CLN3241H-27 และ AVTO1424 (ตารางที่ 4.1) (ตารางที่ 4.2)

2) มะเขือเทศกลุ่มสีดา มะเขือเทศกลุ่มผลเล็กที่มีน้ำหนักผลมากกว่า 20 กรัม ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์พุ่ม และกึ่งเลื้อย รองลงมาเป็นพันธุ์เลื้อย ชนิดของใบพบแบบมาตราฐาน และคล้ายใบมันฝรั่ง การวางตัวของใบเป็นแบบกึ่งตั้งตรง ไม่พบสีของสารแอนโธไซยานินที่เส้นใบ จำนวนใบใต้ดอกช่อแรกมาก จากการประเมินมะเขือเทศมีน้ำหนักผลตั้งแต่ 20.50-38.92 กรัม ความกว้างผล 3.27- 3.84 เซนติเมตร ความยาวผล 3.41- 4.26 เซนติเมตร ความหนาเนื้อ 2.93 - 4.61 มิลลิเมตร ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ 6.10-7.00 °Brix ผลเมื่อสุกมีสีชมพู สีเหลือง สีส้ม-แดง สีแดง รูปร่างผลมีลักษณะ ผลกลม ผลกลมทรงสูง ผลแบน ผลรูปทรงรี และรูปทรงกระบอก รูปร่างของก้นผลพบแบบเรียบ แหลม และเว้า ได้แก่ พันธุ์สีดาทิพย์ 3 AVTO9801 AVTO1418 AVTO1422 AVTO1420 KKU-T14009 KKU-T24127 KKU-T34145 KKU-T24065 TK003 TKP001 TKP003 TKP004 TKP005 TKP007 และ TKP008 (ตารางที่ 4.1) (ตารางที่ 4.2)

3) มะเขือเทศรับประทานสดผลใหญ่ (table tomato) มีทั้งพันธุ์เลื้อย กึ่งเลื้อย และพันธุ์พุ่ม ชนิดของใบพบแบบมาตราฐาน และคล้ายใบมันฝรั่ง การวางตัวของใบเป็นแบบกึ่งตั้งตรง ไม่พบสีของสารแอนโธไซยานินที่เส้นใบ จำนวนใบใต้ดอกช่อแรกมาก น้ำหนักผล 40.01- 93.39 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความกว้างผล 4.54- 4.35 เซนติเมตร ความยาวผล 3.76- 6.55 เซนติเมตร ความหนาเนื้อ 3.39- 7.54 มิลลิเมตร เมื่อผลสุกมีสีแดง ไหล่ผลมีสีเขียวในบางสายพันธุ์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ 7.08-8.50 °Brix มักมีลักษณะผลแบบกลม ผลกลมทรงสูง ผลแบน ผลรูปทรงรี และรูปทรงกระบอก รูปร่างของก้นผลพบแบบเรียบและเว้า ได้แก่พันธุ์ AVTO1003 AVTO1008 AVTO1314 KKU-T24060 KKU-T24063 KKU-T44064 TK001 และ TK002 (ตารางที่ 4.1) (ตารางที่ 4.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ประเมินลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศจำนวน 32 สายพันธุ์ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในช่วงฤดูแล้ง (ตุลาคม-กุมภาพันธ์ 2561)

สายพันธุ์	Name/Pedigree	ที่มา	ลักษณะต้นพืช					ลักษณะผล		
			ลักษณะการเจริญเติบโต	จำนวนใบใต้ดอกช่อแรก	การวางตัวของใบ	ชนิดของใบ	สีของสารแอนโธไซยานินที่เส้นใบ	รูปร่างผล	สีภายนอกของผลสุก	รูปร่างของก้นผล
AVTO1418	CLN3669A	WorldVeg	พันธุ์กึ่งเลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	คล้ายใบมันฝรั่ง	ไม่พบสี	รูปทรงรี	สีส้ม-แดง	เรียบ
AVTO1314	CLN3212C	WorldVeg	พันธุ์พุ่ม	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	กลมทรงสูง	สีแดง	เรียบ
AVTO1420	CLN3670B	WorldVeg	พันธุ์กึ่งเลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	คล้ายใบมันฝรั่ง	ไม่พบสี	กลมทรงสูง	สีแดง	เรียบ
AVTO1422	CLN3670F	WorldVeg	พันธุ์กึ่งเลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	คล้ายใบมันฝรั่ง	ไม่พบสี	รูปทรงรี	สีส้ม-แดง	เรียบ
AVTO1424	CLN3682C	WorldVeg	พันธุ์กึ่งเลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	คล้ายใบมันฝรั่ง	ไม่พบสี	รูปทรงรี	สีแดง	แหลม
AVTO9801	CLN1621L	WorldVeg	พันธุ์พุ่ม	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	กลมทรงสูง	สีแดง	เรียบ
AVTO1003	CLN3125L	WorldVeg	พันธุ์กึ่งเลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	คล้ายใบมันฝรั่ง	ไม่พบสี	รูปทรงรี	สีแดง	เรียบ
AVTO1008	CLN3078C	WorldVeg	พันธุ์กึ่งเลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	คล้ายใบมันฝรั่ง	ไม่พบสี	ทรงกระบอก	สีแดง	เรียบ
AVTO0102	CLN2366B	WorldVeg	พันธุ์พุ่ม	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	รูปหัวใจ	สีส้ม	แหลม
-	CLN3241H-27	WorldVeg	พันธุ์กึ่งเลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	กลมทรงสูง	สีส้ม	เรียบ
TK001	-	TKR&D Co,Ltd.	พันธุ์พุ่ม	มาก	กึ่งตั้งตรง	คล้ายใบมันฝรั่ง	ไม่พบสี	กลมทรงสูง	สีแดง	เรียบ
TK002	-	TKR&D Co,Ltd.	พันธุ์พุ่ม	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	รูปทรงรี	สีแดง	เรียบ
TK003	-	TKR&D Co,Ltd.	พันธุ์พุ่ม	มาก	กึ่งตั้งตรง	คล้ายใบมันฝรั่ง	ไม่พบสี	รูปทรงรี	สีแดง	แหลม
TKP001	-	TKR&D Co,Ltd.	พันธุ์พุ่ม	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	รูปทรงรี	สีแดง	เรียบ
TKP003	-	TKR&D Co,Ltd.	พันธุ์กึ่งเลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	กลมทรงสูง	สีแดง	เรียบ
TKP004	-	TKR&D Co,Ltd.	พันธุ์กึ่งเลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	คล้ายใบมันฝรั่ง	ไม่พบสี	กลมทรงสูง	สีแดง	เรียบ
TKP005	-	TKR&D Co,Ltd.	พันธุ์พุ่ม	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ทรงกระบอก	สีส้ม-แดง	เรียบ
TKP007	-	TKR&D Co,Ltd.	พันธุ์เลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	รูปทรงรี	สีส้ม-แดง	แหลม
TKP008	-	TKR&D Co,Ltd.	พันธุ์พุ่ม	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	กลม	สีแดง	เว้า
KKU-T44064	-	TGRC	พันธุ์พุ่ม	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	กลม	สีแดง	เรียบ

ตารางที่ 4.1 ประเมินลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศจำนวน 32 สายพันธุ์ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในช่วงฤดูแล้ง (ตุลาคม-กุมภาพันธ์ 2561) (ต่อ)

สายพันธุ์	Name/Pedigree	ที่มา	ลักษณะต้นพืช					ลักษณะผล		
			ลักษณะการเจริญเติบโต	จำนวนใบใต้ดอกช่อแรก	การวางตัวของใบ	ชนิดของใบ	สีของสารแอนโธไซยานินที่เส้นใบ	รูปร่างผล	สีภายนอกของผลสุก	รูปร่างของก้นผล
KKU-T24141	PI269140	WorldVeg	พันธุ์เลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	กลม	สีแดง	เรียบ
KKU-T34145	PI370072-73AISD	USDA	พันธุ์เลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	แบน	สีแดง	เว้า
KKU-T24060	L01251	WorldVeg	พันธุ์เลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	แบนเล็กน้อย	สีแดง	เว้า
KKU-T24063	L01321-A	WorldVeg	พันธุ์เลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	แบน	สีแดง	เรียบ
KKU-T24065	L01346	WorldVeg	พันธุ์เลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	กลม	สีแดง	เรียบ
KKU-T24064	L01321-B	WorldVeg	พันธุ์เลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	คล้ายใบมันฝรั่ง	ไม่พบสี	แบน	สีแดง	เรียบ
KKU-T24127	Non TZU	Hsin Ho Seed Co. Chia I	พันธุ์เลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	กลม	สีเหลือง	เรียบ
KKU-T14009	CLN3022F2-154-44-14-3-15	TGRC	พันธุ์พุ่ม	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	กลมทรงสูง	สีแดง	แหลม
KM-T10018-3-5	Pettcure	Taiwan	พันธุ์เลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	กลมทรงสูง	สีแดง	เรียบ
KM-T10018-3-6	Pettcure	Taiwan	พันธุ์เลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	กลมทรงสูง	สีแดง	เรียบ
KM-T10018-3-2	Pettcure	Taiwan	พันธุ์เลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	กลมทรงสูง	สีแดง	เรียบ
สีดาทิพย์ 3	สีดาทิพย์ 3	TVRC	พันธุ์กึ่งเลื้อย	มาก	กึ่งตั้งตรง	คล้ายใบมันฝรั่ง	ไม่พบสี	รูปทรงรี	สีชมพู	เรียบ

ตารางที่ 4.2 ประเมินลักษณะคุณภาพของมะเขือเทศ 32 สายพันธุ์ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในช่วงฤดูแล้ง (ตุลาคม-กุมภาพันธ์ 2561)

สายพันธุ์	Name/Pedigree	ที่มา	ลักษณะผล				
			น้ำหนักต่อผล (กรัม)	ความกว้าง (เซนติเมตร)	ความยาว (เซนติเมตร)	ความหนาเนื้อ (มิลลิเมตร)	% Brix
AVTO1418	CLN3669A	WorldVeg	29.32	3.93	4.88	5.12	6.82
AVTO1314	CLN3212C	WorldVeg	48.83	4.76	4.41	3.60	6.48
AVTO1420	CLN3670B	WorldVeg	38.92	3.84	4.26	4.61	6.40
AVTO1422	CLN3670F	WorldVeg	36.43	3.94	4.31	3.92	6.52
AVTO1424	CLN3682C	WorldVeg	19.71	4.11	5.57	5.64	5.54
AVTO9801	CLN1621L	WorldVeg	20.50	3.27	3.41	2.93	5.30
AVTO1003	CLN3125L	WorldVeg	47.45	3.82	7.04	5.28	5.82
AVTO1008	CLN3078C	WorldVeg	90.23	4.35	6.55	7.543	5.00
AVTO0102	CLN2366B	WorldVeg	12.66	2.86	2.93	2.25	8.18
-	CLN3241H-27	WorldVeg	17.66	3.32	3.31	4.68	7.80
TK001	-	TKR&D Co,Ltd.	56.89	2.16	3.97	4.65	6.12
TK002	-	TKR&D Co,Ltd.	42.00	4.71	4.89	5.05	5.52
TK003	-	TKR&D Co,Ltd.	33.29	3.57	6.10	4.26	6.40
TKP001	-	TKR&D Co,Ltd.	33.62	4.46	5.53	5.16	6.20
TKP003	-	TKR&D Co,Ltd.	36.97	3.94	4.99	4.05	7.18
TKP004	-	TKR&D Co,Ltd.	34.10	4.05	4.53	4.84	6.10
TKP005	-	TKR&D Co,Ltd.	36.10	3.34	7.54	4.38	6.64
TKP007	-	TKR&D Co,Ltd.	38.74	3.03	4.97	3.12	7.48
TKP008	-	TKR&D Co,Ltd.	25.03	4.27	3.77	3.38	6.04
KKU-T44064	-	TGRC	67.95	5.93	5.28	3.61	8.50
KKU-T24141	PI269140	WorldVeg	5.65	3.08	2.67	2.80	6.56
KKU-T34145	PI370072-73AISD	USDA	24.00	4.60	3.12	2.83	7.00
KKU-T24060	L01251	WorldVeg	40.01	4.54	3.76	3.39	7.08

ตารางที่ 4.2 ประเมินลักษณะคุณภาพของมะเขือเทศ 32 สายพันธุ์ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในช่วงฤดูแล้ง (ตุลาคม-กุมภาพันธ์ 2561) (ต่อ)

สายพันธุ์	Name/Pedigree	ที่มา	ลักษณะผล				
			น้ำหนักต่อผล (กรัม)	ความกว้าง (เซนติเมตร)	ความยาว (เซนติเมตร)	ความหนาเนื้อ (มิลลิเมตร)	% Brix
KKU-T24063	L01321-A	WorldVeg	93.39	6.43	4.06	4.92	7.72
KKU-T24065	L01346	WorldVeg	25.42	2.61	3.42	2.46	6.68
KKU-T24064	L01321-B	WorldVeg	16.06	2.85	2.70	3.04	6.56
KKU-T24127	Non TZU	Hsin Ho Seed Co. Chia I	30.20	4.31	3.67	3.85	6.80
KKU-T14009	CLN3022F2-154-44-14-3-15	TGRC	38.07	6.19	4.76	3.05	6.96
KM-T10018-3-5	PETTCURE	Taiwan	13.06	2.83	3.11	2.27	6.92
KM-T10018-3-6	PETTCURE	Taiwan	8.28	2.56	2.28	2.24	7.22
KM-T10018-3-2	PETTCURE	Taiwan	18.94	3.71	3.87	3.29	6.00
สีดาทิพย์ 3	สีดาทิพย์ 3	TVRC	23.00	3.50	3.65	3.10	5.00

4.1.2 การประเมินการเกิดโรคจากลักษณะที่ปรากฏ (phenotype)

1) การประเมินความต้านทานโรคเหี่ยวเหลืองในสายพันธุ์พ่อแม่

ผลการทดลองการประเมินความต้านทานต่อโรคโรคเหี่ยวเหลืองในมะเขือเทศระยะต้นกล้า 32 สายพันธุ์ ด้วยวิธีการปลูกเชื้อแบบล้างราก (root dip) ทำการประเมินการเกิดโรคทุก ๆ สัปดาห์ เริ่มประเมินโรคที่ 7 วัน จนถึง 42 วันหลังปลูกเชื้อ (day after inoculation/root dip; DAI) พบว่าพันธุ์มะเขือเทศแสดงการตอบสนองต่อโรคเหี่ยวเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4.3) ตั้งแต่ 7 ถึง 42 DAI โดยในสัปดาห์แรก 7 DAI พบว่าพันธุ์ทดสอบจำนวน 20 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1003 AVTO9801 AVTO1420 AVTO1219 AVTO1422 KKU-T14009 KKU-T24141 KKU-T34145 KKU-T24060 KKU-T24063 KKU-T24064 KKU-T24065 KKU-T23178 KM-T10018-3-2 KM-T10018-3-6 TK003 TKP003 TKP004 TKP005 และ TKP007 เริ่มแสดงอาการอาการเหี่ยว และใบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ในขณะที่พันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ (สีดาทิพย์ 3) และพันธุ์ทดสอบที่เหลืออีกจำนวน 11 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1008 AVTO0102 AVTO1418 AVTO1424 KKU-T24127 KKU-T44064 KM-T10018-3-5 TK001 TK002 TKP001 และ TKP008 ยังไม่แสดงอาการเกิดโรคเนื่องจากกลุ่มพันธุ์เหล่านี้ยังสามารถทนทานหรือมีกลไกป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อได้ดีกว่าพันธุ์ที่แสดงอาการ ในสัปดาห์ที่ 2 หรือ 14 DAI พบว่าพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบแสดงอาการของโรคค่าดัชนีการเกิดโรคอยู่ที่ 46.25% ในขณะที่พันธุ์ทดสอบที่ยังไม่แสดงอาการของโรคจำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1008 AVTO1418 KKU-T24127 KKU-T44064 TK001 และ TKP008 21 DAI เริ่มแสดงอาการเหี่ยว และใบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง มี 4 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1418 KKU-T24127 KKU-T44064 และ TKP008 อีก 2 สายพันธุ์ที่ยังไม่แสดงอาการ ได้แก่ AVTO1008 และ TK001 28 DAI พบว่าพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบแสดงการเกิดโรค 100% ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการจัดกลุ่มมะเขือเทศตามการตอบสนองต่อโรคเหี่ยวเหลือง โดยพันธุ์ทดสอบจำนวน 32 สายพันธุ์ สามารถจัดกลุ่มการตอบสนองต่อโรคโดยใช้ดัชนีการเกิดโรคได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม คือ 0.01-25% = ต้านทานมาก high level of resistance (HR) 25-50% = ต้านทานปานกลาง intermediate resistance (IR) 50-75% = อ่อนแอปานกลาง intermediate susceptibility (IS) และ 75-100% = อ่อนแอมาก high level of susceptibility (HS) และเมื่อประเมินไปจนถึง 42 DAI พบว่ามะเขือเทศอ่อนแอลงเรื่อย ๆ มีบางสายพันธุ์เท่านั้นที่สามารถแสดงอาการระดับต้านทานมาก (HR) คือพันธุ์ AVTO1422 และ AVTO1008 (ภาพที่ 4.1) และกลุ่มต้านทานปานกลาง (IR) แสดงค่าดัชนีการเกิดโรคอยู่ระหว่าง 26.04 ถึง 47.19% จำนวน 8 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO9801 AVTO1424 KKU-T14009 KKU-T24060 TK001 TK002 TKP001 และ TKP003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ดัชนีการเกิดโรคเหี่ยวเหลือง (DI%) ของต้นกล้ามะเขือเทศ 32 สายพันธุ์ ปลูกเชื้อด้วย *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (*Fol*) race 2 ไอโซเลต KK6 7-42 วัน หลังการปลูกเชื้อ (DAI)

สายพันธุ์	Name/Pedigree	ดัชนีการเกิดโรค (DI%)						ระดับ
		7DAI	14DAI	21DAI	28DAI	35DAI	42DAI	
AVTO1422	CLN3670F	2.08^{c}	8.75^{bc}	10.83^{b-d}	14.90^{d-g}	18.02^{f-h}	19.27^{g}	HR
AVTO1008	CLN3078C	0.00^{c}	0.00^{c}	0.00^{d}	4.69^{fg}	10.94^{gh}	23.44^{fg}	HR
AVTO1424	CLN3682C	0.00^{c}	1.25^{c}	2.50^{cd}	2.50^{g}	5.31^{h}	26.04^{e-g}	IR
TKP003	-	1.25^{c}	6.25^{bc}	6.25^{b-d}	12.50^{e-g}	17.50^{f-h}	33.75^{d-g}	IR
TK001	-	0.00^{c}	0.00^{c}	0.00^{d}	11.25^{e-g}	22.81^{e-h}	38.96^{d-g}	IR
TK002	-	0.00^{c}	1.56^{c}	5.94^{b-d}	10.94^{e-g}	16.88^{f-h}	39.38^{d-g}	IR
KKU-T14009	CLN3022F2-154-44-14-3-15	2.08^{c}	4.17^{c}	8.33^{b-d}	16.67^{d-g}	25.00^{d-h}	40.63^{d-g}	IR
TKP001	-	0.00^{c}	2.50^{c}	4.06^{cd}	18.33^{c-g}	31.56^{d-h}	42.08^{d-g}	IR
AVTO9801	CLN1621L	1.56^{c}	1.56^{c}	3.65^{cd}	17.40^{d-g}	34.17^{d-h}	43.85^{d-g}	IR
KKU-T24060	L01251	5.00^{a-c}	5.00^{c}	5.00^{b-d}	24.69^{c-g}	40.94^{c-h}	47.19^{c-g}	IR
AVTO1420	CLN3670B	3.65^{bc}	6.77^{bc}	14.06^{b-d}	30.73^{b-g}	44.79^{b-h}	50.52^{c-g}	IS
AVTO1219	CLN3241H-27	2.50^{bc}	10.31^{bc}	15.00^{b-d}	25.94^{c-g}	37.50^{d-h}	50.94^{c-g}	IS
AVTO1314	CLN3212C	4.69^{a-c}	9.38^{bc}	12.50^{b-d}	18.23^{d-g}	24.48^{e-h}	51.04^{b-g}	IS
TK003	-	6.25^{a-c}	12.50^{bc}	15.00^{b-d}	25.00^{c-g}	41.56^{b-h}	57.19^{b-g}	IS
AVTO0102	CLN2366B	0.00^{c}	11.56^{bc}	30.31^{bc}	39.06^{b-f}	53.44^{b-f}	57.81^{b-g}	IS
AVTO1003	CLN3125L	5.00^{a-c}	25.52^{b}	33.96^{b}	46.15^{b-e}	53.54^{b-f}	58.44^{b-g}	IS
KKU-T44064	-	0.00^{c}	0.00^{c}	5.94^{b-d}	25.63^{c-g}	46.25^{b-h}	59.38^{a-g}	IS
TKP007	-	13.96^{a}	16.04^{bc}	16.04^{b-d}	27.71^{c-g}	35.21^{d-h}	59.58^{a-g}	IS
AVTO1418	CLN3669A	0.00^{c}	0.00^{c}	12.19^{b-d}	31.77^{b-g}	47.19^{b-g}	59.79^{a-g}	IS
KM-T10018-3-5	PETTCURE	0.00^{c}	1.56^{c}	13.54^{b-d}	35.83^{b-g}	52.19^{b-g}	60.94^{a-f}	IS
KM-T10018-3-2	PETTCURE	1.25^{c}	8.75^{bc}	18.75^{b-d}	25.21^{c-g}	48.33^{b-g}	63.54^{a-f}	IS
KM-T10018-3-6	PETTCURE	4.69^{a-c}	12.50^{bc}	21.88^{b-d}	32.50^{b-g}	53.13^{b-f}	66.56^{a-e}	IS
TKP005	-	7.50^{a-c}	11.88^{bc}	18.75^{b-d}	39.06^{b-f}	55.10^{b-f}	68.02^{a-d}	IS
TKP008	-	0.00^{c}	0.00^{c}	2.50^{cd}	19.69^{c-g}	48.13^{b-g}	68.13^{a-d}	IS
KKU-T24065	L01346	4.06^{a-c}	7.19^{bc}	17.50^{b-d}	35.00^{b-g}	55.31^{b-f}	68.75^{a-d}	IS
KKU-T24063	L01321-A	3.75^{bc}	10.00^{bc}	27.50^{b-d}	48.54^{b-d}	65.94^{a-d}	69.06^{a-d}	IS
KKU-T24141	PI269140	3.13^{bc}	11.88^{bc}	22.50^{b-d}	42.81^{b-e}	60.94^{a-e}	69.69^{a-d}	IS
TKP004	-	12.19^{ab}	18.75^{bc}	27.19^{b-d}	35.94^{b-g}	53.13^{b-f}	70.31^{a-d}	IS
KKU-T24064	L01321-B	3.75^{bc}	7.50^{bc}	14.06^{b-d}	46.25^{b-e}	63.75^{a-e}	71.25^{a-d}	IS
KKU-T34145	PI370072-73AISD	1.25^{c}	2.50^{c}	20.00^{b-d}	54.06^{bc}	80.63^{a-c}	87.50^{a-c}	HS
KKU-T24127	Non TZU	0.00^{c}	0.00^{c}	8.33^{b-d}	63.75^{b}	82.50^{ab}	92.50^{ab}	HS
สีดาทิพย์ 3	-	0.00^{c}	46.25^{a}	95.31^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	HS
Mean		2.80	8.18	15.92	30.71	44.57	56.74	
F-test		**	**	**	**	**	**	
CV%					62.63	49.99	39.34	

หมายเหตุ ระดับ SI = ไม่แสดงอาการ HR = ต้านทานมาก IR = ต้านทานปานกลาง IS = อ่อนแอปานกลาง และ HS = อ่อนแอมาก

DAI = วันหลังจากการปลูกเชื้อ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ *, ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.1 ลักษณะต้นกล้ามะเขือเทศ 42 วัน แสดงลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองระดับต้านทานมาก (HR) A; AVTO1422 B; AVTO1008 และ C; สีดาทิพย์ 3 (อ่อนแอเปรียบเทียบ)

2) การประเมินความต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในสายพันธุ์พ่อแม่

ผลการทดลองการประเมินความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) ในมะเขือเทศ 32 สายพันธุ์ ปลูกเชื้อด้วยวิธีการเสียบยอด (grafting method) ทำการประเมินการเกิดโรค 6 สัปดาห์ เริ่มประเมินโรคที่ 7 วัน จนถึง 42 วันหลังปลูกเชื้อ (day after inoculation/grafting; DAI) พบว่าพันธุ์มะเขือเทศแสดงการตอบสนองต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4.4) โดยสัปดาห์แรก 7 DAI พบว่าพันธุ์ทดสอบจำนวน 19 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1008 AVTO0102 AVTO1418 AVTO1422 AVTO1424 AVTO9801 KKU-T14009 KKU-T24127 KKU-T24060 KKU-T24063 KKU-T24064 KKU-T24178 KKU-T34145 KM-T10018-3-2 KM-T10018-3-5 KM-T10018-3-6 TK001 TKP004 และ TKP005 ยังไม่แสดงอาการเกิดโรคเนื่องจากกลุ่มพันธุ์เหล่านี้ยังสามารถทนทานหรือมีกลไกป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อได้ดีกว่าพันธุ์ที่แสดงอาการ ในขณะที่พันธุ์ทดสอบ จำนวน 13 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1003 AVTO1219 AVTO1420 KKU-T24141 KKU-T44064 KKU-T24065 TK002 TK003 TKP001 TKP003 TKP007 TKP008 และ สีดาทิพย์ 3 (อ่อนแอเปรียบเทียบ) เริ่มแสดงอาการอาการใบด่างเหลือง สัปดาห์ที่สอง 14 DAI พบว่าพันธุ์ทดสอบที่ยังไม่แสดงอาการของโรค จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1422 AVTO1424 KKU-T14009 และ TKP004 ในขณะที่ 29 สายพันธุ์แสดงอาการใบด่างร่วมกับใบหงิก ค่าดัชนีความรุนแรงอยู่ระหว่าง 0.05-1.60 สัปดาห์ที่ 3 หรือ 21 DAI พบ 2 สายพันธุ์ที่ยังไม่แสดงอาการ คือ KKU-T14009 และ TKP004 ค่าดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 0.00 สัปดาห์ที่ 4 หรือ 28 DAI พบว่าพันธุ์ทดสอบทุกสายพันธุ์ปรากฏอาการของโรคแสดงค่าดัชนีความรุนแรงอยู่ระหว่าง 0.25- 2.90 การตอบสนองต่อโรคอยู่ในกลุ่มต้านทานไปจนถึงอ่อนแอ และเมื่อประเมินไปจนถึงสัปดาห์ที่ 6 หรือ 42 DAI สามารถจัดกลุ่มการตอบสนองต่อโรคโดยใช้ดัชนีความรุนแรง แบ่งได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม คือ 0.1-1.4 = ต้านทาน (resistant; R) 1.5-2.4 = ต้านทานปานกลาง (moderate resistant; MR) 2.5-3.4 = อ่อนแอ (susceptible; S) และ 3.5-4.0 = อ่อนแอมาก (highly susceptible; HS) ซึ่งพบว่ามะเขือเทศอ่อนแอลงเรื่อย ๆ แต่มีบางสายพันธุ์เท่านั้นที่สามารถแสดงอาการระดับต้านทาน (R) คือพันธุ์ AVTO1008 AVTO1314 AVTO1422 และ KKU-T14009 แสดงค่าดัชนีความรุนแรงอยู่ระหว่าง 1.00-1.33 (ภาพที่ 4.2) และกลุ่มต้านทานระดับปานกลาง (MR) แสดงค่าดัชนีความรุนแรงอยู่ระหว่าง 1.48-2.38 มีจำนวน 9 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1003 AVTO1420 AVTO1424 KM-T10018-3-2 KM-T10018-3-5 KM-T10018-3-6 TKP003 TKP004 และ TKP007 (ภาพที่ 4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ดัชนีความรุนแรง (SI) และระดับการตอบสนองต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) ในต้นกล้ามะเขือเทศ 32 สายพันธุ์ ปลูกเชื้อด้วยวิธีการเสียบยอด (grafting method)

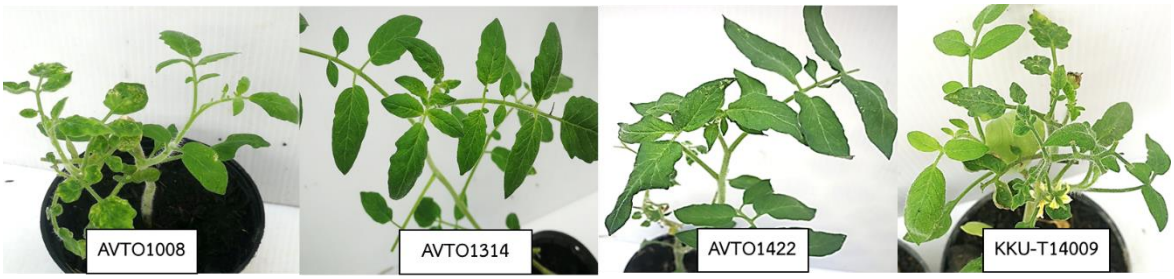
สายพันธุ์	Name/Pedigree	ดัชนีความรุนแรง (SI)						ระดับการตอบสนอง
		7DAI	14DAI	21DAI	28DAI	35DAI	42DAI	
KKU-T14009	CLN3022F2-154-44-14-3-15	0.00^{c}	0.00^{k}	0.00^{n}	0.25^{m}	0.85^{g}	1.00^{k}	R
AVTO1008	CLN3078C	0.00^{c}	0.05^{k}	0.15^{mn}	0.33^{lm}	1.03^{fg}	1.13^{jk}	R
AVTO1314	CLN3212C	0.00^{c}	0.08^{k}	0.33^{l-n}	0.45^{k-m}	1.13^{e-g}	1.25^{i-k}	R
AVTO1422	CLN3670F	0.00^{c}	0.00^{k}	0.13^{mn}	0.25^{m}	0.78^{g}	1.33^{h-k}	R
TKP003	-	0.05^{c}	0.33^{f-k}	0.70^{i-n}	0.75^{i-m}	1.10^{fg}	1.48^{g-k}	MR
TKP004	-	0.00^{c}	0.00^{k}	0.00^{n}	0.53^{k-m}	1.13^{e-g}	1.58^{f-k}	MR
KM-T10018-3-6	PETTCURE	0.00^{c}	0.68^{c-k}	0.80^{h-n}	1.10^{g-m}	1.48^{c-g}	1.73^{e-k}	MR
AVTO1424	CLN3682C	0.00^{c}	0.00^{k}	0.10^{mn}	0.70^{j-m}	1.33^{d-g}	1.75^{e-k}	MR
KM-T10018-3-2	PETTCURE	0.00^{c}	0.43^{e-k}	0.88^{g-m}	1.23^{f-m}	1.65^{b-g}	1.90^{d-k}	MR
KM-T10018-3-5	PETTCURE	0.00^{c}	0.83^{b-j}	1.10^{e-l}	1.38^{e-k}	1.53^{c-g}	1.95^{d-k}	MR
AVTO1003	CLN3125L	0.05^{c}	0.18^{i-k}	0.33^{l-n}	0.93^{h-m}	1.50^{c-g}	2.20^{c-k}	MR
TKP007	-	0.10^{bc}	0.20^{h-k}	0.33^{l-n}	0.73^{j-m}	1.38^{d-g}	2.28^{b-j}	MR
AVTO1420	CLN3670B	0.05^{c}	0.15^{jk}	0.38^{l-n}	0.68^{j-m}	1.75^{b-g}	2.38^{a-i}	MR
KKU-T24060	L01251	0.00^{c}	0.35^{f-k}	0.90^{g-m}	1.45^{d-k}	2.00^{a-g}	2.45^{a-i}	S
AVTO1219	CLN3241H-27	0.10^{bc}	0.40^{e-k}	0.68^{j-n}	1.35^{e-l}	1.80^{b-g}	2.50^{a-h}	S
AVTO1418	CLN3669A	0.00^{c}	0.33^{f-k}	1.00^{f-l}	1.58^{c-j}	1.88^{a-g}	2.50^{a-h}	S
KKU-T24063	L01321-A	0.00^{c}	0.85^{b-j}	1.60^{a-h}	1.75^{b-i}	2.20^{a-f}	2.65^{a-g}	S
TK001	-	0.00^{c}	0.50^{d-k}	1.25^{d-k}	1.85^{b-h}	2.35^{a-e}	2.70^{a-g}	S
AVTO0102	CLN2366B	0.00^{c}	0.08^{k}	0.53^{k-n}	1.03^{g-m}	1.95^{a-g}	2.78^{a-f}	S
TK002	-	0.05^{c}	0.70^{c-k}	1.35^{c-j}	1.60^{c-j}	2.00^{a-g}	2.95^{a-e}	S
AVTO9801	CLN1621L	0.00^{c}	0.25^{g-k}	0.48^{k-n}	1.03^{g-m}	2.43^{a-d}	2.95^{a-e}	S
TKP008	-	0.10^{bc}	1.10^{a-e}	1.95^{a-d}	2.20^{a-f}	2.70^{a-c}	3.00^{a-d}	S
TKP001	-	0.05^{c}	0.90^{a-h}	1.50^{b-i}	2.03^{a-g}	2.53^{a-d}	3.10^{a-d}	S
KKU-T24064	L01321-B	0.00^{c}	0.95^{a-g}	1.60^{a-h}	2.05^{a-g}	2.25^{a-f}	3.10^{a-d}	S
KKU-T24065	L01346	0.05^{c}	1.23^{a-c}	1.75^{a-f}	2.35^{a-e}	2.65^{a-c}	3.13^{a-d}	S
KKU-T44064	-	0.30^{ab}	1.15^{a-d}	1.60^{a-h}	1.80^{b-h}	2.50^{a-d}	3.25^{a-c}	S
TKP005	-	0.00^{c}	1.20^{a-d}	2.30^{ab}	2.60^{a-c}	2.70^{a-c}	3.35^{a-c}	S
KKU-T24127	Non TZU	0.00^{c}	0.88^{b-j}	1.65^{a-g}	2.25^{a-f}	2.83^{ab}	3.40^{a-c}	S
KKU-T24141	PI269140	0.20^{a-c}	1.60^{a}	2.15^{a-c}	2.90^{a}	3.05^{a}	3.40^{a-c}	S
TK003	-	0.40^{a}	1.00^{a-f}	1.88^{a-e}	2.43^{a-d}	2.85^{ab}	3.45^{ab}	HS
KKU-T34145	PI370072-73AISD	0.00^{c}	1.5^{ab}	2.38^{a}	2.68^{ab}	2.83^{ab}	3.48^{ab}	HS
สีดาทิพย์ 3	-	0.10^{bc}	1.10^{a-e}	1.95^{a-d}	2.25^{a-f}	2.70^{a-c}	3.60^{a}	HS
Mean		0.05	0.59	1.05	1.45	1.96	2.49	
F-test$^{5/}$		**	**	**	**	**	**	
C.V.%		256.59	65.4	41.28	38.7	34.16	26.97	

หมายเหตุ ระดับการตอบสนอง HR = ต้านทานมาก R = ต้านทาน MR = ต้านทานปานกลาง S = อ่อนแอ และ HS = อ่อนแอมาก

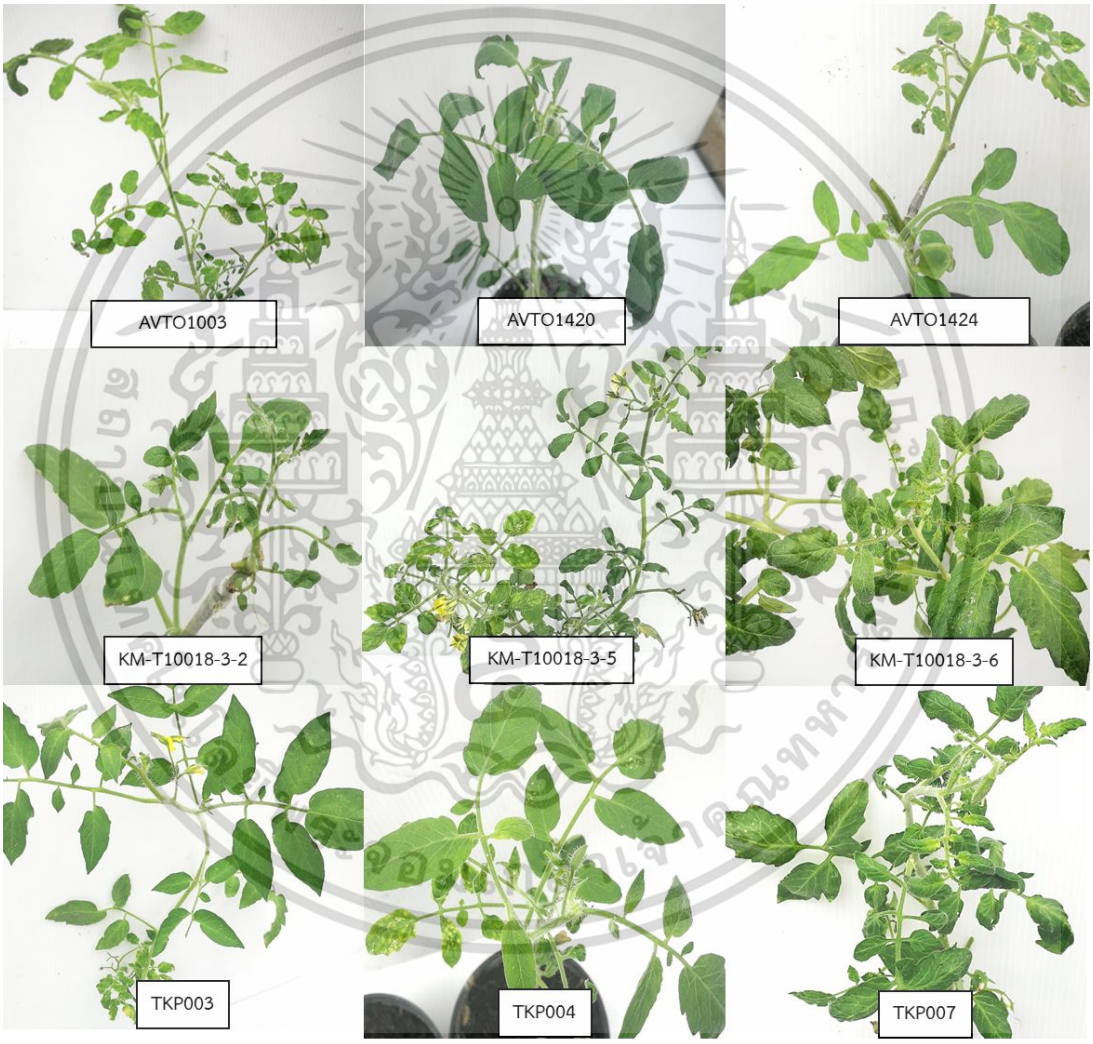
DAI = วันหลังจากการปลูกเชื้อ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ *, ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 สายพันธุ์ที่แสดงอาการระดับต้านทาน (R) คือพันธุ์ AVTO1008 AVTO1314 AVTO1422 และ KKU-T14009 แสดงค่าดัชนีความรุนแรงอยู่ระหว่าง 1.00-1.33



ภาพที่ 4.3 สายพันธุ์ที่แสดงอาการระดับต้านทานปานกลาง (MR) แสดงค่าดัชนีความรุนแรงอยู่ระหว่าง 1.48-2.38 จำนวน 9 สายพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การตรวจสอบยีนต้านทานโรค (detection of assistant gene)

จากการประเมินยีนต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) จำนวน 2 ยีนคือ *Ty-2* และ *Ty-3* โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลที่จำเพาะต่อตำแหน่งยีน 2 ไพรเมอร์ คือ SCAR-P1-16 และ SCAR-P6-25 ตามลำดับ พบว่า SCAR-P1-16 สามารถแยกความแตกต่างของขนาดดีเอ็นเอได้ 2 ขนาดคือ 300 bp (*Ty-2*) และ 600 bp (*ty-2*) มะเขือเทศจำนวน 11 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1008 AVTO1418 AVTO1420 AVTO1422 AVTO1424 KKU-T14009 KM-T10018-3-2 KM-T10018-3-5 KM-T10018-3-6 TKP004 และ TKP008 พบชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาด 300 bp ซึ่งเป็นตำแหน่งสัมพันธ์กับความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (ภาพที่ 4.4) ที่เป็นตำแหน่งที่อ้างอิงว่าต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (Yang et al., 2014) และยีนที่ต้านทานต่อโรคดังกล่าวนั้นแสดงออกแบบข่ม (dominant gene) ส่วนในมะเขือเทศสายพันธุ์อื่น ๆ ที่เหลือรวมทั้งมะเขือเทศพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ สีดาทิพย์ 3 พบชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาด 600 bp (*ty-2*) สำหรับ SCAR-P6-25 แยกความแตกต่างของขนาดดีเอ็นเอได้ 2 ขนาด คือ 320 bp (*ty-3*) และ 450 bp (*Ty-3*) ผลจากการจำแนกพบว่าขนาดดีเอ็นเอ 450 bp (*Ty-3*) เป็นตำแหน่งที่อ้างอิงว่าต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (Ji et al., 2008) พบในมะเขือเทศ 12 สายพันธุ์ คือ AVTO1003 AVTO1008 AVTO1219 AVTO1418 AVTO1420 AVTO1422 AVTO1424 KKU-T14009 KM-T10018-3-2 KM-T10018-3-5 KM-T10018-3-6 และ TKP003 ยีนต้านทาน *Ty-3* มีรายงานว่าถูกควบคุมด้วยยีนเด่น มะเขือเทศสายพันธุ์อื่น ๆ ที่เหลือรวมทั้งมะเขือเทศพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ สีดาทิพย์ 3 พบชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาด 320 bp (*ty-3*) กล่าวคือ ไม่พบยีนต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง และนอกจากนี้ยังพบมะเขือเทศที่มีทั้งสองยีน ได้แก่ AVTO1008 AVTO1418 AVTO1420 AVTO1422 AVTO1424 KKU-T14009 KM-T10018-3-2 KM-T10018-3-5 และ KM-T10018-3-6 จากการศึกษาความเชื่อมโยงของการใช้เครื่องหมายโมเลกุล และลักษณะความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) พบว่าเครื่องหมายโมเลกุล SCAR-P1-16 ใช้ตรวจสอบยีน *Ty-2* และเครื่องหมายโมเลกุล SCAR-P6-25 ใช้ตรวจสอบยีน *Ty-3* มีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย (TYLCTHV-NP) แสดงประสิทธิภาพของการใช้เครื่องหมายโมเลกุล 81.25% และ 84.38% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)

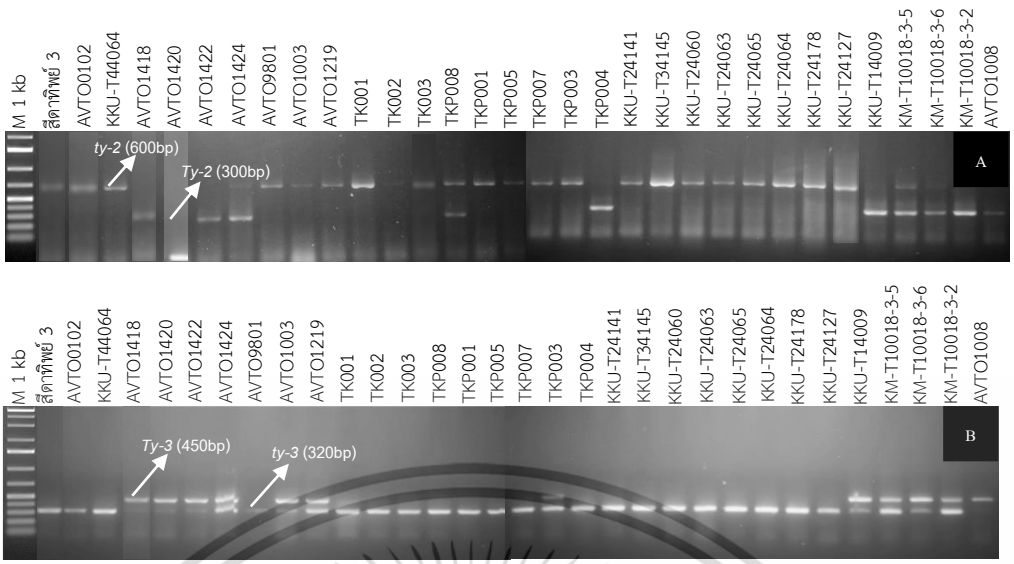
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพการใช้เครื่องหมายโมเลกุล SCAR-P1-16 (*Ty-2*) และ SCAR-P6-25 (*Ty-3*) ตรวจสอบความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) ในมะเขือเทศ 32 สายพันธุ์

สายพันธุ์	Name/Pedigree	ระดับการตอบสนอง	SCAR- P1-16		SCAR-P6-25	
			Genotype	Validation	Genotype	Validation
			Ty-2	*Ty-2*	*Ty-3*	*Ty-3*
KKU-T14009	CLN3022F2-154-44-14-3-15	R	+	+	+/-	+
AVTO1314	CLN3212C	R	-	-	-	-
AVTO1422	CLN3670F	R	+	+	+/-	+
AVTO1008	CLN3078C	R	+	+	+	+
TKP003	-	MR	-	-	+/-	+
TKP004	-	MR	+	+	-	-
KM-T10018-3-6	PETTCURE	MR	+	+	+/-	+
AVTO1424	CLN3682C	MR	+	+	+/-	+
KM-T10018-3-2	PETTCURE	MR	+	+	+/-	+
KM-T10018-3-5	PETTCURE	MR	+/-	+	+/-	+
AVTO1003	CLN3125L	MR	-	-	+/-	+
TKP007	-	MR	-	-	-	-
AVTO1420	CLN3670B	MR	+	+	+/-	+
KKU-T24060	L01251	S	-	+	-	+
AVTO1219	CLN3241H-27	S	-	+	+/-	-
AVTO1418	CLN3669A	S	+	-	+/-	-
KKU-T24063	L01321-A	S	-	+	-	+
TK001	-	S	-	+	-	+
AVTO0102	CLN2366B	S	-	+	-	+
TK002	-	S	-	+	-	+
AVTO9801	CLN1621L	S	-	+	-	+
TKP008	-	S	+	-	-	+
TKP001	-	S	-	+	-	+
KKU-T24064	L01321-B	S	-	+	-	+
KKU-T24065	L01346	S	-	+	-	+
KKU-T44064	-	S	-	+	-	+
TKP005	-	S	-	+	-	+
KKU-T24127	Non TZU	S	-	+	-	+
KKU-T24141	PI269140	S	-	+	-	+
TK003	-	HS	-	+	-	+
KKU-T34145	PI370072-73AISD	HS	-	+	-	+
สีดาทิพย์ 3	-	HS	-	+	-	+
ประสิทธิภาพการใช้เครื่องหมาย				81.25%		84.38%

หมายเหตุ ระดับการตอบสนอง HR = ต้านทานมาก R = ต้านทาน MR = ต้านทานปานกลาง S = อ่อนแอ และ HS = อ่อนแอมาก
Genotype: (+); พบยีนต้านทาน homozygous (+/–); พบยีนต้านทาน heterozygous (–); ไม่พบยีนต้านทาน
Validation: (+); ระดับการตอบสนองไปในทิศทางเดียวกับยีนต้านทาน
(–); ระดับการตอบสนองไปในทิศทางตรงข้ามกับยีนต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอ *Ty-2* (A) และ *Ty-3* (B) P1-16 และ P6-25 ตามลำดับ ช่องที่ 1: 1 kb marker; ช่องที่ 2: สีดาทิพย์ 3 (อ่อนแอเปรียบเทียบ); ช่องที่ 3-32: สายพันธุ์ที่ใช้ทดสอบ และช่องสุดท้าย: AVTO1008 (ต้านทานเปรียบเทียบ)

จากการประเมินคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่ ในงานทดลองที่ 1 นำพันธุ์พ่อแม่ มาสร้างประชากรมะเขือเทศ เพื่อใช้ศึกษาความสามารถในการรวมตัว กำหนดให้พันธุ์แม่เป็นพันธุ์ดี ที่มีลักษณะดีในแง่ของผลผลิต และมีลักษณะที่ดีตรงตามมะเขือเทศอุตสาหกรรม จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ TKP003 (*Ty-3*) TKP004 (*Ty-2*) และ TKP007 (ภาพที่ 4.5) และพันธุ์พ่อที่มีความต้านทานต่อโรค แบ่งเป็นต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1422 มีการตอบสนองต่อโรคระดับต้านทานมาก (HR) และ AVTO1424 มีการตอบสนองต่อโรคระดับต้านทานปานกลาง (IR) (ภาพที่ 4.6) และพันธุ์ที่ต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1008 และ KKU-T14009 มีการตอบสนองต่อโรคระดับต้านทาน (R) พันธุ์พ่อทั้ง 4 สายพันธุ์ มียีน *Ty-2* และ *Ty-3* (ภาพที่ 4.7) ใช้แผนการผสมแบบ North Carolina Mating Design-II โดยกำหนดให้พันธุ์แม่เป็นกลุ่มพันธุ์ดี (elite line) และพันธุ์พ่อเป็นกลุ่มพันธุ์ต้านทาน (resistant line) ได้ลูกผสมที่ใช้ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านโรคเหี่ยวเหลือง โรคไวรัสใบหงิกเหลือง ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต จำนวน 12 คู่ผสม (ตารางที่ 4.6) ดังนี้

ตารางที่ 4.6 ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสมใช้แผนการผสมแบบ North Carolina Mating Design-II

พันธุ์แม่	**พันธุ์พ่อ (resistant lines)**			
(elite lines)	**AVTO1422 (Fol)**	**AVTO1424 (Fol)**	**AVTO1008 (*Ty-2*)**	**KKU-T14009 (*Ty-3*)**
TKP003	TKP003 × AVTO1422	TKP003 × AVTO1424	TKP003 × AVTO1008	TKP003 × KKU-T14009
TKP004	TKP004 × AVTO1422	TKP004 × AVTO1424	TKP004 × AVTO1008	TKP004 × KKU-T14009
TKP007	TKP007 × AVTO1422	TKP007 × AVTO1424	TKP007 × AVTO1008	TKP007 × KKU-T14009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TKP003 TKP004

TKP007

ภาพที่ 4.5 ลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์แม่ TKP003 TKP004 และ TKP007

AVTO1422 AVTO1424

ภาพที่ 4.6 ลักษณะทางการเกษตรของพันธุ์พ่อที่มีความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง (AVTO1422 และ AVTO1424)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AVTO1008 KKU-T14009

ภาพที่ 4.7 ลักษณะทางการเกษตรของพันธุ์พ่อที่มีความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (AVTO1008 และ KKU-T14009)

4.2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง โรคไวรัสใบหงิกเหลือง ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต

4.2.1 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลืองในสภาพโรงเรือน (สจล.) และสภาพแปลงปลูก (TKR&D)

1) การประเมินความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง

การประเมินโรคเหี่ยวเหลืองในสภาพโรงเรือน (สจล.) ผลการทดลองการประเมินความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองในมะเขือเทศระยะต้นกล้าชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ จำนวน 4 สายพันธุ์ พันธุ์แม่จำนวน 3 สายพันธุ์ พันธุ์การค้า และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ (สีดาทิพย์ 3) ทำการประเมินความรุนแรงของการเกิดโรคในสภาพโรงเรือน ประเมินจำนวน 6 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เริ่มประเมินที่ 7 14 21 28 35 42 และ 49 วันหลังปลูกเชื้อ (day after inoculation/root dip; DAI) 7 DAI ยังไม่พบความแตกต่างของการเกิดโรค จนกระทั่ง 14 DAI สายพันธุ์แม่แสดงดัชนีการเกิดโรค 3.33 - 17.77% พันธุ์พ่อแสดงดัชนีการเกิดโรค 0.00 - 5.53% ลูกผสมแสดงดัชนีการเกิดโรค 0.00 - 54.17% สายพันธุ์การค้า และสีดาทิพย์ 3 แสดงดัชนีการเกิดโรค 11.27 และ 48.33% ตามลำดับ 21 DAI สายพันธุ์แม่แสดงดัชนีการเกิดโรค 5.43 - 20.83% พันธุ์พ่อแสดงดัชนีการเกิดโรค 0.00 - 23.60% ลูกผสมแสดงดัชนีการเกิดโรค 0.00-79.17% สายพันธุ์การค้าและสีดาทิพย์ 3 แสดงดัชนีการเกิดโรค 26.27 และ 78.60% ตามลำดับ 28 DAI สายพันธุ์แม่แสดงดัชนีการเกิดโรค 9.17-53.90% พันธุ์พ่อแสดงดัชนีการเกิดโรค 0.00-32.50% ลูกผสมแสดงดัชนีการเกิดโรค 0.00- 100.00% สายพันธุ์การค้าและสีดาทิพย์ 3 แสดงดัชนีการเกิดโรค 44.20 และ 96.67% ตามลำดับ 35 DAI สายพันธุ์แม่แสดงดัชนีการเกิดโรค 28.33-66.67% พันธุ์พ่อแสดงดัชนีการเกิดโรค 0.00-44.17% ลูกผสมแสดงดัชนีการเกิดโรค 11.10- 100.00% สายพันธุ์การค้าและสีดาทิพย์ 3 แสดงดัชนีการเกิดโรค 52.93 และ 100% ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 6 หรือ 42 DAI สายพันธุ์แม่แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดัชนีการเกิดโรค 34.72-68.33% พันธุ์พ่อแสดงดัชนีการเกิดโรค 0.00-52.77% ลูกผสมแสดงดัชนีการเกิดโรค 13.90-100.00% สายพันธุ์การค้าและสีดาทิพย์ 3 แสดงดัชนีการเกิดโรค 59.17 และ 100% ตามลำดับ จากการประเมินความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองในมะเขือเทศระยะต้นกล้าในสัปดาห์สุดท้าย สามารถจัดกลุ่มการตอบสนองต่อโรคโดยใช้ดัชนีการเกิดโรคได้ทั้งหมด 5 กลุ่ม คือ 1) ไม่แสดงอาการ similar to an immune-like response (SI) 0.00% พันธุ์พ่อ 1 สายพันธุ์ คือ AVTO1422 2) ระดับความต้านทานสูง high level of resistance (HR) 0.01-25% แบ่งเป็นพันธุ์พ่อ 2 สายพันธุ์ คือ AVTO1424 และ KKU-T14009 แสดงดัชนีการเกิดโรค 13.87 และ 12.23% ตามลำดับ และพันธุ์ลูกผสม 5 สายพันธุ์ คือ TKP003 × AVTO1424 TKP007 × AVTO1422 TKP007 × AVTO1424 TKP007 × AVTO1008 และTKP007 × KKU-T14009 แสดงดัชนีการเกิดโรคตั้งแต่ 12.50-25.00% 3) ระดับความต้านทานปานกลาง intermediate resistance (IR) 25-50% แบ่งเป็นสายพันแม่ 2 สายพันธุ์ คือ TKP003 และ TKP007 แสดงดัชนีการเกิดโรค 46.27 และ 34.72% ตามลำดับ และพันธุ์ลูกผสม 2 สายพันธุ์ คือ TKP003 × KKU-T14009 และ TKP004 × AVTO1424 แสดงดัชนีการเกิดโรค 28.33 และ 30.57% ตามลำดับ 3) ระดับความอ่อนแอปานกลาง intermediate susceptibility (IS) 50-75% แบ่งเป็นพันธุ์พ่อ 1 สายพันธุ์ คือ AVTO1008 แสดงดัชนีการเกิดโรค 52.77% พันธุ์แม่ 1 สายพันธุ์ คือ TKP004 แสดงดัชนีการเกิดโรค 68.33% พันธุ์ลูกผสม 3 สายพันธุ์ คือ TKP003 × AVTO1008 TKP003 × AVTO1422 TKP004 × AVTO1008 แสดงดัชนีการเกิดโรคตั้งแต่ 57.22-75.00% และสายพันธุ์การค้า 1 สายพันธุ์ คือ TK001 แสดงดัชนีการเกิดโรค 59.17% และกลุ่มที่ 5) ระดับความอ่อนแอสูง high level of susceptibility (HS) 75-100% ได้แก่พันธุ์ลูกผสม 1 สายพันธุ์ คือ TKP004 × AVTO1422 แสดงดัชนีการเกิดโรค 83.33% TKP004 × KKU-T14009 และสีดาทิพย์ 3 แสดงดัชนีการเกิดโรค 100.00% ทั้งสองสายพันธุ์ (ตารางที่ 4.7) (ภาพที่ 4.8)

การประเมินโรคเหี่ยวเหลืองในสภาพแปลงปลูก (TKR&D) จากการประเมินความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองในสภาพแปลงปลูกครั้งสุดท้าย มะเขือเทศมีอายุ 131 วัน ประเมินมะเขือเทศลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ร่วมกับสายพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์การค้าในสภาพแปลงปลูก ที่บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น สามารถจัดกลุ่มการตอบสนองต่อโรคโดยใช้ดัชนีการเกิดโรคได้ทั้งหมด 3 กลุ่มคือ 1) ระดับความต้านทานปานกลาง intermediate resistance (IR) 25 - 50% แบ่งเป็นพันธุ์แม่ 1 สายพันธุ์ คือ TKP007 แสดงดัชนีการเกิดโรค 48.75% และพันธุ์ลูกผสม 3 สายพันธุ์ คือ TKP007 × AVTO1008 TKP003 × KKU-T14009 และ TKP007 × KKU-T14009 แสดงดัชนีการเกิดโรค 36.67 41.67 และ 49.17% ตามลำดับ และพันธุ์การค้า 1 สายพันธุ์ คือ TK002 แสดงดัชนีการเกิดโรค 46.67% 2) ระดับความอ่อนแอปานกลาง intermediate susceptibility (IS) 50 - 75% แบ่งเป็นพันธุ์แม่ 1 สายพันธุ์คือ TKP003 แสดงดัชนีการเกิดโรค 65.00% พันธุ์พ่อ 2 สายพันธุ์ คือ AVTO1424 และ AVTO1008 แสดงดัชนีการเกิดโรค 67.22 และ 71.25% พันธุ์ลูกผสม 7 สายพันธุ์ คือ TKP003 × AVTO1424 TKP004 × AVTO1424 TKP007 × AVTO1424 TKP003 ×

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AVTO1422 TKP007 × AVTO1422 TKP003 × AVTO1008 และ TKP004 × AVTO1008 แสดงดัชนีการเกิดโรคตั้งแต่ 51.67 - 75.00% และพันธุ์สีดาทิพย์ 3 แสดงดัชนีการเกิดโรค 75% และ 3) ระดับความอ่อนแอสูง high level of susceptibility (HS) 75 - 100% แบ่งเป็นพันธุ์แม่ 1 สายพันธุ์ คือ TKP004 แสดงดัชนีการเกิดโรค 94.17% พันธุ์พ่อ 2 สายพันธุ์คือ KKU-T14009 และ AVTO1422 แสดงดัชนีการเกิดโรค 81.67 และ 92.92% ตามลำดับ พันธุ์ลูกผสม 1 สายพันธุ์คือ TKP004 × AVTO1422 แสดงดัชนีการเกิดโรค 80.56 และพันธุ์การค้า 1 สายพันธุ์คือ TK001 แสดงดัชนีการเกิดโรค 78.33% (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ดัชนีการเกิดโรคเหี่ยวเหลือง (DI%) ของต้นกล้ามะเขือเทศ 21 สายพันธุ์ทดสอบพันธุ์พ่อแม่ และลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ในสภาพโรงเรือน (สจล.) และสภาพแปลงปลูก (TKR&D)

ลำดับ	สายพันธุ์	(DI%) สภาพโรงเรือน					ระดับการตอบสนอง	(DI%) สภาพแปลงปลูก ประเมินครั้งสุดท้าย	ระดับการตอบสนอง
		14DAI	21DAI	28DAI	35DAI	42DAI			
1	TKP003×AVTO1424	0.00^{c}	2.10^{d}	4.17^{e}	10.43^{fg}	12.50^{gh}	HR	66.67^{a-f}	IS
2	TKP004×AVTO1424	2.77^{bc}	2.77^{cd}	2.77^{e}	22.23^{d-g}	30.57^{d-h}	IR	56.67^{c-g}	IS
3	TKP007×AVTO1424	0.00^{c}	1.67^{d}	1.67^{e}	11.67^{fg}	18.33^{f-h}	HR	53.33^{c-g}	IS
4	TKP003×AVTO1422	0.00^{c}	5.43^{cd}	33.33^{b-e}	40.83^{b-f}	61.27^{a-e}	IS	71.67^{a-e}	IS
5	TKP004×AVTO1422	0.00^{c}	4.17^{cd}	16.67^{c-e}	79.17^{ab}	83.33^{ab}	HS	80.56^{a-c}	HS
6	TKP007×AVTO1422	0.00^{c}	0.00^{d}	0.00^{e}	11.10^{fg}	13.90^{gh}	HR	60.00^{c-g}	IS
7	TKP003×AVTO1008	5.83^{bc}	13.07^{cd}	37.77^{b-e}	51.10^{b-e}	57.22^{b-f}	IS	51.67^{d-g}	IS
8	TKP004×AVTO1008	0.00^{c}	33.33^{bc}	66.67^{ab}	75.00^{ab}	75.00^{a-c}	IS	75.00^{a-e}	IS
9	TKP007×AVTO1008	0.00^{c}	4.17^{cd}	8.33^{de}	16.67^{d-g}	25.00^{e-h}	HR	36.67^{g}	IR
10	TKP003×KKU-T14009	0.00^{c}	1.67^{d}	12.23^{de}	21.10^{d-g}	28.33^{d-h}	IR	41.67^{fg}	IR
11	TKP004×KKU-T14009	54.17^{a}	79.17^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	HS	-	-
12	TKP007×KKU-T14009	1.67^{bc}	1.67^{d}	3.33^{e}	10.00^{fg}	25.00^{e-h}	HR	49.17^{e-g}	IR
13	TKP003	3.33^{bc}	5.43^{cd}	9.17^{de}	28.33^{c-g}	46.27^{b-g}	IR	65.00^{b-g}	IS
14	TKP004	17.77^{b}	43.90^{b}	53.90^{bc}	66.67^{a-c}	68.33^{a-d}	IS	94.17^{a}	HS
15	TKP007	11.10^{bc}	20.83^{b-d}	27.10^{c-e}	30.43^{c-g}	34.72^{c-h}	IR	48.75^{e-g}	IR
16	AVTO1424	5.53^{bc}	5.53^{cd}	13.87^{de}	13.87^{e-g}	13.87^{gh}	HR	67.22^{a-f}	IS
17	AVTO1422	0.00^{c}	0.00^{d}	0.00^{e}	0.00^{g}	0.00^{h}	SI	92.92^{ab}	HS
18	AVTO1008	3.33^{bc}	23.60^{b-d}	32.50^{b-e}	44.17^{b-f}	52.77^{b-g}	IS	71.25^{a-e}	IS
19	KKU-T14009	2.77^{bc}	2.77^{cd}	2.77^{e}	9.43^{fg}	12.23^{gh}	HR	81.67^{a-c}	HS
20	TK001	11.27^{bc}	26.27^{b-d}	44.20^{b-d}	52.93^{b-d}	59.17^{a-f}	IS	78.33^{a-d}	HS
21	สีดาทิพย์ 3	48.33^{a}	78.60^{a}	96.67^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	HS	75.00^{a-e}	IS
	mean	7.99	16.96	27	37.86	43.71		64.95	
	F-test	**	**	**	**	**		**	
	C.V. (%)	91.84	81.74	64.93	46.64	42.75		19.88	

หมายเหตุ ระดับการตอบสนอง SI = ไม่แสดงอาการ, HR = ต้านทานมาก, IR = ต้านทานปานกลาง, IS = อ่อนแอปานกลาง, HS = อ่อนแอมาก DAI = วันหลังจากการปลูกเชื้อ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ *, ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.8 ลักษณะต้นกล้าทดสอบโรคเหี่ยวหลือง 42 วันหลังจากปลูกเชื้อ ในสภาพโรงเรือน (สจล.) จำนวน 21 สายพันธุ์ตามระดับการตอบสนอง ระดับ SI = ไม่แสดงอาการ HR = ต้านทานมาก IR = ต้านทานปานกลาง IS = อ่อนแอปานกลาง และ HS = อ่อนแอมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การวิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic parameters)

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic parameters) ในสภาพโรงเรือน (สจล.) ลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง ความแปรปรวนของต้นตัวผู้และตัวเมีย (male และ female) มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.8) โดยที่อิทธิพลของตัวเมียมากกว่าตัวผู้ (1.096 และ 0.311 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย มีอิทธิพลน้อยแสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจง ของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือสามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมพบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม ($\boldsymbol{\sigma}_D^2$ = 0.965) มีค่าต่ำกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก ($\boldsymbol{\sigma}_A^2$ = 1.055) ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าปานกลาง (h^2 = 43.70%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกมาก ดังนั้นการคัดเลือกลักษณะนี้ค่อนข้างจะได้ผล สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าต่ำกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวกกว่า โดยมีอัตราการข่มเท่ากับ 0.915 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ 1.245 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มเกิน (ตารางที่ 4.9) ดังนั้นประชากรดังกล่าวจึงเหมาะสมในการนำไปสกัดสายพันธุ์แท้ เพื่อนำไปผลิตพันธุ์ลูกผสมต่อไป

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic parameters) ในสภาพแปลงปลูก (TKR&D) ลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง ความแปรปรวนของต้นตัวเมีย (female) มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.8) โดยที่อิทธิพลของตัวเมียมากกว่าตัวผู้ (0.188 และ 0.044 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย มีอิทธิพลน้อย แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือสามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมพบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม ($\boldsymbol{\sigma}_D^2$ = 0.018) มีค่าต่ำกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก ($\boldsymbol{\sigma}_A^2$ = 0.166) ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าต่ำ (h^2 = 36.70%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกน้อย ดังนั้นการคัดเลือกลักษณะนี้ในสภาพแปลงปลูกจะได้ผลน้อย สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าต่ำกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวก โดยมีอัตราการข่มเท่ากับ 0.11 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ 0.453 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ (ตารางที่ 4.9) ดังนั้นประชากรดังกล่าวหากจะทำการปรับปรุงพันธุ์ควรทำการคัดเลือกในชั่วรุ่นหลัง ๆ เพื่อเพิ่มความถี่ของยีน หรือลักษณะที่ต้องการก่อนทำการคัดเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (mean square) ในลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 วันที่ 42 DAI ในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก

Source	d.f.	สภาพโรงเรือน	d.f.	สภาพแปลงปลูก	
Replication	2	0.7401	2	0.7401	
Male	3	4.1651**	2	4.1651**	(M4)
Female	2	14.5164**	2	14.5164**	(M3)
Female × Male	6	1.3631ns	4	1.3631ns	(M2)
Error	22	0.6394	16	0.6394	(M1)
Total	35		26		

หมายเหตุ: สภาพโรงเรือนคิดคำนวณจากลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ทั้งหมด 12 คู่ผสม สำหรับสภาพแปลงปลูกคิดคำนวณจากลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ทั้งหมด 9 คู่ผสม

ตารางที่ 4.9 องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จากแผนการผสม North Carolina Mating Design-II ในสภาพโรงเรือนและสภาพแปลงปลูก

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม	สภาพโรงเรือน	สภาพแปลงปลูก
ความแปรปรวนของต้นตัวผู้ Male variance (σ_m^2)	0.311	0.044
ความแปรปรวนของต้นตัวเมีย Female variance (σ_f^2)	1.096	0.188
ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย (Male × Female) variance (σ_{mf}^2)	0.241	0.005
ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก Additive variance (σ_A^2)	1.055	0.166
ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบข่ม Dominant variance (σ_D^2)	0.965	0.018
ความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม Environmental variance (σ_E^2)	0.639	0.287
ความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ Phenotypic variance (σ_p^2)	2.395	0.471
อัตราการข่ม Dominance ratio (σ_D^2/σ_A^2)	0.915	0.110
การข่มเฉลี่ย Average degree of dominance ($\bar{d}$)	1.245	0.453
อัตราพันธุกรรมอย่างแคบ Narrow-sense heritability (%)	43.701	36.701

หมายเหตุ: การวัดระดับอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ ถ้าน้อยกว่า 40% จัดว่ามีค่าในระดับต่ำ 41-50% จัดว่ามีค่าในระดับปานกลาง และมากกว่า 50% จัดว่ามีค่าในระดับสูง

การข่มเฉลี่ย $\bar{d} = 0$ หมายถึง ไม่มีการข่ม $\bar{d} = 1$ หมายถึง การข่มสมบูรณ์ $\bar{d} > 1$ หมายถึง การข่มเกิน และ $\bar{d} < 1$ หมายถึง การข่มไม่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA)

ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ในสภาพโรงเรือน (สจล.) จากการวิเคราะห์ 7 วันหลังปลูกเชื้อ (DAI) ยังไม่พบความแตกต่างของการเกิดโรค จนกระทั่ง 14 DAI พบความแตกต่างของการเกิดโรค ในลักษณะการเกิดโรคเหี่ยวเหลืองที่ 42 DAI พบว่าพันธุ์แม่ 2 สายพันธุ์ คือ TKP003 และ TKP007 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคต่ำ มีค่าไปในทิศทางลบเท่ากับ -0.14 และ -1.02 ตามลำดับ และพันธุ์แม่อีก 1 สายพันธุ์คือ TKP004 แสดงค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคเท่ากับ 1.16 พันธุ์พ่อ 1 สายพันธุ์ คือ AVTO1424 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคต่ำมีค่าไปในทิศทางลบเท่ากับ -1.02 รองลงมา คือ KKU-T14009 AVTO1422 และ AVTO1008 แสดงค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคมีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 0.29 0.36 และ 0.37 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10)

ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ในสภาพแปลงปลูก (TKR&D) ลักษณะการเกิดโรคเหี่ยวเหลือง มะเขือเทศมีอายุ 131 วันหลังจากการปลูกพบว่าพันธุ์แม่ 2 สายพันธุ์ คือ TKP007 และ TKP003 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคต่ำ มีค่าไปในทิศทางลบเท่ากับ -0.38 และ -0.02 ตามลำดับ พันธุ์พ่อ 2 สายพันธุ์ คือ KKU-T14009 และ AVTO1008 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคต่ำ มีค่าไปในทิศทางลบเท่ากับ -0.52 และ -0.16 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ ในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก

สายพันธุ์		GCA สภาพโรงเรือน					GCA สภาพแปลงปลูก
		14 DAI	21 DAI	28 DAI	35 DAI	42 DAI	ประเมินครั้งสุดท้าย
พันธุ์แม่	TKP003	-0.13	-0.18	-0.12	-0.23	-0.14	-0.02
	TKP004	0.38	0.66	0.92	1.24	1.16	0.54
	TKP007	-0.25	-0.47	-0.8	-1.01	-1.02	-0.38
พันธุ์พ่อ	AVTO1424	-0.23	-0.46	-0.75	-0.93	-1.02	0.11
	AVTO1422	-0.26	-0.42	-0.35	0.2	0.36	0.4
	AVTO1008	-0.09	0.32	0.48	0.44	0.37	-0.16
	KKU-T14009	0.58	0.56	0.62	0.29	0.29	-0.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA)

ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) ในสภาพโรงเรือน (สจล.) จากการวิเคราะห์ 7 วันหลังปลูกเชื้อ (DAI) ยังไม่พบความแตกต่างของการเกิดโรค จนกระทั่ง 14 DAI พบความแตกต่างของการเกิดโรค ในลักษณะการเกิดโรคเหี่ยวเหลืองที่ 42 DAI ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พบว่ามี 7 สายพันธุ์ ที่แสดงค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะการเกิดโรคเหี่ยวเหลืองที่ดี ได้แก่ TKP007 × AVTO1008 TKP007 × AVTO1422 TKP003 × AVTO1422 TKP003 × KKU-T14009 TKP004 × AVTO1424 TKP003 × AVTO1424 และ TKP007 × KKU-T14009 ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะไปในทิศทางลบ เท่ากับ -2.28 -1.41 -0.83 -0.77 -0.56 -0.09 และ -0.02 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11)

ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) ในสภาพแปลงปลูก (TKR&D) ลักษณะการเกิดโรคเหี่ยวเหลือง มะเขือเทศมีอายุ 131 วันหลังจากการปลูก ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พบว่ามี 6 สายพันธุ์ ที่แสดงค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะการเกิดโรคเหี่ยวเหลืองที่ดี ได้แก่ TKP004 × AVTO1424 TKP007 × AVTO1008 TKP004 × AVTO1422 TKP003 × KKU-T14009 TKP007 × AVTO1422 และ TKP003 × AVTO1008 ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีค่าไปในทิศทางลบ ตั้งแต่ -0.44 ถึง -0.09 ตามลำดับค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะต่ำไปสูง (ตารางที่ 4.21)

ตารางที่ 4.11 ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) ลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 สายพันธุ์ ในสภาพโรงเรือน และจำนวน 11 สายพันธุ์ ในสภาพแปลงปลูก

ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1	SCA สภาพโรงเรือน					SCA สภาพแปลงปลูก
	14 DAI	21 DAI	28 DAI	35 DAI	42 DAI	ประเมินครั้งสุดท้าย
TKP003×AVTO1424	0.09	0.18	0.01	0.11	-0.09	0.24
TKP003×AVTO1422	-0.38	-0.57	-0.26	-1.27	-0.83	0.15
TKP003×AVTO1008	0.6	0.7	0.81	1.15	1.26	-0.09
TKP003×KKU-T14009	-0.71	-0.86	-0.93	-0.68	-0.77	-0.13
TKP004×AVTO1424	-0.31	-0.63	-0.75	-0.88	-0.56	-0.44
TKP004×AVTO1422	0.25	0.51	0.8	2.26	2.24	-0.19
TKP004×AVTO1008	-0.05	0.65	1.28	1.32	1.02	0.28
TKP004×KKU-T14009	1.24	1.43	1.43	1.01	0.79	-
TKP007×AVTO1424	0.21	0.45	0.73	0.77	0.66	0.07
TKP007×AVTO1422	0.13	0.06	-0.55	-0.99	-1.41	-0.10
TKP007×AVTO1008	-0.56	-1.35	-2.09	-2.48	-2.28	-0.33
TKP007×KKU-T14009	-0.53	-0.57	-0.51	-0.34	-0.02	0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การวิเคราะห์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม (heterosis)

ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม ในสภาพโรงเรือน (สจล.) การเกิดโรคเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า (high parent; HP) ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พบว่ามี 7 สายพันธุ์ ได้แก่ TKP007 × AVTO1424 TKP003 × AVTO1424 TKP007 × AVTO1422 TKP007 × AVTO1008 TKP004 × AVTO1424 TKP003 × KKU-T14009 และ TKP007 × KKU-T14009 พบว่ามีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่ดี ไปในทิศทางลบ เท่ากับ -73.60 -72.97 -60.00 -52.63 -51.22 -38.74 และ -28.00% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12)

ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม ในสภาพแปลงปลูก (TKR&D) การเกิดโรคเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า (high parent; HP) ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 มะเขือเทศมีอายุ 131 วันหลังจากการปลูก พบว่ามีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่ดีทุกสายพันธุ์เมื่อเปรียบเทียบกับ high parent โดยมีค่าไปในทิศทางลบ ตั้งแต่ -48.98 ถึง -0.83% พันธุ์ที่แสดงค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่ดีที่สุด คือ TKP003 × KKU-T14009 และ TKP007 × AVTO1008 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่เท่ากับ -48.98 และ -48.54% (ตารางที่ 4.12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม ในสภาพโรงเรือน จำนวน 11 สายพันธุ์ ในสภาพแปลงปลูก

ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1	สภาพโรงเรือน										สภาพแปลงปลูก	
	14 DAI		21 DAI		28 DAI		35 DAI		42 DAI		ประเมินครั้งสุดท้าย	
	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP
TKP003×AVTO1424	-100.00	-100.00	-62.03	-62.50	-63.86	-70.00	-50.66	-63.24	-58.43	-72.97	0.84	-0.83
TKP004×AVTO1424	-76.19	-84.38	-88.76	-93.67	-68.75	-80.58	-44.83	-66.67	-18.92	-51.22	-20.83	-32.15
TKP007×AVTO1424	-100.00	-100.00	-87.37	-92.00	-75.59	-81.54	-67.62	-76.28	-62.29	-73.60	-8.02	-20.66
TKP003×AVTO1422	-100.00	-100.00	100.00	0.00	627.27	263.64	188.24	44.12	164.86	32.43	-8.83	-22.29
TKP004×AVTO1422	-100.00	-100.00	-81.01	-90.51	-41.75	-70.87	118.75	9.38	143.90	21.95	-17.14	-17.99
TKP007×AVTO1422	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-25.58	-62.79	-20.00	-60.00	-20.20	-39.01
TKP003×AVTO1008	300.00	300.00	64.02	-2.00	39.49	-16.05	33.33	5.75	18.93	11.58	-24.16	-27.49
TKP004×AVTO1008	-100.00	-100.00	-6.98	-24.05	30.43	16.50	30.43	12.50	23.85	9.76	-9.32	-20.35
TKP007×AVTO1008	-100.00	-100.00	-82.86	-85.00	-76.88	-81.48	-57.37	-65.52	-42.86	-52.63	-38.89	-48.54
TKP003×KKU-T14009	-100.00	-100.00	-59.32	-69.23	151.16	63.64	19.69	-25.49	-5.77	-38.74	-43.18	-48.98
TKP004×KKU-T14009	500.00	246.88	242.86	82.28	233.33	74.76	171.70	50.00	143.24	46.34	-	-
TKP007×KKU-T14009	-76.00	-85.00	-85.88	-92.00	-44.19	-69.23	-45.66	-66.51	2.86	-28.00	-24.60	-39.80

หมายเหตุ %MP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่, %HP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่พันธุ์แม่ที่ดีกว่า

4.2.2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในสภาพโรงเรือน (สจล.) และสภาพแปลงปลูก (TKR&D)

1) การประเมินความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

การประเมินโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในสภาพโรงเรือน (สจล.) ผลการทดลองการประเมินความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศระยะต้นกล้าชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ จำนวน 4 สายพันธุ์ พันธุ์แม่จำนวน 3 สายพันธุ์ พันธุ์การค้า และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ (สีดาทิพย์ 3) ทำการประเมินความรุนแรงของการเกิดโรคในสภาพโรงเรือน ประเมินจำนวน 8 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เริ่มประเมินที่ 7 14 21 28 35 42 49 และ 56 วันหลังปลูกเชื้อ (day after inoculation/whitefly-mediated inoculation; DAI) 7 DAI ยังไม่พบความแตกต่างของการเกิดโรค สัปดาห์ที่ 2 มะเขือเทศเริ่มแสดงอาการเกิดโรคคล้ายในพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ (สีดาทิพย์ 3) จนถึงสัปดาห์ที่ 8 หรือ 56 DAI สายพันธุ์แม่แสดงดัชนีความรุนแรง 0.20-0.40 พันธุ์พ่อแสดงดัชนีความรุนแรง 0.13-1.02 ลูกผสมแสดงดัชนีความรุนแรง 0.00-0.73 สายพันธุ์การค้า และสีดาทิพย์ 3 แสดงดัชนีความรุนแรง 1.40 และ 3.00 ตามลำดับ จากการประเมินความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศระยะต้นกล้าในสัปดาห์สุดท้าย สามารถจัดกลุ่มตามการตอบสนองต่อโรคโดยใช้ดัชนีความรุนแรงได้ทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ 1) ระดับต้านทานมาก highly resistant (HR) ค่าดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 0 คือพันธุ์ลูกผสม 4 สายพันธุ์ ได้แก่ TKP003 × AVTO1008 TKP004 × AVTO1008 TKP007 × AVTO1008 และ TKP004 × KKU-T14009 แสดงดัชนีความรุนแรงตั้งแต่ 0.00-0.08 2) ระดับต้านทาน resistant (R) ค่าดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 0.1-1.4 แบ่งเป็นพันธุ์แม่ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ TKP003 TKP004 และ TKP007 แสดงดัชนีความรุนแรงตั้งแต่ 0.20-0.40 สายพันธุ์พ่อ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1424 AVTO1422 AVTO1008 และ KKU-T14009 แสดงดัชนีความรุนแรงตั้งแต่ 0.13-1.02 สายพันธุ์ลูกผสม 8 สายพันธุ์ ได้แก่ TKP003 × AVTO1424 TKP004 × AVTO1424 TKP007 × AVTO1424 TKP003 × AVTO1422 TKP004 × AVTO1422 TKP007 × AVTO1422 TKP003 × KKU-T14009 และ TKP007 × KKU-T14009 แสดงดัชนีความรุนแรงตั้งแต่ 0.15-0.73 และพันธุ์การค้า 1 สายพันธุ์ คือ TK001 แสดงดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 1.40 และ 3) ระดับอ่อนแอ susceptible (S) ค่าดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 2.5-3.4 ได้แก่ พันธุ์สีดาทิพย์ 3 แสดงดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 3.00 (ตารางที่ 4.13) (ภาพที่ 4.9)

การประเมินโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในสภาพแปลงปลูก (TKR&D) จากการประเมินความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในสภาพแปลงปลูกครั้งสุดท้าย มะเขือเทศมีอายุ 131 วัน ประเมินมะเขือเทศลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ร่วมกับสายพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์การค้าในสภาพแปลงปลูก สามารถจัดกลุ่มตามการตอบสนองต่อโรคโดยใช้ดัชนีความรุนแรงได้ทั้งหมด 3 กลุ่มคือ 1) ระดับต้านทาน resistant (R) ค่าดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 0.1 - 1.4 แบ่งเป็นพันธุ์แม่ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ TKP003 TKP004 และ TKP007 แสดงดัชนีความรุนแรงตั้งแต่ 0.73 – 1.38 พันธุ์พ่อ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1422 AVTO1008 และ KKU-T14009 แสดงดัชนีความรุนแรงตั้งแต่ 0.57-1.13 พันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกผสม 10 สายพันธุ์ ได้แก่ TKP003 × AVTO1424 TKP004 × AVTO1424 TKP003 × AVTO1422 TKP004 × AVTO1422 TKP007 × AVTO1422 TKP003 × AVTO1008 TKP004 × AVTO1008 TKP007 × AVTO1008 TKP003 × KKU-T14009 และ TKP007 × KKU-T14009 แสดงดัชนีความรุนแรงตั้งแต่ 0.44 – 1.27 2) ระดับต้านทานปานกลาง moderate resistant (MR) ค่าดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 1.5 - 2.4 ได้แก่พันธุ์พ่อ 1 สายพันธุ์ คือ AVTO1424 แสดงดัชนีความรุนแรง 1.57 พันธุ์ลูกผสม 1 สายพันธุ์ คือ TKP007 × AVTO1424 แสดงดัชนีความรุนแรง 1.73 3) ระดับอ่อนแอ susceptible (S) ค่าดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 2.5 - 3.4 ได้แก่ พันธุ์การค้า TK001 และพันธุ์สีดาทิพย์ 3 แสดงดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 2.62 และ 2.65 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 ดัชนีความรุนแรง (SI) และระดับการตอบสนองต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) ของต้นกล้ามะเขือเทศ 21 สายพันธุ์ ทดสอบลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 และพันธุ์พ่อแม่ ปลูกเชื้อด้วยแมลงหวี่ขาว ในสภาพโรงเรือน (สจล.) และประเมินในสภาพแปลงปลูก (TKR&D)

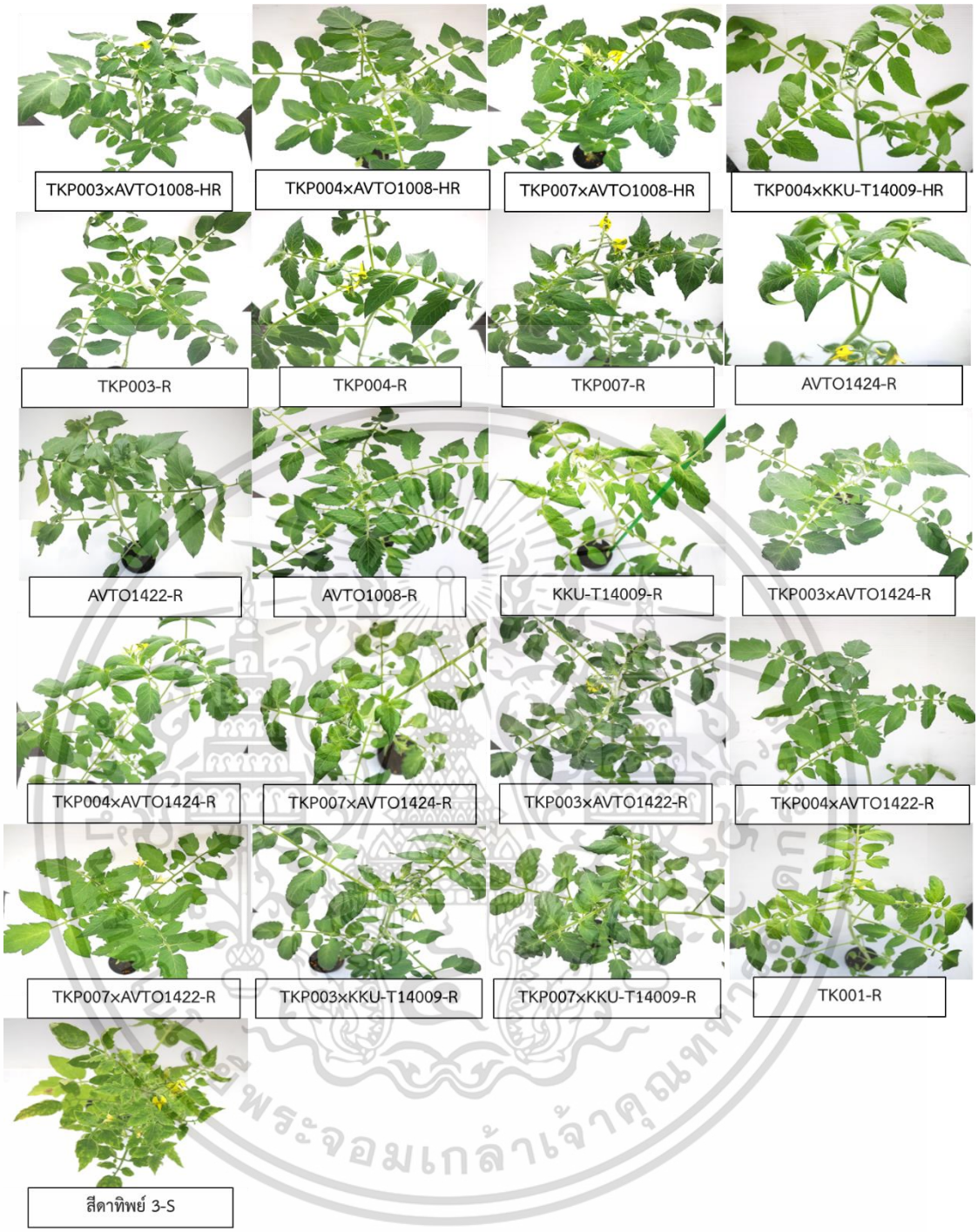
ลำดับ	สายพันธุ์	(SI) สภาพโรงเรือน						ระดับการตอบสนอง	(SI) สภาพแปลงปลูก	ระดับการตอบสนอง
		14DAI	28DAI	35DAI	42DAI	49DAI	56DAI		ประเมินครั้งสุดท้าย	
1	TKP003×AVTO1424	0.00^{b}	0.00^{b}	0.05^{c}	0.10^{de}	0.23^{de}	0.28^{de}	R	0.78^{b-d}	R
2	TKP004×AVTO1424	0.00^{b}	0.05^{b}	0.05^{c}	0.65^{b-d}	0.73^{b-d}	0.73^{b-d}	R	1.27^{b-d}	R
3	TKP007×AVTO1424	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{c}	0.25^{c-e}	0.43^{c-e}	0.43^{c-e}	R	1.73^{ab}	MR
4	TKP003×AVTO1422	0.00^{b}	0.00^{b}	0.10^{c}	0.20^{c-e}	0.35^{de}	0.45^{c-e}	R	0.82^{b-d}	R
5	TKP004×AVTO1422	0.00^{b}	0.13^{b}	0.13^{c}	0.33^{c-e}	0.33^{de}	0.33^{c-e}	R	0.97^{b-d}	R
6	TKP007×AVTO1422	0.00^{b}	0.05^{b}	0.25^{bc}	0.35^{c-e}	0.40^{c-e}	0.50^{c-e}	R	0.67^{b-d}	R
7	TKP003×AVTO1008	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{c}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}	HR	0.87^{b-d}	R
8	TKP004×AVTO1008	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{c}	0.00^{e}	0.08^{e}	0.08^{de}	HR	0.67^{b-d}	R
9	TKP007×AVTO1008	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{c}	0.00^{e}	0.05^{e}	0.05^{de}	HR	0.55^{cd}	R
10	TKP003×KKU-T14009	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{c}	0.15^{c-e}	0.23^{de}	0.23^{de}	R	0.58^{cd}	R
11	TKP004×KKU-T14009	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{c}	0.00^{e}	0.00^{e}	0.00^{e}	HR	-	-
12	TKP007×KKU-T14009	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{c}	0.00^{e}	0.10^{de}	0.15^{de}	R	0.44^{cd}	R
13	TKP003	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{c}	0.15^{c-e}	0.25^{de}	0.35c^{-e}	R	1.25^{b-d}	R
14	TKP004	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{c}	0.10^{de}	0.20^{de}	0.20^{de}	R	0.73^{b-d}	R
15	TKP007	0.10^{b}	0.15^{b}	0.15^{c}	0.25^{c-e}	0.30^{de}	0.40^{c-e}	R	1.38^{b-d}	R
16	AVTO1424	0.00^{b}	0.23^{b}	0.23^{bc}	0.29^{c-e}	0.46^{c-e}	0.53^{c-e}	R	1.57^{a-c}	MR
17	AVTO1422	0.06^{b}	0.06^{b}	0.38^{bc}	1.02^{b}	1.02^{bc}	1.02^{bc}	R	1.13^{b-d}	R
18	AVTO1008	0.00^{b}	0.06^{b}	0.06^{c}	0.06^{de}	0.21^{de}	0.21^{de}	R	0.92^{b-d}	R
19	KKU-T14009	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{c}	0.13^{c-e}	0.13^{de}	0.13^{de}	R	0.57^{cd}	R
20	TK001	0.05^{b}	0.30^{b}	0.60^{b}	0.75^{bc}	1.15^{b}	1.40^{b}	R	2.62^{a}	S
21	สีดาทิพย์ 3	0.30^{a}	0.96^{a}	1.93^{a}	2.79^{a}	2.89^{a}	3.00^{a}	S	2.65^{a}	S
	mean	0.02	0.09	0.19	0.36	0.45	0.50		1.13	
	F-test	**	**	**	**	**	**		**	
	C.V. (%)	293. 54	177.34	121.93	94.52	75.94	74.85		44.01	

หมายเหตุ ระดับการตอบสนอง HR = ต้านทานมาก R = ต้านทาน MR = ต้านทานปานกลาง S = อ่อนแอ และ HS = อ่อนแอมาก

DAI = วันหลังจากการปลูกเชื้อ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ *, ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 ลักษณะต้นกล้าทดสอบโรคไวรัสใบหงิกเหลือง 56 วันหลังจากปลูกเชื้อ ในสภาพโรงเรือน (สจล.) จำนวน 21 สายพันธุ์ตามระดับการตอบสนอง ระดับ HR = ต้านทานมาก R = ต้านทาน MR = ต้านทานปานกลาง S = อ่อนแอ และ HS = อ่อนแอมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การวิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic parameters)

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic parameters) ในสภาพโรงเรือน (สจล.) ลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง ความแปรปรวนของต้นตัวผู้ (male) มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.14) โดยที่อิทธิพลของตัวผู้มากกว่าตัวเมีย (0.039 และ -0.005 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย มีอิทธิพลน้อยแสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจง ของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือ สามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมพบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม (σ_D^2 = 0.017) มีค่าต่ำกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก (σ_A^2 = 0.155) ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าสูง (h^2 = 61.38%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกมาก ดังนั้นการคัดเลือกลักษณะนี้ค่อนข้างจะได้ผล สามารถคัดเลือกได้ตั้งแต่ชั่วแรก ๆ สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าต่ำกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวกมีอัตราการข่มเท่ากับ 0.111 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ 0.471 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ (ตารางที่ 4.15)

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic parameters) ในสภาพแปลงปลูก (TKR&D) ลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง ความแปรปรวนของต้นตัวผู้ (male) มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.14) โดยที่อิทธิพลของตัวผู้มากกว่าตัวเมีย (0.047 และ -0.034 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย มีอิทธิพลสูงกว่าต้นตัวผู้ และตัวเมีย แสดงให้เห็นว่ามีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมพบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม (σ_D^2 = 0.238) มีค่าสูงกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก (σ_A^2 = 0.188) ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ที่มีต่อความแปรปรวนดังกล่าว (เนื่องจาก $\sigma_D^2 = 4\sigma_{mf}^2$) ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าต่ำ (h^2 = 30.10%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกน้อย ดังนั้นการคัดเลือกลักษณะนี้จะได้ผลน้อย เมื่อคัดเลือกในสภาพแปลงปลูก สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าสูงกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวกมีอัตราการข่มเท่ากับ 1.27 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ 1.594 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มเกิน (ตารางที่ 4.15) ดังนั้นประชากรดังกล่าวหากจะทำการปรับปรุงพันธุ์ควรทำการคัดเลือกในชั่วรุ่นหลัง ๆ เพื่อเพิ่มความถี่ของยีน หรือลักษณะที่ต้องการก่อนทำการคัดเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (mean square) ในลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 วันที่ 56 DAI ในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก

Source	d.f.	สภาพโรงเรือน	d.f.	สภาพแปลงปลูก	
Replication	3	0.1625	2	0.026	
Male	3	0.56416^{**}	2	0.07137^{ns}	(M4)
Female	2	0.01066^{ns}	2	0.79859*	(M3)
Female × Male	6	0.09781^{ns}	4	0.37628^{ns}	(M2)
Error	33	0.08055	16	0.198	(M1)
Total	47		26		

หมายเหตุ: สภาพโรงเรือนคิดคำนวณจากลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ทั้งหมด 12 คู่ผสม สำหรับสภาพแปลงปลูกคิดคำนวณจากลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ทั้งหมด 9 คู่ผสม

ตารางที่ 4.15 องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จากแผนการผสม North Carolina Mating Design-II ในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม	สภาพโรงเรือน	สภาพแปลงปลูก
ความแปรปรวนของต้นตัวผู้ Male variance (σ_m^2)	0.039	0.047
ความแปรปรวนของต้นตัวเมีย Female variance (σ_f^2)	-0.005	-0.034
ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย (Male × Female) variance (σ_{mf}^2)	0.004	0.060
ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก Additive variance (σ_A^2)	0.155	0.188
ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม Dominant variance (σ_D^2)	0.017	0.238
ความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม Environmental variance (σ_E^2)	0.081	0.198
ความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ Phenotypic variance (σ_p^2)	0.253	0.624
อัตราการข่ม Dominance ratio (σ_D^2/σ_A^2)	0.111	1.270
การข่มเฉลี่ย Average degree of dominance ($\bar{d}$)	0.471	1.594
อัตราพันธุกรรมอย่างแคบ Narrow-sense heritability (%)	61.380	30.100

หมายเหตุ: การวัดระดับอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ ถ้าน้อยกว่า 40% จัดว่ามีค่าในระดับต่ำ 41-50% จัดว่ามีค่าในระดับปานกลาง และมากกว่า 50% จัดว่ามีค่าในระดับสูง

การข่มเฉลี่ย $\bar{d} = 0$ หมายถึง ไม่มีการข่ม $\bar{d} = 1$ หมายถึง การข่มสมบูรณ์ $\bar{d} > 1$ หมายถึง การข่มเกิน และ $\bar{d} < 1$ หมายถึง การข่มไม่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA)

ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ในสภาพโรงเรือน (สจล.) จากการวิเคราะห์ 7-21 วันหลังปลูกเชื้อ (DAI) ยังไม่พบความแตกต่างของการเกิดโรค จนกระทั่ง 28 DAI พบความแตกต่างของการเกิดโรค การวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ 56 DAI พบว่าพันธุ์แม่ 1 สายพันธุ์ คือ TKP003 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคต่ำ มีค่าไปในทิศทางลบเท่ากับ -0.03 รองลงมาพันธุ์แม่ 2 สายพันธุ์คือ TKP007 และ TKP004 แสดงค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคไปในทิศทางบวกเท่ากับ 0.01 และ 0.02 ตามลำดับ สำหรับพันธุ์พ่อมี 2 สายพันธุ์ คือ AVTO1008 และ KKU-T14009 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคต่ำมีค่าไปในทิศทางลบเท่ากับ -0.23 และ -0.14 ตามลำดับ รองลงมาคือ AVTO1422 และ AVTO1424 แสดงค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคมีค่าไปในทิศทางบวกเท่ากับ 0.16 และ 0.21 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16)

ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ในสภาพแปลงปลูก (TKR&D) ลักษณะการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลือง มะเขือเทศมีอายุ 131 วันหลังจากการปลูกพบว่าพันธุ์แม่ 1 สายพันธุ์ คือ TKP003 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคต่ำมีค่าไปในทิศทางลบเท่ากับ -0.09 สำหรับพันธุ์พ่อ จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ KKU-T14009 AVTO1008 และ AVTO1422 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคต่ำ มีค่าไปในทิศทางลบ เท่ากับ -0.34 -0.16 และ -0.03 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ ในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก

สายพันธุ์		สภาพโรงเรือน					สภาพแปลงปลูก
		28 DAI	35 DAI	42 DAI	49 DAI	56 DAI	ประเมินครั้งสุดท้าย
พันธุ์แม่	TKP003	-0.02	-0.02	-0.06	-0.04	-0.03	-0.09
	TKP004	0.03	0.00	0.08	0.04	0.02	0.12
	TKP007	-0.01	0.02	-0.02	0.00	0.01	0.00
พันธุ์พ่อ	AVTO1424	0.00	-0.01	0.16	0.22	0.21	0.41
	AVTO1422	0.04	0.10	0.13	0.12	0.16	-0.03
	AVTO1008	-0.02	-0.04	-0.17	-0.20	-0.23	-0.16
	KKU-T14009	-0.02	-0.04	-0.12	-0.17	-0.14	-0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA)

ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) ในสภาพโรงเรือน (สจล.) จากการวิเคราะห์ 7-21 วันหลังปลูกเชื้อ (DAI) ยังไม่พบความแตกต่างของการเกิดโรค จนกระทั่ง 28 DAI พบความแตกต่างของการเกิดโรค การวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ 56 DAI ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พบว่ามี 6 สายพันธุ์ ที่แสดงค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ดี ได้แก่ TKP003 × AVTO1424 TKP004 × KKU-T14009 TKP004 × AVTO1422 TKP007 × AVTO1424 TKP003 × AVTO1008 และ TKP007 × AVTO1008 ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีค่าไปในทิศทางลบ เท่ากับ -0.17 -0.14 -0.11 -0.07 -0.02 และ -0.01 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.17)

ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) ในสภาพแปลงปลูก (TKR&D) ลักษณะการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลือง มะเขือเทศมีอายุ 131 วันหลังจากการปลูก ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พบว่ามี 6 สายพันธุ์ ที่แสดงค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ดี ได้แก่ TKP003 × AVTO1424 TKP004 × AVTO1008 TKP007 × AVTO1422 TKP007 × AVTO1008 TKP004 × AVTO1424 และ TKP007 × KKU-T14009 ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีค่าไปในทิศทางลบ ตั้งแต่ -0.39 ถึง -0.07 ตามลำดับต่ำไปสูง (ตารางที่ 4.17)

ตารางที่ 4.17 ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) ลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 สายพันธุ์ ในสภาพโรงเรือน และจำนวน 11 สายพันธุ์ ในสภาพแปลงปลูก

ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1	สภาพโรงเรือน					สภาพแปลงปลูก
	28 DAI	35 DAI	42 DAI	49 DAI	56 DAI	ประเมินครั้งสุดท้าย
TKP003×AVTO1424	0.00	0.04	-0.18	-0.19	-0.17	-0.39
TKP003×AVTO1422	-0.04	-0.07	-0.04	0.03	0.05	0.09
TKP003×AVTO1008	0.02	0.02	0.06	0.00	-0.02	0.26
TKP003×KKU-T14009	0.02	0.02	0.15	0.19	0.13	0.16
TKP004×AVTO1424	0.01	0.02	0.24	0.23	0.24	-0.11
TKP004×AVTO1422	0.04	-0.02	-0.04	-0.07	-0.11	0.04
TKP004×AVTO1008	-0.03	0.00	-0.08	0.00	0.02	-0.15
TKP004×KKU-T14009	-0.03	0.00	-0.13	-0.12	-0.14	-
TKP007×AVTO1424	-0.01	-0.05	-0.06	-0.04	-0.07	0.47
TKP007×AVTO1422	0.00	0.09	0.07	0.04	0.06	-0.15
TKP007×AVTO1008	0.01	-0.02	0.02	0.01	-0.01	-0.14
TKP007×KKU-T14009	0.01	-0.02	-0.03	0.02	0.01	-0.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การวิเคราะห์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม (heterosis)

ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม (heterosis) ในสภาพโรงเรือน (สจล.) ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ด้านการเกิดโรคเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า (high parent; HP) ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พบว่ามี 11 สายพันธุ์ ได้แก่ TKP004 × KKU-T14009 TKP003 × AVTO1008 TKP007 × AVTO1008 TKP004 × AVTO1422 TKP007 × KKU-T14009 TKP004 × AVTO1008 TKP003 × AVTO1422 TKP007 × AVTO1422 TKP003 × AVTO1424 TKP003 × KKU-T14009 และ TKP007 × AVTO1424 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่ดี มีค่าไปในทิศทางลบ เท่ากับ -100 -100 -87.50 -67.35 -62.50 -60.78 -55.92 -51.02 -47.29 -34.52 และ -20.93% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18)

ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม (heterosis) ในสภาพแปลงปลูก (TKR&D) ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ 10 สายพันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบกับ high parent ได้แก่ TKP007 × KKU-T14009 TKP007 × AVTO1008 TKP003 × KKU-T14009 TKP007× AVTO1422 TKP003 × AVTO1424 TKP003 × AVTO1422 TKP003 × AVTO1008 TKP004 × AVTO1008 TKP004 × AVTO1424 และ TKP004 × AVTO1422 โดยมีค่าไปในทิศทางลบ ตั้งแต่ -67.87 ถึง -14.22% ตามลำดับค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ต่ำไปสูง ยกเว้นลูกผสมพันธุ์ TKP007 × AVTO1424 มีความดีเด่นเหนือพ่อแม่สูงในแง่ของการเกิดโรคมีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 10.64% แสดงให้เห็นถึงความต้านทานต่อโรคต่ำ (ตารางที่ 4.18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 12 คู่ผสม ในสภาพโรงเรือน และจำนวน 11 สายพันธุ์ ในสภาพแปลงปลูก

ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1	สภาพโรงเรือน														สภาพแปลงปลูก ประเมินครั้งสุดท้าย	
	14 DAI		21 DAI		28 DAI		35 DAI		42 DAI		49 DAI		56 DAI			
	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP
TKP003×AVTO1424	0.00	0.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-55.56	-77.78	-54.29	-65.22	-34.50	-49.55	-36.15	-47.29	-44.38	-50.00
TKP004×AVTO1424	0.00	0.00	-100.00	-100.00	-55.56	-77.78	-55.56	-77.78	235.48	126.09	121.38	58.56	98.87	36.43	10.14	-19.15
TKP007×AVTO1424	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-6.98	-13.04	11.48	-8.11	-9.33	-20.93	17.51	10.64
TKP003×AVTO1422	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-46.67	-73.33	-65.84	-80.41	-44.92	-65.71	-34.35	-55.92	-31.47	-34.67
TKP004×AVTO1422	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	300.00	100.00	-33.33	-66.67	-40.52	-67.35	-45.39	-67.35	-45.39	-67.35	4.17	-14.22
TKP007×AVTO1422	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-52.94	-66.67	-4.76	-33.33	-44.92	-65.71	-39.43	-60.82	-29.62	-51.02	-47.02	-51.81
TKP003×AVTO1008	0.00	0.00	0.00	0.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-20.00	-30.67
TKP004×AVTO1008	0.00	0.00	0.00	0.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-59.60	-60.78	-59.60	-60.78	-19.19	-27.27
TKP007×AVTO1008	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-80.49	-83.33	-83.67	-87.50	-52.17	-60.24
TKP003×KKU-T14009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.06	-2.78	22.22	-8.33	-3.51	-34.52	-35.78	-53.33
TKP004×KKU-T14009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-	-
TKP007×KKU-T14009	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-52.94	-66.67	-42.86	-62.50	-54.42	-67.87

หมายเหตุ %MP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่, %HP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่พันธุ์แม่ที่ดีกว่า

4.2.3 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต

1) ลักษณะประจำพันธุ์

จากการปลูกทดสอบผลผลิตของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 หมายเหตุ: สำหรับลูกผสมที่นำไปปลูกทดสอบขาดลูกผสม 1 คู่ คือ TKP004 × KKU-T14009 ดังนั้นจำนวนลูกผสมที่ทดสอบมีจำนวนทั้งหมด 11 คู่ผสม เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ 4 สายพันธุ์ (AVTO1424 AVTO1422 AVTO1008 และ KKU-T14009) พันธุ์แม่ 3 สายพันธุ์ (TKP003 TKP004 และ TKP007) พันธุ์การค้า 2 สายพันธุ์ (TK001 และ TK002) และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ 1 สายพันธุ์ (สีดาทิพย์ 3) และขั้นตอนการวิเคราะห์ความแปรปรวน (mean square) และองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม จะนำคู่ผสมมาคิดคำนวณทั้งหมด 9 คู่ผสม จากการดำเนินการปลูกทดสอบผลผลิต และศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ ณ บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น เมื่อแบ่งกลุ่มตามน้ำหนักต่อผลสามารถแบ่งได้ดังนี้

1.1) มะเขือเทศที่มีน้ำหนักผล 6.96 - 16.74 กรัมต่อผล ผลผลิตต่อต้น 104.70 - 436.80 กรัมต่อต้น จำนวนผลต่อต้น 17 - 24 ผลต่อต้น ความยาวผล 2.58 - 3.13 เซนติเมตร ความกว้างผล 2.14 -2.99 เซนติเมตร ความหนาเนื้อ 2.62 - 3.10 มิลลิเมตร มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ 6.55 - 6.77 °Brix จำนวนช่องผล 2 ช่อง จำนวนผลต่อช่อ 3 - 4 ผลต่อช่อ ความสูง 145.56 - 236.11 เซนติเมตร ลักษณะการเจริญเติบโตเป็นแบบพันธุ์กึ่งเลื้อย การวางตัวของใบเป็นแบบกึ่งตั้งตรง ชนิดของใบพบแบบคล้ายใบมันฝรั่ง และแบบมาตราฐาน ไม่พบสีของสารแอนโธไซยานินที่เส้นใบ ความสม่ำเสมอของขนาดผลมีทั้งไม่ต่างจนถึงต่างกันเล็กน้อย สีภายนอกของผลอ่อนพบสีเขียวอ่อนจนถึงสีเขียว ไม่พบแถบยาวสีเขียวที่ไหล่ผล ความเข้มของไหล่เขียวระดับน้อย มีข้อต่อของขั้วผล สันที่ปลายกลีบเลี้ยงมะเขือเทศมีลักษณะอ่อนจนถึงปานกลาง รูปร่างผลพบแบบรูปทรงรี และกลมทรงสูง สีภายนอกของผลสุกพบสีชมพู สีแดง สีส้ม-แดง ความแน่นเนื้อระดับปานกลางจนถึงแน่น รูปร่างของก้นผลเรียบไม่แหลม รูปร่างของแผลที่เกิดจากเกสรเพศเมียบริเวณก้นผลพบแบบจุดและรูปดาว และเมื่อผ่าผลรูปร่างผลเมื่อตัดขวางเป็นแบบกลม มะเขือเทศที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ สีดาทิพย์ 3 TKP004 และ TKP004 × AVTO1422 (ตารางที่ 4.19) (ภาพที่ 4.10)

1.2) มะเขือเทศที่มีน้ำหนักผล 20.69 - 38.11 กรัมต่อผล ผลผลิตต่อต้น 234.60 - 1842.50 กรัมต่อต้น จำนวนผลต่อต้น 9 - 62 ผลต่อต้น ความยาวผล 3.53 - 4.94 เซนติเมตร ความกว้างผล 3.11 - 3.95 เซนติเมตร ความหนาเนื้อ 3.22 - 4.75 มิลลิเมตร มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ 4.55 - 6.88 °Brix จำนวนช่องผล มีตั้งแต่ 2 - 4 ช่อง จำนวนผลต่อช่อ 3-4 ผลต่อช่อ ความสูง 132.78 - 218.89 เซนติเมตร ลักษณะการเจริญเติบโตเป็นแบบพันธุ์พุ่ม และพันธุ์กึ่งเลื้อย การวางตัวของใบเป็นแบบกึ่งตั้งตรง และขนานกับพื้น ชนิดของใบพบแบบคล้ายใบมันฝรั่ง และแบบมาตราฐาน ไม่พบสีของสารแอนโธไซยานินที่เส้นใบ ความสม่ำเสมอของขนาดผลมีทั้งไม่ต่าง ต่างกันเล็กน้อย และต่างกันมาก สีภายนอกของผลอ่อนพบสีเขียวอ่อนจนถึงสีเขียว ไม่พบแถบยาวสีเขียวที่ไหล่ผล ความเข้มของไหล่เขียวระดับน้อยจนถึงปานกลาง ข้อต่อของขั้วผลพบว่ามีขั้ว และไม่มีข้อต่อของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้วผล (AVTO1422 และ AVTO1008) สันที่ปลายกลีบเลี้ยงมะเขือเทศมีลักษณะอ่อนจนถึงปานกลาง รูปร่างผลพบแบบกลมทรงสูง รูปทรงรี รูปทรงกระบอก และรูปหัวใจ สีภายนอกของผลสุกพบสีส้ม สีส้ม-แดง และสีแดง ความแน่นเนื้อระดับนิ่มไปจนถึงแน่น รูปร่างของก้นผลมีทั้งเรียบ และแหลม รูปร่างของแผลที่เกิดจากเกสรเพศเมียบริเวณก้นผลพบแบบจุด และรูปดาว เมื่อผ่าผลรูปร่างผลเมื่อตัดขวางเป็นแบบกลม และเหลี่ยม มะเขือเทศที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ TK001 TKP007 AVTO1008 AVTO1422 AVTO1424 KKU-T14009 TKP004 × AVTO1424 TKP004 × AVTO1008 TKP007 × AVTO1424 TKP007 × AVTO1422 TKP003 × AVTO1424 TKP003 × AVTO1422 TKP003 × AVTO1008 TKP007 × AVTO1008 TKP003 × KKU-T14009 และ TKP007 × KKU-T14009 (ตารางที่ 4.19) (ภาพที่ 4.10)

1.3) มะเขือเทศที่มีน้ำหนักผล 47.41 - 51.76 กรัมต่อผล ผลผลิตต่อต้น 1038.30 - 1789.4 กรัมต่อต้น จำนวนผลต่อต้น 21 - 42 ผลต่อต้น ความยาวผล 4.26 - 4.52 เซนติเมตร ความกว้างผล 4.31 - 4.46 เซนติเมตร ความหนาเนื้อ 4.93 - 5.20 มิลลิเมตร มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ 4.76 - 5.26 °Brix จำนวนช่องผลมีตั้งแต่ 3 - 4 ช่อง จำนวนผลต่อช่อ 3 ผลต่อช่อ ความสูง 190.00 – 220.00 เซนติเมตร ลักษณะการเจริญเติบโตเป็นแบบพันธุ์พุ่ม และพันธุ์กึ่งเลื้อย การวางตัวของใบเป็นแบบกึ่งตั้งตรง ชนิดของใบพบแบบมาตราฐาน ไม่พบสีของสารแอนโธไซยานินที่เส้นใบ ความสม่ำเสมอของขนาดผลไม่ต่างจนถึงต่างกันเล็กน้อย สีภายนอกของผลอ่อนพบสีเขียวอ่อนจนถึงสีเขียว ไม่พบแถบยาวสีเขียวที่ไหล่ผล ความเข้มของไหล่เขียวระดับน้อย มีข้อต่อของขั้วผล สันที่ปลายกลีบเลี้ยงมะเขือเทศมีลักษณะปานกลาง รูปร่างผลพบแบบกลมทรงสูง และรูปทรงรี สีภายนอกของผลสุกพบสีส้ม-แดง และสีแดง ความแน่นเนื้อระดับปานกลางไปจนถึงแน่น รูปร่างของก้นผลเรียบไม่แหลม รูปร่างของแผลที่เกิดจากเกสรเพศเมียบริเวณก้นผลพบแบบจุด และรูปดาว เมื่อผ่าผลรูปร่างผลเมื่อตัดขวางเป็นแบบกลม มะเขือเทศที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ TK002 และ TKP003 (ตารางที่ 4.19) (ภาพที่ 4.10)

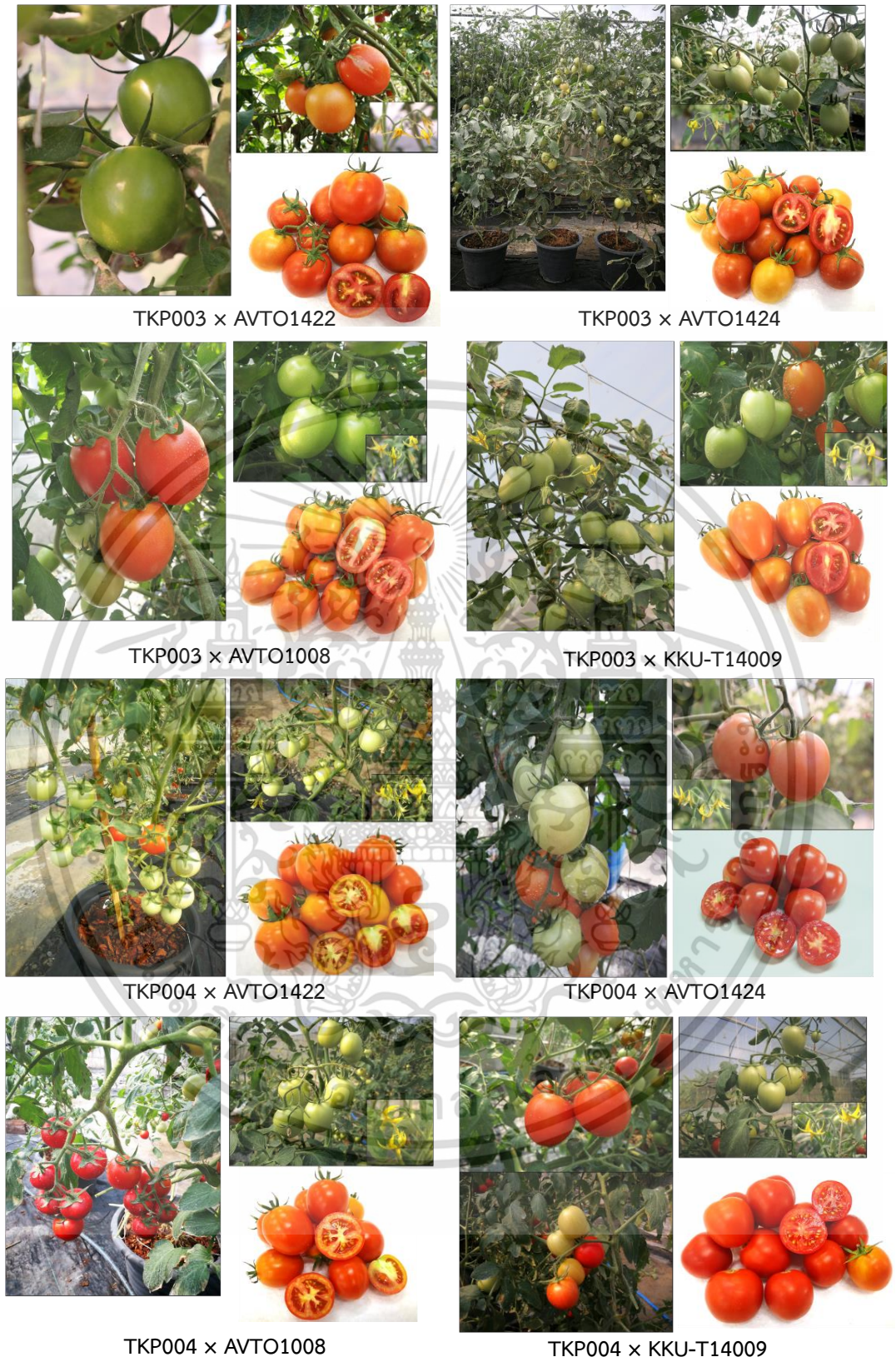
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 11 สายพันธุ์ พันธุ์พ่อแม่จำนวน 7 สายพันธุ์ และพันธุ์การค้า 2 สายพันธุ์

สายพันธุ์	ลักษณะต้นพืช				ลักษณะผล				
	ลักษณะการเจริญเติบโต	การวางตัวของใบ	ชนิดของใบ	สีของสารแอนโธไซยานินที่เส้นใบ	ความสม่ำเสมอของขนาดผล	สีภายนอกของผลอ่อน	แถบยาวสีเขียวที่ไหล่ผล	ความเข้มของไหล่เขียว	ข้อต่อของขั้วผล
TKP003×AVTO1424	พันธุ์พุ่ม	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวปานกลาง	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TKP004×AVTO1424	พันธุ์กึ่งเลื้อย	ขนานกับพื้น	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวปานกลาง	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TKP007×AVTO1424	พันธุ์กึ่งเลื้อย	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวปานกลาง	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TKP003×AVTO1422	พันธุ์กึ่งเลื้อย	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวปานกลาง	ไม่มี	ปานกลาง	มีขั้วผล
TKP004×AVTO1422	พันธุ์กึ่งเลื้อย	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวอ่อน	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TKP007×AVTO1422	พันธุ์กึ่งเลื้อย	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวอ่อน	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TKP003×AVTO1008	พันธุ์กึ่งเลื้อย	ขนานกับพื้น	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ไม่ต่างกัน	เขียวอ่อน	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TKP004×AVTO1008	พันธุ์กึ่งเลื้อย	ใบกึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวอ่อน	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TKP007×AVTO1008	พันธุ์กึ่งเลื้อย	ขนานกับพื้น	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวอ่อน	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TKP003×KKU-T14009	พันธุ์กึ่งเลื้อย	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวอ่อน	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TKP004×KKU-T14009	พันธุ์พุ่ม	ใบกึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวอ่อน	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TKP007×KKU-T14009	พันธุ์กึ่งเลื้อย	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวอ่อน	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TKP003	พันธุ์กึ่งเลื้อย	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวปานกลาง	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TKP004	พันธุ์กึ่งเลื้อย	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวปานกลาง	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TKP007	พันธุ์กึ่งเลื้อย	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันเล็กน้อย	เขียวปานกลาง	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
AVTO1424	พันธุ์พุ่ม	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ต่างกันมาก	เขียวอ่อน	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
AVTO1422	พันธุ์กึ่งเลื้อย	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ไม่ต่างกัน	เขียวปานกลาง	ไม่มี	ปานกลาง	ไม่มีขั้วผล
AVTO1008	พันธุ์กึ่งเลื้อย	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ไม่ต่างกัน	เขียวอ่อน	ไม่มี	ปานกลาง	ไม่มีขั้วผล
KKU-T14009	พันธุ์พุ่ม	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ไม่ต่างกัน	เขียวอ่อน	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TK001	พันธุ์พุ่ม	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ไม่ต่างกัน	เขียวอ่อน	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
TK002	พันธุ์พุ่ม	กึ่งตั้งตรง	มาตรฐาน	ไม่พบสี	ไม่ต่างกัน	เขียวอ่อน	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล
สีดาทิพย์ 3	พันธุ์กึ่งเลื้อย	กึ่งตั้งตรง	คล้ายใบมันฝรั่ง	ไม่พบสี	ไม่ต่างกัน	เขียวอ่อน	ไม่มี	น้อย	มีขั้วผล

ตารางที่ 4.19 ลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 11 สายพันธุ์ พันธุ์พ่อแม่จำนวน 7 สายพันธุ์ และพันธุ์การค้า 2 สายพันธุ์ (ต่อ)

สายพันธุ์	ลักษณะผล						
	สันที่ปลายกลีบเลี้ยงมะเขือเทศ	รูปร่างผล	สีภายนอกของผลสุก	ความแน่นเนื้อ	รูปร่างของก้นผล	รูปร่างของแผลที่เกิดจากเกสรเพศเมีย	รูปร่างผลเมื่อตัดขวาง
TKP003×AVTO1424	อ่อน	รูปหัวใจ	สีแดง	ปานกลาง	แหลม	จุด	กลม
TKP004×AVTO1424	อ่อน	กลมทรงสูง	สีแดง	นิ่ม	แหลม	จุด	กลม
TKP007×AVTO1424	อ่อน	รูปทรงรี	สีส้ม	ปานกลาง	แหลม	จุด	กลม
TKP003×AVTO1422	อ่อน	กลมทรงสูง	สีแดง	ปานกลาง	เรียบ	รูปดาว	กลม
TKP004×AVTO1422	ปานกลาง	กลมทรงสูง	สีส้ม-แดง	แน่น	เรียบ	จุด	กลม
TKP007×AVTO1422	ปานกลาง	กลมทรงสูง	สีแดง	ปานกลาง	เรียบ	จุด	กลม
TKP003×AVTO1008	ปานกลาง	รูปทรงรี	สีส้ม-แดง	แน่น	เรียบ	จุด	กลม
TKP004×AVTO1008	ปานกลาง	กลมทรงสูง	สีแดง	แน่น	เรียบ	จุด	กลม
TKP007×AVTO1008	ปานกลาง	รูปทรงรี	สีส้ม-แดง	แน่น	แหลม	จุด	กลม
TKP003×KKU-T14009	ปานกลาง	รูปทรงรี	สีส้ม	แน่น	แหลม	รูปดาว	กลม
TKP004×KKU-T14009	อ่อน	กลมทรงสูง	สีแดง	ปานกลาง	เรียบ	จุด	กลม
TKP007×KKU-T14009	อ่อน	รูปทรงรี	สีส้ม-แดง	ปานกลาง	แหลม	จุด	กลม
TKP003	ปานกลาง	กลมทรงสูง	สีส้ม-แดง	แน่น	เรียบ	รูปดาว	กลม
TKP004	อ่อน	กลมทรงสูง	สีแดง	ปานกลาง	เรียบ	รูปดาว	กลม
TKP007	ปานกลาง	รูปทรงรี	สีส้ม-แดง	แน่น	แหลม	จุด	กลม
AVTO1424	อ่อน	รูปทรงรี	สีแดง	ปานกลาง	แหลม	จุด	เหลี่ยม
AVTO1422	อ่อน	กลมทรงสูง	สีส้ม-แดง	ปานกลาง	เรียบ	จุด	กลม
AVTO1008	อ่อน	รูปทรงกระบอก	สีส้ม-แดง	ปานกลาง	เรียบ	จุด	กลม
KKU-T14009	ปานกลาง	รูปทรงรี	สีส้ม-แดง	ปานกลาง	เรียบ	จุด	กลม
TK001	ปานกลาง	กลมทรงสูง	สีแดง	ปานกลาง	เรียบ	จุด	กลม
TK002	ปานกลาง	รูปทรงรี	สีแดง	ปานกลาง	เรียบ	จุด	กลม
สีดาทิพย์ 3	ปานกลาง	รูปทรงรี	สีชมพู	ปานกลาง	เรียบ	จุด	กลม



ภาพที่ 4.10 ลักษณะทางการเกษตรของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TKP007 × AVTO1422 TKP007 × AVTO1424

TKP007 × AVTO1008 TKP007 × KKU-T14009

ภาพที่ 4.10 ลักษณะทางการเกษตรของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 (ต่อ)

2) ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต

เมื่อประเมินผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต (ภาพที่ 4.11) พบว่าเกือบทุกลักษณะที่ศึกษามีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1) ผลผลิตต่อต้น จากการศึกษาผลผลิตต่อต้นของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ พบว่าผลผลิตต่อต้น แตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 356.50 – 1,789.40 กรัมต่อต้น สำหรับลูกผสมจำนวน 11 สายพันธุ์ พบว่าผลผลิตมีค่าอยู่ระหว่าง 436.80 – 1,842.50 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 4.20)

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะผลผลิตต่อต้น ความแปรปรวนของต้นตัวเมีย (female) มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21) โดยที่อิทธิพลของตัวเมียมากกว่าตัวผู้ (202,597.667 และ 33,834.556 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมียมีอิทธิพลน้อย แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือ สามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมพบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม ($\boldsymbol{\sigma}_D^2$ = -8,854.667) มีค่าต่ำกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก ($\boldsymbol{\sigma}_A^2$ = 200,022.667) ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าปานกลาง (h^2 = 45.57%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกมาก สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าต่ำกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวก มีอัตราการข่มเท่ากับ -0.044 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ -0.362 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ (ตารางที่ 4.22)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุด คือ TKP007 และ AVTO1008 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 242.83 และ 149.32 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23) พันธุ์ลูกผสมที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงที่สุด คือ TKP007 × AVTO1008 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 297.82 (ตารางที่ 4.24) และลูกผสมมะเขือเทศพันธุ์ TKP007 × AVTO1008 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ high parent โดยมีค่าไปในทิศทางบวกสูงสุด เท่ากับ 52.67% (ตารางที่ 4.25)

2.2) จำนวนผลต่อต้น จากการศึกษาจำนวนผลต่อต้นของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ พบว่าผลผลิตต่อต้น แตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 15 – 49 ผลต่อต้น สำหรับลูกผสมจำนวน 11 สายพันธุ์พบว่าจำนวนผลต่อต้นมีค่าอยู่ระหว่าง 19 – 62 ผลต่อต้น (ตารางที่ 4.20)

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะผลผลิตต่อต้น ความแปรปรวนของต้นตัวผู้และตัวเมีย (male และ female) มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21) โดยที่อิทธิพลของตัวเมียมากกว่าตัวผู้ (170.621 และ 75.721 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย มีอิทธิพลน้อย แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือ สามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมพบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม (σ_D^2 = 69.560) มีค่าต่ำกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก (σ_A^2 = 201.151) ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าสูง (h^2 = 57.84%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกมาก สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าต่ำกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวก มีอัตราการข่มเท่ากับ 0.346 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ 0.678 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ (ตารางที่ 4.22)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุด คือ TKP007 และ AVTO1424 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 7.63 และ 11.87 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23) พันธุ์ลูกผสมที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงที่สุด คือ TKP007 × AVTO1422 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 7.89 (ตารางที่ 4.24) และลูกผสมมะเขือเทศพันธุ์ TKP003 × AVTO1424 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ high parent โดยมีค่าไปในทิศทางบวกสูงสุด เท่ากับ 47.97% (ตารางที่ 4.25)

2.3) น้ำหนักต่อผล จากการศึกษาน้ำหนักต่อผลของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ พบว่าน้ำหนักต่อผลแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 14.62 – 47.41 กรัมต่อผล สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกผสมจำนวน 11 สายพันธุ์พบว่าน้ำหนักต่อผลมีค่าอยู่ระหว่าง 16.74 – 38.11 กรัมต่อผล (ตารางที่ 4.20)

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะน้ำหนักต่อผล ความแปรปรวนของต้นตัวเมีย (female) มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21) โดยที่อิทธิพลของตัวเมียมากกว่าตัวผู้ (18.841 และ 7.087 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย มีอิทธิพลน้อย แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือ สามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมพบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม ($\boldsymbol{\sigma}_D^2$ = -2.773) มีค่าต่ำกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก ($\boldsymbol{\sigma}_A^2$ = 20.389) ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าสูง (h^2 = 53.91%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกมาก สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าต่ำกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวก มีอัตราการข่มเท่ากับ -0.136 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ -0.442 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ (ตารางที่ 4.22)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุด คือ TKP007 และ KKU-T14009 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 2.85 และ 9.21 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23) พันธุ์ลูกผสมที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงที่สุด คือ TKP004 × AVTO1008 มีค่าไปในทิศทางบวกเท่ากับ 2.95 (ตารางที่ 4.24) และลูกผสมมะเขือเทศพันธุ์ TKP007 × AVTO1008 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ high parent โดยมีค่าไปในทิศทางบวกสูงสุด เท่ากับ 24.12% (ตารางที่ 4.25)

2.4) ความยาวผล จากการศึกษาความยาวผลของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ พบว่าความยาวผลแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 3.03 – 4.52 เซนติเมตร สำหรับลูกผสมจำนวน 11 สายพันธุ์พบว่าความยาวผลมีค่าอยู่ระหว่าง 3.13 – 4.94 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.20)

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะความยาวผล ความแปรปรวนของต้นตัวผู้และต้นตัวเมีย (male และ female) มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21) โดยที่อิทธิพลของตัวเมียมากกว่าตัวผู้ ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมียมีอิทธิพลน้อย แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้และตัวเมียไม่มีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือสามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมพบว่ามีค่าต่ำกว่าความแปรปรวนของต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม ($\boldsymbol{\sigma}_D^2$ = 0.015) พบว่ามีค่าต่ำกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก ($\boldsymbol{\sigma}_A^2$ = 0.286) ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของต้นตัวเมียที่มีต่อความแปรปรวนดังกล่าว (เนื่องจาก $\boldsymbol{\sigma}_A^2 = 4\boldsymbol{\sigma}_f^2$) ค่าประมาณอัตราพันธุกรรมอย่างแคบมีค่าสูง (h^2 = 76.03%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าต่ำกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวกมีอัตราการข่มเท่ากับ 0.052 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ 0.310 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ (ตารางที่ 4.22)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุด คือ TKP007 และ KKU-T14009 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 0.39 และ 0.75 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23) พันธุ์ลูกผสมที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงที่สุด คือ TKP004 × AVTO1008 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 8.74 (ตารางที่ 4.24) และลูกผสมมะเขือเทศพันธุ์ TKP007 × AVTO1008 และ TKP007 × KKU-T14009 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ high parent โดยมีค่าไปในทิศทางบวกสูงสุดเท่ากับ 9.13% (ตารางที่ 4.25)

2.5) ความกว้างผล จากการศึกษาความกว้างผลของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ พบว่าความกว้างผลแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.88 – 4.46 เซนติเมตร สำหรับลูกผสมจำนวน 11 สายพันธุ์พบว่าความกว้างผลมีค่าอยู่ระหว่าง 2.99 – 3.95 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.20)

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะความกว้างผล ความแปรปรวนของต้นตัวเมีย (female) มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21) โดยที่อิทธิพลของตัวเมียมากกว่าตัวผู้ (0.038 และ 0.00 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย มีอิทธิพลน้อย แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือ สามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม พบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม ($\boldsymbol{\sigma}_D^2$ = 0.056) พบว่ามีค่าต่ำกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก ($\boldsymbol{\sigma}_A^2$ = 0.152) ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าสูง (h^2 = 56.12%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกมาก สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าต่ำกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวกมีอัตราการข่มเท่ากับ 0.369 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ -7.822 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ (ตารางที่ 4.22)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุด คือ TKP003 และ KKU-T14009 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 0.16 และ 0.29 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23) พันธุ์ลูกผสมที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงที่สุด คือ TKP004 × AVTO1008 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 0.19 (ตารางที่ 4.24) และลูกผสมมะเขือเทศพันธุ์ TKP007 × KKU-T14009 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ high parent โดยมีค่าไปในทิศทางบวกสูงสุดเท่ากับ 10.68% (ตารางที่ 4.25)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6) ความหนาเนื้อ จากการศึกษาความหนาเนื้อของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ พบว่าความหนาเนื้อแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 3.07 – 4.93 มิลลิเมตร สำหรับลูกผสมจำนวน 11 สายพันธุ์พบว่าความหนาเนื้อมีค่าอยู่ระหว่าง 3.10 – 4.75 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.20)

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะความหนาเนื้อความแปรปรวนของต้นตัวผู้ (male) มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21) โดยที่อิทธิพลของตัวผู้มากกว่าตัวเมีย (0.128 และ 0.053 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมียมีอิทธิพลน้อย แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือ สามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมพบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม ($\boldsymbol{\sigma}_D^2$ = 0.042) พบว่ามีค่าต่ำกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก ($\boldsymbol{\sigma}_A^2$ = 0.109) ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าสูง (h^2 = 60.44%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกมาก สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าต่ำกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวกมีอัตราการข่มเท่ากับ 0.388 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ 0.407 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ (ตารางที่ 4.22)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุด คือ TKP007 และ KKU-T14009 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 0.21 และ 0.69 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23) พันธุ์ลูกผสมที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงที่สุด คือ TKP004 × AVTO1424 มีค่าไปในทิศทางบวกเท่ากับ 0.49 (ตารางที่ 4.24) และลูกผสมมะเขือเทศพันธุ์ TKP007 × AVTO1008 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ high parent โดยมีค่าไปในทิศทางบวกสูงสุดเท่ากับ 13.64% (ตารางที่ 4.25)

2.7) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (% Brix) จากการศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 4.55 – 6.92 °Brix สำหรับลูกผสมจำนวน 11 สายพันธุ์พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 4.84 – 6.77 °Brix (ตารางที่ 4.20)

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำความแปรปรวนของต้นตัวผู้ (male) มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21) โดยที่อิทธิพลของตัวผู้มากกว่าตัวเมีย (0.501 และ 0.020 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย มีอิทธิพลน้อย แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือ สามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมพบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนต้นตัวเมีย และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม ($\boldsymbol{\sigma}_D^2$ = -0.308)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่ามีค่าต่ำกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก (σ_A^2 = 0.472) ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าสูง (h^2 = 93.40%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกมาก สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าต่ำกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวกมีอัตราการข่มเท่ากับ -0.652 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ -0.555 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ (ตารางที่ 4.22)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุด คือ TKP004 และ AVTO1422 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 0.33 และ 0.73 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23) พันธุ์ลูกผสมที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงที่สุด คือ TKP007 × AVTO1424 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 0.25 (ตารางที่ 4.24) และลูกผสมมะเขือเทศพันธุ์ TKP007 × AVTO1422 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ high parent โดยมีค่าไปในทิศทางบวกสูงสุด เท่ากับ 9.51% (ตารางที่ 4.25)

2.8) จำนวนช่องผล จากการศึกษาจำนวนช่องผลของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ พบว่าจำนวนช่องผลแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.26 – 4.37 ช่องต่อผล สำหรับลูกผสมจำนวน 11 สายพันธุ์ พบว่าจำนวนช่องผลมีค่าอยู่ระหว่าง 2.23 – 3.76 ช่องต่อผล (ตารางที่ 4.20)

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะจำนวนช่องผล ความแปรปรวนของต้นตัวผู้และตัวเมีย (male และ female) มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21) โดยที่อิทธิพลของตัวเมียมากกว่าตัวผู้ (0.148 และ 0.086 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย มีอิทธิพลน้อย แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือ สามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมพบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม (σ_D^2 = 0.481) พบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก (σ_A^2 = 0.103) ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมียที่มีต่อความแปรปรวนดังกล่าว (เนื่องจาก $\sigma_D^2 = 4\sigma_{mf}^2$) ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าต่ำ (h^2 = 32.65%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกน้อย สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าสูงกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวกมีอัตราการข่มเท่ากับ 4.68 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ 1.669 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มเกิน (ตารางที่ 4.22)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุด คือ TKP003 และ AVTO1424 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 0.35 และ 0.32 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23) พันธุ์ลูกผสมที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงที่สุด คือ TKP003 × AVTO1424 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 0.48 (ตารางที่ 4.24) และลูกผสมมะเขือเทศพันธุ์ TKP007 × AVTO1422 มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ high parent โดยมีค่าไปในทิศทางบวกสูงสุด เท่ากับ 10.09% (ตารางที่ 4.25)

2.9) จำนวนผลต่อช่อ จากการศึกษาจำนวนผลต่อช่อของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ พบว่าจำนวนผลต่อช่อแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.89 – 3.79 ผลต่อช่อ สำหรับลูกผสมจำนวน 11 สายพันธุ์พบว่าจำนวนช่องผลมีค่าอยู่ระหว่าง 2.23 – 3.76 ช่องต่อผล (ตารางที่ 4.20)

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะจำนวนผลต่อช่อพบว่าไม่มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21) โดยองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมสรุปได้ว่า อิทธิพลของตัวเมียมากกว่าตัวผู้เล็กน้อย (0.025 และ 0.014 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย มีอิทธิพลน้อยมาก แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือ สามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมพบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม ($\boldsymbol{\sigma}_D^2$ = -0.04) พบว่ามีค่าต่ำกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวกเล็กน้อย ($\boldsymbol{\sigma}_A^2$ = -0.019) ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าต่ำมาก (h^2 = 18.13%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกน้อย สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าต่ำกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวกมีอัตราการข่มเท่ากับ 2.11 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ -1.203 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ (ตารางที่ 4.22)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุด คือ TKP007 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 0.19 และ AVTO1424 และ AVTO1008 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 0.11 (ตารางที่ 4.23) พันธุ์ลูกผสมที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงที่สุด คือ TKP007 × AVTO1422 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 0.34 (ตารางที่ 4.24) และลูกผสมมะเขือเทศพันธุ์ TKP003 × AVTO1008 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ high parent โดยมีค่าไปในทิศทางบวกสูงสุด เท่ากับ 8.18% (ตารางที่ 4.25)

2.10) ความสูง จากการศึกษาความสูงของพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 7 สายพันธุ์ พบว่าความสูงแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 145.56 – 214.44 เซนติเมตร สำหรับลูกผสม จำนวน 11 สายพันธุ์พบว่าความสูงมีค่าอยู่ระหว่าง 149.44 – 218.89 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.20)

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะความสูง ความแปรปรวนของต้นตัวเมีย (female) มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21) โดยที่อิทธิพลของตัวเมียมากกว่าตัวผู้ (169.077 และ 40.078 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย มีอิทธิพลน้อยแสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือ สามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมพบว่ามีค่าสูงมากกว่าความแปรปรวนต้นของตัวผู้ ต้นตัวเมีย และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม ($\boldsymbol{\sigma}_D^2$ = 216.76) พบว่ามีค่าสูงกว่าความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก ($\boldsymbol{\sigma}_A^2$ = 86.588) ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมียที่มีต่อความแปรปรวนดังกล่าว (เนื่องจาก $\boldsymbol{\sigma}_D^2 = 4\boldsymbol{\sigma}_{mf}^2$) ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าต่ำ (h^2 = 20.93%) แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวกน้อย สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มมีค่าสูงกว่าอิทธิพลของยีนแบบบวกมีอัตราการข่มเท่ากับ 2.503 และมีระดับของการข่มเฉลี่ยเท่ากับ 1.644 แสดงว่าการข่มเป็นแบบลักษณะข่มเกิน (ตารางที่ 4.22)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปที่ดี คือ TKP004 และ AVTO1424 มีค่าไปในทิศทางลบ เท่ากับ -24.96 และ -19.30 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23) พันธุ์ลูกผสมที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะที่ดี คือ TKP004 × AVTO1424 มีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 19.04 (ตารางที่ 4.24) และลูกผสมมะเขือเทศพันธุ์ TKP004 × AVTO1424 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับ high parent โดยมีค่าไปในทิศทางบวก เท่ากับ 2.11% (ตารางที่ 4.25) สำหรับความสูงขึ้นอยู่กับลักษณะของการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ สำหรับมะเขือเทศอุตสาหกรรมความสูงประมาณ 50-150 เซนติเมตร เพื่อง่ายและสะดวกต่อการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตของมะเขือเทศ ในสภาพแปลงปลูก บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น ในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 11 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์การค้า

ลำดับ	สายพันธุ์	สถานะ	จำนวนผลต่อต้น	ผลผลิตต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักต่อผล (กรัม)	ความยาว (เซนติเมตร)	ความกว้าง (เซนติเมตร)	ความหนาเนื้อ (มิลลิเมตร)	% Brix	จำนวนช่องผล	จำนวนผลต่อช่อ	ความสูง (เซนติเมตร)
1	TKP003×AVTO1424	F_1 hybrid	62^{a}	1567.80^{a-c}	28.97^{c-f}	3.92^{e-g}	3.83^{cd}	3.35^{f-i}	4.84^{g-i}	3.76^{b}	3.80^{a-d}	163.33^{e-i}
2	TKP004×AVTO1424	F_1 hybrid	42^{b-e}	812.30^{d-h}	20.69^{f-h}	3.64^{fg}	3.44^{e-g}	3.52^{e-h}	4.96^{f-i}	2.53^{de}	3.76^{a-d}	156.00^{f-j}
3	TKP007×AVTO1424	F_1 hybrid	59^{a}	1333.60^{a-d}	25.85^{ef}	4.28^{de}	3.58^{c-f}	3.65^{e-h}	5.13^{f-i}	2.53^{de}	3.61^{a-e}	166.44^{e-i}
4	TKP003×AVTO1422	F_1 hybrid	30^{e-i}	887.00^{d-g}	29.03^{c-f}	3.93^{e-g}	3.77^{c-e}	3.96^{d-g}	6.10^{a-e}	3.28^{c}	3.15^{c-e}	200.33^{b-d}
5	TKP004×AVTO1422	F_1 hybrid	24^{f-j}	436.80^{g-i}	16.74^{gh}	3.13^{hi}	2.99^{hi}	3.10^{hi}	6.77^{ab}	2.39^{d-f}	3.06^{de}	149.44^{h-j}
6	TKP007×AVTO1422	F_1 hybrid	50^{a-d}	1312.10^{a-d}	25.92^{ef}	4.17^{de}	3.57^{c-f}	3.67^{e-h}	6.33^{a-d}	2.51^{de}	3.89^{a-c}	190.00^{c-e}
7	TKP003×AVTO1008	F_1 hybrid	52^{a-c}	1491.10^{a-c}	29.23^{c-f}	4.48^{b-d}	3.62^{c-f}	4.26^{b-e}	5.91^{b-f}	2.43^{d-f}	3.71^{a-d}	175.11^{d-h}
8	TKP004×AVTO1008	F_1 hybrid	19^{h-j}	571.80^{f-i}	25.40^{e-g}	3.65^{fg}	3.51^{d-f}	3.71^{e-h}	6.29^{a-d}	2.49^{d-f}	3.39^{b-e}	163.33^{e-i}
9	TKP007×AVTO1008	F_1 hybrid	56^{ab}	1842.50^{a}	34.95^{b-d}	4.86^{a-c}	3.78^{c-e}	4.75^{a-c}	5.53^{d-h}	2.23^{fg}	4.07^{ab}	197.78^{b-d}
10	TKP003×KKU-T14009	F_1 hybrid	38^{c-f}	1329.30^{a-d}	37.02^{bc}	4.90^{ab}	3.95^{bc}	4.75^{ab}	5.23^{e-i}	2.41^{d-f}	3.67^{a-e}	212.78^{a-c}
11	TKP004×KKU-T14009	F_1 hybrid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	TKP007×KKU-T14009	F_1 hybrid	35^{d-h}	1093.10^{c-f}	38.11^{b}	4.94^{a}	3.88^{cd}	4.47^{a-d}	5.30^{e-i}	2.31^{e-g}	3.61^{a-e}	218.89^{ab}
13	TKP003	Parental line	42^{b-e}	1789.40^{ab}	47.41^{a}	4.26^{de}	4.46^{a}	4.93^{ab}	4.76^{hi}	4.37^{a}	3.43^{b-e}	190.00^{c-e}
14	TKP004	Parental line	21^{h-j}	356.50^{g-i}	14.62^{hi}	3.03^{ij}	2.88^{i}	3.07^{hi}	6.92^{a}	2.34^{e-g}	3.49^{b-e}	145.56^{ij}
15	TKP007	Parental line	49^{a-d}	1206.80^{b-e}	26.69^{d-f}	4.45^{cd}	3.51^{d-f}	4.00^{c-f}	5.78^{c-g}	2.26^{e-g}	3.79^{a-d}	214.44^{a-c}
16	AVTO1424	Parental line	38^{c-g}	782.00^{d-h}	24.99^{e-g}	4.08^{d-f}	3.40^{e-g}	3.22^{g-i}	4.55^{i}	2.63^{d}	3.64^{a-e}	152.78^{g-j}
17	AVTO1422	Parental line	15^{ij}	431.30^{g-i}	25.63^{ef}	3.89^{e-g}	3.37^{f-h}	3.64^{e-h}	5.60^{c-h}	2.28^{e-g}	2.89^{e}	151.11^{h-j}
18	AVTO1008	Parental line	22^{g-j}	653.90^{e-i}	28.16^{d-f}	4.27^{de}	3.32^{f-h}	4.18^{b-e}	6.38^{a-d}	2.33^{e-g}	3.03^{de}	181.11^{d-g}
19	KKU-T14009	Parental line	22^{g-j}	665.60^{e-i}	31.36^{b-e}	4.52^{a-d}	3.42^{e-g}	3.78^{d-h}	6.88^{a}	2.48^{d-f}	3.15^{c-e}	183.00^{d-f}
20	TK001	F_1 hybrid	9^{j}	234.60^{hi}	23.58^{e-g}	3.53^{gh}	3.11^{g-i}	3.67^{e-h}	6.27^{a-d}	2.28^{e-g}	2.89^{e}	132.78^{j}
21	TK002	F_1 hybrid	21^{h-j}	1038.30^{c-f}	51.76^{a}	4.52^{a-d}	4.31^{ab}	5.20^{a}	5.26^{e-i}	3.29^{c}	3.16^{c-e}	220.00^{ab}
22	สีดาทิพย์ 3	Pure line	17^{ij}	104.70^{i}	6.96^{i}	2.58^{j}	2.14^{j}	2.62^{i}	6.55^{a-c}	2.06^{g}	4.33^{a}	236.11^{a}
mean			34.35	949.56	28.24	4.05	3.52	3.88	5.78	2.63	3.50	180.97
F-test			**	**	**	**	**	**	**	**	*	**
C.V.(%)			28.68	37.67	18.65	6.71	6.59	11.73	10.05	6.45	13.69	9.57

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ *, ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (mean square) ในลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตมะเขือเทศ ในสภาพแปลงปลูกบริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น ของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 9 คู่ผสม

Source	d.f.	ผลผลิตต่อต้น	จำนวนผลต่อต้น	น้ำหนักต่อผล	ความยาวผล	ความกว้างผล	ความหนาเนื้อ	% Brix	จำนวนช่องผล	จำนวนผลต่อช่อ	ความสูง
Replication	2	311915	149.67	113.12	0.31	0.18	0.65	2.31	0.48	1.12	474.07
Female	2	1987222**	1738.95**	194.50**	2.16**	0.45**	0.81^{ns}	0.40^{ns}	1.93**	0.48^{ns}	2073.24*
Male	2	468354^{ns}	884.85*	88.71^{ns}	0.78**	0.10^{ns}	1.47*	4.72**	1.37*	0.38^{ns}	912.25^{ns}
Female x male	4	163843^{ns}	203.36^{ns}	24.93^{ns}	0.09^{ns}	0.10^{ns}	0.32^{ns}	0.22^{ns}	0.59^{ns}	0.26^{ns}	551.55^{ns}
Error	16	170484	151.19	27.01	0.08	0.06	0.29	0.45	0.23	0.29	388.98
Total	26										

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ *, ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตมะเขือเทศ ในสภาพแปลงปลูกบริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น ของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 9 คู่ผสม จากแผนการผสม North Carolina Mating Design-II

องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม	ผลผลิตต่อต้น	จำนวนผลต่อต้น	น้ำหนักต่อผล	ความยาวผล	ความกว้างผล	ความหนาเนื้อ	% Brix	จำนวนช่องผล	จำนวนผลต่อช่อ	ความสูง
ความแปรปรวนของต้นตัวผู้ Male variance (σ_m^2)	33834.556	75.721	7.087	0.077	0.000	0.128	0.501	0.086	0.014	40.078
ความแปรปรวนของต้นตัวเมีย Female variance (σ_f^2)	202597.667	170.621	18.841	0.230	0.038	0.053	0.020	0.148	0.025	169.077
ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย (Male × Female) variance (σ_{mf}^2)	-2213.667	17.390	-0.693	0.004	0.014	0.011	-0.077	0.120	-0.010	54.190
ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบบวก Additive variance (σ_A^2)	200022.667	201.151	20.389	0.286	0.152	0.109	0.472	0.103	-0.019	86.588
ความแปรปรวนเนื่องจากปฏิกริยาของยีนแบบข่ม Dominant variance (σ_D^2)	-8854.667	69.560	-2.773	0.015	0.056	0.042	-0.308	0.481	-0.040	216.760
ความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม Environmental variance (σ_E^2)	170484.000	151.190	27.006	0.082	0.063	0.292	0.449	0.231	0.289	388.980
ความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ Phenotypic variance (σ_p^2)	361652.000	421.901	44.622	0.382	0.271	0.443	0.614	0.816	0.230	692.328
อัตราการข่ม Dominance ratio (σ_D^2/σ_A^2)	-0.044	0.346	-0.136	0.052	0.369	0.388	-0.652	4.680	2.110	2.503
การข่มเฉลี่ย Average degree of dominance ($\bar{d}$)	-0.362	0.678	-0.442	0.310	-7.822	0.407	-0.555	1.669	-1.203	1.644
อัตราพันธุกรรมอย่างแคบ Narrow-sense heritability (%)	45.573	57.843	53.914	76.025	56.116	60.437	93.402	32.653	18.127	20.927

หมายเหตุ: การวัดระดับอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ ถ้าน้อยกว่า 40% จัดว่ามีค่าในระดับต่ำ 41-50% จัดว่ามีค่าในระดับปานกลาง และมากกว่า 50% จัดว่ามีค่าในระดับสูง (Searle,1965)
การข่มเฉลี่ย $\bar{d} = 0$ หมายถึง ไม่มีการข่ม $\bar{d} = 1$ หมายถึง การข่มสมบรูณ์ $\bar{d} > 1$ หมายถึง การข่มเกิน และ $\bar{d} < 1$ หมายถึง การข่มไม่สมบูรณ์ (พีระศักดิ์, 2525)

ตารางที่ 4.23 ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตมะเขือเทศ ในสภาพแปลงปลูก บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น ของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 7 สายพันธุ์

สายพันธุ์		ผลผลิตต่อต้น	จำนวนผลต่อต้น	น้ำหนักต่อผล	ความยาวผล	ความกว้างผล	ความหนาเนื้อ	% Brix	จำนวนช่องผล	จำนวนผลต่อช่อ	ความสูง
พันธุ์แม่	TKP003	166.30	3.00	2.71	0.14	0.16	0.15	-0.15	0.35	-0.03	6.67
	TKP004	-545.51	-14.18	-7.41	-0.70	-0.32	-0.49	0.33	-0.15	-0.21	-24.96
	TKP007	242.83	7.63	2.85	0.39	0.08	0.21	-0.10	-0.23	0.19	12.06
พันธุ์พ่อ	AVTO1424	85.39	11.87	-3.18	-0.22	-0.01	-0.42	-0.70	0.32	0.11	-19.30
	AVTO1422	-273.86	-7.79	-4.46	-0.43	-0.19	-0.35	0.73	0.10	-0.25	-1.30
	AVTO1008	149.32	-0.22	1.50	0.15	0.01	0.31	0.24	-0.24	0.11	-2.48
	KKU-T14009	58.72	-5.79	9.21	0.75	0.29	0.69	-0.41	-0.27	0.03	34.61

ตารางที่ 4.24 ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) ของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตมะเขือเทศ ในสภาพแปลงปลูกบริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น ของพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 11 คู่ผสม

ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1	ผลผลิตต่อต้น	จำนวนผลต่อต้น	น้ำหนักต่อผล	ความยาวผล	ความกว้างผล	ความหนาเนื้อ	% Brix	จำนวนช่องผล	จำนวนผลต่อช่อ	ความสูง
TKP003×AVTO1424	163.58	4.43	1.09	4.61	0.05	-0.31	0.01	0.48	0.11	-5.26
TKP003×AVTO1422	-157.96	-7.71	2.43	4.54	0.16	0.23	-0.15	0.21	-0.19	13.74
TKP003×AVTO1008	23.03	6.36	-3.34	3.30	-0.18	-0.13	0.15	-0.30	0.02	-10.30
TKP003×KKU-T14009	-48.22	-1.14	-3.25	3.84	-0.13	-0.01	0.12	-0.30	0.06	-9.72
TKP004×AVTO1424	119.90	1.77	2.93	1.44	0.14	0.49	-0.35	-0.26	0.24	19.04
TKP004×AVTO1422	103.71	3.37	0.26	2.62	-0.13	0.01	0.04	-0.18	-0.10	-5.52
TKP004×AVTO1008	-184.47	-9.01	2.95	8.74	0.19	-0.05	0.04	0.26	-0.12	9.56
TKP004×KKU-T14009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TKP007×AVTO1424	-147.11	-2.65	-2.17	5.86	-0.11	-0.06	0.25	-0.18	-0.30	-7.54
TKP007×AVTO1422	190.63	7.89	-0.83	5.12	0.05	-0.12	0.03	0.01	0.34	-1.98
TKP007×AVTO1008	297.82	6.19	2.24	1.78	0.07	0.30	-0.28	0.08	0.16	6.98
TKP007×KKU-T14009	-360.92	-9.50	-2.31	3.28	-0.11	-0.35	0.13	0.18	-0.21	-9.00

ตารางที่ 4.25 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสมในลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตมะเขือเทศ ในสภาพแปลงปลูกบริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น จำนวน 11 คู่ผสม

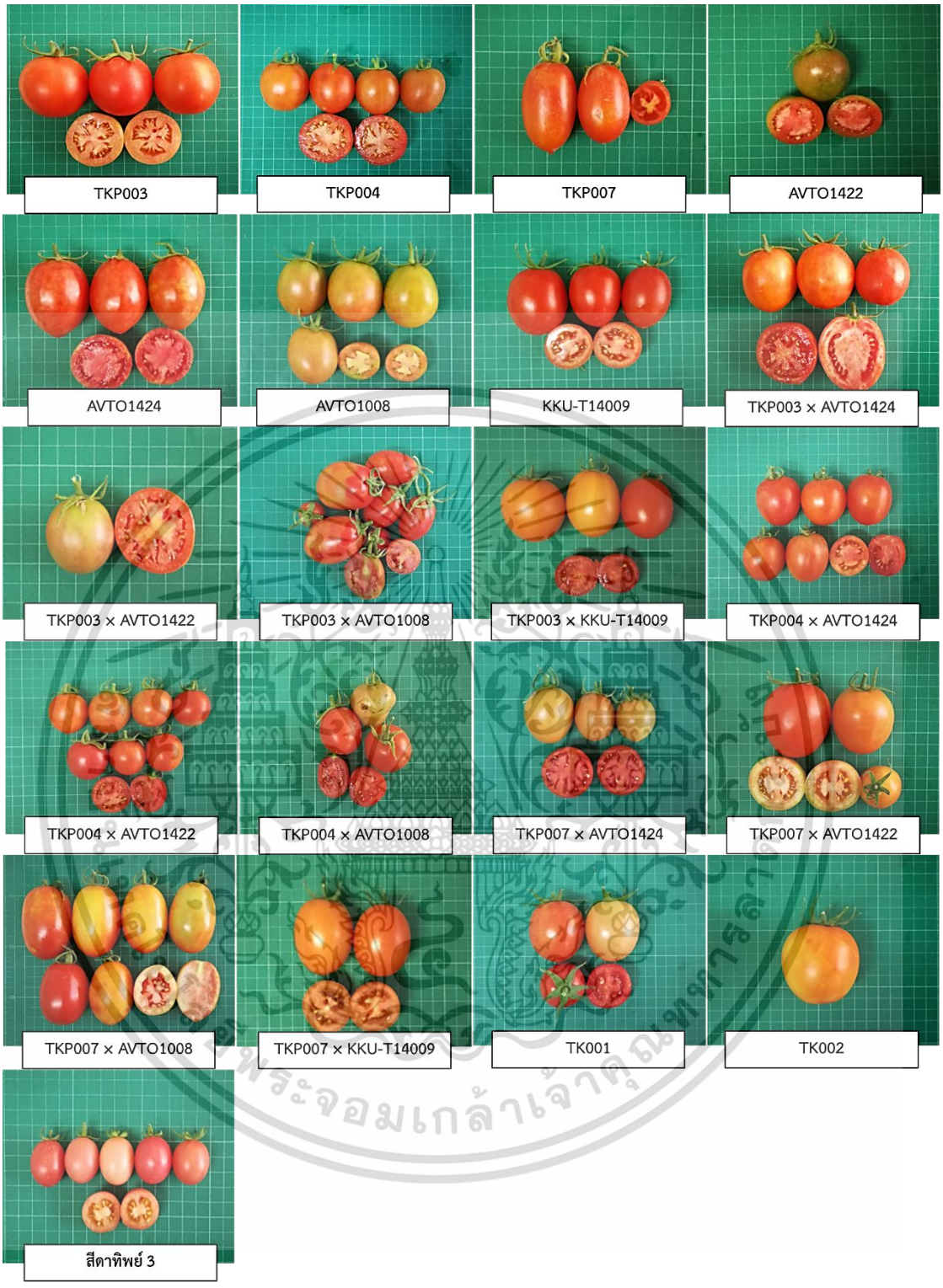
ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1	ผลผลิตต่อต้น		จำนวนผลต่อต้น		น้ำหนักต่อผล		ความยาวผล		ความกว้างผล	
	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP
TKP003×AVTO1424	21.93	-12.39	55.30	47.97	-19.98	-38.90	-6.10	-8.09	-2.52	-14.06
TKP004×AVTO1424	42.69	3.86	41.60	10.86	4.47	-17.22	2.40	-10.84	9.36	1.02
TKP007×AVTO1424	34.11	10.50	37.32	22.08	0.06	-3.12	0.41	-3.75	3.68	2.06
TKP003×AVTO1422	-20.12	-50.43	4.82	-28.28	-20.51	-38.76	-3.54	-7.74	-3.65	-15.42
TKP004×AVTO1422	10.90	1.27	29.63	11.41	-16.83	-34.70	-9.44	-19.51	-4.25	-11.15
TKP007×AVTO1422	60.19	8.72	56.93	3.30	-0.94	-2.89	-0.10	-6.38	3.85	1.73
TKP003×AVTO1008	22.06	-16.67	61.99	23.62	-22.64	-38.35	4.89	4.82	-6.83	-18.70
TKP004×AVTO1008	13.19	-12.55	-12.26	-13.42	18.74	-9.81	-0.12	-14.66	13.19	5.72
TKP007×AVTO1008	98.04	52.67	58.95	15.41	27.45	24.12	11.41	9.13	10.69	7.69
TKP003×KKU-T14009	8.29	-25.71	21.48	-7.74	-6.00	-21.91	11.58	8.38	0.37	-11.36
TKP004×KKU-T14009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TKP007×KKU-T14009	16.76	-9.42	-0.97	-28.41	31.29	21.50	10.00	9.13	12.21	10.68

หมายเหตุ %MP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่, %HP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ หรือแม่พันธุ์แม่ที่ดีกว่า

ตารางที่ 4.25 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสมในลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตมะเขือเทศ ในสภาพแปลงปลูกบริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น จำนวน 11 คู่ผสม (ต่อ)

ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1	ความหนาเนื้อ		% Brix		จำนวนช่องผล		จำนวนผลต่อช่อ		ความสูง	
	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP
TKP003×AVTO1424	-17.84	-32.09	4.08	1.73	7.46	-13.90	7.48	4.37	-4.70	-14.04
TKP004×AVTO1424	11.80	9.16	-13.54	-28.39	1.74	-4.02	5.32	3.15	4.58	2.11
TKP007×AVTO1424	1.21	-8.65	-0.60	-11.25	3.19	-4.06	-2.79	-4.69	-9.35	-22.38
TKP003×AVTO1422	-7.58	-19.67	17.88	9.05	-1.15	-24.83	-0.48	-8.34	17.46	5.44
TKP004×AVTO1422	-7.56	-14.82	8.16	-2.20	3.74	2.43	-4.21	-12.47	0.75	-1.10
TKP007×AVTO1422	-3.91	-8.23	11.31	9.51	10.41	10.09	16.47	2.64	3.95	-11.40
TKP003×AVTO1008	-6.41	-13.52	6.22	-7.25	-27.60	-44.50	14.92	8.18	-5.63	-7.84
TKP004×AVTO1008	2.32	-11.30	-5.49	-9.22	6.57	6.67	3.98	-2.92	0.00	-9.82
TKP007×AVTO1008	16.16	13.64	-9.05	-13.27	-2.97	-4.39	19.32	7.33	0.00	-7.77
TKP003×KKU-T14009	9.16	-3.55	-10.06	-23.91	-29.72	-44.94	11.44	6.88	14.09	11.99
TKP004×KKU-T14009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TKP007×KKU-T14009	14.90	11.77	-16.24	-22.90	-2.64	-6.87	4.08	-4.69	10.15	2.07

หมายเหตุ %MP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่, %HP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ หรือแม่พันธุ์แม่ที่ดีกว่า



ภาพที่ 4.11 ลักษณะมะเขือเทศสายพันธุ์พ่อแม่ ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พันธุ์การค้า และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ ปลูกประเมินผลผลิตในสภาพแปลงปลูก (TKR&D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศ คัดเลือกพันธุ์ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองและโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

จากการประเมินลักษณะประจำพันธุ์ของมะเขือเทศพันธุ์พ่อแม่จำนวน 32 สายพันธุ์ทำการปลูกช่วงเดือน ตุลาคม-กุมภาพันธ์ 2561 การปลูกประเมินครั้งนี้ปลูกเพื่อเพิ่มจำนวนเมล็ดพันธุ์ทำการผสมตัวเอง (selfing) จากการประเมินสามารถจำแนกตามลักษณะของการเจริญเติบโตออกเป็น 3 กลุ่ม

1) มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก (cherry tomato) สายพันธุ์ KM-T10018-3-2 มีลักษณะที่ดีเหมาะกับเป็นมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก ลักษณะการเจริญเติบโตเป็นพันธุ์เลื้อยให้ผลผลิตนาน มีผลเล็กน้ำหนักผล 18.94 กรัม ความหนาเนื้อ 3.29 มิลลิเมตร ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ 6 °Brix รูปร่างผลเป็นแบบกลมทรงสูง เมื่อผลสุกมีสีแดง นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง และพบยีนต้านทาน *Ty-2* และ *Ty-3*

2) มะเขือเทศกลุ่มสีดา มะเขือเทศกลุ่มผลเล็กที่มีน้ำหนักผลมากกว่า 20 กรัม สายพันธุ์ AVTO1420 จัดเป็นมะเขือเทศกลุ่มสีดาที่มีลักษณะที่ดี ลักษณะการเจริญเติบโตเป็นพันธุ์กึ่งเลื้อย มีน้ำหนักผล 38.92 กรัม ความหนาเนื้อ 4.61 มิลลิเมตร ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ 6.40 °Brix เมื่อผลสุกมีสีแดง ผลกลมทรงสูง นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง และพบยีนต้านทาน *Ty-2* และ *Ty-3*

3) มะเขือเทศรับประทานสดผลใหญ่ (table tomato) สายพันธุ์ KKU-T24063 จัดเป็นมะเขือเทศกลุ่มรับประทานสดผลใหญ่ที่ดี ลักษณะการเจริญเติบโตเป็นพันธุ์เลื้อยให้ผลผลิตนาน มีน้ำหนักผล 93.39 กรัม ความหนาเนื้อ 4.92 มิลลิเมตร ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ 7.72 °Brix เมื่อผลสุกมีสีแดง มีลักษณะผลแบน

จากการปลูกทดสอบพบน้ำหนักต่อผลค่อนข้างน้อยกว่าปกติเนื่องจากสภาพแวดล้อม และสภาพอากาศค่อนข้างแปรปรวนส่งผลทำให้การเจริญเติบโต การติดดอก ออกผลของมะเขือเทศให้ผลผลิตน้อยกว่าปกติ และหลังจากการปลูกทดสอบลักษณะประจำพันธุ์ ในขั้นตอนต่อไปนำพันธุ์พ่อแม่มาทำการทดสอบความต้านทานโรคเหี่ยวเหลืองและโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

ในแง่ของความต้านทานโรคเหี่ยวเหลืองสำหรับพันธุ์ที่อยู่ในระดับต้านทานสูง (HR) 2 สายพันธุ์ คือ AVTO142 และ AVTO1008 พบว่ามีแหล่งเชื้อพันธุกรรมมาจาก WorldVeg จากการรายงานทั้งสองสายพันธุ์ไม่พบยีน *I-2* สำหรับการตรวจสอบยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลืองในงานวิจัยนี้มีผลการทดลองที่ยังไม่น่าพอใจเนื่องจากเครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือกเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง ไอโซเลต race 2 นี้ยังไม่สามารถแยกความแตกต่างของขนาดดีเอ็นเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกลุ่มมะเขือเทศที่คัดเลือกจากลักษณะที่ปรากฏได้ แต่อย่างไรก็ตาม Nevame et al., (2020) ได้ศึกษาเครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการใช้ตรวจสอบความต้านทานโรคหลายชนิดในมะเขือเทศได้นำเครื่องหมายโมเลกุลช่วยชนิด SCAR ไพรเมอร์ I2OH ตรวจสอบยีน *I2* ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง พบว่าเครื่องหมายชนิดนี้สามารถระบุยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลืองในมะเขือเทศได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ WorldVeg รายงานว่าสายพันธุ์ AVTO1418 และ CLN3241H-27 มียีน *I-2* ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าทั้งสองสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อการเกิดโรคอยู่ในกลุ่มอ่อนแอระดับ ปานกลาง (IS) เนื่องจากความสามารถในการก่อโรค และความรุนแรงของเชื้อ *Fol* มีความจำเพาะเจาะจงต่อพืชอาศัย (Van Dam et al., 2016) และปฏิสัมพันธ์ระดับโมเลกุลระหว่าง avirulence (avr) gene ของเชื้อสาเหตุ และความต้านทานของพืช resistance (R) gene ปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดความรุนแรงของการติดเชื้อ (García-Enciso et al., 2018) ทั้งนี้การเกิดโรคเหี่ยวเหลืองมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น พันธุ์อ่อนแอต่อโรค ความชื้นในดินสูง การระบายน้ำในดินต่ำ และจำนวนประชากรของเชื้อในดินมีปริมาณมาก (อภิรัชต์, 2562) การใช้สารเคมีหรือการใช้วิธีเขตกรรมยังไม่สามารถควบคุมเชื้อราได้ ดังนั้นการใช้พันธุ์ต้านทานเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งมะเขือเทศในกลุ่มพันธุ์ต้านทานระดับสูง high level of resistance (HR) อาจมียีนต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพันธุกรรม หรือพันธุ์พ่อแม่ในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสมที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองได้เนื่องจากยีนต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองมีรายงานว่าควบคุมด้วยยีนเด่นเพียงคู่เดียวซึ่งเป็นยีน *I* และ *I-2* ตั้งอยู่บนโครโมโซมที่ 11 (Paddock, 1950; Latterot, 1979) ซึ่งสอดคล้องกับการระบาดของโรคเหี่ยวเหลือง race 2 ในประเทศไทยนอกจากนี้ความต้านทานของสายพันธุ์แต่ละชนิดอาจแตกต่างกันไปตามสถานที่ที่พบเชื้อ

สำหรับโรคไวรัสใบหงิกเหลือง พันธุ์ที่อยู่ในระดับต้านทาน (R) ได้แก่ KKU-T14009 AVTO1008 AVTO1314 และ AVTO1422 จากการศึกษาการใช้เครื่องหมายโมเลกุล และลักษณะความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง พบว่าเครื่องหมายโมเลกุล SCAR-P1-16 และ SCAR-P6-25 ใช้ตรวจสอบยีน *Ty-2* และ *Ty-3* ตามลำดับมีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทยสำหรับยีน *Ty-2* ใช้เครื่องหมายโมเลกุล SCAR-P1-16 สามารถระบุยีนต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ 300 bp ในมะเขือเทศจำนวน 11 สายพันธุ์ คือ AVTO1008 AVTO1418 AVTO1420 AVTO1422 AVTO1424 KKU-T14009 KM-T10018-3-2 KM-T10018-3-5 KM-T10018-3-6 TKP004 และ TKP008 สำหรับเครื่องหมายโมเลกุล SCAR-P6-25 สามารถระบุยีนต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ 450 bp เป็นตำแหน่งที่อยู่ใกล้ยีน *Ty-3* (Ji et al., 2007b) พบในมะเขือเทศ 12 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1003 AVTO1008 AVTO1219 AVTO1418 AVTO1420 AVTO1422 AVTO1424 KKU-T14009 KM-T10018-3-2 KM-T10018-3-5 KM-T10018-3-6 และ TKP003 นอกจากนี้ยังพบมะเขือเทศที่ตรวจพบทั้งสองยีนขนาดของดีเอ็นเออยู่ใกล้ทั้งยีน *Ty-2* และ *Ty-3* ได้แก่ AVTO1008 AVTO1418 AVTO1420 AVTO1422 AVTO1424 KKU-T14009 KM-T10018-3-2 KM-T10018-3-5 และ KM-T10018-3-6 อย่างไรก็ตามมีรายงานก่อนหน้านี้ว่ายีน *Ty-2*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ *Ty-3* สัมพันธ์กับการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ระบาดในไทย และสามารถส่งเสริมความต้านทานต่อไวรัสใบหงิกเหลืองได้ (บุญส่ง และกรุง, 2557) สำหรับการทดสอบใช้เครื่องหมายโมเลกุลพบว่ามะเขือเทศพันธุ์ AVTO1314 ไม่พบยีน *Ty-2* และ *Ty-3* แต่เมื่อทดสอบประเมินความต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในระยะต้นกล้าด้วยวิธีการปลูกเชื้อแบบเสียบยอด (grafting method) พบว่ามะเขือเทศพันธุ์ AVTO1314 มีระดับการตอบสนองต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในระดับต้านทาน (R) อาจเนื่องมากจากพันธุ์ดังกล่าวมียีนต้านทาน *ty-5* ซึ่งควบคุมด้วยยีนด้อย (บุญส่ง และ กรุง, 2557; ชัชวาล และคณะ, 2559) จึงเป็นไปได้ว่าพันธุ์ดังกล่าวสามารถแสดงความต้านทานต่อเชื้อ TYLCTHV-NP ได้ นอกจากนี้วิธีการปลูกเชื้อเพื่อคัดเลือกพันธุ์ต้านทานส่วนใหญ่นิยมประเมินในสภาพแปลงปลูก แต่ทว่ามีข้อจำกัดบางประการ เช่น ความรุนแรงของเชื้อ ความชอบของพาหะนำโรค สภาพแวดล้อม ความต้านทานของพืชอาศัยต่อพาหะ อายุของพืช และสภาพดิน และนอกจากนี้เทคนิค whitefly-mediated inoculation ที่ใช้แมลงหวี่ขาวเป็นพาหะนำโรคก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่นิยมแต่ยังพบปัญหาเนื่องจากพันธุ์ทดสอบที่แสดงความต้านทานนั้นอาจมีความต้านทานต่อเชื้อไวรัสหรือเป็นไปได้ว่าปริมาณเชื้อไวรัสมีไม่เพียงพอสำหรับการทำให้พืชแสดงอาการออกมา (Akhtar et al.,2010) และทั้งยังมีกลไกทางกายภาพที่ขัดขวางการเข้าทำลายของแมลง เช่น ใบมีชั้น cuticles ที่หนาหรือมี trichomes เฉพาะที่ยับยั้งไม่ให้แมลงหวี่ขาวไม่สามารถเกาะ และดูดกินน้ำเลี้ยงได้ (Bellotti and Arias, 2001; Lapidot, 2007)

สำหรับเทคนิคการเสียบยอดสามารถลดปัญหาเหล่านั้นได้และเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายทอดเชื้อสูง (Abou Jawdah et al., 1995; Fargette et al., 1996; Kasrawi et al., 1988) ข้อดีของการเสียบยอดคือช่วยให้พืชทดสอบได้รับเชื้อในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง (Friedmann et al., 1998) ทำให้สามารถแยกลักษณะต้านทานและอ่อนแอได้อย่างชัดเจน ซึ่งกลไกความต้านทานของพืชที่แสดงในสายพันธุ์ที่ต้านทานนั้นพบว่าอัตราการสะสมดีเอ็นเอของไวรัสในพันธุ์ต้านทานสะสมช้ากว่าในพันธุ์อ่อนแอ เมื่อศึกษาการเคลื่อนย้ายดีเอ็นเอของไวรัสจากใบที่ปลูกเชื้อ (ใบที่อายุน้อยที่สุดของแต่ละต้น) พบว่าในพันธุ์อ่อนแอนั้นดีเอ็นเอของไวรัสได้เคลื่อนย้ายไปยังใบบนและรากเป็นทางเดียวกันกับการเคลื่อนย้าย photoassimilates ไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช ในทางตรงกันข้ามการเคลื่อนย้ายของดีเอ็นเอไวรัสนั้นจำกัดอยู่ที่ใบที่สองและบริเวณปลายยอดในพันธุ์ต้านทาน ซึ่งการยับยั้งอาการของโรคพบได้ 2 กลไก คือ ลดการสะสมดีเอ็นเอไวรัสในเนื้อเยื่อเมื่อได้รับเชื้อที่มีปริมาณไวรัสต่ำ และเมื่อได้รับปริมาณเชื้อไวรัสที่สูงขึ้นพืชจะจำกัดการเคลื่อนย้ายเชื้อไวรัสในพืชไปยังส่วนต่าง ๆ ของลำต้น (long-distance movement) (Michelson et al., 1994; Lapidot and Polston, 2006)

ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์แม่พันธุ์ดีที่จะนำมาใช้ในงานทดลองที่ 2 จะคัดเลือกจากลักษณะประจำพันธุ์และลักษณะการให้ผลผลิตที่ดีที่ตรงกับความต้องการของตลาดและอุตสาหกรรม มีลักษณะดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) มะเขือเทศรับประทานสดผลใหญ่ (table tomato) ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์เลื้อย มักมีลักษณะผลแบบทรงกลม คล้ายแอปเปิ้ล น้ำหนักผลมากกว่า 40 กรัม และอาจสูงถึง 400 กรัม เมื่อผลสุกมีสีแดงเข้ม ไหล่ผลมีสีเขียว เนื้อหนาแข็งเปลือกไม่เหนียว จำนวนช่องภายในผลมากและไม่กลวง รสชาติดี มีค่า TSS สูง มะเขือเทศกลุ่มนี้มักจะมีแกนกลางใหญ่และหยักเป็นหลายแฉก มีปริมาณเนื้อมาก น้ำในผลมาก แต่เปลือกผลบางช้ำได้ง่าย รูปร่างผลมีหลายแบบ ได้แก่ ผลจีบแบบฟักทอง แบน แป้นกลม รี และรูปไข่ และมีสีสัน เมื่อสุกหลากหลาย ได้แก่ แดง ชมพู ส้ม เหลือง ม่วง เขียวนอกจากนี้ยังมีสารสำคัญหลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สารไลโคปีน เบต้าแคโรทีน และวิตามินซี (เสาวนี, 2558)

2) มะเขือเทศสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูป (processing tomato) ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์พุ่ม เป็นพันธุ์ที่สุกแก่พร้อมกันเป็นส่วนใหญ่ ผลผลิตต่อไร่สูง (ผลผลิตไม่ควรต่ำกว่า 3 กก./ต้น) ผลมีทั้งกลมและรี โดยขนาดและรูปร่างของผลต้องตรงกับวัตถุประสงค์ของการแปรรูป สำหรับมะเขือเทศบรรจุกระป๋องนิยมเป็นรูปไข่ สำหรับการทำน้ำมะเขือเทศและซอส รูปร่าง และขนาดไม่มีผลมากนัก น้ำหนักผลมากกว่า 40 กรัม ขนาดผลไม่ควรน้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร ผลสุกมีสีแดงเข้มโดยเฉพาะการแปรรูปทำน้ำมะเขือเทศ ซอส หรือมะเขือเทศบรรจุกระป๋องทั้งผล ยกเว้นมะเขือเทศดองที่ใช้ผลเขียว ไม่มีไหล่หรือขั้วผลสีเหลือง จำนวนช่องภายในผลควรมีน้อยเพราะจะทำให้ไส้กลางของผลเล็ก เส้นใยน้อย เมล็ดน้อยอีกด้วย ไส้กลางของผล หรือรอยขั้วผลควรจะตันเล็ก และไม่แข็ง ไม่ควรมีสีขาวเพราะจะทำให้สีแดงของน้ำมะเขือเทศ หรือสีของซอสจางลงทำให้มีคุณภาพต่ำ ผลต้องมีผิวเรียบเนียน ลักษณะที่เป็นที่ต้องการของตลาด คือ ผลแน่นเนื้อแข็ง ปลายผลไม่แหลมหรือมีติ่ง สามารถขนส่งได้ในระยะทางไกล ๆ และเก็บไว้ได้นานโดยไม่เน่าเสีย ขั้วผลควรหลุดจากผลได้ง่ายเมื่อปลิดผล หากขั้วผลหรือกลีบรองติดไปกับผล เข้าสู่กระบวนการแปรรูปจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (TSS) ≥ 5 ความเป็นกรดเป็นด่าง ≤ 4.4 เพื่อป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ที่เป็นพิษเจริญเติบโต เนื้อ (total solid content) มาก เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นมาก เช่น น้ำมะเขือเทศเข้มข้น อัตราส่วน soluble solid ต่อ total acidity หรือ sugar content ต่อ total acidity จะเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงรสชาติของผลิตภัณฑ์ ถ้ามีค่าอัตราส่วนสูงจะทำให้รสชาติดี (ถาวร, 2559) นอกจากนี้ต้องเจริญเติบโตได้ในพื้นที่เขตร้อน ทนทานต่อโรคเหี่ยวเขียวเป็นพื้นฐาน รองลงมาได้แก่ โรคเหี่ยวเหลือง และไส้เดือนฝอย (บุญส่ง, 2557) สำหรับพันธุ์พ่อจะคัดเลือกจากลักษณะความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองจากลักษณะที่ปรากฏและจากการประเมินความต้านทานต่อโรคทั้งสอง โดยการใช้เครื่องหมายโมเลกุลร่วมด้วย พร้อมทั้งดูลักษณะประจำพันธุ์เพื่อคัดพ่อแม่พันธุ์ที่ดีมาทำการผสมข้ามให้ได้ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ที่มีลักษณะประจำพันธุ์และลักษณะผลผลิตที่ดีให้ตรงกับความต้องการของตลาดและอุตสาหกรรม และยังสามารถต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองและโรคไวรัสใบหงิกเหลืองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง โรคไวรัสใบหงิกเหลือง ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต

จากการศึกษาความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศลูกผสม พบว่าพันธุ์ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปต่ำ ไปในทิศทางลบ ในแง่ลักษณะของความต้านทานโรค บ่งชี้ว่าเป็นพันธุ์ที่ให้ลูกผสมที่มีค่าการเกิดโรคต่ำ (Srivastava et al., 2020) ดังนั้นลูกผสมที่มีแนวโน้มการเกิดโรคต่ำสามารถให้ลูกผสมที่ดี ยิ่งลักษณะดังกล่าวให้ค่าที่เป็นลบมาก แสดงให้เห็นถึงพันธุ์พ่อแม่นั้น ๆ เมื่อผสมกับพันธุ์ใด ๆ ก็จะให้ลูกผสมมีลักษณะดังกล่าวที่ดี ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปถือเป็นอิทธิพลของการแสดงออกของยีนเป็นแบบผลบวก (additive gene action) การแสดงออกของยีนดังกล่าวสามารถถ่ายทอดลักษณะไปสู่รุ่นลูกรุ่นหลานได้ (Sprague and Tatum, 1942) จากผลการทดลอง TKP003 TKP007 และ AVTO1424 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะต้านทานโรคเหี่ยวเหลืองที่ดี และพันธุ์ TKP003 AVTO1008 และ KKU-T14009 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ดี ซึ่งพันธุ์เหล่านี้เหมาะสมกับการนำไปเป็นพันธุ์พ่อแม่ เมื่อนำไปผสมกับพันธุ์อื่น ๆ มีแนวโน้มที่จะทำให้ลูกผสมมีลักษณะที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสูง หรือใช้เป็นพันธุ์ทดสอบสำหรับการประเมินความสามารถในการผสมครั้งต่อไป

สำหรับความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability, SCA) คือ ความสามารถของสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่งเมื่อผสมกับอีกสายพันธุ์หนึ่งแล้ว ให้ลูกผสมที่ดีเป็นความสามารถเฉพาะของคู่ผสม อิทธิพลของการแสดงออกของยีนส่วนใหญ่เป็นแบบไม่เป็นผลบวก (non-additive gene action) ซึ่งความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (Samphantharak, 2003) ในแง่ของลักษณะต้านทานต่อโรค มะเขือเทศลูกผสมพันธุ์ใดที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีค่าต่ำ แสดงให้เห็นถึงลักษณะความต้านทานที่มีอยู่ในคู่ผสมนั้น ๆ จากผลการทดลองในลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง พบว่ามี 7 สายพันธุ์ ที่แสดงค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะการเกิดโรคเหี่ยวเหลืองที่ดี ได้แก่ TKP007 × AVTO1008 TKP007 × AVTO1422 TKP003 × AVTO1422 TKP003 × KKU-T14009 TKP004 × AVTO1424 TKP003 × AVTO1424 และ TKP007 × KKU-T14009 และจากผลการทดลองในลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง พบว่ามี 6 สายพันธุ์ ที่แสดงค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ดี ได้แก่ TKP003 × AVTO1424 TKP004 × KKU-T14009 TKP004 × AVTO1422 TKP007 × AVTO1424 TKP003 × AVTO1008 และ TKP007 × AVTO1008 ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะไปในทิศทางลบ สำหรับคู่ผสมที่ผสมข้ามมาจากพันธุ์พ่อแม่ที่พบยีน *Ty-2* และ *Ty-3* แสดงความสามารถในการรวมตัวเฉพาะที่โดดเด่น กล่าวคือ แสดงความต้านทานสูง (Srivastava et. al., 2020) เช่นในคู่ผสม TKP003 × AVTO1424 พบว่ามีความต้านทานสูงทั้งในสภาพโรงเรือน (SCA; -0.17) และสภาพแปลงปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(SCA; -0.39) สำหรับลูกผสมที่ให้ค่า SCA ที่ดีอาจเป็นผลเนื่องมาจากยีนแบบข่ม หรือ ข่มข้ามคู่ ดังนั้น ถ้า SCA มีค่าต่ำในแง่ของลักษณะต้านทานโรค การใช้พันธุ์พ่อแม่คู่นั้น ๆ เหมาะสมอย่างยิ่งในการผลิตลูกผสมเดี่ยว ลูกผสมสามทาง และลูกผสมคู่ (ไพศาล, 2527) ซึ่งการแสดงออกของยีนดังกล่าวจะปรากฏในชั่วรุ่นนั้น ๆ ไม่สามารถถ่ายทอดไปชั่วอื่น ๆ ได้ จึงเป็นประโยชน์ได้แต่เฉพาะลูกผสม ส่วนใหญ่นิยมใช้ในพืชผสมข้าม ลูกผสมที่ดีมักได้จากพ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั้งสองแบบสูง โดยพันธุ์ที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูง เมื่อผสมกับคู่ผสมที่เหมาะสมก็จะให้ลูกผสมที่ดีด้วย (Griffing, 1956)

สำหรับความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (heterosis) คือ การที่ลูกผสมมีความแข็งแรง ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานต่อโรคและแมลง ทนแล้ง และให้ลักษณะอื่น ๆ ดีกว่า หรือสูงกว่าพันธุ์พ่อแม่ ความดีเด่นของลักษณะนั้นอาจเกิดจากการที่พืชอยู่ในสภาพพันธุ์ทางหรือเฮตเตอโรไซกัส (heterozygous) ดังนั้นจึงพบความดีเด่นระดับสูงในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ความดีเด่นของลูกผสมในพืชชนิดเดียวกันอาจมีระดับ แตกต่างกัน ถ้าพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่นำมาผสมแตกต่างกัน ยิ่งกว่านั้น แม้เป็นลูกผสมชุดเดียวกัน แต่อัตราความดีเด่นในชั่วรุ่นต่าง ๆ จะแตกต่างกัน ในแง่ลักษณะของความต้านทานโรค คู่ผสมใดที่ให้ค่าดีเด่นเหนือพ่อแม่ต่ำ แสดงให้เห็นว่าคูผสมนั้น ๆ มีความต้านทานต่อโรคได้สูง จากผลการทดลองความต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง พบว่ามี 7 สายพันธุ์ ได้แก่ TKP007 × AVTO1424 TKP003 × AVTO1424 TKP007 × AVTO1422 TKP007 × AVTO1008 TKP004 × AVTO1424 TKP007 × KKU-T14009 และ TKP003 × KKU-T14009 ให้ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่ดี ไปในทิศทางลบแสดงถึงคู่ผสมดังกล่าวมีความต้านทานต่อโรคสูง เช่นเดียวกันกับค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ด้านการเกิดโรคเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า (high parent; HP) ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พบว่ามี 11 สายพันธุ์ ได้แก่ TKP004 × KKU-T14009 TKP003 × AVTO1008 TKP007 × AVTO1008 TKP004 × AVTO1422 TKP007 × KKU-T14009 TKP004 × AVTO1008 TKP003 × AVTO1422 TKP007 × AVTO1422 TKP003 × AVTO1424 TKP003 × KKU-T14009 และ TKP007 × AVTO1424 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่ดี มีค่าไปในทิศทางลบ แสดงให้เห็นว่าคู่ผสมดังกล่าวมีความต้านทานต่อโรคได้สูง

สำหรับองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง พบว่า อิทธิพลของตัวเมียมากกว่าตัวผู้ (1.096 และ 0.311 ตามลำดับ) ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมีย มีอิทธิพลน้อย แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือสามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ อิทธิพลของการแสดงออกของยีนต้านทานโรคเป็นแบบผลบวก (additive gene action) ลักษณะการข่มเป็นแบบข่มเกิน ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าปานกลาง (h^2 = 43.70%) แสดงว่าโอกาสในการถ่ายทอดลักษณะความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นถัดไปได้ โดยทั่วไปในการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมจะนิยมวิเคราะห์หาค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบมากกว่าค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง เนื่องจากเป็นค่าที่คิดมาจากความแปรปรวนของยีนแบบบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะสม ซึ่งเป็นยีนที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งสู่อีกรุ่นหนึ่งได้ในขณะที่ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างจะคิดรวมส่วนของอิทธิพลของยีนแบบข่มของยีนในตำแหน่งเดียวกัน (dominant gene effect; D) และอิทธิพลเนื่องจากการข่มของยีนต่างตำแหน่งกัน (epistasis gene effect; I) เข้าด้วยซึ่งในทางปฏิบัติเป็นอิทธิพลที่ยากต่อการวิเคราะห์

สำหรับองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองอิทธิพลของตัวผู้สำคัญกว่าตัวเมีย ในขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของต้นตัวผู้ × ต้นตัวเมียมีอิทธิพลน้อย แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของต้นตัวผู้ และตัวเมีย ไม่มีความจำเพาะเจาะจงของต้นตัวผู้ที่มีต่อต้นตัวเมียในแต่ละคู่ผสม กล่าวคือ สามารถเลือกคู่ผสมใดก็ได้ (ปราโมทย์, 2557) อิทธิพลของการแสดงออกของยีนต้านทานโรคเป็นแบบผลบวก (additive gene action) มีลักษณะการเป็นแบบข่มไม่สมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srivastava et al., (2020) ที่พบว่าความต้านทานต่อโรค ToLCV มีอิทธิพลของยีนเป็นแบบบวก ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าสูง (h^2 = 61.38%) ดังนั้นโอกาสที่จะถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวไปยังรุ่นลูกได้สูงด้วย ลักษณะใดที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงการปรับปรุงลักษณะนั้นจะเกิดขึ้นเร็ว สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีได้ตั้งแต่ชั่วแรก ๆ เช่น การคัดเลือกพันธุ์หมู่ (mass selection) การคัดเลือกพันธุ์แบบจดประวัติ (pedigree method) ทำให้เกิดความก้าวหน้าในการคัดเลือก พันธุกรรมจะมีความคงตัวได้อย่างรวดเร็ว และลักษณะใดที่มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ การปรับปรุงพันธุ์ก็จะเกิดขึ้นช้าเพราะยังไม่สามารถคัดเลือกลักษณะที่ต้องการได้ในชั่วรุ่นแรก ๆ เนื่องจากพบอิทธิพลของยีนแบบไม่เป็นผลบวกสูง จึงจำเป็นต้องมีการสะสมความถี่ของยีนที่ต้องการก่อนการคัดเลือกลักษณะนั้น ๆ เช่น การคัดเลือกพันธุ์แบบเก็บรวม (bulk method) การคัดเลือกพันธุ์แบบหนึ่งเมล็ดต่อต้น (single seed descent method) เป็นต้น อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของค่าอัตราพันธุกรรมเปนค่าที่ใช้ประเมินลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เฉพาะในประชากรใดประชากรหนึ่ง ภายใตสภาพแวดล่อมหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่สามารถเปรียบเทียบค่าอัตราพันธุกรรมในประชากรที่แตกต่างกันได้ และเนื่องจากความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมที่แฝงอยู่ในความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏมีความเกี่ยวข้องกับค่าอัตราพันธุกรรมที่ประเมินได้ ดังนั้นการนำคาประเมินของประชากรอื่นมาใชในโครงการปรับปรุงพันธุของเรา จึงต่องพิจารณาความคล่ายคลึงระหว่างประชากร และสภาพแวดลอมด้วย

นอกจากนี้วิธีการปลูกเชื้อโดยการใช้แมลงหวี่ขาวเพื่อศึกษาความต้านทานโรค เป็นวิธีที่นิยมในการทดสอบความต้านทาน และเป็นวิธีจำลองสภาพแวดล้อมในการเกิดโรคได้ดี (artificial inoculation) หากเปรียบเทียบกับการทดสอบโรคในสภาพแปลงปลูกพบว่า การทดสอบโดยใช้แมลงหวี่ขาวในสภาพโรงเรือนนั้นสามารถควบคุมอายุพืชที่ใช้ทดสอบ อายุแมลงหวี่ขาว จำนวนแมลงหวี่ขาวต่อต้น เวลาในการปลูกเชื้อ ระดับเชื้อไวรัสในตัวพาหะ ประสิทธิภาพในการถ่ายทอดเชื้อไปยังพืชทดสอบ และที่สำคัญสามารถหลีกเลี่ยงเชื้อสาเหตุชนิดอื่น ๆ ได้ ถึงแม้ว่าอาจจะใช้เวลานานในการที่พืชทดสอบตอบสนองต่อโรค แต่ก็เป็นวิธีทดสอบโรคที่จำลองสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งหากทดสอบในสภาพแปลงปลูกจะไม่สามารถควบคุมปัจจัยเหล่านี้ได้ และหากเปรียบเทียบกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเสียบยอด แม้ว่าวิธีการเสียบยอดเป็นวิธีการทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายทอดเชื้อสูง (Abou Jawdah et al., 1995; Fargette et al., 1996; Kasrawi et al., 1988) ข้อดีของการเสียบยอด คือ ช่วยให้พืชทดสอบได้รับเชื้อในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง (Friedmann et al., 1998) ทำให้สามารถแยกลักษณะต้านทาน และอ่อนแอได้อย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามหากทดสอบพืชในจำนวนที่มาก การใช้แรงงานก็เพิ่มขึ้นด้วย และผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีความชำนาญในการเสียบยอดเป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามการตอบสนองของพืชต่อโรค TYLCV อาจแตกต่างกันไปตามเทคนิคการปลูกเชื้อ (Pico et al., 1998)

สำหรับการศึกษาลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต พบว่าพันธุ์ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปเป็นบวกสูง มีแนวโน้มให้ลูกผสมที่ดี ยิ่งลักษณะให้ค่าที่เป็นบวกสูงแสดงให้เห็นถึงพันธุ์พ่อแม่นั้นเมื่อผสมกับพันธุ์ใด ๆ แล้วจะให้ลูกผสมมีลักษณะที่ดี และสายพันธุ์ดังกล่าวจะเหมาะสำหรับใช้เป็นพันธุ์ทดสอบสำหรับการประเมินความสามารถในการรวมตัวครั้งต่อไป พันธุ์ทดสอบที่ดีควรมีค่า GCA สูง และสามารถดึงศักยภาพที่ดีของลักษณะต่าง ๆ ในสายพันธุ์แท้ออกมามากขึ้น (Matzinger, 1953) ซึ่งแสดงปฏิกิริยาของยีนส่วนใหญ่เป็นแบบผลบวก (additive gene action)

จากผลการทดลองพันธุ์แม่ TKP007 มีค่า GCA ในลักษณะจำนวนผลต่อต้น ผลผลิตต่อต้น น้ำหนักต่อผล ความยาวผล ความหนาเนื้อ จำนวนผลต่อช่อ ความสูง สูง และ TKP004 มีค่า GCA ในลักษณะ %Brix สูง และพันธุ์พ่อ AVTO1424 มีค่า GCA ในลักษณะจำนวนผลต่อต้น จำนวนช่องผล จำนวนผลต่อช่อสูง พันธุ์ AVTO1008 มีค่า GCA ในลักษณะผลผลิตต่อต้นสูง และพันธุ์ KKU-T14009 มีค่า GCA ในลักษณะน้ำหนักต่อผล ความยาวผล ความกว้างผล ความหนาเนื้อ ความสูง สูง พันธุ์ดังกล่าวให้ค่า GCA สูงสุดในแง่ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตสูงสามารถใช้เป็นพันธุ์พ่อแม่ที่ดีได้เมื่อนำไปผสมกับพันธุ์อื่น ๆ มีแนวโน้มจะให้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง

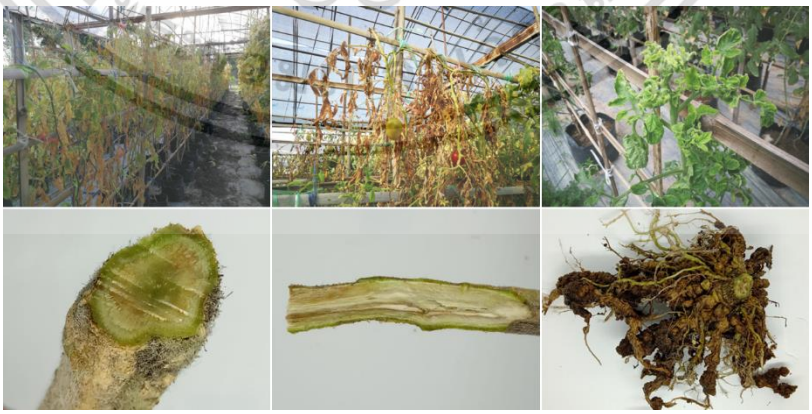
เมื่อศึกษาความสามารถการรวมตัวเฉพาะ (SCA) ของสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่งเมื่อผสมกับอีกสายพันธุ์หนึ่งแล้วให้ลูกผสมที่ดีเป็นความสามารถเฉพาะของคู่ผสมโดยจะแสดงปฏิกิริยาของยีนส่วนใหญ่เป็นแบบไม่เป็นผลบวก (non-additive) ลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนแบบไม่เป็นผลบวกสามารถใช้ประโยชน์ในการสร้างพันธุ์ลูกผสม (ชบา และคณะ, 2558) และการคัดเลือกลักษณะดังกล่าวควร คัดเลือกในชั่วรุ่นหลัง ๆ ซึ่งความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (Samphantharak, 2003) จากผลการทดลองลูกผสมพันธุ์ TKP007 × AVTO1422 มีค่า SCA ในลักษณะจำนวนผลต่อต้น และจำนวนผลต่อช่อสูง ลูกผสมพันธุ์ TKP007 × AVTO1008 มีค่า SCA ในลักษณะผลผลิตต่อต้นสูง ลูกผสมพันธุ์ TKP004 × AVTO1008 มีค่า SCA ในลักษณะน้ำหนักต่อผล และความยาวผลสูง ลูกผสมพันธุ์ TKP003 × AVTO1422 มีค่า SCA ในลักษณะความกว้างผลสูง ลูกผสมพันธุ์ TKP004 × AVTO1422 มีค่า SCA ในลักษณะความหนาเนื้อ ความสูง สูง ลูกผสมพันธุ์ TKP007 × AVTO1424 มีค่า SCA ในลักษณะ % Brix สูง และลูกผสมพันธุ์ TKP003 × AVTO1424 มีค่า SCA ในลักษณะจำนวนช่องผลสูง ดังนั้นพันธุ์ลูกผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล่านี้เหมาะสำหรับที่จะนำไปใช้เป็นพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวในลักษณะต่าง ๆ ที่เราสนใจ เช่นเดียวกับค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลักษณะผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิตมะเขือเทศ ลูกผสมมะเขือเทศพันธุ์ใด ให้ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับ high parent สายพันธุ์นั้นเหมาะสมกับการนำพันธุ์พ่อแม่คู่นั้นไปพัฒนาสร้างลูกผสมเดี่ยวในเชิงการค้า สำหรับการทดสอบผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตในครั้งนี้เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีความแปรปรวนสูง รวมไปถึงการเกิดโรคภายในแปลง (ภาพที่ 5.1) (ภาพที่ 5.2) ส่งผลถึงผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตโดยตรง ดังนั้นก่อนการนำไปปลูกทดสอบในแปลงของเกษตรกรจำเป็นต้องมีการปลูกทดสอบดูความสม่ำเสมอของสายพันธุ์อีกครั้ง ซึ่งความสำเร็จของการของการปรับปรุงพันธุ์ (พืชผสมตัวเอง) ขึ้นอยู่กับการคัดเลือกพ่อแม่ จำนวนยีนที่ควบคุมลักษณะที่สนใจ อัตราพันธุกรรม และเทคนิคในการคัดเลือก ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่ที่ต้านทานต่อโรค และศึกษาความสามารถการในถ่ายทอดลักษณะต้านทานโรค ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต สิ่งที่ได้ คือ 1) พันธุ์พ่อแม่ที่มีความต้านทานต่อโรค เพิ่มฐานเชื้อพันธุกรรมต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองมากขึ้น 2) ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 มีลักษณะเป็นพันธุ์ดี ที่สามารถเป็นมะเขือเทศรับประทานสดผลใหญ่ และมะเขือเทศอุตสาหกรรม ที่เพิ่มลักษณะความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในลูกผสม

โรคไวรัสใบหงิกเหลือง **โรคเหี่ยวเหลือง**

ภาพที่ 5.1 การเกิดโรคในสภาพแปลงปลูกทดสอบ



ภาพที่ 5.2 ลักษณะอาการเกิดโรคในสภาพแปลงปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 คัดเลือกพันธุ์พ่อแม่

โดยประเมินลักษณะประจำพันธุ์ ทดสอบความต้านทานโรค (phenotype) ในสภาพโรงเรือน และทดสอบการแสดงออกของยีน (genotype) การประเมินพันธุ์พ่อแม่ที่มีความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง พบว่ากลุ่มมะเขือเทศที่มีการตอบสนองต่อโรค ระดับต้านทานสูง (HR) มี 2 สายพันธุ์ คือ AVTO1422 และ AVTO1008 การประเมินพันธุ์พ่อแม่ที่มีความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง พบว่ากลุ่มมะเขือเทศที่มีการตอบสนองต่อโรค ระดับต้านทาน (R) มี 4 สายพันธุ์ คือ AVTO1008 AVTO1314 AVTO1422 และ KKU-T14009

การประเมินการแสดงออกของยีนโดยการใช้เครื่องหมายโมเลกุล พบว่ายีนต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง จำนวน 2 ยีนคือ *Ty-2* และ *Ty-3* พบว่า SCAR-P1-16 (*Ty-2*) พบในมะเขือเทศ จำนวน 11 สายพันธุ์ คือ AVTO1008 AVTO1418 AVTO1420 AVTO1422 AVTO1424 KKU-T14009 KM-T10018-3-2 KM-T10018-3-5 KM-T10018-3-6 TKP004 และ TKP008 สำหรับ SCAR-P6-25 (*Ty-3*) พบในมะเขือเทศ 12 สายพันธุ์ คือ AVTO1003 AVTO1008 AVTO1219 AVTO1418 AVTO1420 AVTO1422 AVTO1424 KKU-T14009 KM-T10018-3-2 KM-T10018-3-5 KM-T10018-3-6 และTKP003 นอกจากนี้ยังพบมะเขือเทศที่มีทั้งสองยีน กล่าวคือ พบยีนต้านทาน *Ty-2* และ *Ty-3* จำนวน 9 สายพันธุ์ ได้แก่ AVTO1008 AVTO1418 AVTO1420 AVTO1422 AVTO1424 KKU-T14009 KM-T10018-3-2 KM-T10018-3-5 และ KM-T10018-3-6 สำหรับประสิทธิภาพของการใช้เครื่องหมายโมเลกุล SCAR-P1-16 ใช้ตรวจสอบยีน *Ty-2* และ SCAR-P6-25 ใช้ตรวจสอบยีน *Ty-3* มีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย (TYLCTHV-NP) แสดงประสิทธิภาพของการใช้เครื่องหมายโมเลกุล 81.25% และ 84.38% ตามลำดับ

งานทดลองที่ 1 ได้พันธุ์แม่จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ TKP003 (*Ty-3*) TKP004 (*Ty-2*) และ TKP007 เป็นพันธุ์ดีที่มีลักษณะทางการเกษตร ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตที่ดี เหมาะสมกับการพัฒนาเป็นมะเขือเทศอุตสาหกรรมที่มีความต้านทานโรค โดยจากการได้รับยีนต้านทานจากพันธุ์พ่อ ต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง ได้แก่ AVTO1424 (*Ty-2*, *Ty-3*) และ AVTO1422 (*Ty-2*, *Ty-3*) สำหรับพันธุ์ต้านทานโรคไวรัสใบหงิกหลือง ได้แก่ AVTO1008 (*Ty-2*, *Ty-3*) และ KKU-T14009 (*Ty-2*, *Ty-3*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของมะเขือเทศพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1

ความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง สายพันธุ์ AVTO1424 (HR) แสดงค่า GCA ในลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองต่ำ ในขณะที่ TKP003 (IR) และ TKP007 (IR) แสดงค่า GCA ต่ำ ทั้งในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก บ่งชี้ว่าพันธุ์ดังกล่าวมีความต้านทานต่อโรค ดังนั้นสายพันธุ์เหล่านี้จึงเหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นสายพันธุ์พ่อแม่ที่ให้ลูกผสมที่มีลักษณะดังกล่าวดี สายพันธุ์ลูกผสม TKP007 × AVTO1008 (HR) แสดงค่า SCA ในลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองต่ำ และสายพันธุ์ TKP007 × AVTO1424 (HR) ให้ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าคู่ผสมดังกล่าวมีความต้านทานต่อโรคสูง สำหรับลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองอิทธิพลของตัวเมียมีความสำคัญกว่าตัวผู้ มีอิทธิพลของยีนเป็นแบบผลบวก ลักษณะการข่มเป็นแบบข่มเกิน ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบมีค่าปานกลาง

ความสามารถในการรวมตัวของยีนต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (TYLCTHV-NP) สายพันธุ์ AVTO1008 (R) KKU-T14009 (R) และ TKP003 (R) แสดงค่า GCA ในลักษณะต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลืองต่ำ ทั้งในสภาพโรงเรือน และสภาพแปลงปลูก บ่งชี้ว่าพันธุ์ดังกล่าวมีความต้านทานต่อโรค ดังนั้นสายพันธุ์เหล่านี้จึงเหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นสายพันธุ์พ่อแม่ที่ให้ลูกผสมที่มีลักษณะดังกล่าวดี สายพันธุ์ลูกผสม TKP003 × AVTO1424 (R) แสดงค่า SCA ในลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองต่ำ และสายพันธุ์ TKP003 × AVTO1008 (HR) และ TKP004 × AVTO1008 (HR) ให้ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าคู่ผสมดังกล่าวมีความต้านทานต่อโรคสูง สำหรับลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง อิทธิพลของตัวผู้สำคัญกว่าตัวเมีย มีอิทธิพลของยีนเป็นแบบผลบวก ลักษณะการข่มเป็นแบบข่มไม่สมบูรณ์ ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบมีค่าสูง แสดงว่าลักษณะดังกล่าวสามารถถ่ายทอดสู่รุ่นถัดไปได้สูง

ความสามารถในการรวมตัวลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต สายพันธุ์ TKP003 TKP007 AVTO1008 และ KKU-T14009 แสดงค่า GCA ในลักษณะของผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตสูง ดังนั้นสายพันธุ์เหล่านี้จึงเหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นสายพันธุ์พ่อแม่ที่ให้ลูกผสมที่มีลักษณะในแง่ของผลผลิตที่ดี และสายพันธุ์ TKP007 × AVTO1008 แสดงค่า SCA และค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะของผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตที่ดี นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลืองทั้งในสภาพโรงเรือนและสภาพแปลงปลูกอีกด้วย สำหรับองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตส่วนใหญ่อิทธิพลของตัวเมียสำคัญกว่าตัวผู้ อิทธิพลของยีนส่วนใหญ่เป็นแบบผลบวก ลักษณะการข่มส่วนใหญ่เป็นแบบข่มไม่สมบูรณ์ ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ มีค่าปานกลางถึงสูง แสดงว่าลักษณะดังกล่าวสามารถถ่ายทอดสู่รุ่นถัดไปได้สูงเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ข้อเสนอแนะ

1) การคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่า GCA สำหรับลักษณะต้านทานโรคต่ำ จะพัฒนาเป็นสายพันธุ์พ่อแม่ที่ให้ลูกผสมที่มีความต้านทานสูง

2) ในการคัดเลือกลักษณะความต้านทานโรคเหี่ยวเหลือง และโรคไวรัสใบหงิกเหลือง รวมไปถึงลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต เป็นการแสดงออกของยีนแบบผลบวก ควรคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกพันธุ์หมู่ (mass selection) หรือการคัดเลือกพันธุ์แบบจดประวัติ (pedigree method) โดยสามารถคัดเลือกได้ในชั่วต้น ๆ ทำให้เกิดความก้าวหน้าในการคัดเลือก

3) การคัดเลือกความต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองแบบ artificial inoculation โดยใช้วิธีการเสียบยอดเพื่อทดสอบความต้านทานโรคดังกล่าวสามารถแยกกลุ่มได้ชัดเจนที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรุง สีตะธนี. 2537. การปลูกมะเขือเทศ: ข่าวงานวิจัยและเทคโนโลยี. *ข่าวสารเกษตรศาสตร์* 39(2): 58-64.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2544. *ปรับปรุงพันธุ์พืช: ความหลากหลายของแนวคิด*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์. 2541. *มะเขือเทศ.* กรุงเทพฯ: ฐานเกษตรกรรราม.

จานุลักษณ์ ขนบดี. 2535. *การผลติเมล็ดพันธุ์ผัก.* ลำปาง: สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

จานุลักษณ์ ขนบดี. 2541. *การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ชบา ทาดาวงษา กมล เลิศรัตน์ และพลัง สุริหาร. 2558. สมรรถนะการรวมตัวของจำนวนฝัก และน้ำหนักผลผลิตฝักสดในข้าวโพดเทียนสีม่วง สายพันธุ์แท้. *วารสารแก่นเกษตร* 43(3): 557-564.

ชัชวาล แสงฤทธิ์ ญาณิศา แสงสอดแก้ว Tsai, W. S. และ สุชีลา เตชะวงค์เสถียร. 2559. การประเมินพันธุ์มะเขือเทศต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์.* 3(ฉบับพิเศษ): M01/66-72.

ถาวร โกวิทยากร. 2559. *การปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศ (Varietal improvement in tomato).* ขอนแก่น: หจก. ขอนแก่นการพิมพ์.

ทศพร แจ้งจรัส และชัยฤกษ์ สงวนทรัพยากร. 2525. การผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม. *วารสารพืชสวน* 17(1): 19-27.

ธานี ศรีวงศ์ชัย. 2556. *สมรรถนะการผสมพันธ์ (combining ability) และการเปรียบเทียบผลผลิต (yield trials) ในงานวิจัยข้าวลูกผสม.* เอกสารประกอบการฝึกอบรมข้าวลูกผสม. ภาควิชาพืชไรนา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นุชจิรา ไชยวัน. 2561. *การเปลี่ยนแปลงประชากรตามฤดูกาลของแมลงศัตรูแตงเทศ และการป้องกันกำจัด.* วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

นิพนธ์ วิสารทานนท์. 2526. การสำรวจโรคของไม้ผลบนเกษตรที่สูง. ใน: *รายงานการประชุมทางวิชาการสาขาพืช ครั้งที่ 21.* น. 420-427. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญส่ง เอกพงษ์. 2557. มะเขือเทศอุตสาหกรรมลูกผสมเปิดพันธุ์ใหม่ UBU 406. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี* 16(1): 76-82.

บุญส่ง เอกพงษ์ และกรุง สีตะธนี. 2557. การประเมินพันธุ์มะเขือเทศต่านทานโรคใบหงิกมะเขือเทศสภาพแปลงปลูกในจังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารแก่นเกษตร* 42(ฉบับพิเศษ 3): 718-724.

ปราโมทย์ พรสุริยา. 2557. *การวิเคราะห์ทางไบโอเมตริกในการปรับปรุงพันธุ์พืช.* กรุงเทพฯ: โอ. เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริเชษฐ์ ตั้งกาญจนภาสน์. 2548. *การตรวจสอบเชื้อไวรอยด์ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรชัย หาระโคตร. 2560. *ทก.411 หลักและเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืช.* สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

พัชราภรณ์ สุวอ. 2560. โรคไวรัสใบหงิกเหลืองในพริกและแนวทางในการจัดการโรค. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 35(2): 147-152.

พัชราภรณ์ สุวอ และ สุชีลา เตชะวงค์เสถียร. 2557. สมรรถนะการรวมตัวทั่วไปและการรวมตัวเฉพาะของลักษณะต้านทานโรคแอนแทรกโนสในพริกชนิด *Capsicum annuum* L. *วารสารแก่นเกษตร* 42 (ฉบับพิเศษ 3).

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2525. *พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช.* กรุงเทพฯ: ภาควิชา. พืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และเจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์ พิเชษฐ์. 2529. *การปรับปรุงพันธุ์พืชเศรษฐกิจของประเทศไทย.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2527. *หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช.* ไทยนำ, สงขลา.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ, อารีย์ วรัญญูวัฒก์ และปิยะดา ทิพยผอง. 2546. *หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช.* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2538. *มะเขือเทศ.* กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮาส์.

มนัสวี สุริยวนากุล วีระศักด์ศิริรัตน์ และปิยดา ธีระกุลพิสุทธิ์. 2552. การพัฒนา SCAR prime สำหรับตรวจสอบเชื้อราสาเหตุของโรคเหี่ยวเหลืองของมะเขือเทศ (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*). *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น* 14(9): 882-892.

วราภรณ์ บุญเกิด จีรนันท์ แหยมสูงเนิน และนัฐธิภรณ์ เดชบุรัมย์. 2560. การควบคุมโรคเหี่ยวเหลืองของมะเขือเทศด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสภาพเรือนทดลอง. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55*. น. 258-265. สาขาพืช, สาขาสัตว์, สาขาสัตวแพทยศาสตร์, สาขาประมง, สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรรณดี บัญญัติรัชต วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ พิศาล ศิริธร และปิยะดา ธีรพิศุทธิ์. 2546. การสำรวจและจำแนก race ของเชื้อ *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* สาเหตุของการเกิดโรคเหี่ยวของมะเขือเทศ. ใน *การสัมมนาวิชาการเกษตร.* น. 401-410. มหาวิทยาลัยขอนแก่น: คณะเกษตรศาสตร์.

วีรพันธ์ กันแก้ว และสุทัศ จุลศรีไกวัล. 2554. *คู่มือการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยประชากร.* เชียงใหม่: สำนักพิมพ์ บริษัทเชียงใหม่พริ้นติ้งจำกัด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศักดิ์ สุนทรสิงห์. 2537. *โรคของผักและการป้องกันกำจัด.* กรุงเทพฯ: คณะเกษตร ภาควิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภลักษณ์ ฮอกะวัด. 2537. *โรคผักตระกูลพริกและมะเขือเทศ.* ขอนแก่น: ภาควิชาโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมพร อิศวิลานนท์. 2560. อุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ของไทย: สถานภาพและความท้าทาย. ใน *การบรรยายพิเศษในการประชุมวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติครั้งที่ 14.* ห้องประชุมดาวดึง อาคารเฉลิมพระเกียรติสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง: วิทยาเขตชุมพร.

สมภพ ฐิตะวสันต์. 2530. *การผลิตมะเขือเทศเพื่อการค้า.* ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

สุพัฒน์ อรรถธรรม. 2552. *โรคพืชที่เกิดจากเชื้อไวรัส.* นนทบุรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

เสาวนี เขตสกุล. 2558. *รายงานโครงการวิจัย เทคโนโลยีการผลิตมะเขือเทศ.* กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้า-ส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุมเพื่อการค้า ปี 2556-2560. ฝ่ายพันธุ์พืช สำนักควบคุมพืชและวัสดุเกษตร กรมวิชาการเกษตร. http://oaezone.oae.go.th/view/1/ปัจจัยการผลิต /TH-TH (25 มกราคม 2560)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. มะเขือเทศ: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ พันธุ์โรงงานและบริโภค ปี 2563. https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/tomato%2063.pdf (13 กรกฎาคม 2565)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. มะเขือเทศ: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ พันธุ์โรงงานและบริโภค ปี 2564. https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/tomato%2064.pdf (13 กรกฎาคม 2565)

อภิรัชต์ สมฤทธิ์. 2562. เชื้อรา *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* สาเหตุโรคตายพรายของกล้วย. กรมวิชาการเกษตร.http://oard3.doa.go.th/kalasin/wp-content/uploads/2018/12/เอกสารวิชาการ-รวมเนื้อหาวิชาการ-FOC-แก้ไข-23-Jan.pdf (10 สิงหาคม 2564)

อรสา ดิสถาพร ธงชัย สถาพรวรศักดิ์ และจิราภา จอมไธสง. 2540. *การปลูกมะเขือเทศ.* กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร.

อรรถพล รุกขพันธ์, จิรภา ออสติน, รัชนี ศิริยาน และเสาวนี เขตสกุล. 2557. *สำรวจและจำแนกพันธุ์มะเขือเทศเพื่อการปรับปรุงพันธุ์.* ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abou Jawdah, Y., Shebaro, W. A., and Soubra, K. H. 1995. Detection of tomato yellow leaf curl geminivirus (TYLCV) by a digoxigenin-labelled DNA probe. *Phytopathologia Mediterranea* 34: 52-57.

Akhtar, K. P., Akram, A., Ullah, N., Saleem, M. Y., and Saeed, M. 2019. Evaluation of *Solanum* species for resistance to *Tomato leaf curl New Delhi virus* using chip grafting assay. *Scientia Horticulturae* 256: 108646.

Alexander. L. J., and Tucker, C. M. 1945. Physiologic specialization in the tomato wilt fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*. *Journal of A gricultural Research* 70: 303-313.

Anbinder, I., Reuveni, M., Azari, R., Paran, I., Nahon, S., Shlomo, H., Chen, L., Lapidot, M., and Lvin, I. 2009. Molecular dissection of tomato left curl virus resistance in tomato line TY172 derived from *Solanum peruvianum*. *Theoretical and Applied Genetics* 119: 519-530.

Aguiar, F. M., Michereff, S. J., Boiteux, L. S., and Reis, A. 2013. Search for sources of resistance to Fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*) in okra germplasm. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 13: 33-40.

Barone, A., and Frusciante, L. 2007. Molecular marker-assisted selection for Resistant to pathogens in tomato. In *Marker-Assisted selection: Current status and future perspectives in crops, livestock, forestry and fish*, E. Guimaraes, J. Ruane, B. D. Scherf, A. Sonnino, and J. D. Dargie, ed. pp. 151-164. Rome (Italy): Agriculture and Consumer Protection Dept.

Bellotti, A. C., and Arias, B. 2001. Host plant resistance to whiteflies with emphasis on cassava as a case study. *Crop Protection* 20: 813–824.

Bohn, G. W., and Tucker, C. M. 1939. Immunity to Fusarium wilt in the tomato. *Science* 89: 603–604.

Bournival, B. L., Vallejos, C. E., and Scott, J. W. 1990. Genetic analysis of resistances to races 1 and 2 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* from the wild tomato *Lycopersicon pennellii*. *Theoretical and Applied Genetics* 79: 641–645.

Bournival, B. L., Scott, J. W., and Vallejos, C. E. 1989. An isozyme marker for resistance to race 3 of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* in tomato. *Theoretical and Applied Genetics* 78: 489–494.

Bunyatratchata, W., Saksirirat, W., Sirithorn, P., and Teerakupisut, P. 2005. Race identification of Fusarium with pathogen of tomato, *Fusarium oxysporum F*. sp. *lycopersici* by pathogenic reaction on standard differential host and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

development of Thai differential host. *Khon Kaen Agriculture Journal* 33: 95 – 107.

Chattopadhyay, A., Dutta, S., Dutta, P., and Hazra, P. 2011. Studies on Heterobeltiosis, Combining Ability and Gene Action in Tomato (*Solanum lycopersicum*). *International Journal of Plant Breeding* 5(2): 88-93.

Cohen, S., and Harpaz, I. 1964. Periodic rather than continual acquisition of a new tomato virus by its vector, the tobacco whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 7: 155–166.

Cohen, S., and Nitzany, F. E. 1966. Transmission and host range of tomato yellow leaf curl virus. *Phytopathology* 56: 1127–1131.

Czosnek, H., and Laterrot, H. 1997. A worldwide survey of tomato yellow leaf curl viruses. *Archives of Virology* 142: 1391– 406.

Czosnek, H., Hariton-Shalev, A., Sobol, I., Gorovits, R., and Ghanim, M. 2017. The incredible journey of begomoviruses in their whitefly vector. *Viruses* 9(10): 273.

Doyle, J. J., and Doyle, J. L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19: 11-15.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1961. *Agricultural and horticultural seeds their production control and distribution.* pp. 531. Italy.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2019. FAO Production Yearbook 2019. Rome: FAO; 2019.

Fargette, D., Leslie, M., and Harrison, B. D. 1996. Serological studies on the accumulation and localization of three tomato leaf curl geminiviruses in resistant and susceptible Lycopersicon species and tomato cultivars. *Annals of Applied Biology* 128: 317–328.

Fauquet, C. M., and Stanley, J. 2005. Revising the way we conceive and name viruses below the species level: a review of geminivirus taxonomy calls for new standardized isolate descriptors. classification and nomenclature: progress and problems. *Archives of Virology* 150: 2151-2179.

Friedmann, M., Lapidot, M., Cohen, S., and Pilowsky, M. 1998. A novel source of resistance to tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) exhibiting a symptomless reaction to viral infection. *Journal* of the *American Society* for *Horticultural Science* 123: 1004–1006.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

García-Enciso, E. M., Benavides-Mendoza, A. Flores-López, M. L. Robledo-Olivo, A. Juárez-Maldonado, A., and González-Morales, S. 2017. A Molecular Vision of the Interaction of Tomato Plants and *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici.* In *T. Askun. Fusarium - Plant Diseases, Pathogen Diversity, Genetic Diversity, Resistance and Molecular Markers*. pp. 79-80. London: Intechopen.

Gonzalez-Cendales, Y., Catanzariti, A. M., Baker, B., Mcgrath, D. J., and Jones, D. A. 2016. Identifcation of I-7 expands the repertoire of genes for resistance to Fusarium wilt in tomato to three resistance gene classes. *Molecular Plant Pathology* 17: 448–463.

Goodman. R. M. 1981. Geminiviruses. *Journal of General Virology* 54: 9-21.

Grattidge R., and O'Brien, R. G. 1982. Occurrence of a third race of Fusarium wilt of tomatoes in Queensland. *Plant Disease* 66: 165-166.

Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian journal of biological sciences* 9: 463-493.

Hanley-Bowdoin, L., Bejarano, E. R., Robertson, D., and Mansoor, S. 2013. Germinivirus: masters at redirecting and reprograming plant processes. *Nature Reviews Microbiology* 11(11): 777-788.

Hanley-Bowdoin, L., Sittlage, S. B., Orozco, B. M., Nagar, S., and Robertson, D. 1999. Geminiviruses: Models for plant DNA replication, transcription and cell cycle regulation. *Critical Reviews in Plant Sciences* 18: 71-106.

Hanson, P., Green, S. K., and Kuo, G. 2006. *Ty-2*, a gene on chromosome 11 conditioning geminivirus in a cultivated tomato line. *Report of the Tomato Genetics Cooperative* 56: 17-18.

Hemming, M. N., Basuki, S., McGrath, D. J., Carroll, B. J., and Jones, D. A. 2004. Fine mapping of the tomato I-3 gene for fusarium wilt resistance and elimination of a co-segregating resistance gene analogue as a candidate for I-3. *Theoretical and Applied Genetics* 109: 409–418.

Horowitz, A. R., and Ishaaya, I. 2014. Dynamics of biotypes B and Q of the whitefly Bemisia tabaci and its impact on insecticide resistance. *Pest Management Science* 70(10): 1568-1572.

Hull, M. 2002. *Matthews' Plant Virology*. Fourth Edition. San Diego: Acadamic Press.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hutton, S. F., and Scott, J. W. 2014. *Ty-6* a major begomovirus resistance gene located on chromosome 10. *Report of the Tomato Genetics Cooperative* 64: 14-18.

International Seed Federation. 2017. Exports of seed for sowing by country–Calendar year 2017 https://www.worldseed.org/wpcontent/uploads/2019/06/Exports_2017Final.pdf. (2nd February 2020).

International Plant Genetic Resources Instit (IPGRI). 1996. Descriptors for tomato (*Lycopersicon* spp.). Rome (Italy).

Jensen, K. S., Betteray, B. V., Smeets, J., Ji, Y., Scott, J. W., Mejía, L., Mejía, M. J., and Maxwell, D. P. 2007. Co-dominant SCAR Marker, P6-25, for detection of *Ty-3*, *Ty-3a*, and *Ty3b* introgressions from three *Solanum chilense* accessions at 25 cM of Chromosome 6 of begomovirus resistant tomatoes. International Plant Virology Laboratory. http://invirlab.plantpath.wisc.edu/GeminivirusResistantTomatoes/Markers/MAS-Protocols/P6-25-locus.pdf (2nd February 2020).

Ji, Y., Schuster, D. J., and Scott, J. W. 2007a. *Ty-3*, a begomovirus resistance locus near the tomato yellow leaf curl virus resistance locus *Ty-1* on chromosome 6 of tomato. *Molecular Breeding* 20: 271-284.

Ji, Y., Scott, J. W., Hanson, P., Graham, E., and Maxell, D. P. 2007c. Sources of resistance, inheritance, and location of genetic loci conferring resistance to members of the tomato-infecting begomoviruses. In *Tomato yellow leaf curl virus disease: management, molecular biology, breeding for resistance.* H. Czosnek, ed. 343–362 pp. Dordrecht: Kluwer.

Ji, Y., Salus, M., Van Betteray, B., Smeets, J., Jensen, K. S., Martin, C. T., Mejia, L., Scott, J. W., Havey, M. J., and Maxwell, D. P. 2007b. Co-dominant SCAR markers for detection of *Ty-3* and *Ty-3a* loci from Solanum chilense at 25 cM of chromosome 6 of tomato. *Report of the Tomato Genetics Cooperative* 57: 25-28.

Kadirvel P., de la Peña, R., Schafeitner, R., Huang, S., Geethanjali, S., Kenyon, L., Tsai, W. S., and Hanson, P. 2013. Mapping of QTLs in tomato line FLA456 associated with resistance to a virus causing tomato yellow leaf curl disease. *Euphytica* 190(2): 297–308.

Kasrawi, M. A., Suwwan, M. A., and Mansour, A. 1988. Sources of resistance to tomato yellow leaf curl virus TYLCV in Lycopersicon species. *Euphytica* 37: 1–64.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kenyon, L., Kumar, S., Wen-Shi Tsai, Jacqueline, d'A H. 2014. Virus disease of peppers (*Capsicum* spp.) and their control. *Advances in Virus Research*. 90: 297-354.

Latterot, H. 1976. Mapping of 1-2 allele in tomato, controlling the genetic resistance to pathotype 2 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* wilt. *Ann Amelior Plant* 26: 485-491.

Lapidot, M. 2007. Screening for TYLCV-resistance plants using Whitefly-mediated Inoculation. In *Tomato Yellow Leaf Curl Virus Disease*, H. Czosnek, ed. pp. 329–342. Dordrecht: Springer.

Lapidot, M., Friedmann, M., Lachman, O., Antignus, Y., Nahon, S., Cohen, S., and Pilowsky, M. 1997. Comparison of resistance level to tomato yellow leaf curl virus among commercial cultivars and breeding lines. *Plant Disease* 81: 1425-1428.

Lapidot, M., and Polston, J. E. 2006. Resistance to Tomato yellow leaf curl virus in tomato. In *Natural Resistance Mechanisms of Plant Viruses*, G. Loebenstein and J. P. Carr, ed. pp. 503-520. Netherlands: Printed in the Netherlands.

Lim, G. T. T., Wang, G. P., Hemming, M. N., Basuki, S., McGrath, D. J., Carroll, B. J., and Jones, D. A. 2006. Mapping the *I-3* gene for resistance to Fusarium wilt in tomato: application of an *I-3* marker in tomato improvement and progress towards the cloning of *I-3*. *Australasian Plant Pathology* 35: 671–680.

Malhotra, S. K., and Vashistha, R. N. 1993. Genetics of resistance to Fusarium wilt race 1 in current tomato (*Lycopersicon pimpinellifolium*). *Indian Journal of Agricultural Science* 63: 246–347.

Marlatt, M. L., Correll, J. C., Kaufmann, P., and Cooper, P. E. 1996. Two genetically distinct population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* race 3 in the United States. *Plant Disease* 80: 1336-1342.

Mathias, M. C. 2006. Growers warned about Q-biotype whitefly. *Fruit and veg tech* 6: 23.

Matzinger, D. F. 1953. Comparison of three types of testers for the evaluation of inbred lines of corn. *Agronomy Journal* 45: 493-495.

McGrath, D. J., Gillespie, D., and Vawdrey, L. 1987. Inheritance of resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* race 2 and race 3 in *L. pennellii*. *Australian Journal of Agricultural Research* 38: 729–733.

Michelson, I., Zamir, D., and Czosnek, H. 1994. Accumulation and translocation of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) in a *Lycopersicon esculentum*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

breeding line containing the *L. chilense* TYLCV tolerance gene *Ty-1*. *Phytopathology* 84: 928-933.

Nevame, A. Y. M., Xia, L., Wentinga, Z., Nchongbohc C. G., Wenhua L., Hasand M. M., Amirul Alame, Md., Longtinga, S. 2020. Validation of some disease-resistance molecular markers associated with multiple diseases in tomato for marker-assisted selection program. *ScienceAsia* 46: 19-29.

Paddock, E. F. 1950. A tentative assignment of Fusarium-immunity locus to linkage group 5 in tomato. *Genetics* 35: 683–684.

Pal, B. P., and Tandon, R. N. 1937. Types of tobacco leaf curl in Northern India. *Indian Journal of Agricultural Science* 7: 363-393.

Picó, B., Díez, M. J., and Nuez, F. 1996. Viral diseases causing the greatest economic losses to the tomato crop. II. The tomato yellow leaf curl virus — a review. *Scientia Horticulturae* 67: 151–196.

Pico, B., Diez, M., and Nuez, F. 1998. Evaluation of whitefly-mediated inoculation techniques to screen *Lycopersicon esculentum* and wild relatives for resistance to tomato yellow leaf curl virus. *Euphytica* 101: 259–271.

Pilowsky, M., and Cohen, S. 1974. Inheritance of resistance to tomato yellow leaf curl virus in tomatoes. *Phytopathology* 64: 632–635.

Pilowsky, M., and Cohen, S. 1990. Tolerance to tomato yellow leaf curl virus derived from *Lycopersicon peruvianum*. *Plant Disease* 74: 248–250.

Popoola, A. R., Ercolano, M. R., Feriello, F., Kaledzi, P. D., Kwoseh, C., Ganiyu, S. A., Ojo, D. K., Adegbite, D. A., and Falana, Y. 2014. CAPS markers TAO1 and TG105 in the identification of *I2* resistant gene in Nigerian accessions of tomato, *Solanum lycopersicum* L. *Nigerian* Journal of *Biotechnology* 28: 43–51.

Prakash, S., and Singh, S. J. 2006. Insect transmitted viruses of peppers. *Vegetable Science* 33: 109-116.

Prior, P. H., Allen, C., and Elphinstone, J. 1998. Bacterial Wilt. In *Bacterial wilt disease: Molecular and ecological aspects: Reports of the second international bacterial wilt symposium,* P. H. Prior, C. Allen and J. Elphinstone eds. France: Gosier, Guadeloupe.

Rast, A. T. B., and Stijger, C. C. M. M. 1987. Disinfection of pepper seed infected with different strains of Capsicum mosaic virus by trisodium phosphate and dry heat treatment. *Plant Pathology* 36: 583-588.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Samphantharak, K., 2003, *Plant Breeding: Principles, Methods and Concepts,* Kasetsart University Press, Bangkok, 327 p. (in Thai)

Sarfatti, M., Abu-Abied, M., Katan, J., and Zamir, D. 1991. RFLP mapping of I1, a new locus in tomato conferring resistance against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 1. *Theoretical and Applied Genetics* 82(1): 22–26.

Searle, S. R. 1965. The value of indirect selection: I. Mass selection. *Biometrics* 21: 682-707.

Sela-Buurlage, M. B., Budai-Hadrian, O., Pan, Q., Carmel-Goren, L., Vunsch, R., Zamir, D., and Fluhr, R. 2001. Genome-wide dissection of Fusarium resistance in tomato reveals multiple complex loci. *Molecular Genetics and Genomics* 265: 1104–1111.

Scott, J. W., and Jones, J. P. 1989. Monogenic resistance in tomato to *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* race 3. *Euphytica* 40: 49–53.

Scott, J. W., and William, L. G. 1980. Influence of environment and flower maturity on hybrid seed production of exserted stigma tomatoes crossed without emasculation. *Journal of the American Society for HorticulturalScience* 105(3): 420-423.

Scott, J. W., Hutton, S. F., and Freeman, J. H. 2015. Fla. 8638B and Fla. 8624 tomato breeding lines with begomovirus resistance genes *ty-5* plus *Ty-6* and *Ty-6*, respectively. *HortScience* 50: 1405–1407.

Sprague, G. F. and Tatum, L. A. 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American society of agronomy* 34: 923-932.

Srivastava, R., Prasanna, H. C., Prasad, V. M., Singh. D., and Bahadur, V. 2020. Molecular assisted TLCNDV resistant breeding in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 9(6): 105-109.

Stahl, W., and Sies, H. 1996. Lycopene: a biologically important carotenoid for humans. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 336: 1-9.

Stall, R. E., and Walter, J. M. 1965. Selection and inheritance of resistance in tomato to isolates of races 1 and 2 of the fusarium wilt organism. *Phytopathology* 55: 1213–1215.

Thanapase, V., Poolpol, P., Sutabutra, T., and Attathom, S. (1983). Causal agent and some important characteristics of tomato yellow leaf curl disease. *Kasetsart* Journal 17: 65-73.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thongrit, D., Attathom, S., and Sutabutra, T. 1986. Tomato yellow leaf curl virus in Thailand. In *Plant virus diseases of horticultural crops in the tropics and subtropics.* pp. 60-63. FFTC Book Series No.33. Taiwan: Taipei.

Toussoun, T. A., and Nelson, P. E. 1976. *A Pictorial Guide to the Identification of Fusarium Species.* Pennsylvania State University Press: University Park.

Trisno, J., Hidayat, S. H., Habazar, T., Manti, I., and Jamsari, I. 2009. Detection and sequence diversity of begomovirus associated with yellow leaf curl disease of pepper (*Capsicum annuum*) in West Sumatera, Indonesia. *Microbiology Indonesia* 3: 61-66.

United states department of agriculture (USDA). 2019. Nutrient database. https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/?query=tomato (30th January 2020)

Van Dam, P., Fokkens, L., Linmans, S. M., Schmidt, J. H., Kistler, H. C., Ma, L. J. and Rep, M. 2016. Effector profiles distinguish formae speciales of *Fusarium oxysporum*. *Environmental Microbiology* 18: 4087-4102.

Van Regenmortel, M. H. V., Fauquet, C. M., Bishop, D. H. L., Carstens, E. B., Estes, M. K., Lemon, S. M., Maniloff, J., Mayo, M. A., McGeoch, D. J., Pringle, C. R., and Wickner, R. B. 2000. Virus Taxonomy. In *Seventh Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses.* pp. 1162. New York: Academic Press.

Verlaan, M. G., Hutton, S. F., Ibrahem, R. M., Kormelink, R., Visser, R. G. F., Scott, J. W., Ewards, J. D., and Bai, Y. 2013. The tomato yellow leaf cure virus resistance genes *Ty-1* and *Ty-3* are allelic and code for DEDGD-Class RNA-dependent RNA polymerases. *PLOS Genetics* 241-253.

Villareal, R. L. 1980. Tomato in the Tropics. pp. 174. United States: Westview Press, Inc.

Wisler, G. C., Duffus, J. E., Liu, H. Y., and Li, R. H. 1998. Ecology and epidemiology of whitefly- transmitted closteroviruses. *Plant Disease* 82: 270-280.

Yang, X., Cara, M., Hutto, S. F., Scott, J. W., Guo, Y., Wan, X., Rashi, M. H., Szina, D., Jong, H. D., Visser, R. G. F., Bail, Y., and Du, Y. 2014. Fine mapping of the tomato yellow leaf curl virus resistance gene *Ty-2* on chromosome 11 of tomato. *Molecular Breeding* 34: 749-760.

Zamir, D., Michelson, I., Zakay, Y., Navot, N., Zeidan, N., Sarfatti, M., Eshed, Y., Harel, E., Pleban, T., Van-Oss, H., Kedar, N., Rabinowitch, H. D., and Czosnek, H. 1994. Mapping and introgression of a tomato yellow leaf curl virus tolerance gene, *Ty-1*. *Theoretical and Applied Genetics* 88: 141-146.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhang, W., Olson, N. H., Baker, T. S., Faulkner, L., Agbandje-Mckenna, M., Boulton, M. I., Davies, J. W., and McKenna, R. 2001. Structure of the Maize streak virus geminate particle. *Virology* 279: 471–477.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวสุดารัตน์ ผาใต้
วัน เดือน ปี เกิด	3 กันยายน พ.ศ. 2538
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2561: วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)
ที่อยู่ปัจจุบัน	23/10 ม. 4 ซอยคุ้มเกล้า 21 ถนนคุ้มเกล้า แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กทม. 10520
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2561 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ทุนวิจัยที่ได้รับ	-โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ร่วมกับ บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด จังหวัดขอนแก่น (สัญญาเลขที่ MSD62I0036 รหัสโครงการ 6121047) -ทุนเพื่อการศึกษาต่อระดับในบัณฑิตศึกษา คณะเทคโนโลยีการเกษตร
ผลงานทางวิชาการ	สุดารัตน์ ผาใต้ พัชราภรณ์ สุวอ กฤษนัย แก้วบุญเรือง ลำใย โกวิทยากร สุชีลา เตชะวงค์เสถียร และสมศักดิ์ ครามโชติ. 2565. การประเมินและการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือกเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง. *วารสารแก่นเกษตร* 50(5): 1276-1286.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้