รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาพันธุ์มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กต้านทานไวรัสใบหงิกเหลือง

Development of cherry tomato resistance to tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)

ดร. พัชราภรณ์ สุวอ

ผศ.ดร. มณทินี ธีรารักษ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (โครงการวิจัยพี่เลี้ยง)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

ภาควิชาเทคโนโลยีผลิตพืช

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาพันธุ์มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กต้านทานไวรัสใบหงิกเหลือง

Development of cherry tomato resistance to tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)

ดร. พัชราภรณ์ สุวอ

ผศ.ดร. มณทินี ธีรารักษ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (โครงการวิจัยพี่เลี้ยง)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

ภาควิชาเทคโนโลยีผลิตพืช

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย V

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ VI

กิตติกรรมประกาศ VII

สารบัญ I

สารบัญตาราง III

สารบัญภาพ IV

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 สมมุติฐานงานวิจัย 2

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย 3

1.6 คำสำคัญของการวิจัย 3

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....

2.1 มะเขือเทศ 4

2.2 โรคและปัญหาในการผลิตมะเขือเทศ 6

2.3 Begomovirus 7

2.4 แมลงหวี่ขาว 7

2.5 การจัดการไวรัสที่เข้าทำลายมะเขือเทศ 8

2.6 การปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศต้านทานไวรัสใบหงิกเหลือง 9

บทที่ 3. วิธีดำเนินการวิจัย .....

3.1 คัดเลือกพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง 11

3.2 การประเมินการเกิดโรคในระดับห้องปฏิบัติการ 12

3.3 การประเมินผลผลิตและคุณภาพผลผลิต 13

3.4 การสร้างลูกผสมแบบ single cross และการปลูกประเมินปลูกผสม 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 คัดเลือกพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง 16

4.2 คัดเลือกพันธุ์มะเขือเทศลักษณะผลผลิตและคุณภาพผลผลิต 17

4.3 ผลการสร้างลูกผสมแบบ single cross และการปลูกประเมินปลูกผสม 24

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 28

บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย 29

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง 30

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 32

ภาคผนวก ข สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย ให้แนบแบบรายงานการใช้จ่ายเงิน 43

ประวัตินักวิจัย 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 Caroteniod contents in tomatoes (mg/100 g) 6

3.1 List of 16 tomato varieties and their resistant genes to Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) and Bacterial wilt disease resistance (BW) 12

4.1 Disease responses of 12 tomato varieties by using artificial screening method with 4 weeks after inoculation 17

4.2 Analysis of variances of yield, fruit traits in dry season trials at King Mongkut Institute of Technology,Thailand 18

4.3 Evaluation of yield, fruit traits of 24 tomato varieties in dry season trials at King Mongkut Institute of Technology, Thailand 20

4.4 Fruit characteristics and natural disease resistance of 24 tomato varieties during October 2015 to March 2016 at KMITL, Thailand 21

4.5 Analysis of variance for fruit characteristics and TYLCV disease in within four weeks 24

4.6 Average means of tomato fruit characteristics and TYLCV disease in four weeks 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 1A; Life cycle of silver whitefly which transmitted Begomovirus, 1B; whitefly Q biotype and 1C; whitefly B biotype Sources; 1A และ 1B; 8

3.1 TYLCV disease symptoms scoring from 1 to 6 for evaluation tomato varieties 12

4.1 Screening of tomato parental lines with TYLCV disease resistance during October 2015 to March 2016, at KMITL, Thailand 18

4.2 Tomato fruit types of resistance with good horticultural traits and good disease resistance in natural infection during October 2015 to March 2016, at KMITL, Thailand 22

4.3 Tomato plant types of TYLCV resistance checks during October 2015 to March 2016, at KMITL, Thailand 22

4.4 Selected cherry tomato fruit types with good horticultural traits and good disease resistance in natural infection during October 2015 to March 2016, at KMITL, Thailand 23

4.5 Selected cherry tomato plants with good horticultural traits and good disease resistance in natural infection during October 2015 to March 2016, at KMITL, Thailand 23

4.6 F_1-hybrids of cherry tomatoes growing in Dry season at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาพันธุ์มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กต้านทานไวรัสใบหงิกเหลือง

แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้ (โครงการวิจัยพี่เลี้ยง)

ประจำปีงบประมาณ 2559-2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน .....200,0000..... บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 2 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2559 ถึง กันยายน 2561

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

1. ดร.พัชราภรณ์ สุวอ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

2. ผศ.ดร. มณทินี ธีรารักษ์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

บทคัดย่อ

โรคไวรัสใบหงิกเหลืองพบการแพร่ระบาดทั่วโลกโดยเฉพาะในพื้นที่เขตร้อนและร้อนชื้น รวมทั้งประเทศไทย การใช้พันธุ์ต้านทานเป็นวิธีการควบคุมโรคได้แบบยั่งยืน ดังนั้นวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒานพันธุ์มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กต้านทานต่อไวรัสใบหงิกเหลือง โดยงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 งานทดลอง คือ งานทดลองที่ 1. เพื่อประเมินมะเขือเทศพันธุ์พ่อแม่ต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง และงานทดลองที่ 2 เพื่อสร้างลูกผสมและประชากรพื้นฐานในประเขือเทศ รับประทานสดผลเล็กต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง ทำการประเมินผลผลิตและคุณภาพผลผลิต (brix และวิตามินซี) และประเมินความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองประเมินร่วมกับพันธุ์ต้านทาน 2 พันธุ์ และอ่อนแอเปรียบเทียบ 1 พันธุ์ ผลการศึกษาพบว่า 1. ได้พันธุ์มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กที่ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทยได้จำนวน 1 พันธุ์ คือ GT1-2-7 และพันธุ์ที่มีศักยภาพที่จะนำมาพัฒนาพันธุ์ให้มีคุณภาพที่ดี ผลผลิตสูงจำนวน 5 พันธุ์คือ CHRY, Red lady, Yellow sweet, Cindy sweet และ Maneetabtim เพื่อนำมาใช้เป็นพันธุ์พ่อแม่ในการสร้างลูกผสมในงานทดลองที่ 2 2. ได้ประเขือเทศลูกผสมจำนวน 23 คู่ผสมและได้ประเมินคู่ผสมที่มีศักยภาพได้จำนวน 1 คู่ผสมคือ คู่ผสม GT × MT โดยพบว่าคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูง ต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองได้ดีและมีคุณภาพในการบริโภคที่ดีที่สุดและนอกจากนั้นยังพบว่ามีคู่ผสมอื่นๆ ที่ดีที่นำไปคัดเลือกและสร้างเป็นประชากรมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กต้านทานต่อไวรัสใบหงิกเหลืองคือ BC × MT, KM3-2 × GT, KM3-3-4 × BC, OP × BC, RL × YS และ VF × RL

คำสำคัญ : การพัฒนาพันธุ์ โรคพืช สารพฤกษเคมี การรวมยีน การประเมิน ประชากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Development of cherry tomato resistance to tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)

Researcher: Dr. Patcharaporn Suwor,

Faculty: Agricultural of Technology **Department:** Plant production of Technology

ABSTRACT

Tomato yellow leaf curl virus hampers tomato production Worldwide, particularly in sub-tropic and tropic regions and Thailand. Using host resistance is sustainable disease control. Therefore, the objective of this research was to develop the cherry tomato resistance to tomato yellow leaf curl virus. The research was divided into two experiments; 1) to evaluate parental lines resistance to tomato yellow leaf curl virus and 2) to develop F_1-hybrids and population of development cherry tomato resistance to tomato yellow leaf curl virus. Yield, fruit quality of cherry tomato (°Brix and vitamin C) and tomato yellow leaf curl virus were evaluated with two resistant checks and a susceptible check. The results found that 1) the cherry tomato GT1-2-7 variety resistant to tomato yellow leaf curl virus, while CHRY, Red lady, Yellow sweet, Cindy sweet and Maneetabtim varieties had high yield and high fruit quality. Therefore, those varieties were used for production F_1-hybrids. 2) the 23 F_1-hybrids were grown and evaluated, the F_1-hybrids GT × MT gave the potential with highly resistant to tomato yellow leaf curl virus, high yield and high fruit quality. In addition, the BC × MT, KM3-2 × GT, KM3-3-4 × BC, OP × BC, RL × YS and VF × RL gave high with tolerance to tomato yellow leaf curl virus, fruit yield and good quality. Thus, those varieties have potential for using to develop the cherry tomato populations.

Keywords : Improvement, Plant disease, Phyto-chemical, Pyramiding gene, Evaluation, Population

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยด้วยความอนุเคราะห์จากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. มณทินี ธีรารักษ์ อาจารย์อาวุโสที่กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเอื้อความสะดวกในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล. ที่เอื้อสถานที่การวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณบริษัททีเคอาร์แอนด์ดี ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์ผักและพัฒนาผักเขตร้อน และ The World Vegetable Center (Taiwan) ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้อพันธุ์กรรมมะเขือเทศในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ภายใต้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน (ทุนโครงการวิจัยพี้เลี้ยง) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559-2560 ปีงบประมาณที่ได้รับการจัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัย

ดร. พัชราภรณ์ สุวอ
ผศ.ดร.มณทินี ธีรารักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก (Cherry tomato) เป็นมะเขือเทศที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่สำคัญหลายชนิด เช่น วิตามินซี ไลโคพีน เบตา-แคโรทีน รวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระอื่น ๆ (Rein and Herbers, 2006) ปริมาณสารสำคัญในมะเขือเทศขึ้นอยู่กับ สายพันธุ์ ระยะการสุกแก่ การจัดการทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว และรูปแบบการบริโภค (Rickmand et al., 2007) ปัจจุบันการผลิตมะเขือเทศรับประทานผลสดมีปัญหาเรื่องสารเคมีตกค้าง เนื่องจากการผลิตมะเขือเทศยังประสบปัญหาการแพร่ระบาดของโรคและแมลง โรคที่สำคัญอันดับต้น ๆ ของการผลิตมะเขือเทศคือ โรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่เกิดจากเชื้อไวรัสชนิด *Begomovirus* ที่ถ่ายทอดโรคโดยแมลงหวี่ขาว (Kenyon et al., 2014a) โรคดังกล่าวสามารถทำความเสียหายให้แก่พืชปลูกได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ในระยะต้นกล้าจนกระทั่งเก็บเกี่ยว เมื่อพืชได้รับเชื้อ *Begomovirus* จะแสดงลักษณะอาการใบเหลือง หรือใบเหลืองร่วมกับใบด่าง ใบม้วนหยัก และลำต้นแคระแกร็น ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การติดดอกลดลง และเมื่อเกิดในระยะติดผล ผลจะแสดงอาการด่างทั้งผล ขนาดผลเล็กลง จึงส่งผลต่อการลดลงของผลผลิตและคุณภาพผลผลิตถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (Kenyon et al., 2014b) และยังสามารถถ่ายทอดไปกับเมล็ดได้ด้วย (Kil et al., 2015) การแพร่ระบาดและความรุนแรงของโรคแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่นชนิดและสายพันธุ์ของพืชอาศัย ชนิดของแมลงหวี่ขาวที่เป็นแมลงพาหะ ความแตกต่างของเชื้อไวรัสในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่าง ชนิดของแมลงหวี่ขาวและชนิดของเชื้อ Begomovirus (Kenyon et al., 2014b) ปัจจุบันพบการแพร่ระบาดของแมลงหวี่ขาวค่อนข้างมากเนื่องจากสภาพอากาศเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตจึงส่งผลให้เชื้อไวรัสดังกล่าวสามารถเพิ่มปริมาณและแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว เกษตรกรส่วนใหญ่จะฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงหวี่ขาวจึงส่งผลให้แมลงอาจเกิดการดื้อยา เกิดสารพิษตกค้างในพืชโดยเฉพาะพืชบริโภคผลสดอย่างมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก (Wilson and Tisdell, 2001) นอกจากนี้การใช้สารเคมียังไม่สามารถควบคุมแมลงหวี่ขาวได้ 100% จึงส่งผลให้โรคไวรัสใบหงิกเหลืองยังพบการแพร่ระบาดในแปลงปลูกเกือบทุกฤดูกาลโดยเฉพาะในฤดูแล้ง ดังนั้นแนวทางในการจัดการโรคอย่างยั่งยืน ลดต้นทุนการผลิตและปลอดภัยมากที่สุดคือการใช้พันธุ์มะเขือเทศต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

ปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองได้มีการนำโมเลกุลเครื่องหมายเข้ามาช่วยในการคัดเลือกเพื่อย่นระยะเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งเครื่องหมายโมเลกุลนี้ได้มีการพัฒนาให้มีความจำเพาะต่อเชื้อ และยีนต้านทาน โดยแหล่งความต้านทานส่วนใหญ่อยู่ในมะเขือเทศพันธุ์ป่าและได้ถูกจำแนกยีนต้านทานต่อ 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, 2015) ขึ้นอยู่กับเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศที่ต้านทาน โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในมะเขือเทศพันธุ์ LA1969 (Solanum chilense) และ LA2779 (S. chilense) พบยีน Ty-1 ที่ควบคุมโดยยีนแบบ partially dominant gene อยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 6 (Zamir et al., 1994) ซึ่งยีนดังกล่าวอยู่ระหว่างตำแหน่งของ marker TG297 (4 cM) และ TG97 (8.6 cM) (Zamir et al., 1994) อย่างไรก็ตามยีน Ty-1 รายงานว่าอยู่ตำแหน่งใกล้กับยีน Ty-3 (Verlaan et al., 2013) สำหรับยีน Ty-2 มีรายงานว่าอยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 11 (Hanson et al., 2006) และพบว่ามี SCAR-Marker P1-16 วางอยู่ใกล้ตำแหน่งยีนดังกล่าว (Yang et al., 2014) และ มีรายงานว่ายีน Ty-2 และ Ty-3 สัมพันธ์กับการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ระบาดในไทยได้ (บุญส่ง และกรุง, 2557) สำหรับยีน Ty-4 ได้ถูกค้นพบบนตำแหน่งโครโมโซมที่ 3 ในมะเขือเทศพันธุ์ LA1932 (Ji et al., 2007b) และยีน ty-5 ถูกค้นพบในมะเขือเทศพันธุ์ TY 172 ที่ควบคุมด้วยยีนแบบยีนด้อยบนโครโมโซมแท่งที่ 4 (Anbinder et al., 2009) อย่างไรก็ตามยังพบว่าในมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กยังส่วนใหญ่ค่อนข้างอ่อนแอต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง ดังนั้นการควบคุมโรคได้อย่างยั่งยืนจำเป็นต้องปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศพันธุ์ให้ต้านทานต่อโรคดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อประเมินมะเขือเทศพันธุ์พ่อแม่ต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในสภาพแปลงและในห้องปฏิบัติการ

1.2.2 เพื่อสร้างลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 และประเมินความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

1.2.3 เพื่อสร้างประชากรพื้นฐานด้วยวิธีการรวมยีนต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กต้านทาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ประเมินเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย (Tomato yellow leaf curl virus Thailand; TYLCVTH) ที่จำแนกเชื้อแล้วจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ในมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กเพื่อสร้างลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จากนั้นปลูกทดสอบเพื่อหาสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่มีความสามารถถ่ายทอดยีนต้านทานได้ดีสุดและในขณะเดียวกันเพื่อหาลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ที่มีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นพันธุ์การค้าที่ดีได้ และสร้างประชากรพื้นฐานโดยการรวมยีนต้านทานโรคใบหงิกเหลืองในประชากรมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก

1.4 สมมุติฐานงานวิจัย

ความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองถูกควบคุมด้วยยีนในนิวเคลียส โดยยีนต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองมีความจำเพาะต่อยีนก่อโรคและสามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกได้ ดังนั้นการนำพันธุ์ต้านทานที่มียีนต้านทานที่แตกต่างกันมาผสมข้ามกับพันธุ์มะเขือเทศพันธุ์การค้าของไทยจึงน่าจะเป็นวิธีการเพิ่มระดับความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในมะเขือเทศกลุ่มรับประทานสดผลเล็กได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กเป็นกลุ่มมะเขือเทศที่มีมูลค่าต่อหน่วยสูงเพราะเป็นมะเขือเทศที่มีสารพฤษเคมีสูงและสามารถบริโภคเป็นผลไม้ ปัจจุบันการผลิตมะเขือเทศดังกล่าวส่วนมากผลิตในโรงเรือนปิดที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมและการเข้าทำลายของโรคและแมลงได้ ประกอบกับมะเขือเทศกลุ่มนี้อ่อนแอต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองจึงทำให้ต้องใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดแมลงหวี่ขาวที่เป็นพาหะนำโรค จึงส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงและส่งผลถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค ดังนั้นถ้าเกษตรกรได้ปลูกมะเขือเทศพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองจะสามารถลดต้นทุนและเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ตัวเกษตรกรและผู้บริโภคได้ จึงได้มีการรวบรวมพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองมะเขือเทศพันธุ์การค้ามาปรับปรุงให้ได้คุณภาพที่ดีและต้านทานต่อโรคดังกล่าว

1.6 คำสำคัญของการวิจัย

การพัฒนาพันธุ์ (Improvement) โรคพืช (Plant disease) สารพฤกษเคมี (Phyto-chemical) การรวมยีน (Pyramiding gene) การประเมิน (Evaluation) ประชากร (Population)

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ข้อมูลการตอบสนองต่อการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองและข้อมูลผลผลิตและคุณภาพผลในมะเขือเทศพันธุ์พ่อแม่ และได้มะเขือเทศลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 และประชากรมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองและมีคุณภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะเขือเทศ

2.1.1 ความสำคัญ การผลิต และการใช้ประโยชน์จากมะเขือเทศ

ปัจจุบันผู้บริโภคนิยมรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น มะเขือเทศเป็นผักชนิดหนึ่งที่อุดมไปด้วยสารอาหารวิตามิน และสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายทั้งทางตรงและทางอ้อม (Marcello et al., 2006) มะเขือเทศอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามิน ไลโคพีน เบตา-แคโรทีน ซึ่งสารที่มีความสำคัญและพบมากในมะเขือเทศระยะผลสุก คือ ไลโคพีน เบตา-แคโรทีน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่มีคุณสมบัติช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคมะเร็ง แคโรทีนอยด์มีโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีที่ได้รับความสนใจทางด้านเภสัชวิทยา ด้านอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะแคโรทีนอยด์ในมะเขือเทศ พบว่าเมื่อผู้ป่วยที่ได้รับประทานมะเขือเทศที่อุดมไปด้วยสารแคโรทีนอยด์ สามารถที่จะลดความเสี่ยงจากการเป็นมะเร็งต่อมลูกหมากหรือถ้าได้รับผลิตภัณฑ์จากมะเขือเทศทุกวัน ก็จะสามารถป้องกันกลไกการเกิดมะเร็งเช่นเดียวกัน (Etminan et al., 2004) มีรายงานทางการแพทย์ว่า ในผู้ป่วยโรคเอดส์ถ้าได้รับสารเบตาแคโรทีนจะสามารถลดอาการเบื่ออาหาร ป้องกันอาการสูญเสียน้ำจากอาการท้องเสีย หรือลดอาการไข้ได้ รวมทั้งทำให้สุขภาพของร่างกายโดยรวมดีขึ้น เสริมสร้างประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย หรือผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งผิวหนังถ้าได้รับสารเบตาแคโรทีนจะสามารถลดอาการของโรคได้ (Rein and Herbers, 2006) อย่างไรก็ตามพบว่าถ้าในร่างกายมีการสะสมในปริมาณมากอาจส่งผลเป็นอันตรายต่อร่างกายได้เช่นกัน (Suwannalert, 2006)

มะเขือเทศเป็นพืชผักที่สำคัญลำดับต้น ๆ ที่มีการบริโภคและใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก แหล่งผลิตมะเขือเทศรายใหญ่ของโลกอยู่ในแถบอเมริกา ประเทศเม็กซิโกเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ที่สุดของโลก ในปี 2012 มีการส่งออกไปยังสหรัฐอเมริกา ขณะเดียวกันในกลุ่มยุโรปเป็นตลาดที่สำคัญที่มีการนำเข้ามะเขือเทศจากนอกกลุ่ม EU โดยประเทศผู้ส่งออกหลักไปยัง EU คือ โมรอคโค และตลาดสำคัญอีกแห่ง คือ รัสเซีย เป็นตลาดนำเข้ามีมูลค่าค่อนข้างสูงในแต่ละปี สำหรับผู้ส่งออกรายใหญ่ คือ ตุรกีเป็นประเทศส่งออกไปยังรัสเซียเป็นหลัก กลุ่มประเทศในแถบเอเชียพบว่า ประเทศจีนเป็นประเทศที่มีการผลิตมะเขือเทศมากที่สุด และส่วนใหญ่จะเป็นมะเขือเทศเพื่ออุตสาหกรรม (Paste) (FAO, 2012)

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตมะเขือเทศทั้งเพื่อบริโภคสดอุตสาหกรรมรวมทั้งการผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งประเทศไทยได้ส่งออกมะเขือเทศทั้งในรูปแบบการแปรรูป ผลสดและแช่แข็งไปสู่ตลาด ฮ่องกง ลาว พม่า และสิงคโปร์ อย่างไรก็ตามประเทศไทยก็ยังมีการนำเข้ามะเขือเทศจากต่างประเทศ เช่น จากจีน ญี่ปุ่น มาเลเซีย และนิวซีแลนด์ เนื่องจากการผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้น การปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อเพิ่มองค์ประกอบบางอย่างให้สูงขึ้นมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่มีส่วนช่วยใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสนับสนุนสุขภาพและคุณภาพชีวิตของประชากรโลก รวมทั้งสามารถสนับสนุนและพัฒนาอุตสาหกรรมด้านอื่น ๆ เช่น ยาและเครื่องสำอางควบคู่กันไปได้ด้วย (Rein and Herbers, 2006)

2.1.2 สารพฤกษเคมี (phyto-nutrient)

พฤกษเคมีเป็นองค์ประกอบเคมีอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางชีวเคมีภายในพืช โดยมีกลุ่มของสารเคมีแตกต่างออกไปตามชนิดของพืช ซึ่งองค์ประกอบของสารเคมีที่เกิดขึ้นเป็นกลไกลหนึ่งที่มีสร้างขึ้นโดยตรงเพื่อเป็นการดำรงชีวิตหรือเป็นการป้องกันตัวเองของพืชหลาย ๆ ชนิด (Secondary metabolite) แต่สารเคมีบางชนิดที่พืชนั้นสร้างขึ้นมาได้กลายเป็นสารเคมีที่มีองค์ประกอบที่มีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ และด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นในปัจจุบัน การศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบและการนำสารพฤกษเคมีดังกล่าวมาใช้เป็นประโยชน์มากขึ้น เช่น สารสี สารพิษ รวมทั้งสารประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อทางการแพทย์ ได้แก่ วิตามิน เกลือแร่ และสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวส่วนหนึ่งนั้นและพบมากในพืชกลุ่มพืชผัก

2.1.2.1 สารต้านอนุมูลอิสระ

เซลล์ร่างกาย ต้องการออกซิเจนในการสังเคราะห์กระบวนการทำงานต่าง ๆ แต่เมื่อเซลล์มีโมเลกุลของออกซิเจนมากเกินไปและมีอนุมูลอิสระอื่น ๆ ที่เกิดจากกระบวนการเมทาบอลิซึม ซึ่งผลผลิตจากปฏิกิริยาเหล่านี้จะเป็นสาเหตุของการเสียหายและการถูกทำลายของเซลล์ร่างกาย ด้วยการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระจะเป็นตัวที่คอยกำจัดผลผลิตส่วนเกินจากกระบวนการต่าง ๆ ออกไป จากการศึกษาทางด้านระบาดวิทยา พบว่า ผู้ที่รับประทานอาหารประเภทผักและผลไม้จะมีอาการเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรังต่ำกว่าผู้ที่บริโภคน้อยหรือไม่บริโภคผักหรือผลไม้ เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันเชื่อกันว่าการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหลายไม่ได้มีการทำงานเพียงตัวใดตัวหนึ่ง หากแต่ละชนิดนั้นได้ทำงานส่งเสริมซึ่งกันและกัน ซึ่งถูกเรียกรวมกันว่าเป็น สารพฤกษเคมี (Phyto-chemical) ที่เป็นองค์ประกอบเชิงซ้อนของเคมีอินทรีย์ภายในของพืช อย่างไรก็ตาม การรับประทานผักผลไม้หลากหลายชนิดจะมีประโยชน์มากกว่าเลือกทานสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือสารใดสารหนึ่ง เพราะจากการทำงานของหลาย ๆ ชนิดมีประสิทธิภาพมากกว่าดังที่กล่าว พฤกษเคมีสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่ม ประกอบด้วย caroteniod, phenolic, alkaloid, nitrogen-containing compound และ organosulfur compound ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มขององค์ประกอบแต่ละชนิดมากกว่า 5,000 ชนิด ในผัก ผลไม้และเมล็ดพืช โดย phenolic มีองค์ประกอบของวงแหวนกับกลุ่มไฮดรอกซิน หนึ่งกลุ่มหรือมากกว่า โดยทั่วไปสารประกอบที่จัดในกลุ่มนี้ได้แก่ phenolic acid, flavoniod, stilbene, coumarin และ tannin ซึ่ง แคโรทีนอยด์ เป็นสารรงควัตถุที่เกิดในธรรมชาติและเป็นกลุ่มที่ได้รับความสนใจเพราะมีความสำคัญในการเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามินเอ และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ซึ่งจากการจำแนกชนิดของสารประกอบแคโรทีนอยด์มีมากกว่า 600 ชนิด โดยทั่วไปแคโรทีนอยด์ในธรรมชาติจะอยู่ในรูปโครงสร้างทางเคมีชนิด -trans ประกอบไปด้วย lycopene, ß-carotene, ß -cryptoxanthin, lutein zeaxanthin, astaxanthin (Marcello et al., 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 เบตาแคโรทีน (ß -carotene)

ในผักผลไม้มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายแตกต่างกันแต่ละชนิด แหล่งของแคโรทีนอยด์พบมากในผักใบเขียว สีเหลือง สีส้ม น้ำมันปาล์มหรือผลไม้ แต่ไม่พบในพืชตระกูลส้ม โดยเฉพาะผักผลไม้ที่มีสีเหลือง ส้ม รวมทั้งสีเขียวก็อุดมไปด้วยสารเบตาแคโรทีนเช่นกัน (Leonardi et al., 2000; Rein and Herbers, 2006) โดยทั่วไป ß -carotene ในมะเขือเทศมีปริมาณเฉลี่ย 0.23-2.83 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Linda et al., 1995) (Table 1)

Table 2.1 Caroteniod contents in tomatoes (mg/100 g)

Sample	ß - carotene	γ- carotene	ζ- carotene	lutein	lycopene	neurosporene	phytoene	phytofluene	lycopene-5-6-diol
whole tomatoes	0.23	1.5	0.21	9.27	0.08	1.11	1.86	0.82	0.11
catsup	0.59	3.03	0.33	nd	17.23	2.63	3.39	1.54	0.18
spaghetti sauce	0.44	3.02	0.34	0.16	15.99	3.15	2.77	1.56	0.17
tomato paste	1.27	9.98	0.84	0.34	55.45	6.95	8.36	3.63	0.44
tomato puree	0.41	2.94	0.25	0.09	16.67	2.11	2.4	1.08	0.17
tomato sauce	0.45	3.17	0.29	<0.005	17.98	2.48	2.95	1.27	0.16
tomato soup	0.23	1.95	0.17	0.09	10.92	1.53	1.72	0.72	0.11
tomato juice	0.27	1.74	0.18	0.06	10.77	1.23	1.9	0.83	0.11

Source: Modified Linda et al., 1995

2.2 โรคและปัญหาในการผลิตมะเขือเทศ

มะเขือเทศเป็นพืชผักที่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลงได้ค่อนข้างง่าย ทำให้ผลผลิตเกิดการสูญเสียทั้งคุณภาพและปริมาณ เช่น โรคที่เกิดจากเชื้อสาเหตุจาก ไวรัส แบคทีเรีย เชื้อรา ไส้เดือนฝอย หรือแม้กระทั่งสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม สามารถส่งผลกระทบต่อการผลิตมะเขือเทศได้ โรคที่มักพบบ่อยและมีความสำคัญต่อการผลิตทั้งเพื่อการบริโภคสดและการผลิตเพื่อเมล็ดพันธุ์ เช่น โรคเน่าคอดิน (Damping off) จากเชื้อ *Rhizoctonia solani Pythium* โรคเหี่ยวเหลืองจากเชื้อ *Fusarium oxysporum* โรคเหี่ยวเหลืองจากเชื้อ *Sclerotium rolfsii* โรคใบด่างเรียวเล็กจากเชื้อ *Cucumber Mosaic Virus* โรครากปมจากไส้เดือนฝอย (*Meloidogyne* spp.) โรคใบจุดจาก *Xanthomanas campestris* โรคเหี่ยวเขียว จากเชื้อ *Ralstonia solanacearum* และโรคใบหงิกเหลืองที่เกิดจากเชื้อ *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Begomovirus

โรคที่เกิดจากไวรัสในมะเขือเทศมีหลายชนิดซึ่งการเรียกชื่อนั้นขึ้นอยู่กับการเข้าทำลายของพืชอาศัย และสามารถถ่ายทอดผ่านแมลงได้หลายชนิดเช่น เพลี้ยไฟ ไรขาว เพลี้ยอ่อน และแมลงหวี่ขาวเป็นต้น สำหรับโรคไวรัสที่กำลังแพร่ระบาดในมะเขือเทศอย่างรุนแรงคือโรคไวรัสที่ถ่ายทอดผ่านแมลงหวี่ขาวได้มี 2 ชนิดคือ 1) Crinivirus ที่อยู่ใน วงศ์ Closteroviridae พบครั้งแรกในมะเขือเทศ (ToCV) (Wisler et al., 1998; Prakash and Singh, 2006) โรคดังกล่าวส่งผลให้มะเขือเทศและพริกมีอาการใบเหลือง ใบอ่อนม้วนขึ้นด้านบน และต้นหยุดชะงักการเจริญเติบโต และ 2) Begomovirus ที่ในวงศ์ Geminiviridae ซึ่งไวรัสวงศ์นี้แบ่งได้เป็น 4 สกุล ประกอบไปด้วย Martrevirus, Curtovirus, Begomovirus และ Tospovirus ขึ้นอยู่กับลักษณะของจีโนมไวรัส (mono-หรือ bipartite) มีแมลงพาหะคือ แมลงหวี่ขาว เพลี้ยจั๊กจั่นและพืชอาศัยหลายชนิดทั้งพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ จีโนมของ geminivirus เป็น DNA สายเดี่ยว single stranded DNA (ssDNA) ที่เป็นอนุภาคมีรูปหลายเหลี่ยมซึ่งจีโนมชนิดนี้ สามารถเพิ่มจำนวนและอาศัยอยู่ในเซลล์พืชได้ นอกจากนั้นแล้วไวรัสยังสามารถเคลื่อนย้ายภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ของต้นที่เป็นโรคได้ อย่างไรก็ตามการเคลื่อนย้ายและการเพิ่มจำนวนไวรัสนั้นยังขึ้นอยู่กับพืชอาศัยด้วย Geminivirus ที่สามารถเข้าทำลายพืชสามารถส่งถ่ายโรคแบบถาวรผ่านแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* ซึ่งอนุภาคของไวรัสแบบ mono partite (DNA –A) และ bipartite (DNA-A และ DNA-B) จะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มปริมาณไวรัสจากกิจกรรมการเคลื่อนย้ายโปรตีน capsid แต่สำหรับ DNA-B นั้นเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายโปรตีนที่สำคัญ ส่งผลให้พืชมีอาการหงิกเหลืองทั้งในผลและใบ ลำต้นแคระแกรน การเจริญเติบโตหยุดชะงักหรือไม่สามารถพัฒนาต่อได้ จึงส่งผลถึงการลดลงของผลผลิต การแพร่ระบาดและความเสียหายของ ปัจจุบันไวรัสได้จำแนกตามเกณฑ์ของ International committee on taxonomy of virus (ICTV) Begomovirus species มีประมาณ 89% นอกจากนี้แล้วยังพบว่าโรคดังกล่าวสามารถถ่ายทอดจากพริกผ่านแมลงหวี่ขาว *B. tabaci* ไปสู่ต้นยาสูบ มะเขือเทศ บีทรูท มะละกอ งา ได้อีกด้วย (Pal and Tandon, 1937) ดังนั้นจึงทำให้การป้องกันกำจัดโรคดังกล่าวทำได้ยาก

2.4 แมลงหวี่ขาว

แมลงหวี่ขาว (whitefly) *Bemissia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) เป็นพาหะที่มีวงจรชีวิตสั้น ทำให้การระบาดเป็นไปอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันยังมีพืชอาศัยเป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่จะอยู่ในวงศ์ Solanaceae เช่น มะเขือเทศ พริก ยาสูบ มะเขือ เป็นต้น และวัชพืช เช่น สาบแร้งสาบกา กะเม็ง โทงเทง กระทกรก และเป็นแมลงพาหะนำโรคที่ทำความเสียหายต่อพืชปลูกในเขตพื้นที่ร้อนและกึ่งร้อนคิดเป็นมูลค่าหลายล้านดอลลาร์สหรัฐ (Brown, 1994) นอกจากนี้แล้ว แมลงหวี่ขาวยังทำความเสียหายให้แก่ต้นพืชโดยตรง เช่น ทำให้พืชสูญเสียธาตุอาหาร ทำให้พืชมีความผิดปกติทางด้านสรีรวิทยา เป็นต้น แมลงหวี่ขาวที่พบในมันเทศหรือฝ้ายสามารถเป็นแมลงพาหะ (vector) นำโรคไวรัสชนิด Geminivirus ได้หลายชนิด ในสกุลของ Begomovirus ที่ย่อมาจาก Bean golden mosaic virus ในชนิดหรือ family *Geminividae* สามารถนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรคจากพืชพันธุ์ป่าถ่ายทอดสู่พืชที่ปลูกได้ ปัจจุบันมี Begomovirus นี้มีมากกว่า 100 ชนิดที่สามารถถ่ายทอดผ่านแมลงหวี่ขาวจำนวน 2 biotype คือ B และ Q biotype (Figure 1) ไปสู่พืชอาศัยที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจได้ประมาณ 20 ชนิด เช่น ถั่วแขก ถั่วเขียวผิวดำ, ถั่วลันเตา ถั่วเหลือง มะเขือเทศ มันฝรั่ง มะเขือพริก พริกไทย เมล่อน แตงโม ฝักทอง กระเจี๊ยบ และมันสำปะหลัง แมลงหวี่ขาว B biotype มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากกว่า Q biotype อย่างไรก็ตาม Q biotype นั้นมีความรุนแรงมากกว่า และทั้งสอง B และ Q biotype มีสามารถแยกความแตกต่างได้ด้วยสารชีวเคมี DNA และมีพืชอาศัยที่แตกต่างกัน (Horowitz and Ishaaya, 2014) ดังนั้นการควบคุมโรคดังกล่าวจึงควบคุมการแพร่ระบาดของแมลงหวี่ขาวโดยวิธีการฉีดพ่นเสปรย์สารเคมีกำจัด เช่น อิมิดาคลอไพลริด นิโคตินซัลเฟต เมธิลพาราไธออน และคิร์โบซัลเฟน เป็นต้น ประกอบกับปัจจุบันยังไม่มีพันธุ์การค้าที่ต้านทานต่อโรคไวรัสดังกล่าวยัง และเกษตรกรมีการใช้สารเคมีในการควบคุมป้องกันกำจัดแมลงหวี่ขาวมาเป็นเวลานาน จึงส่งผลให้แมลงนั้นอาจเกิดการต้านทานต่อสารเคมีและสามารถป้องกันและกำจัดได้ยากมากขึ้น

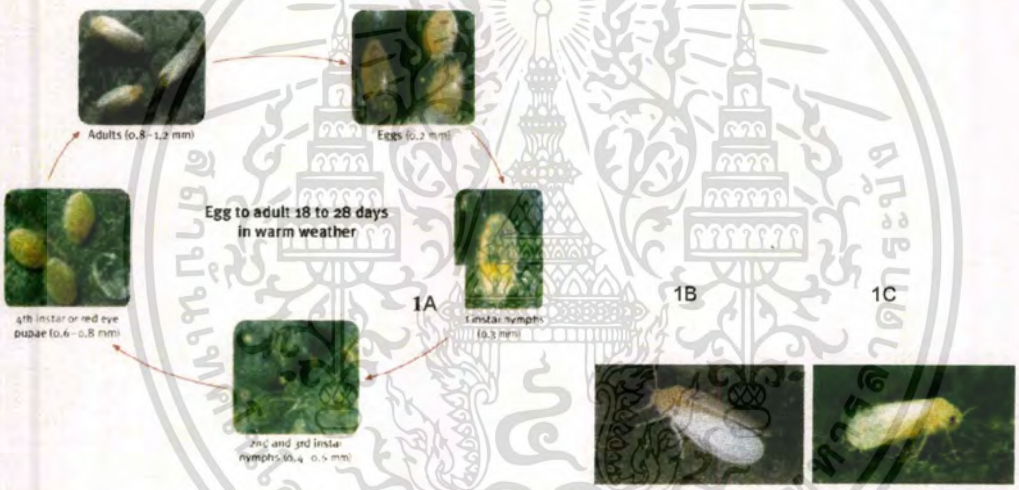

Figure 2.1 1A; Life cycle of silver whitefly which transmitted Begomovirus, 1B; whitefly Q biotype and 1C; whitefly B biotype Sources; 1A และ 1B; https://www.daf.qld.gov.au/__data/assets/image/0005/56174/varieties/thumb-500.jpg และ 1C; http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leaf/silverleaf_whitefly03.jpg.

2.5 การจัดการไวรัสที่เข้าทำลายมะเขือเทศ

2.5.1 การทำการเขตกรรม

การจัดการไวรัสมี 3 หลักการ คือ 1) การป้องกันหรือการลดอัตราการเกิดไวรัส 2) การป้องกันหรือการลดอัตราการแพร่กระจายของไวรัสและ 3) การลดความรุนแรงของการเกิดโรคไวรัสและลดผลกระทบที่ส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต ซึ่งการจัดการไวรัสนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของไวรัส แมลงพาหะ และความรุนแรงในการเกิดโรค ในการจัดการควบคุมการเกิดไวรัสนั้นจะเริ่มต้นจากการจัดการเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์ ต้นกล้า การปลูกดูแลรักษาทั้งในแปลงปลูกในโรงเรือนเพาะปลูก อันดับแรกต้องใช้เมล็ดพันธุ์ที่ปราศจากการปนเปื้อนของโรค เพื่อลดการปนเปื้อนของเมล็ดพันธุ์จะต้องการทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ก่อนนำไปเพาะโดยนำเมล็ดไปแช่ใน trisodium phosphate 15% นาน 20 นาที หลังจากนั้นค่อยนำมาล้างด้วยน้ำเปล่าให้สะอาด แล้วค่อยผึ่งเมล็ดให้แห้ง (Rast and Stijger, 1987) ในกรณีที่ต้องการจัดเก็บเมล็ดพันธุ์แต่ถ้าต้องการเพาะต่อก็สามารถนำเมล็ดไปเพาะในวัสดุที่สะอาดปราศจากโรค โดยวัสดุที่นำมาใช้ในการเพาะต้องมั่นใจว่าไม่เป็นวัสดุเก่าที่เคยปลูกต้นที่เป็นโรคมาก่อนหรือเพื่อให้มั่นใจก็สามารถนำวัสดุปลูกไปอบฆ่าเชื้อก่อนนำมาใช้ และนอกจากนั้นวัสดุอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ต้องสะอาด เช่น ถาดเพาะกล้า ชั้นวาง และมือของผู้ปฏิบัติงานก็จำเป็นต้องล้างด้วยน้ำยาล้างมือเพื่อลดการปนเปื้อนจากผู้ปฏิบัติงาน และนอกจากนั้นแล้วต้นกล้าจำเป็นต้องเก็บไว้ในที่ปลอดจากต้นที่ไม่มีเป็นพาหะนำโรค เศษซากพืช หรือวัชพืชที่เป็นพืชอาศัยของไวรัส เนื่องจากไวรัสบางตัวสามารถมีชีวิตอยู่ข้ามฤดูกาลได้ โรงเรือนที่ใช้สำหรับเพาะกล้าจำเป็นต้องใช้มุ้งตาข่ายที่มีความถี่มากกว่า 32 mesh เพื่อป้องกันแมลงจำพวก เพลี้ยไฟ เพลี้ยอ่อน และแมลงหวี่ขาว (Kenyon et al., 2014) เป็นต้น เมื่อสังเกตเห็นต้นที่แสดงอาการของโรคไวรัสควรที่จะนำออกอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการแพร่กระจายและหลังจากที่สัมผัสต้นที่เป็นไวรัสแล้วไม่ควร ไปสัมผัสต้นที่ไม่เป็นโรค การจัดการในโรงเรือนเพาะปลูกหรือแปลงปลูก (ถ้าเป็นโรงเรือนมุ้งตาข่ายควรทำประตู 2 ชั้น เพื่อป้องกันไม่ให้แมลงเข้า) ควรมีการใช้กาวเหนียวล่อ ดักแมลง (Colored sticky traps) สามารถทาลงบนฟิวเจอร์บอร์ดสีต่างๆ ได้ เช่น สีเหลือง สีน้ำเงินเป็นต้น และนอกจากนั้นอาจมีการควบคุมศัตรูพืชด้วยชีววิธีโดยการใช้ตัวห้ำในการควบคุมแมลงพาหะ เช่น ด้วงเต่า ด้วงเต่าตัวห้ำ และมวนตัวห้ำ

2.5.2 การจัดการแมลงพาหะด้วยยาฆ่าแมลง

จำนวนหรือชนิดของยาฆ่าแมลงที่สามารถใช้ได้ประกอบด้วยสารประกอบที่แตกต่างกัน ซึ่งการผลิตมะเขือเทศมีการใช้อย่างต่อเนื่องและเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้องการที่จะควบคุมโรคไวรัสที่ทำให้เกิดอาการใบหงิกและเหลืองได้อย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามการใช้ยาฆ่าแมลงในการควบคุมแมลงจะใช้ไม่ได้ผลกับกับไวรัสที่เป็นแบบ non-persistent transmission เช่น CMV AMV และ พวก Potyvirus สำหรับไวรัสจำพวก persistantly transmitted virus เช่น Polerovirus, Begomovirus และ Tospovirus การใช้สารเคมีจะได้ผลดีมากกว่าเนื่องจากแมลงที่เป็นพาหะของไวรัสกลุ่มนี้ต้องใช้เวลาในการถ่ายทอดโรคนานกว่า ในการควบคุมแมลงหวี่ขาวนั้นสามารถควบคุมได้ด้วยสารสกัดจากพืช (neem seed kernel extract) หรืออาจใช้สารสังเคราะห์ เช่น อิมิดาคลอพริด ยา Spinosad เป็นนวัตกรรมยาฆ่าแมลงพบในแบคทีเรียชนิด *Saccharopolyspora spinosa* อย่างไรก็ตามแมลงพาหะนำโรคไวรัสมีวงจรชีวิตสั้นประกอบกับมีพืชอาศัยที่กว้าง ดังนั้นแมลงเหล่านี้จึงมีวิวัฒนาการและมีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Kenyon et al., 2014)

2.6 การปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศต้านทานไวรัสใบหงิกเหลือง

การปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศให้ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองนี้เริ่มต้นจากจำแนกหรือหาพันธุ์ต้านทาน Cohen and Harpaz (1964) พบว่ามีมะเขือเทศพันธุ์ปลูกสามารถต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลืองสูงสุดได้ในระดับปานกลางเท่านั้น Cohen and Nitzany (1966) ได้ค้นพบมะเขือเทศพันธุ์ป่า (*L. pimpinellifolium* and *L. peruvianum*) ที่สามารถต้านทานต่อโรค TYLCV ต่อมาจึงได้ศึกษาพันธุกรรมยีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานโดยทำการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ปลูกกับพันธุ์ป่า (currant tomato/accession LA121) พบว่ายีนที่ควบคุมโรคดังกล่าวนั้นเป็นแบบข่มไม่สมบูรณ์ (Incomplete dominant gene) ยีนเด่นแบบข่ม (single dominant gene) (Pilowski and Cohen, 1974) แต่ในทางตรงกันข้ามยีนต้านทานไวรัส TYLCV ในมะเขือเทศพันธุ์ PI 126935 (L. *peruvianum*) มียีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานแตกต่างกันคือเป็นแบบ ยีนด้อย (single recessive gene) จำนวน 5 ยีน และในปี 1977 เป็นต้นมาจึงได้เริ่มพัฒนาพันธุ์ให้ต้านทานต่อโรคดังกล่าวและได้ลูกผสม TY-20 ที่สามารถต้านทานต่อไวรัสได้ (Pilowski and Cohen, 1990) และได้สายพันธุ์อื่นๆ ที่สามารถต้านทาน/ทนทาน เช่น TY172, TY197, TY198 และ TY536 (Lapidot et al., 1997; Friedmann et al., 1988) อย่างไรก็ตามในพันธุ์การค้า (*Solanum lycopersicum*) ส่วนใหญ่ยังไม่สามารถต้านทานต่อไวรัสใบหงิกเหลืองได้ดีเท่ากับมะเขือเทศพันธุ์ป่า เช่น *S. chilense*, *S. habrochaites* f. *glabratum* และ *S. peruvianum* ซึ่งในมะเขือเทศพันธุ์ป่าเหล่านี้ได้ค้นยีนต้านทานจำนวน 5 ยีน คือ *Ty-1*, *Ty-2*, *Ty-3*, *Ty-4* และ *Ty-5* ยีน *Ty-1*, *Ty3* และ *Ty3a* บนโครโมโซมแท่งที่ 6 พบในมะเขือเทศ *S. chilense* สายพันธุ์ LA1969 (Zamir et al., 1994) LA2779 และ LA1932 ตามลำดับ (Ji et al., 2007) ยีน *Ty-2* พบบนโครโมโซมแท่งที่ 11 ในมะเขือเทศ *S. habrochaites* (B6013) (Hanson et al., 2006) ในขณะที่มะเขือเทศพันธุ์ LA1932 (*S. chilense*) พบยีนต้านทาน *Ty-4* อยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 3 แต่มีผลต่อการแสดงออกของความต้านทานน้อยกว่าทุกยีน และยีน *Ty-5* ที่อยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 4 พบในมะเขือเทศพันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ชื่อ TY172 (*S. peruvianum*) (Anbinder et al. 2009) ปัจจุบันพบมะเขือเทศพันธุ์ FLA456 ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ TYLCTHV ที่ระบาดในเมืองไทย พันธุ์ดังกล่าวพบยีนต้านทานจำนวน 4 ยีน คือมียีนหลักจำนวน 2 ยีน (major gene) และ ยีนรองจำนวน 2 ยีน (minor gene) การปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศให้ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองจำเป็นต้องทำการรวมยีนแบบ pyramiding gene เพื่อรวมยีนต้านทานเข้าด้วยกันและจะสามารถต้านทานต่อโรคไวรัสแบบกว้างได้ (Broad resistance) (Kadirvel et al., 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 คัดเลือกพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

3.1.1 พันธุ์มะเขือเทศ

นำพันธุ์มะเขือเทศจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์วิจัยพืชผักของโลกประเทศไต้หวัน และพันธุ์การค้าการเปรียบเทียบจาก บริษัท ทีเคอาร์แอนด์ดีมาจำนวน 24 พันธุ์ (Table 3.1) มาปลูกทดสอบในสภาพแปลงทำการเพาะกล้าในช่วงเดือน ธันวาคม 2558 และย้ายปลูกช่วงเดือน มกราคม-เมษายน 2559 ภายใต้สภาพแปลงปลูกคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขนาดแปลงปลูกกว้าง 1.2 เมตรปลูกแถวคู่ระยะห่างระหว่างต้น 50 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ RCBD 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้นรวม 480 ต้น ใส่ปุ๋ยรองพื้น 15-15-15 อัตรา 50 ต่อไร่ ให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์ และให้ปุ๋ยสูตร 15-0-0 ร่วมกับปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ทุกๆ 15 วัน ในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ระยะออกดอกและติดผลให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกๆ 15 วัน สำหรับการตัดแต่งมะเขือเทศพันธุ์พุ่มจะตัดแต่งแขนงข้างเฉพาะใต้ดอกช่อแรก พันธุ์กึ่งเลื้อยไว้กิ่งจำนวน 4-5 กิ่ง และสำหรับพันธุ์เลื้อยไว้ 2 กิ่ง

สำหรับเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ดีเพื่อให้เป็นพันธุ์ดี (Elite line) หรือใช้เป็นพันธุ์แม่คือ 1) เป็นพันธุ์ที่ให้สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดีโดยวัดจาก ผลผลิตสูง (2 กิโลกรัมต่อต้น) 2) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%brix) สูง (> 9%) และ 3) เป็นพันธุ์ที่มีคุณภาพในการบริโภคดี คือ มีความแน่นเนื้อสูง กรอบ เปลือกผลไม่เหนียว เป็นต้น

การประเมินการเกิดโรค

1) การประเมินโรคในสภาพแปลงปลูก (Natural infection)

ประเมินการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองของมะเขือเทศทั้ง 24 สายพันธุ์ โดยแบ่งเป็นพันธุ์ที่ต้องการตรวจสอบ 21 สายพันธุ์ พันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบ 2 สายพันธุ์ และพันธุ์อ่อนแอเช็ค 1 สายพันธุ์ (Table 2) (ประเมินจากต้นมะเขือเทศที่ปลูกในแปลงจากข้อ 1.1) ประเมิน 4 ครั้งห่างกัน 15 วัน หลังย้ายปลูก 1 เดือน โดยให้คะแนนความรุนแรงของการเกิดโรค 6 ระดับตามวิธีการของ The World Vegetable Center (AVRDC) คือ 1= ต้นปกติ ถึง 6 = ต้นแคระแกรนไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ (Fig. 3.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3.1 TYLCV disease symptoms scoring from 1 to 6 for evaluation tomato varieties

3.2 การประเมินการเกิดโรคในระดับห้องปฏิบัติการ

นำมะเขือเทศพันธุ์พ่อแม่ พันธุ์ต้านทานและอ่อนแอเช็คจำนวน 12 สายพันธุ์ มาเพาะกล้าในถาดหลุม ขนาด 104 หลุม เมื่อได้ต้นกล้าอายุ 15 วันแล้วย้ายเข้าไปปลูกเชื้อในโรงเรือนที่มีแมลงหวี่ขาวที่ติดโรคไวรัสใบหงิกเหลือง หลังจากนั้นนำต้นกล้ามาย้ายปลูกในกระถางในโรงเรือน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized block design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น ประมาณ 15 วัน แล้วทำการประเมินผลการเกิดโรคทุกๆ สัปดาห์ โดยให้คะแนนความรุนแรงการเกิดโรค คือ 1= ต้นปกติ ถึง 6 = ต้นแคระแกรนไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ (Fig. 3.1) (Kadirvel et al., 2013) แล้วนำข้อมูลการเกิดโรควิเคราะห์ด้วยโปรแกรม statistic 8 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเกิดโรคด้วย LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

นำผลการทดสอบการเกิดโรคในสภาพแปลงปลูก (natural infection) และผลการทดสอบในโรงเรือนมา combined เป็นการเกิดโรค 2 สถานที่แล้วคัดเลือกเอาสายพันธุ์ที่สามารถต้านทานที่ระดับ 1-2 เพื่อมาเป็นพันธุ์ต้านทาน (พันธุ์พ่อ)

Table 3.1 List of 16 tomato varieties and their resistant genes to Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) and Bacterial wilt disease resistance (BW)

No.	KM code	Name/Pedigree	Country	Remarks
1	KM-T10001	Snack slim 502-SP-SH35	Thailand	commercial cultivar
2	KM-T10002	GT-1-2-(18P2)	Thailand	TY3/TY3 Snack slim SP.
3	KM-T10003	Cindy sweet-coctial SP. UG J	Thailand	F2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	KM code	Name/Pedigree	Country	Remarks
4	KM-T10004	Golden princess	Thailand	commercial cultivar
5	KM-T10005	Black cherry	Thailand	commercial cultivar (susceptible check)
6	KM-T10006	Red lady	Thailand	commercial cultivar
7	KM-T10007	Lyco red	Thailand	commercial cultivar
8	KM-T10008	CHRY	Thailand	commercial cultivar
9	KM-T10009	CLN2070A	AVRDC	TMV
10	KM-T10010	CLN2071C	AVRDC	TMV
11	KM-T10011		AVRDC	TMV
12	KM-T10012	CLN3150A-5	AVRDC	Ty-2/ Ty-2,Ty-5/ Ty-5 (resistant check)
13	KM-T10013	CLN3447A	AVRDC	Ty-2/ Ty-2,Ty-3a/Ty-3a,Ty-5/ Ty-5 (resistant check)
14	KM-T10014	CLN3078C	AVRDC	Ty-2/ Ty-2,Ty-3/Ty-3 (resistant check)
15	KM-T10015	CLN3241H-27	AVRDC	Ty-2/ Ty-2,Ty-3/Ty-3 (resistant check)
16	KM-T10016	-	Thailand	BW
17	-	Manee Tubtim	KKU	Elite line
18	-	VF-134	KKU	Elite line
19	KM-T10018	-	Japan	commercial cultivar
20	KM-T10020	-	Japan	commercial cultivar
21	KM-T10021	-	Japan	commercial cultivar
22	KM-T10022	-	Japan	commercial cultivar
23	KM-T10024	-	Japan	commercial cultivar
24	-	SNS2	Thailand	commercial cultivar

3.3 การประเมินผลผลิตและคุณภาพผลผลิต

การเก็บผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ทำการเก็บสุ่มจากต้น จำนวน 5 ต้น จนกว่าจะสิ้นสุดการให้ผลผลิตสำหรับพันธุ์ที่ให้ผลผลิตนาน ทำการแยกเก็บเพียง 5 ครั้ง ข้อมูลในครั้งสุดท้ายที่เก็บจะทำการเก็บผลผลิตทั้งผลสุกและผลดิบ เพื่อนำมารวมเป็นผลผลิตต่อต้น รายละเอียด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ผลผลิตต่อต้น (กรัม) ชั่งน้ำหนักผล เฉลี่ย 5 ต้นต่อซ้ำ

2) จำนวนผลต่อต้น (ผล) นับจำนวนผล เฉลี่ย 5 ต้นต่อซ้ำ

3) น้ำหนักต่อผล (กรัม) ชั่งน้ำหนัก เฉลี่ย 10 ผลต่อซ้ำ

4) ความกว้างผล (มิลลิเมตร) วัดจากเส้นผ่าศูนย์กลางของผล เฉลี่ย 10 ผลต่อซ้ำ

5) ความยาวผล (มิลลิเมตร) โดยวัดจากก้นผลถึงส่วนที่ติดกับขั้วผล เฉลี่ย 10 ผลต่อซ้ำ

การเก็บลักษณะทางคุณภาพ สุ่มเก็บในการเก็บผลผลิตในครั้งที่ 2 เก็บในระยะผลสุกเต็มที่ ในตำแหน่งผลที่ 3 ของช่อที่ 2 และ/หรือ ช่อที่ 3 รายละเอียด ดังนี้

1) ความหนาเนื้อ (มิลลิเมตร) วัดจากความหนาเนื้อเฉลี่ยจากจำนวน 10 ผลต่อซ้ำ

2) ความแน่นเนื้อ (กรัมต่อตารางมิลลิเมตรหรือนิวตัน) วัดด้านข้างของผลด้วยเครื่อง penetrometer เฉลี่ย 10 ผลต่อต้น ใช้หัวกด 50 นิวตันลึก 0.5 -1 เซนติเมตร

3) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (% brix) วัดจากน้ำคั้นโดยใช้เครื่อง Digital Hand-held "Pocket" Refractometer PAL, Atago (R), Japan เฉลี่ยจากจำนวน 10 ผลต่อซ้ำ

4) วิเคราะห์ปริมาณสารไลโคพีน ดัดแปลงตามวิธีการของ Suwannalert (2006) ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 472 นาโนเมตร

3.4 การสร้างลูกผสมแบบ single cross และการปลูกประเมินปลูกผสม

ปลูกลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ครั้งที่ 1 (F_1-hybrid) 23 คู่ผสมเปรียบเทียบพันธุ์การค้าจำนวน 8 สายพันธุ์ โดยประเมินจากผลผลิต คุณภาพผลผลิต และความสามารถในการต้านทานโรคด้วยการประเมินในสภาพการเกิดโรคตามธรรมชาติ และประเมิน การเก็บผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ทำการเก็บสุ่มจากต้นจำนวน 5 ต้น จนกว่าจะสิ้นสุดการให้ผลผลิตสำหรับพันธุ์ที่ให้ผลผลิตนาน ทำการแยกเก็บเพียง 5 ครั้ง ข้อมูลในครั้งสุดท้ายที่เก็บจะทำการเก็บผลผลิตทั้งผลสุกและผลดิบ เพื่อนำมารวมเป็นผลผลิตต่อต้น รายละเอียดดังนี้

1) ผลผลิตต่อต้น (กรัม) ชั่งน้ำหนักผล เฉลี่ย 5 ต้นต่อซ้ำ

2) จำนวนผลต่อต้น (ผล) นับจำนวนผล เฉลี่ย 5 ต้นต่อซ้ำ

3) น้ำหนักต่อผล (กรัม) ชั่งน้ำหนัก เฉลี่ย 10 ผลต่อซ้ำ

4) ความกว้างผล (มิลลิเมตร) วัดจากเส้นผ่าศูนย์กลางของผล เฉลี่ย 10 ผลต่อซ้ำ

5) ความยาวผล (มิลลิเมตร) โดยวัดจากก้นผลถึงส่วนที่ติดกับขั้วผล เฉลี่ย 10 ผลต่อซ้ำ

การเก็บลักษณะทางคุณภาพ สุ่มเก็บในการเก็บผลผลิตในครั้งที่ 2 เก็บในระยะผลสุกเต็มที่ ในตำแหน่งผลที่ 3 ของช่อที่ 2 และ/หรือ ช่อที่ 3 รายละเอียด ดังนี้

1) ความหนาเนื้อ (มิลลิเมตร) วัดจากความหนาเนื้อเฉลี่ยจากจำนวน 10 ผลต่อซ้ำpenetrometer เฉลี่ย 10 ผลต่อต้น ใช้หัวกด 50 นิวตันลึก 0.5 -1 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (% brix) วัดจากน้ำคั้นโดยใช้เครื่อง Digital Hand-held "Pocket" Refractometer PAL, Atago (R), Japan เฉลี่ยจากจำนวน 10 ผลต่อซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลงานวิจัย

4.1 คัดเลือกพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

4.1.1 การประเมินโรคในสภาพแปลงปลูก (Natural infection)

จากการประเมินการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองของมะเขือเทศทั้ง 24 สายพันธุ์ โดยแบ่งเป็นพันธุ์ที่ต้องการตรวจสอบ 16 สายพันธุ์ พันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ และพันธุ์อ่อนแอเช็ค 1 สายพันธุ์ (Table 3) (ประเมินจากต้นมะเขือเทศที่ปลูกในแปลงจากข้อ 1.1) ประเมิน 4 ครั้งห่างกัน 15 วัน หลังย้ายปลูก 1 เดือน โดยให้คะแนนความรุนแรงของการเกิดโรค 6 ระดับตามวิธีการของ The World Vegetable Center (AVRDC) คือ 1= ต้นปกติ ถึง 6 = ต้นแคระแกรน ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ (Fig. 3)

ลักษณะความแน่นเนื้อและทนทานต่อการเกิดโรคในแปลงปลูก ก็เป็นอีกลักษณะที่ใช้คัดเลือกมะเขือเทศรับประทานผลสด จากมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กทั้งหมด 15 พันธุ์ พบว่า กลุ่มที่ 1) ผลกลม (round) จำนวนทั้งหมด 6 พันธุ์มีทั้งสีแดงและสีส้มมีความแน่นเนื้ออยู่ระดับปานกลางและสามารถทนทานต่อการเกิดโรคได้ดี 2) กลุ่มผลรี (pear shape high round และ lengthened) พบว่ามี 4 พันธุ์มีสีแดงเนื้อแน่นและทนทานต่อการเกิดโรคในแปลงปลูกและเหมาะสมสำหรับการคัดเลือกเป็นเป็นต้านทาน คือ CHRY SNS2 SNS1 CD sweet และ GTS1 และ 3) กลุ่มผลกลมแบน (flattened) พบว่าเนื้อแน่นปานกลางและสามารถทนทานต่อการเกิดโรคในแปลงได้ดีซึ่งแสดงความต้านทานได้ดีเช่นเดียวกันกับพันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบ (Fig. 4)

4.1.2 การประเมินโรคด้วยการปลูกเชื้อ

คัดเลือกมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กจำนวน 9 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ 1 พันธุ์ และพันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบ 2 พันธุ์ ด้วยเทคนิคการเสียบยอดสามารถจัดกลุ่มตามระดับคะแนนการเกิดโรคได้เป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 ต้านทานมาก (HR) คือพันธุ์ CLN3241H-27 เป็นพันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบจาก The World Vegetable center (AVRDC) แสดงคะแนนการเกิดโรคในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 คือ 0.10-0.65 กลุ่มที่ 2 คือต้านทาน (R) พบในมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กพันธุ์ใหม่ คือพันธุ์ GT1-2-7 แสดงคะแนนการเกิดโรคในสัปดาห์ที่ 1-4 คือ 0.36-1.23 เนื่องจากมะเขือเทศดังกล่าวผ่านการรวมยีนจากมะเขือเทศหลายสายพันธุ์และถูกคัดเลือกตามระดับความต้านทานในแปลงปลูก และกลุ่มที่ 3 คืออ่อนแอมาก (HS) จำนวน 8 สายพันธุ์ คือ Cindy sweet, Red lady, Lycored, CHRY, Black cherry, Yellow sweet, Maneetabtim และ VF-134 พบว่าตอบสนองต่อการเกิดโรคในระดับที่รุนแรงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 โดยมีคะแนนการเกิดโรคตั้งแต่ 2.50 ถึง 4.00 เช่นเดียวกันกับพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ (สีดาทิพย์) (Table 4.1; Fig.4.1) (บุญส่ง และกรุง, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4.1 Disease responses of 12 tomato varieties by using artificial screening method with 4 weeks after inoculation

Pedigree name	Source[a/]	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks	Disease response
GT1-2-7[1/]	KKU	0.36e	1.03f	1.21e	1.23c	R
Cindy sweet [1/]	KKU	2.76bc	2.86d	3.23cd	3.36b	HS
Red lady[1/]	KKU	2.50b	3.03cd	3.30b-d	4.0a	HS
Lycored[1/]	KKU	3.00ab	3.40b	3.80a	3.96a	HS
CHRY[1/]	KKU	2.76bc	4.00a	4.00a	4.00a	HS
Black cherry[1/]	KKU	1.11d	2.47e	3.41bc	3.83a	HS
Yellow sweet[1/]	KKU	nt	nt	nt	nt	nt
Maneetabtim[1/]	KKU	3.01ab	3.25bc	3.52b	3.83a	HS
VF-134[1/]	KKU	3.18a	3.28bc	3.52b	3.76a	HS
CLN3447A [2/]	KKU	nt	nt	nt	nt	nt
CLN3241H-27[2/]	AVRDC	0.10e	0.16g	0.62f	0.65d	HR
Seedatip 4[3/]	KU	3.30a	3.30bc	3.40d	3.83a	HS
Mean		2.21	2.68	2.97	3.24	
F-test		**	**	**	**	
C.V.%		6.62	6.27	5.00	4.49	

Mean in each colum followed by different letter indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 1 % probability level (**)

[a/] KKU = Khon Kaen University, KU = Kasetsart University, AVRDC = The World Vegetable Center

nt; not detect

[1/] Cherry type, [2/] Table type (Resistant check) and [3/] Seeda type (Susceptible check)

4.2 คัดเลือกพันธุ์มะเขือเทศลักษณะผลผลิตและคุณภาพผลผลิต

จากการประเมินมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์วิจัยพืชผักของโลกประเทศไต้หวัน และพันธุ์การค้าการเปรียบเทียบจาก บริษัท ทีเคอาร์แอนด์ดี มาจำนวน 16 พันธุ์ โดยการปลูกทดสอบในสภาพแปลง ช่วงเดือนตุลาคม 2559 – เดือน มีนาคม 2560 ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขนาดแปลงปลูกกว้าง 1.2 เมตรปลูกแถวคู่ระยะห่างระหว่างต้น 50 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ RCBD 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้นรวม 480 ต้น พบว่า จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนในทุกสายพันธุ์มีความแตกต่างกันในทุกลักษณะ (ผลผลิต จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักต่อผล ความกว้างผล ความยาวผล และความหนาเนื้อ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Table 4.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4.1 Screening of tomato parental lines with TYLCV disease resistance during October 2015 to March 2016, at KMITL, Thailand

Table 4.2 Analysis of variances of yield, fruit traits in dry season trials at King Mongkut Institute of Technology, Thailand

Source of variation	MS					
	Yield (g.)	Fruit no. per plant	Fruit weight	Fruit width	Fruit length	Fruit thickness
Rep	30146	19.62	13.07	0.16	0.20	0.00
Variety	283086**	7818.66**	1576.61**	3.82**	3.51**	0.06**
Error	13668	105.52	12.21	0.24	0.06	0.00

จากการประเมินมะเขือเทศสามารถจัดกลุ่มมะเขือเทศออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ๆ คือ 1) กลุ่มผลเล็ก (ขนาดผล < 15 กรัม) ได้จำนวน 15 พันธุ์ คือ KM18 SNS2 KM20 KM21 KM24 KM22 YELLOW SNS1 GTS1 GOLDEN PRINTCESS RED LADY LYCORED CHRY และ CD SWEET และกลุ่มผลใหญ่ (ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบ) จำนวน 10 คือ 9S1 10S1 11S1 BLACK CHERRY 12S1 12S1 13S1 14S1 VF134 และ 15S1 (Table 4.3) ซึ่งภายในกลุ่มของมะเขือเทศผลเล็กสามารถจัดกลุ่มตามลักษณะผลได้ 5 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1) ผลกลม (round) จำนวน 6 พันธุ์ (KM18 KM21 KM24 KM22 RED LADY และ LYCORED) 2) กลุ่มผลรี (pear shape) จำนวน 2 พันธุ์ คือ SNS2 และ SNS1 3) กลุ่ม high round จำนวน 1 พันธุ์ คือ GOLDEN PRINTCESS 4) กลุ่มผลยาวรีจำนวน 4 พันธุ์ (lengthened) YELLOW KM20 GTS1 และ CHRY และ กลุ่มที่ 5) ผลกลมแบน (flattened) จำนวน 1 พันธุ์ คือ CD SWEET (Table 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ พันธุ์ดี (Elite line) หรือใช้เป็นพันธุ์แม่ในกลุ่มมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กคือ 1) เป็นพันธุ์ที่ให้สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดีโดยวัดจาก ผลผลิตสูง (2 กิโลกรัมต่อต้น) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%brix) สูง (> 9%) และมีคุณภาพในการบริโภคดี คือ มีความแน่นเนื้อสูง กรอบ เปลือกผลไม่เหนียวสามารถคัดเลือกได้ได้จำนวน 5 สายพันธุ์คือ CHRY, CD sweet, KM21, KM18 และ Red lady (Table 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4.3 Evaluation of yield, fruit traits of 24 tomato varieties in dry season trials at King Mongkut Institute of Technology, Thailand

Entry code	Pedigree	Yield (g./plant)	Fruit no. per plant	Fruit weight (g)	Fruit width (cm)	Fruit length (cm)	Fruit thickness (cm)
1	KM18	590.09^{fg}	56.40	8.11^{fghi}	2.26^{f-i}	2.42^{h-j}	0.16^{ij}
2	SNS2	208.50^{jkl}	24.28	9.24^{fgh}	1.84^{hi}	3.43^{df}	0.18^{ij}
3	KM20	346.50^{ijkl}	23.33	10.88^{fgh}	2.72^{e-g}	3.42^{ef}	0.29^{f-i}
4	KM21	610.20^{fg}	48.50	10.04^{fgh}	2.58^{e-h}	2.59^{g-j}	0.20^{h-j}
5	KM24	299.90^{jkl}	22.72	7.28^{f-j}	2.38^{f-i}	2.38^{ij}	0.21^{h-j}
6	KM22	391.70^{hijk}	16.22	9.22^{fgh}	2.67^{e-g}	2.53^{g-j}	0.24^{g-j}
7	YELLOW	180.20^{l}	39.17	9.48^{fgh}	4.03^{bcd}	3.25^{e-g}	0.18^{ij}
8	VF134	288.90^{jkl}	6.94	61.01^{b}	3.86^{cd}	5.42^{a}	0.61^{a}
9	SNS1	204.00^{kl}	31.58	6.86^{g-j}	2.00^{g-i}	3.70^{de}	0.23^{h-j}
10	GTS1	396.80^{hij}	30.40	12.39^{fg}	2.50^{e-i}	4.26^{b-d}	0.32^{e-h}
11	CD SWEET	742.00^{def}	46.26	21.83^{e}	3.28^{de}	3.21^{e-h}	0.32^{e-h}
12	GOLDEN PRINTCESS	596.10^{fg}	250.94	2.32^{l}	1.72^{i}	2.12^{ij}	0.14^{j}
13	BLACK CHERRY	342.10^{ijkl}	30.44	12.69^{f}	2.84^{ef}	2.77^{f-i}	0.22^{h-j}
14	RED LADY	336.00^{ijkl}	123.66	2.50^{kl}	1.80^{hi}	1.79^{j}	0.17^{ij}
15	LYCORED	495.10^{ghi}	82.94	6.53^{h-j}	2.45^{f-i}	2.28^{ij}	0.19^{ij}
16	CHRY	839.10^{cde}	86.21	8.66^{fgh}	2.46^{f-i}	3.56^{d-f}	0.37^{d-g}
17	9S1	551.60^{fgh}	9.08	59.45^{b}	4.85^{a}	5.18^{a}	0.57^{ab}
18	10S1	1,339.30^{a}	35.40	40.20^{d}	4.60^{abc}	4.27^{b-d}	0.36^{d-g}
19	11S1	896.80^{efg}	18.20	67.31^{a}	4.80^{abc}	4.76^{ab}	0.50^{a-c}
20	12S1	896.80^{cd}	38.27	41.34^{d}	4.81^{abc}	4.58^{a-d}	0.48^{a-e}
21	13S1	1,015.80^{bcd}	30.46	43.62^{d}	4.63^{abc}	4.66^{a-c}	0.49^{a-d}
22	14S1	626.40^{fg}	12.41	71.05^{a}	4.94^{a}	5.57^{a}	0.54^{ab}
23	15S1	1164.70^{ab}	30.44	53.19^{c}	4.84^{ab}	4.35^{b-d}	0.47^{b-e}
24	16S1	670.70^{efg}	26.75	42.40^{d}	4.38^{abc}	3.90^{c-e}	0.40^{c-f}
Mean		590.13	46.71	3.30	3.30	3.60	0.33
Entry mean square		**	**	**	**	**	**
C.V.%		19.81	21.99	13.57	14.85	7.12	12.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4.4 Fruit characteristics and natural disease resistance of 24 tomato varieties during October 2015 to March 2016 at KMITL, Thailand

Pedigree name	generation	Fruit shape	Fruit color	firmness	Natural disease infection (TYLCV)
KM18	F_1-hybrid	round	red	Medium	tolerance
SNS2	F_1-hybrid	lengthened	red	firm	tolerance
KM20	F_1-hybrid	Lengthened	yellow	medium	tolerance
KM21	F_1-hybrid	round	red	medium	tolerance
KM24	F_1-hybrid	round	orange	Medium	tolerance
KM22	F_1-hybrid	round	red	medium	tolerance
YELLOW	Pure line	lengthened	yellow	medium	Modulated
SNS1	F_1-hybrid	lengthened	red	firm	tolerance
GTS1	Pure line	lengthened	red	firm	tolerance
GOLDEN PRINTCESS	Pure line	High round	yellow	soft	Modulated
RED LADY	Pure line	round	red	medium	tolerance
LYCORED	Pure line	round	red	medium	tolerance
CHRY	Pure line	lengthened	red	firm	modulated
CD SWEET	Pure line	Slightly flattened	pink	medium	tolerance
9S1	Pure line	High round	orange	firm	tolerance
10S1	Pure line	High round	orange	firm	tolerance
11S1	Pure line	round	red	firm	tolerance
BLACK CHERRY-Susceptible check	Pure line	round	brown	soft	susceptible
12S1-TYLCV resistance check	Pure line	High round	red	firm	tolerance
13S1- TYLCV resistance check	Pure line	High round	red	firm	tolerance
14S1- TYLCV resistance check	Pure line	Plums shape	red	firm	tolerance
15S1- TYLCV resistance check	Pure line	High round	red	firm	tolerance
VF134-BW susceptible check		round	red	firm	susceptible
16S1-BW resistance check		Slightly flattened	red	firm	tolerance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4.2 Tomato fruit types of resistance with good horticultural traits and good disease resistance in natural infection during October 2015 to March 2016, at KMITL, Thailand

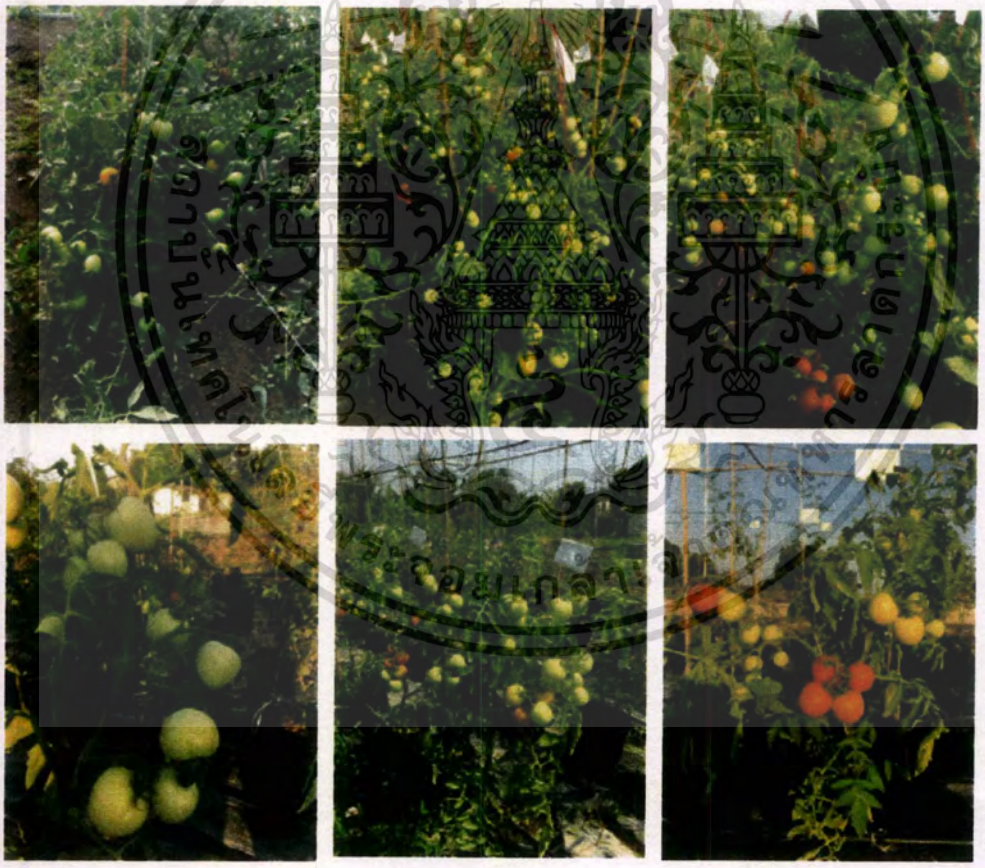

Figure 4.3 Tomato plant types of TYLCV resistance checks during October 2015 to March 2016, at KMITL, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4.4 Selected cherry tomato fruit types with good horticultural traits and good disease resistance in natural infection during October 2015 to March 2016, at KMITL, Thailand

Figure 4.5 Selected cherry tomato plants with good horticultural traits and good disease resistance in natural infection during October 2015 to March 2016, at KMITL, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการสร้างลูกผสมแบบ single cross และการปลูกประเมินปลูกผสม

ปลูกลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ครั้งที่ 1 (F_1-hybrid) 23 คู่ผสมเปรียบเทียบพันธุ์การค้าจำนวน 8 สายพันธุ์ โดยประเมินจากผลผลิต คุณภาพผลผลิต และความสามารถในการต้านทานโรคด้วยการประเมินในสภาพการเกิดโรคตามธรรมชาติและการเกิดโรคในโรงเรือน พบว่า พันธุ์มะเขือเทศลูกผสมมีขนาดผล คุณภาพผล และความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองแตกต่างกัน (Table 4.5)

Table 4.5 Analysis of variance for fruit characteristics and TYLCV disease in within four weeks

Source of variation	MS								
	Fruit weight	Fruit width	Fruit length	Fruit thickness	Solids (°Brix)	TYLCV disease			
						Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
Rep	3.83	0.058	0.001	0.000	0.388	1.018	0.182	0.096	0.241
Variety	3827.46**	0.872**	0.62**	0.021**	4.251**	1.995**	2.482**	2.799**	2.269**
Error	7.754	0.04	0.03	0.007	0.346	0.651	0.735	0.747	0.719

4.3.1 การประเมินลักษณะผลและคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กพันธุ์ลูกผสม

จากการประเมินลักษณะผลมะเขือเทศลูกผสมเปรียบเทียบกับพันธุ์การค้าพบว่ามีความแตกต่างกันในทุกลักษณะดังนี้

1) น้ำหนักผลมะเขือเทศสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีน้ำหนักผลเล็กกว่า 5 กรัมมีจำนวน 7 คู่ผสม คือ คู่ผสม GT x MT, KM3-1 x RL, KM3-4-2 x YS, RL x YS, RL x MT, VF x RL และ MT x YS กลุ่มที่มีน้ำหนักผลประมาณ 6-15 กรัม มีจำนวน 18 คู่ผสม คือ BC x MT, BP x BC, CH x BC, KM3-1 x BC, KM3-2 x GT, KM3-2 x RL, KM3-3-2 x BC, KM3-3-4 x RLO, KM3-4-2 x RL, KM3-4-2 x RLO, OP x BC, OP x RL, RL x BC, VF x BC ซึ่งมีขนาดผลใกล้เคียงกับพันธุ์มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กการค้าส่วนใหญ่ที่ขายในท้องตลาดจะมีขนาดไม่เกิน 15 กรัม เช่นเดียวกันกับ Jnt15-1, Jnt16, Jnt17, Jnt2, Jnt3, Jnt4 (พันธุ์การค้า) และกลุ่มที่ 3 คือกลุ่มผลที่มีขนาดใหญ่มากกว่า 15 กรัมจำนวน 5 สายพันธุ์คือ CH x BC, Jnt15, KM3-1 x BC, KM3-2 x BC และ KM3-3-4 x BC โดยพันธุ์ที่มีขนาดผลส่วนใหญ่เป็นลูกผสมที่มาจากมะเขือเทศพันธุ์ BC หรือ Back cherry ที่มีขนาดผลใหญ่ (Table 4.6)

2) ลักษณะผลมะเขือเทศสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือกลุ่มทรงผลกลม ทรงผลกลมรี และทรงผลรี พบว่ากลุ่มทรงผลกลมมีจำนวน 15 คู่ผสมคือ BP x BC, Jnt15, Jnt17, KM3-1 x BC, KM3-1 x RL, KM3-2 x BC, KM3-2 x GT, KM3-2 x RL, KM3-3-2 x BC, KM3-3-4 x BC, KM3-3-4 x RLO, KM3-4-2 x RL, OP x BC, OP x RL, RL x BC, VF x RL และ VF x BC กลุ่มที่มีผลทรงผลกลมรีมีจำนวน 6 คู่ผสม คือ BC x MT,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CH x BC, Jnt4, KM3-4-2 x RL, KM3-4-2 x RLO, RL x MT และ MT x YS และกลุ่มทรงผลรีมีจำนวน 3 คู่ผสม คือ GT x MT, MT x YS และ RL x YS ซึ่งพันธุ์มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กส่วนใหญ่มีลักษณะทรงผลแบบผลรี เช่นเดียวกันกับพันธุ์การค้าเปรียบเทียบ พันธุ์ Jnt15-1, Jnt16, Jnt2 และ Jnt3 (Table 4.6)

3) ความหนาเนื้อสามารถจัดกลุ่มมะเขือเทศตามความหนาเนื้อได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีเนื้อบางโดยมีความหนาน้อยกว่า 0.1 เซนติเมตร กลุ่มที่มีเนื้อปานกลางโดยมีความหนาน้อยกว่า 0.2-0.3 เซนติเมตร และกลุ่มที่มีเนื้อหนาโดยมีความหนามากกว่า 0.4 เซนติเมตร คือ กลุ่มที่มีเนื้อบางมีจำนวน 10 คู่ผสม คือ BP x BC, KM3-1 x RL, KM3-2 x RL, KM3-4-2 x RLO, OP x RL, RL x BC, RL x YS, RL x MT, VF x RL และ MT x YS กลุ่มที่มีความหนาเนื้อปานกลางมีจำนวน 18 คู่ผสมคือ BC x MT, CH x BC, GT x MT, KM3-1 x BC, KM3-2 x BC, KM3-2 x GT, KM3-3-4 x BC, KM3-3-4 x RLO, KM3-4-2 x RL, KM3-4-2 x YS, OP x BC, VF x BC ซึ่งใกล้เคียงกับพันธุ์การค้าเปรียบเทียบ Jnt15-1, Jnt16, Jnt17, Jnt2, Jnt3, Jnt4 และกลุ่มที่ 3 กลุ่มที่เนื้อหนามีจำนวน 1 พันธุ์คือ KM3-3-2 x BC ซึ่งใกล้เคียงกับพันธุ์การค้าเปรียบเทียบ Jnt15-2 (Table 4.6)

4) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (brix) จำแนกได้ 3 กลุ่มคือกลุ่มที่มี brix ต่ำ (ต่ำกว่า 6) ปานกลาง (7-8) และสูง (สูงกว่า 9) ดังนี้ กลุ่มที่มี brix ต่ำมีจำนวน 12 คู่ผสม คือ BP x BC, CH x BC, KM3-1 x RL, KM3-2 x BC, KM3-3-2 x BC, KM3-3-4 x BC, KM3-4-2 x RL, KM3-4-2 x RLO, KM3-4-2 x YS, RL x BC, VF x RL และ VF x BC กลุ่มที่มี brix ปานกลางมีจำนวน 7 คู่ผสม คือ BC X MT, KM3-1 x BC, KM3-2 x GT, KM3-3-4 x RLO, OP x BC, RL x YS และ MT x YS และกลุ่มที่มี brix สูง จำนวน 4 คู่ผสม คือ GT x MT, KM3-2 x RL, OP x RL และ RL x MT ซึ่งลูกผสมที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงเป็นลูกผสมที่มีรสชาติหวานและเป็นที่ต้องการของตลาด (Table 4.6)

5) ความสามารถต้านทานต่อการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสัปดาห์ที่ 4 หลังจากการปลูกเชื้อ แบ่งตามระดับความรุนแรงของการเกิดโรคได้เป็น 4 ระดับคือ เกิดโรคน้อยหรือต้านทานมากให้ระดับการเกิดโรค 1, ต้านทานโรคปานกลางให้ระดับคะแนน 2, อ่อนแอต่อโรคให้คะแนน 3 และอ่อนแอต่อโรคมากให้คะแนน 4 ดังนี้ พันธุ์ลูกผสมที่ต้านทานต่อโรคมีจำนวน 11 คู่ผสม คือ BC x MT, GT x MT, KM3-2 x GT, KM3-3-4 x BC, OP x BC, RL x YS และ VF x RL ซึ่งมีระดับความต้านทานใกล้เคียงกับพันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบคือพันธุ์ Back cherry และพันธุ์ GT1-2-7 และพันธุ์การค้าเปรียบเทียบ Jnt 15 และพันธุ์ Jnt2 กลุ่มพันธุ์ต้านทานปานกลางมีจำนวน 11 คู่ผสม คือ BP x BC, CH x BC, KM3-2 x BC, KM3-2 x RL, KM3-3-2 x BC, KM3-3-4 x RLO, KM3-4-2 x RL, KM3-4-2 x YS, OP x RL, RL x BC, RL x MT และ MT x YS กลุ่มพันธุ์ที่อ่อนแอมีจำนวน 2 คู่ผสม คือ KM3-1 x BC และ VF x BC และกลุ่มพันธุ์ที่อ่อนแอมากพบในพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบคือมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์ (Table 4.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4.6 Average means of tomato fruit characteristics and TYLCV disease in four weeks

Varieties	Mean								
	Fruit weight (g)	Fruit width (cm)	Fruit length (cm)	Fruit thickness (cm)	Solids (°Brix)	TYLCV disease			
						week 1	week 2	week 3	week 4
BCxMT	8.27	2.23	2.55	0.22	8.1	1.55	1.61	1.61	1.88
BPxBC	10.1	2.36	2.5	0.16	6.1	2.16	2.16	2.16	2.16
CHxBC	16.17	2.84	3.01	0.25	6.83	2.66	2.66	2.66	2.66
GTxMT	4.08	1.51	2.55	0.22	9.4	0.5	0.5	0.5	0.5
Jnt15-1	11.45	2.5	3.12	0.28	8.35	1.36	1.36	1.47	1.47
Jnt15-2	25.08	3.34	3.63	0.41	6.9	-	-	-	-
Jnt16	10.63	2.34	2.89	0.25	8.07	-	-	-	-
Jnt17	11.96	2.34	2.97	0.27	8.27	-	-	-	-
Jnt2	10.78	2.62	3.21	0.28	6.85	1.33	1.83	1.83	1.82
Jnt3	10.68	2.31	3.29	0.3	7.57	-	-	-	-
Jnt4	9.56	2.34	3	0.24	8.07	-	-	-	-
KM3-1xBC	15.37	2.81	2.97	0.23	7.5	2.4	2.76	2.91	3.02
KM3-1xRL	4.63	1.74	1.97	0.13	6.5	2	-	-	-
KM3-2xBC	18.02	2.99	2.88	0.26	6.66	2.33	2.58	2.66	2.83
KM3-2xGT	8.77	2.63	2.16	0.2	7.85	1	1	1	1
KM3-2xRL	8.83	2.03	2.16	0.11	9.13	2	2	2	2
KM3-3-2xBC	6.21	3.73	3.38	0.49	4.83	2	2	2.33	2.88
KM3-3-4xBC	31.44	2.46	2.4	0.24	6.16	1	1.16	1.16	1.16
KM3-3-4xRL0	9.59	1.98	2.03	0.27	7.83	2.4	-	2.94	2.94
KM3-4-2xRL	5.58	2.14	2.3	0.28	6.83	-	2.33	2.33	2.44
KM3-4-2xRL0	5.65	1.94	2.13	0.16	6.5	2.11	-	-	-
KM3-4-2xYS	4.78	1.81	2.1	0.24	6.5	2	2.16	2.33	2.33
OPXBC	6.47	2.17	2.16	0.29	7.53	1.33	1.33	1.33	1.33
OPXRL	5.39	1.88	2.06	0.16	9.93	2.27	2.6	2.84	2.82
RLXBC	6.21	1.95	2.15	0.15	6.86	2.16	2.5	2.5	2.5
RLXYS	3.41	1.42	2.19	0.1	8.73	1.33	1.66	1.66	1.66
RLXMT	2.39	1.4	1.83	0.08	10.5	2.16	2.38	2.38	2.38
VFXRL	4.3	2.13	1.82	0.1	6.43	1.83	1.83	1.83	1.83
VFXBC	12.63	2.59	2.72	0.25	6.16	2.33	2.66	2.66	3
MTXYS	4.64	1.51	2.79	0.14	7.43	1.18	1.33	1.66	2.18
Back cherry						1.33	1.33	1.33	1.33
GT1-2-7						1	1	1	1
Seedathip						3.64	3.67	3.83	4
C.V.%	28.88	9.06	6.82	38.7	7.84	31.09	31.21	29.67	30.96
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4.6 F_1-hybrids of cherry tomatoes growing in Dry season at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ได้คัดเลือกมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองจำนวน 1 พันธุ์คือ GT1-2-7 โดยมีลักษณะ ผลแบบกลุ่มผลรี (pear shape high round และ lengthened) สีแดง เนื้อแน่น และได้มะเขือเทศกลุ่มพันธุ์ดี (Elite line) จำนวน คือ CHRY, CD sweet, KM21, KM18 , มณีทับทิม และ Red lady ใช้เป็นพันธุ์แม่เนื่องจาก เป็นพันธุ์ที่ให้สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี ผลผลิตสูง (2 กิโลกรัมต่อต้น) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%brix) สูง (> 9%) และมีคุณภาพในการบริโภคดี คือ มีความแน่นเนื้อสูง กรอบ เปลือกผลไม่เหนียว นำมะเขือเทศทั้ง 2 กลุ่มมาผสมข้ามเพื่อสร้างลูกผสมและประชากรมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กให้ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

ได้ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ครั้งที่ 1 (F_1-hybrid) 23 คู่ผสมเปรียบเทียบพันธุ์การค้าจำนวน 8 สายพันธุ์ โดยพบว่าคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูง ต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองได้ดีและมีคุณภาพในการบริโภคที่ดีที่สุดคือ คู่ผสม GT x MT ซึ่งเป็นคู่ผสมที่น่าจะนำไปคัดเลือกและสร้างเป็นสายพันธุ์แท้ หรือผลิตเป็นลูกผสมพันธุ์การค้าต่อไป นอกจากนั้นยังมีมะเขือเทศลูกผสมพันธุ์อื่นๆที่มีคุณภาพในการบริโภคที่ดีคือมีรสชาติหวาน กรอบ เช่น KM3-2 x RL, OP x RL และ RL x MT และพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงินเหลือง BC x MT, KM3-2 x GT, KM3-3-4 x BC, OP x BC, RL x YS และ VF x RL ซึ่งเป็นกลุ่มที่ควนจะนำไปพัฒนาพันธุ์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตงานวิจัย

1. ได้มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง คือพันธุ์ GT1-2-7
2. ได้มะเขือเทศพันธุ์ดีที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์คือ CHRY, CD sweet, KM21, KM18, มณีทับทิม และ Red lady
3. ได้ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่แพร่ระบาดในไทยและยีนต้านทานโรค
4. ได้ลูกผสมมะเขือเทศที่มีศักยภาพสามารถนำไปผลิตเป็นการค้าได้ คือ GT x MT
5. ได้ตีพิมพ์บทความวิจัยในวารสารแก่นเกษตรอยู่ในฐาน TCI จำนวน 1 เรื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง

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

Barone, A. 2003. Molecular marker-assisted selection for resistance to pathogens in tomato. pp. 29-35. In: MAS workshop held prior to Conference 10. "Marker assisted selection: A fast track to increase genetic gain in plant and animal breeding". Turin, Italy. 17-18 October 2003.

Brown, J.K. 1994. Current status of Bemisia tabaci as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide. FAO plant protection bulletin. 42: 3-32.

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

Etminan, M., Takkouche, B. and Caamano-Isorna F. 2004. The role of tomato products and lycopene in the prevention of prostate cancer: a meta-analysis of observational studied. Cancer Epidemiol Biomarker Pre 13: 340-345.

FAO. FAO datastate .2012. http://faostat.fao.org.

Friedmann, M., Lapidot, M., Cohen, S., Pilowski, M., 1998. A novel source of resistance to tomato yellow leaf curl virus exhibiting a symptomless reaction to virus infection. Journal American Society Horticultural Science. 123: 1004-1006.

Hanson, P., Green, S.K. and Kuo, G. 2006. Ty-2, a gene on chromosome 11 conditioning geminivirus resistance in tomato. Rep. Tomato Genetic Coopeative. 56: 17-18.

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.

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

Kadirvel, P., Pena, R. D. L., Schafleitner, R., Huang, S., Geethanjali, S., Kenyon, L., Tsai, W. 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: 297-308.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kenyon, F.L., Kumar, S. Tsia, W.S., and Hughes J.A. 2014. Virus Disease of peppers (*Capsicum* spp.) and Their Control. Advances in virus research. 90: 297-354.

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

Linda, H., Joanne, M.H., Gary, R.B., Frederick, K., Carol, S.D and Generose, M. 1995. Caroteniod content of thermally processed Tomato-based food products. Journal Agriculture Food Chemistry. 43: 579-586.

Marcello, S.L., cadinu, D., Taurino, M., Piro, G., Dalessandro, G. 2006. Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. Journal Agricultural Food Chemistry. 54, 2606-2613.

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

Pilowski, M., and Cohen, S. 1974. Inherintance of resistance of Tomato yellow leaf curl virus in tomatoes. Phytopathology. 64: 632-635.

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

Prakash, S. and Singh, S.J. 2006. Insect transmitted virus of pepper: a review. Vegetable Science. 33: 109-116.

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.

Rein, D. and Herbers, K. 2006. Enhances nutritionanal value of food crops. In Halford, N. (Ed.). Plant Biotechnology. 91-117.

Suwannalert, P. 2006. Lycopene content, antioxidant activity in colored fruits and serum lycopene level in Northeastern Thai people. Master of Science Thesis in Medical Biochemistry, Graduate School, Khon Kean University.

Wisler, G. L.i, R.H., Liu, D.S., H.Y., Lowry and Duffus, J.E. 1998. Tomato chlorosis virus: A new whitefly-transmitted, phloem-limited, bipartite clostero virus of tomato. Phtopathology. 88: 402-409.

Zamir, D., Eksteinmichelson, I., Zakay, Y., Navot, N., Zeidan, M., Sarfatti, M., Eshed, Y., Harel, E., Pleban, T., Vanoss, 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

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก่นเกษตร 46 (5) : 965-974 (2561). KHON KAEN AGR. J. 46 (5) : 965-974 (2018).

การประเมินพันธุ์มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย (TYLCTHV) และตรวจสอบยีนต้านทาน *Ty-2* และ *Ty-3* ด้วยเครื่องหมายโมเลกุล

Evaluation of cherry tomato resistant to *Tomato yellow leaf curl Thailand virus* (TYLCTHV) and validated markers associated with *Ty-2* and *Ty-3* resistant genes

พัชราภรณ์ สุวอ[1*], มณทินี ธีธารักษ์[1], ธวัชชัย มยศิริยานันท์[1], นครินทร์ จี้อาทิตย์[2] และ สุชีลา เตชะวงค์เสถียร[2]

Patcharaporn Suwor[1*], Monthinee Tetharak[1], Thawatchai Mayasiriyanun[1], Nakarin Jeeartid[2] and Suchila Techawongstien[2]

บทคัดย่อ: โรคไวรัสใบหงิกเหลืองมีสาเหตุมาจากเชื้อไวรัส Begomovirus เป็นโรคไวรัสที่ระบาดรุนแรงในการผลิตมะเขือเทศ (*Solanum lycopersicum* L.) โดยเฉพาะในพื้นที่เขตร้อนและร้อนชื้นรวมทั้งประเทศไทย การใช้พันธุ์ต้านทานเป็นวิธีการควบคุมโรคได้แบบยั่งยืน ดังนั้นงานทดลองนี้จึงมุ่งคัดเลือกพันธุ์มะเขือเทศที่ต้านทานต่อไวรัสใบหงิกเหลือง รวมทั้งประเมินผลผลิตและคุณภาพผลผลิต (brix และวิตามินซี) ทำการประเมินในมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก จำนวน 9 พันธุ์ร่วมกับพันธุ์ต้านทาน 2 พันธุ์ และออนแอเปรียบเทียบ 1 พันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น ประเมินการแสดงออกลักษณะความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย และประเมินการแสดงออกของยีน *Ty-2* และ *Ty-3* โดยใช้ SCAR marker จำนวน 2 markers จากการศึกษาสามารถคัดเลือกมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กที่ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทยได้จำนวน 1 พันธุ์ คือ GT1-2-7 ซึ่งมียีน *Ty-3/ty-3* เหมือนกับพันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบที่พบยีน *Ty-2/Ty-2* และ *Ty-3/Ty-3* อีกทั้งยังพบว่า มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กมีผลผลิตสูงจำนวน 3 พันธุ์คือ CHRY, Cindy sweet และ Maneetabtim มีผลผลิตเท่ากับ 839.10, 742.00 และ 563.30 กรัม/ต้น ตามลำดับ สำหรับพันธุ์ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูง คือพันธุ์ Maneetabtim, Red lady และ Yellow sweet มีค่า 11, 10 และ 9.74 brix ตามลำดับ และพันธุ์มีประมาณวิตามินซีสูงคือพันธุ์ GT-1-2-7 และพันธุ์ VF-134 มีค่า 3.10 และ 2.46 มก./100 ก. น้ำหนักสด ตามลำดับ ดังนั้นพันธุ์ที่มีศักยภาพที่จะนำมาพัฒนาพันธุ์ให้มีคุณภาพที่ดี ผลผลิตสูงและต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองได้มี 6 พันธุ์คือ GT1-2-7, CHRY, Red lady, Yellow sweet, Cindy sweet และ Maneetabtim

คำสำคัญ โรคไวรัส, การคัดเลือก, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้, DNA marker, SCAR marker

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520
[2] สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002
* Corresponding author: patcharapornkku@gmail.com, patcharaporn.su@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก่นเกษตร 46 (5) : 965-974 (2561).

ABSTRACT: Tomato yellow leaf curl disease caused by Begomovirus of the family *Geminiviridae* is serious disease of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) production particularly in sub-tropic and tropic regions like Thailand. Host resistance is sustainable disease control. The aims of this study were selected cherry tomato varieties gene resistance to Tomato yellow leaf cure virus (Thai isolate), high fruit yield and high quality (brix and vitamin C). Nine cherry tomatoes, 1 susceptible check and 2 resistant checks were used for this study. The Randomized completed block design (RCBD) with three replications and 10 plants of each were designed. The plants were inoculated with TYLCTHV isolate by grafting method for phenotyping and Two SCAR markers were used for genotyping. The cherry tomato variety, GT-1-2-7, was resistant to the disease and it contained *Ty-3/ty-3* gene. Additionally, the resistant check varieties also showed *Ty-2/Ty-2* and *Ty-3/Ty-3* genes. The highest yield was found in CHRY, Cindy sweet and Maneetabtim (839.10, 742.00 and 563.30 g/plant, respectively). Maneetabtim, Red lady and Yellow Sweet gave the highest total soluble solids (11, 10 and 9.74, respectively). The highest vitamin C concentrated was found highest in GT-1-2-7 and VF-134 varieties with value (3.10 and 2.46 mg/100 g fresh weight, respectively). Therefore, six tomato varieties including GT1-2-7, CHRY, Red lady, Yellow sweet, Cindy sweet and Maneetabtim variety should be used as high potential varieties for improving new variety with high yield, good quality and resistant to TYLCVTH disease.

Keywords: DNA marker, total soluble solid, selection, SCAR marker, virus disease

บทนำ

มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก (Cherry tomato) เป็นมะเขือเทศที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่สำคัญหลายชนิด เช่น วิตามินซี ไลโคพีน เบตา-แคโรทีน รวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระอื่น ๆ (Rein and Herbers, 2006) ปริมาณสารสำคัญในมะเขือเทศขึ้นอยู่กับ สายพันธุ์ ระยะการสุกแก่ การจัดการทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว และรูปแบบการบริโภค (Rickmand et al., 2007) ปัจจุบันการผลิตมะเขือเทศรับประทานผลสดมีปัญหาเรื่องสารเคมีตกค้าง เนื่องจากการผลิตมะเขือเทศยังประสบปัญหาการแพร่ระบาดของโรคและแมลง โรคที่สำคัญอันดับต้น ๆ ของการผลิตมะเขือเทศคือ โรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่เกิดจากเชื้อไวรัสชนิด Begomovirus ที่ถ่ายทอดโรคโดยแมลงหวี่ขาว (Kenyon et al., 2014a) โรคดังกล่าวสามารถทำความเสียหายให้แก่พืชปลูกได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ในระยะต้นกล้าจนกระทั่งเก็บเกี่ยว เมื่อพืชได้รับเชื้อ Begomovirus จะแสดงลักษณะอาการใบเหลือง หรือใบเหลืองร่วมกับใบด่าง ใบม้วนหยัก และลำต้นแคระแกร็น ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การติดดอกลดลง และเมื่อเกิดในระยะติดผลผลจะแสดงอาการด่างทั้งผล ขนาดผลเล็กลง จึงส่งผลต่อการลดลงของผลผลิตและคุณภาพผลผลิตถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (Kenyon et al., 2014b) และยังสามารถถ่ายทอดไปกับเมล็ดได้ด้วย (Kil et al., 2015) การแพร่ระบาดและความรุนแรงของโรคแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดและสายพันธุ์ของพืชอาศัย ชนิดของแมลงหวี่ขาวที่เป็นแมลงพาหะ ความแตกต่างของเชื้อไวรัสในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่าง ชนิดของแมลงหวี่ขาวและชนิดของเชื้อ Begomovirus (Kenyon et al., 2014b) ปัจจุบันพบการแพร่ระบาดของแมลงหวี่ขาวค่อนข้างมาก เนื่องจากสภาพอากาศเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต จึงส่งผลให้เชื้อไวรัสดังกล่าวสามารถเพิ่มปริมาณและแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว เกษตรกรส่วนใหญ่จะฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงหวี่ขาวจึงส่งผลให้แมลงอาจเกิดการดื้อยา เกิดสารพิษตกค้างในพืชโดยเฉพาะพืชบริโภคผลสดอย่างมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็ก (Wilson and Tisdell, 2001) นอกจากนี้การใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมียังไม่สามารถควบคุมแมลงหวี่ขาวได้ 100% จึงส่งผลให้โรคไวรัสใบหงิกเหลืองยังพบการแพร่ระบาดในแปลงปลูกเกือบทุกฤดูกาลโดยเฉพาะในฤดูแล้ง ดังนั้นแนวทางในการจัดการโรคอย่างยั่งยืนลดต้นทุนการผลิตและปลอดภัยมากที่สุดคือการใช้พันธุ์มะเขือเทศต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

ปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองได้มีการนำโมเลกุลเครื่องหมายเข้ามาช่วยในการคัดเลือกเพื่อย่นระยะเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งเครื่องหมายโมเลกุลนี้ได้มีการพัฒนาให้มีความจำเพาะต่อเชื้อ และยีนต้านทานโดยแหล่งความต้านทานส่วนใหญ่อยู่ในมะเขือเทศพันธุ์ป่าและได้ถูกจำแนกยีนต้านทานต่อ 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, 2015) ขึ้นอยู่กับเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศที่ต้านทาน โดยในมะเขือเทศพันธุ์ LA1969 (*Solanum chilense*) และ LA2779 (*S. chilense*) พบยีน Ty-1 ที่ควบคุมโดยยีนแบบ partially dominant gene อยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 6 (Zamir et al., 1994) ซึ่งยีนดังกล่าวอยู่ระหว่างตำแหน่งของ marker TG297 (4 cM) และ TG97 (8.6 cM) (Zamir et al., 1994) อย่างไรก็ตามยีน *Ty-1* รายงานว่าอยู่ตำแหน่งใกล้กับยีน *Ty-3* (Verlaan et al., 2013) สำหรับยีน *Ty-2* มีรายงานว่าอยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 11 (Hanson et al., 2006) และพบว่ามี SCAR-Marker P1-16 วางอยู่ใกล้ตำแหน่งยีนดังกล่าว (Yang et al., 2014) และ มีรายงานว่ายีน *Ty-2* และ *Ty-3* สัมพันธ์กับการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ระบาดในไทยได้ (บุญส่ง และกรุง, 2557) สำหรับยีน *Ty-4* ได้ถูกค้นพบบนตำแหน่งโครโมโซมที่ 3 ในมะเขือเทศพันธุ์ LA1932 (Ji et al., 2007b) และยีน *ty-5* ถูกค้นพบในมะเขือเทศพันธุ์ TY 172 ที่ควบคุมด้วยยีนแบบยีนด้อยบนโครโมโซมแท่งที่ 4 (Anbinder et al., 2009) อย่างไรก็ตามยังพบว่าในมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กยังส่วนใหญ่ค่อนข้างอ่อนแอต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง ดังนั้นก่อนที่จะเริ่มงานปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กให้ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง จึงมุ่งคัดเลือกมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กที่มี ผลผลิต และคุณภาพผลผลิต และกลุ่มพันธุ์พ่อที่ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองที่ระบาดในประเทศไทย โดยใช้โมเลกุลเครื่องหมายช่วยในการคัดเลือก และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างยีน *Ty-2* และ *Ty-3* ต่อความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย

วิธีการศึกษา

มะเขือเทศ

ประเมินเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศจำนวน 12 พันธุ์ (Table 1) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น บริษัท ที เค อาร์ แอนด์ ดี จำกัด และศูนย์วิจัยผักของโลก (The World Vegetable Center, Taiwan) และกำหนดให้มะเขือเทศพันธุ์ลีดาทิพย์4 เป็นพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ และพันธุ์ CLN3447A และ CLN3241H-27 เป็นพันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบ ปลูกทดสอบในฤดูแล้งระหว่างเดือน ตุลาคม 2559 ถึงเดือน มีนาคม 2560 ณ แปลงทดลองคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วางแผนการทดลองในแปลงแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น และประเมินผลผลิตรวมจากการเก็บเกี่ยว 3 ครั้ง และวัดคุณภาพผลจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 2 คือ น้ำหนักต่อผล จำนวนผลต่อช่อ ความกว้างผล ความยาวผล ความหนาเนื้อ ตามวิธีการของ International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ด้วยเครื่อง Digital refractometer และปริมาณวิตามินซี (Burge et al., 1975) นำข้อมูลที่ได้มาการวิเคราะห์ความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละลักษณะของมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ด้วยวิธี least significant difference (LSD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป statistix version 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KHON KAEN AGR. J. 46 (5) : 965-974 (2018).

มะเขือเทศแบ่งตามความกว้างและความยาวของผล พบว่า แบ่งมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มผลกลมจำนวน 4 พันธุ์ คือ Cindy sweet, Black cherry, Red lady และ Lyco red และกลุ่มผลรีมีจำนวนทั้งหมด 4 สายพันธุ์คือ GT1-2-7 CHRY Yellow sweet และ Maneetubtim สำหรับลักษณะคุณภาพความหนาเนื้อพบว่า พันธุ์ VF134, CHRY, T1-2-7 และ Cindy sweet มีความหนาเนื้อสูงที่สุดคือ 0.61, 0.37, 0.33 และ 0.33 มิลลิเมตร ตามลำดับ และนอกจากนั้นพบว่าพันธุ์ที่มีความหวานสูงที่สุด คือ Maneetubtim, Yellow sweet และ Red lady มีเปอร์เซ็นต์ความหวาน 11.00, 10.00 และ 9.74 องศาบริกซ์ (**Table 1**) ตามลำดับ

Table 1 Evaluation of yield, fruit traits of 12 tomato varieties in dry season trials at King Mongkut Institute of Technology, Thailand

Pedigree name	Yield (g/plant)	Fruit weight (g)	Fruit number/ cluster	Fruit width (cm)	Fruit length (cm)	Fruit thickness (cm)	Brix (°C)	Vitamin C (mg/100g fresh weight)
GT1-2-7[1]	396.8[d-f]	12.4[c]	8.04de	2.50[d-g]	4.26[b]	0.33[d-g]	5.99[e-g]	3.10[b]
Cindy sweet[1]	742.0[b]	21.8[a]	7.00[e]	3.28[a]	3.21[c]	0.33[d-g]	5.87[e-g]	1.66[c]
Black cherry[1]	342.1[g-i]	12.7[c]	12.25[b]	2.84[c]	2.77[d]	0.22[g-i]	7.22[b]	1.13[c-f]
Red lady[1]	336.1[g-i]	2.5[f]	12.96[b]	1.80[f]	1.79[f]	0.18[i]	9.74[a]	0.91[d-f]
Lyco red[1]	495.1[c-e]	6.5[d-f]	11.42[b-d]	2.45[e]	2.28[e]	0.19[hi]	7.44[b]	0.54[f]
CHRY[1]	839.1[b]	8.7[d-f]	16.59[a]	2.46[e]	3.56[c]	0.37[c-e]	6.70[c-e]	0.75[ef]
CLN3447A[2]	1,025.2[a]	42.9[b]	7.17[e]	4.69[a]	4.64[a]	0.49[b]	5.10[d]	1.54[c]
CLN3241H-27[2]	1,164.7[a]	53.2[a]	5.44[f]	4.84[a]	4.35[b]	0.47[b]	4.05[e]	1.36[c-e]
Yellow sweet[1]	173.1[i]	7.3[d-f]	21.75[a]	1.72[f]	3.26[c]	0.24[g-i]	10.00[a]	1.55[c]
Maneetabtim[1]	563.3[e]	3.5[f]	11.67[b-d]	1.64[f]	2.47[d-f]	0.13[i]	11.00[a]	1.26[c-e]
VF-134[1]	288.9[g-i]	51.2[a]	6.02[e]	4.21[b]	5.43[a]	0.61[a]	5.55[d]	2.45[b]
Seedatip4[3]	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt
Mean	578.75	20.25	10.94	2.94	3.45	0.32	7.05	1.47
F-test	**	*	**	**	**	**	**	**
(CV) %	17.52	23.07	19.81	7.22	7.37	9.54	8.20	23.02

Mean in each colum followed by different letter indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 1% probability level (**) and 5 % probability level (*)

[1] Cherry type, 2 Table type (Resistant check) and [3] Seeda type (Susceptible check)

ความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย (TYLCTHV)

ผลการตอบสนองต่อการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทยในมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กจำนวน 9 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ 1 พันธุ์ และพันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบ 2 พันธุ์ ด้วยเทคนิคการเสียบยอดสามารถจัดกลุ่มตามระดับคะแนนการเกิดโรคได้เป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 ต้านทานมาก (HR) คือพันธุ์ CLN3241H-27 เป็นพันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบจาก The World Vegetable center (AVRDC) แสดงคะแนนการเกิดโรคในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 คือ 0.10-0.65 กลุ่มที่ 2 คือต้านทาน (R) พบในมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กพันธุ์ใหม่ คือพันธุ์ GT1-2-7 แสดงคะแนนการเกิดโรคในสัปดาห์ที่ 1-4 คือ 0.36-1.23 เนื่องจากมะเขือเทศดังกล่าวผ่านการรวมยีนจากมะเขือเทศหลายสายพันธุ์และถูกคัดเลือกตามระดับความต้านทานในแปลงปลูก และกลุ่มที่ 3 คืออ่อนแอมาก (HS) จำนวน 8 สายพันธุ์ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกเชื้อสาเหตุโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

การปลูกเชื้อและการประเมินความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในโรงเรือน ประเมินในระยะต้นกล้า อายุ 25 วันหลังจากบ่มเมล็ด ปลูกเชื้อสาเหตุโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย TYLCTHV (จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น) ด้วยเทคนิคการเสียบยอด โดยนำยอดมะเขือเทศ (scion) เป็น inoculum เสียบยอดลงในต้นมะเขือเทศพันธุ์ทดสอบ (stock) วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น ในโรงเรือนที่มุงด้วยมุ้งตาข่ายขนาด 50 mesh ทำการประเมินโรคทุก ๆ สัปดาห์หลังจากเสียบยอดเป็นเวลา 4 สัปดาห์ (7, 14, 21 และ 28 วันหลังปลูกเชื้อ) ตามระดับการตอบสนองต่อการเกิดโรค 5 ระดับ คือ 0 = ไม่ปรากฏอาการใบหงิกหรือด่าง (Highly resistant) 0 เปอร์เซ็นต์, 1 = ปรากฏอาการใบด่างเล็กน้อย (Resistant) 1-15 เปอร์เซ็นต์, 2 = เริ่มปรากฏอาการใบด่างร่วมกับหงิกชัดเจน (Moderately resistant) 15-25 เปอร์เซ็นต์, 3 = เริ่มปรากฏอาการใบด่างร่วมกับหงิก 25-50 เปอร์เซ็นต์ของต้น (Moderately susceptible) และ 4 = เริ่มปรากฏอาการใบด่างร่วมกับหงิก 50-100 เปอร์เซ็นต์ของต้น (Susceptible) ดัดแปลงตามวิธีการของ (Rai et al., 2014) และนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยระดับคะแนนการเกิดโรค

การสกัดดีเอ็นเอและการแยกขนาดดีเอ็นเอ

นำ DNA marker ชนิด SCAR markers ที่มีรายงานว่าสัมพันธ์กับลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง จำนวน 2 Marker คือ P1-6 และ P6-25 ใช้การตรวจสอบยีน *Ty-2* และ *Ty-3* (Yang et al., 2014) ตามลำดับ นำใบยอดอ่อนของมะเขือเทศอายุ 20 วัน จำนวน 2-3 ใบต่อสายพันธุ์มาสกัดดีเอ็นเอด้วยเทคนิค CTAB method (Doyle and Doyle, 1987) นำดีเอ็นเอมาเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิค Polymerase chain reaction (PCR) ปริมาตร 25 µl โดยแต่ละปฏิกิริยาประกอบด้วย genomic DNA 1 µl primer ความเข้มข้น10 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 มาแยกขนาดของดีเอ็นโดยเทคนิค electrophoresis ด้วย 5 % agarose gel ใน 0.5X TBE buffer ด้วยเครื่อง gel electrophoresis (BIO-RAD, DNA SUB CELL Tm และ BIO-RAD, PROTEIN ® II Xi CELL) กระแสไฟ 100 โวลต์ (BIO-RAD Model 1000/500 power supply) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำเจลมาย้อมด้วย ethidium bromice (EtBr) และถ่ายภาพภายใต้แสงอุลตร้าไวโอเลตและบันทึกภาพด้วยกล้อง รุ่น Alpha Imager 3300 system และให้บันทึกผลตามขนาดของดีเอ็นเอที่ปรากฏ

ผลการศึกษา

ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณสารสำคัญ

ผลการประเมินมะเขือเทศจำนวน 12 พันธุ์ แบ่งมะเขือเทศตามลักษณะผลได้ 3 กลุ่มคือมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กจำนวน 8 พันธุ์และมะเขือเทศผลใหญ่ จำนวน 2 พันธุ์ คือพันธุ์ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองเปรียบเทียบ และมะเขือเทศสีดา จำนวน 1 สายพันธุ์ คือพันธุ์สีดาทิพย์4 ในกลุ่มมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กพบว่าทุกสายพันธุ์ให้ทุกลักษณะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ลักษณะผลผลิตพบว่าพันธุ์ CHRY, Cindy sweet และ Maneetubtim ให้ผลิตสูงที่สุด คือ 839.10, 742.00 และ 563.30 กรัม/ต้น ตามลำดับ และมีน้ำหนักต่อผล 8.7 21.80 และ 3.5 กรัม/ผล ตามลำดับ ลักษณะจำนวนผลต่อช่อพบว่าพันธุ์ Yellow sweet จำนวนผลต่อช่อสูงที่สุดคือ 21.75 ผล และรองลงมาคือ CHRY Red lady และ Black cherry มีจำนวนผล/ช่อคือ 16.59 12.96 และ 12.25 ผล ตามลำดับ ขนาดผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cindy sweet, Red lady, Lycored, CHRY, Black cherry, Yellow sweet, Maneetabtim และ VF-134 พบว่าตอบสนองต่อการเกิดโรคในระดับที่รุนแรงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 โดยมีคะแนนการเกิดโรคตั้งแต่ 2.50 ถึง 4.00 เช่นเดียวกันกับพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ (สีดาทิพย์) (Table 2) (บุญส่ง และกรุง, 2557)

Table 2 Disease responses of 12 tomato varieties by using artificial screening method with 4 weeks after inoculation

Pedigree name	Source[a]	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks	Disease response
GT1-2-7[1]	KKU	0.36[e]	1.03[f]	1.21[e]	1.23[e]	R
Cindy sweet [1]	KKU	2.76[bc]	2.86[cd]	3.23[b-d]	3.36[b]	HS
Red lady[1]	KKU	2.50[c]	3.03[cd]	3.30[b-d]	4.0[a]	HS
Lycored[1]	KKU	3.00[ab]	3.40[bc]	3.80[ab]	3.96[ab]	HS
CHRY[1]	KKU	2.76[bc]	4.00[a]	4.00[a]	4.00[a]	HS
Black cherry[1]	KKU	1.11[d]	2.47[de]	3.41[bc]	3.83[ab]	HS
Yellow sweet[1]	KKU	nt	nt	nt	nt	nt
Maneetabtim[1]	KKU	3.01[ab]	3.25[bc]	3.52[b]	3.83[ab]	HS
VF-134[1]	KKU	3.18[ab]	3.28[bc]	3.52[b]	3.76[ab]	HS
CLN3447A[2]	KKU	nt	nt	nt	nt	nt
CLN3241H-27[3]	AVRDC	0.10[e]	0.16[f]	0.62[f]	0.65[f]	HR
Seedatip 4[3]	KU	3.30[a]	3.30[bc]	3.40[bc]	3.83[ab]	HS
Mean		2.21	2.68	2.97	3.24	
F-test		**	**	**	**	
C.V.%		6.62	6.27	5.00	4.49	

Mean in each colum followed by different letter indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 1% probability level (**)

[a] KKU = Khon Kaen University, KU = Kasetsart University, AVRDC = The World Vegetable Center

nt; not detect

[1] Cherry type, [2] Table type (Resistant check) and [3] Seeda type (Susceptible check)

การแสดงออกของยีนต้านทานและความสัมพันธ์กับลักษณะต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย (TYLCTHV)

จากการประเมินยีนต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองจำนวน 4 ยีนคือ *Ty2*, *Ty3*, *Ty3a* และ *Ty3b* โดยใช้ Marker จำเพาะต่อตำแหน่งยีน 2 Markers คือ SCAR-P1-16 และ SCAR-P6-25 Marker ตามลำดับ พบว่า SCAR-P1-16 สามารถแยกความแตกต่างของขนาดดีเอ็นเอได้ 2 ขนาดคือ 300 bp (*Ty-2*) และ 600 bp (*ty-2*) (Table 2) มะเขือเทศพันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบ CLN3447A และ CLN3241H-27 พบชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาด 300 bp ซึ่งเป็นตำแหน่งสัมพันธ์กับความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย (Table 3) และเป็นตำแหน่งที่อ้างอิงว่าต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง (Yang et al., 2014) และยีนที่ต้านทานต่อโรคดังกล่าวนั้นแสดงออกแบบข่ม (Dominant gene) ส่วนในมะเขือเทศสายพันธุ์อื่น ๆ ที่เหลือ พบชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ขนาด 600 bp แต่อย่างไรก็ตามในมะเขือเทศพันธุ์ GT-1-2-7 นั้นไม่พบยีนต้านทานยังสามารถต้านทานโรคไวรัสดังกล่าวได้ สำหรับ SCAR-P6-25 Marker สามารถแยกความแตกต่างของขนาดดีเอ็นเอได้ 4 ขนาด คือ 320 bp (ยีน *ty-3*), 450 bp (ยีน *Ty-3*), 630 bp (ยีน *Ty-3a*) และ 660 bp (ยีน *Ty-3b*) ผลจากการจำแนกพบว่ามะเขือเทศจากขนาดอ้างอิง คือขนาดดีเอ็นเอ 450 bp (ยีน *Ty-3*), 630 bp (ยีน *Ty-3a*) และ 660 bp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KHON KAEN AGR. J. 46 (5) 965-974 (2018).

(ยีน *Ty-3b*) (Ji et al., 2007b) ซึ่งในตำแหน่งของยีน *Ty-3* พบในมะเขือเทศ 2 สายพันธุ์ คือ CLN3241H-27 และ GT-1-2-7 แต่อย่างไรก็ตามในพันธุ์ GT-1-2-7 พบ ขนาด 320 bp/450 bp (ยีน *ty-3/Ty-3*) (Figure 1) แต่ยังสามารถแสดงระดับความต้านทานต่อโรคไวรัสได้เนื่องจากยีนต้านทาน *Ty-3* นั้นมีรายงานว่าถูกควบคุมด้วยยีนเด่นจำนวน 1 คู่ นอกจากนั้นยังพบว่าในมะเขือเทศพันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบ CLN3447A นั้นพบชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาด 630 bp (ยีน *Ty-3a*) และ 660 bp (ยีน *Ty-3b*) ส่วนในมะเขือเทศพันธุ์ทดสอบอื่น ๆ นั้นพบชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาด 320 bp (ยีน *ty-3*) กล่าวคือไม่พบยีนต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลือง ดังนั้นจะเห็นว่าในมะเขือเทศที่มียีน *Ty-3* นั้นสามารถต้านทานต่อการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทย (Table 3)

Table 3 Reproducibility of markers and their validation with phenotypic data of TYLCV resistance of nine cultivars and one of susceptible and two resistant checks

Pedigree name	Genotype				Phenotype	Validation			
	SCAR_P6-25			SCAR_P1-16	Disease response	SCAR_P6-25			SCAR_P1-16
	Ty-3	*Ty-3a*	*Ty-3b*	*Ty-2*		*Ty-3*	*Ty-3a*	*Ty-3b*	*Ty-2*
GT1-2-7	+	-	-	-	R	+	-	-	-
KM3-3	-	-	-	-	HS	+	+	+	+
Black cherry	-	-	-	-	HS	+	+	+	+
Red lady	-	-	-	-	HS	+	+	+	+
Lyco red	-	-	-	-	S	+	+	+	+
CHRY	-	-	-	-	HS	+	+	+	+
CLN3447A	-	+	+	+	nt	•	•	•	•
Maneetabtim	-	-	-	-	S	+	+	+	+
Yellow sweet	-	-	-	-	S	•	•	•	•
VF134	-	-	-	-	HS	+	+	+	+
CLN3241H-27	+	-	-	+	HR	+	-	-	+
SeedaThip 4	-	-	-	-	S	+	+	+	+

Abbreviation of marker (validated +, and not validated –), and • no data)

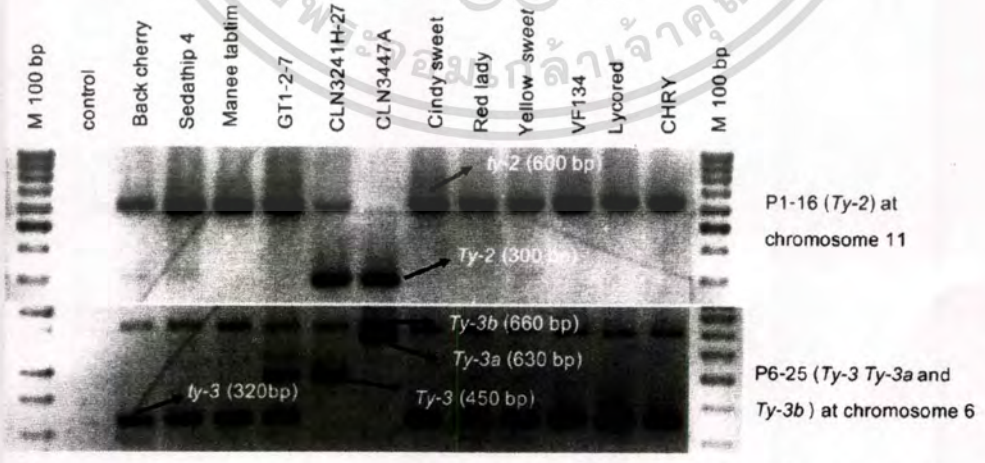

Figure 1 PCR fragments with primers P6-25-F2/P6-25-R5. Lane 1, 100-bp DNA ladder; Lane 2, control (Water); Lane 4, Susceptible check; Lane 7-8, Resistant checks; Other lands are new breeding lines

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก่นเกษตร 46 (5) : 965-974 (2561).

สรุป

จากการประเมินความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองสายพันธุ์ไทยสามารถแยกกลุ่มมะเขือเทศตามความต้านทานได้ 3 กลุ่มคือ ต้านทานมาก ต้านทาน และอ่อนแอ พบมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กพันธุ์ GT1-2-7 ที่สามารถแสดงระดับความต้านทานและมีปริมาณวิตามินซีสูง และได้มะเขือเทศรับประมาณสดผลเล็กให้ผลผลิตสูงและมีความหวานสูงคือ พันธุ์ Maneetabtim และ Red lady เพื่อใช้เป็นแหล่งเชื้อพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ต่อได้ และนอกจากนั้นยังพบว่า SCAR marker_P6-25 และ SCAR marker_P1-16 สามารถใช้คัดเลือกยีน *Ty-3* และ ยีน *Ty-2* และสัมพันธ์กับการเกิดโรคไวรัสสายพันธุ์ไทยซึ่งจะช่วยให้ประหยัดระยะเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานต่อไวรัสสายพันธุ์ไทยได้อีกด้วย

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทที่เคอาร์แอนด์ดี, ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์วิจัยและพัฒนาผักเขตร้อน และ The World Vegetable center (Taiwan) ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้อพันธุกรรมเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในการศึกษาครั้งนี้ และกองทุนสนับสนุนทุนวิจัยโครงการวิจัยพี่เลี้ยง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

บุญส่ง เอกพงษ์ และ กรุง สีตะธนี. 2557. การประเมินพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคใบหงิกเหลืองมะเขือเทศในสภาพแปลงปลูกในจังหวัดอุบลราชธานี. แก่นเกษตร. 42 (ฉบับพิเศษ 3): 718-724.

Anbinder, I., M. Reuveni, R. Azari, I. Paran, S. Nahon, H. Shlomo, L. Chen, M. Lapidot, and I. Levin. 2009. Molecular dissection of tomato leaf curl virus resistance in tomato line TY172 derived from *Solanum peruvianum*. Theor. Appl. Genet. 119: 519–530.

Burge, J., O. Mickelsen, C. Nicklow, and G. L. Marsh. 1975. Vitamin C in tomatoes: Comparison of tomatoes developed for mechanical or hand harvesting. Ecology of food and nutrition. 4: 27-31.

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

Hanson, P., S. K. Green, and G. Kuo. 2006. Ty-2, a gene on chromosome 11 conditioning germinivirus in a cultivarted tomato line. Tomato Genetic Cooperative report. 56: 17-18.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hutton, S. F. and J. W. Scott. 2015. Ty-6 a major begomovirus resistance gene located on chromosome 10. Rep. Tomato Genetic Crop. 64: 14-18.

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

Ji, Y., J.W. Scott, P. Hanson, E. Graham, and D. P. Maxwell. 2007c. Source of resistance inheritance and location of genetic loci conferring resistance to members of the tomato infecting begomoviruses. Tomato Yellow Leaf Curl Virus Disease. 343-362.

Ji, Y., M. Salus, B. Van Betteray, J. Smeets, K. S. Jensen, C. T. Martin, L. Mejia, J. W. Scott, M. J. Havey, and D. P. Maxwell. 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. Rep. Tomato Genetic crop. 57:25-28.

Kenyon, F.L., S. Kumar, W. S. Tsia, and J. A. Hughes. 2014a. Virus Disease of peppers (*Capsicum* spp.) and Their Control. Advances in virus research. 90:297-354.

Kenyon, L., W. S. Tsai, S. L. Shih, and L. M. Lee. 2014b. Emergence and diversity of begomoviruses infecting Solanaceous crops in East and Southeast Asia. Virus Research. 186:104-113.

Kil, E. J., S. Kim, Y. J. Lee, H. S. Byun, J. Park, H. Seo, C. S. Kim, J. K. Shim, J. H. Lee, J. H. L. Kim, K. Y. Lee, H. S. Choi, and S. Lee. 2015. Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV-IL): a seed-transmissible geminivirus in tomatoes. Scientific Reports. 6:19013. DOI: 10.1038/srep19013.

Rai, V. P., R. Kumar, S. Kumar, and M. Singh. 2014. Monogenic recessive resistance to Pepper leaf curl virus in an interspecific cross of Capsicum. Sci Hort. 172:34-38.

Rein, D. and K. Herbers. 2006. Enhances nutritional value of food crops. In Halford, N. (Ed.). Plant Biotech. 91-117.

Rickmand, J. C., D. M. Barrett, and C. M. Bruhn. 2007. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. J. Sci. Food Agric. 87: 930–944.

Verlaan, M. G., S. F. Hutton, R. M. Ibrahem, R. Kormelink, R. G. F. Visser, J. W. Scott, J. D. Ewards, and Y. Bai. 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. Genetic. 241-253.

Wilson, C. and C. Tisdell. 2001. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. Ecological Economics. 39:449-462.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก่นเกษตร 46 (5) : 965-974 (2561).

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสโครงการ/รหัสสัญญา.....

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2560

☐ แหล่งงบประมาณแผนดิน (บบปกติแ) ☐ แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาพันธุ์มะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กต้านทานไวรัสใบหงิกเหลือง

(ภาษาอังกฤษ) Development of cherry tomato resistance to tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) พัชราภรณ์ สุวอ

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ กันยายน 2561

ระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 100,000 บาท 50 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป) .....

งวดที่ 2 100,000 บาท 50 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป) .....

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย (

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวม ทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว	-		
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	-		
ค่าใช้สอย	50,000	50,000	0
ค่าวัสดุ	50,000	50,000	0
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-	-	
รวม	100,000	100,000	0

.....

(.....)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

...../ /.....

.....

(.....)

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่กี่ยวข้อง

...../ /.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ชื่อ: นางสาวพัชราภรณ์ สุวอ

อายุ: 29 ปี

ตำแหน่ง: อาจารย์

สถานที่ติดต่อ: ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์: +66-9-875-4521 ext. 6022

E-mail address: kupatcha@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา:

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ	พืชสวน	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2547
ปร.ด	พืชสวน	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2558

ประสบการณ์วิจัยหรือสาขาที่ชำนาญ ปรับปรุงพันธุ์พืชสวน (พริกและมะเขือเทศ)

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2554	Honorable mention Award of poster presentation	การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 10 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2557	Honorable mention Award of oral presentation	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2557	Outstanding Poster presentation Award	โครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2553-2558	โครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. พัชราภรณ์ สุวอ และสุชีลา เตชะวงค์เสถียร. 2557. สมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของลักษณะต้านทานโรคแอนแทรกโนสในพริกชนิด *Capsicum annuum* L. แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 3 : 935-940.

2. วีระ คำวอน พวงเพชร พิมพ์จันทร์ ขวัญตา เศษไธสง **พัชราภรณ์ สุวอ** และ สุชีลา เตชะวงค์เสถียร. 2552. ความก้าวหน้าในการจัดการเชื้อพันธุกรรมและพัฒนาพันธุ์พริกเผ็ดของมหาวิทยาลัยขอนแก่น. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร. 40(3): 51-53.

3. พัชราภรณ์ สุวอ พวงเพชร พิมพ์จันทร์ วีระ คำวอน พวงเพ็ญ พรไธสง คะนึงนิจ ฤทธิ์ และ**สุชีลา เตชะวงค์เสถียร.** 2553. ลักษณะประจำพันธุ์ พริกพันธุ์ปรับปรุงของมหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 8 พันธุ์. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร. 41(2). 441-444.

4. วันวิสา ใจราช **พัชราภรณ์ สุวอ** ชุมพล เตมียสถิต และ สุชีลา เตชะวงค์เสถียร. 2557. ผลของเทคโนโลยีการผลิตที่มีต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตของพันธุ์พริกเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 3 : 772-777.

5. P. Suwor, P. Thummabenjapone, J. Sanitchon, S. Kumar, S. Techawongstien. 2015. Phenotypic and genotypic responses of chili (*Capsicum annuum* L.) progressive lines with different resistant genes against anthracnose pathogen (*Colletotrichum* spp.). European Plant Pathology. DOI 10.1007/s10658-015-0723-7

6. P. Suwor, P. Thummabenjapone, J. San-itchon, S. Kumar and S. Techawongstien. 2015. Role of two inoculation methods in expression of anthracnose resistance genes in chili (*Capsicum annuum* L.). Acta Hort. (submitted)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเสนอผลงานวิชาการ

1. พัชราภรณ์ สุวอ พวงเพชร พิมพ์จันทร์ วีระ คำวอน พวงเพ็ญ พรไชสง คะนึงนิจ ฤทธิ์ และ**สุชีลา เตชะวงค์เสถียร**. ลักษณะประจำพันธุ์ พริกพันธุ์ปรับปรุงของมหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 8 พันธุ์. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 9 เรื่อง "พัฒนาพืชสวนไทยเพื่อไทยเข้มแข็ง" ประจำปี 2553 ระหว่างวันที่ 11 – 14 พฤษภาคม 2553 ณ โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ อ.พระนครศรีอยุธยา จ. พระนครศรีอยุธยา
2. พัชราภรณ์ สุวอ **สุชีลา เตชะวงค์เสถียร** และเพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล. การประเมินพริกต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที 10 ระหว่างวันที่ 18 - 20 พฤษภาคม 2554 ณ โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ จ กรุงเทพมหานคร
3. **P. Suwor**, P. Thummabenjapone and S. Thechwongstien. 2012. Evaluation of chili pepper (*Capsicum annuum*) breeding lines for resistance to anthracnose cause by *Colletotrichum acutatum*. The 12th SABRAO Congress on Plant Breeding towards 2025:Challenges in a Rapidly Changing World. An International Conference to Celebrate His Malesty King Bhumibol's 84th (7 Cyucle) Birthday Anniversary. The Empress Chiang Mai Hotel Chiang Mai Thailand. 13-16 January 2012.
4. **P. Suwor**, P. Thummabenjapone, J. Sanitchon, S. Kumar, S. Techawongstien. 2014. Validation of anthracnose (*C. acutatum*) resistance markers in chili (*C. annuum* L.). TRF Seminar Series in Basic Research: CI Field Crops and Functional Food Crops and Annual Technical Seminar 2014 CHE-TRF-KKU Distingguished Research professor Proect Professor Dr. Aran Patanothai. 27-29 March 2014. Held at Lam Nam Oon Irrigation project, Sakon Nakhon.
5. **P. Suwor**, P. Thummabenjapone, J. Sanitchon, S. Kumar, S. Techawongstien. 2014. Inheritance of anthracnose resistance in chili pepper line (*C. annuum* L.) derived from *C. chinense* (PBC932). RGJ-Ph.D. Congress XV. May 28-30, 2014. Jomtien Palm Beach Resort Pattaya, Chonburi.
6. **P. Suwor**, P. Thummabenjapone, J. Sanitchon, S. Kumar, S. Techawongstien. 2015. Role of inoculation methods in expression of anthracnose resistance gene in chili (*Capsicum annuum* L.). Postharvest disease Congress. 6-12 May, 2015. Bari. Italy.

ผลงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรือ อื่นๆ)

ยื่นจดทะเบียนสิทธิบัตรพริกพันธุ์ใหม่ชื่อ พันธุ์อัคนีพิโรธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติส่วนตัวนักวิจัยพี่เลี้ยง

ชื่อ: ผศ. ดร. มณทินี ธีธารักษ์

สถานที่ติดต่อ: ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์: 089-8142269

E-mail adresse : ktmontin@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

ชื่อสถาบัน	วุฒิการศึกษา	สาขา/วิชาเอก	ปีที่จบ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	วท.บ.	เกษตรศาสตร์	2541
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	วท.ม.	พันธุวิศวกรรม	2545
Ehime University	Ph.D.	Horticulture	2556

International publications

1. Teerarak M., Laosinwattana C., Charoenying P. and Kato-Noguchi H. 2012. Allelopathic activities of Jasminum officinale f. var. grandiflorum (Linn.) Kob.: Inhibition effects on germination, seed imbibition, and α-amylase activity induction of *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. African Journal of Biotechnology 11(31): 7850-7854.
2. Teerarak M., Charoenying P. and Laosinwattana C. 2012. Physiological and cellular mechanisms of natural herbicide resource from *Aglaia odorata* Lour. on bioassay plants Acta Physiol Plant 34(4): 1277-1285.
3. Poonpaiboonpipat T., Pangnakorn U., Suvunnamek U., Teerarak M., Charoenying P. and Laosinwattana C. 2013. Phytotoxic effects of essential oil from Cymbopogon citratus and its physiological mechanisms on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) Industrial Crops and Products. 41(1): 403-407.
4. Krusonga W., Jindaprasert A., Laosinwattana C. and Teerarak M. 2015. Baby corn fermented vinegar and its vapour control postharvest decay in Strawberries. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 43:(3) 193–203.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Krusong W., Teerarak M., Laosinwattana C. 2015. Liquid and vapor-phase vinegar reduces *Klebsiella pneumoniae* on fresh coriander. Food Control 50 : 502-508.

International conferences

1. Pattharin Wichittrakarn, Montinee Teerarak, Patchanee Charoenying and Chamroon Laosinwattana. 2015. Determination of Herbicidal Activity from *Tagetes erecta* L. Crude Extract. In proceeding International Conference on Engineering and Natural Science. Hokkaido, Japan. pp. 450-462.
2. Pariyaporn netsawang, Pattharin Wichittrakarn, Montinee Teerarak, Chamroon Laosinwattana. 2015. Potential of Aqueous Extract and Solvent Extraction from Spanish Jasmine on Promoting of Seed Germination, Seedling Growth and Seedling Vigor Index of Plants Test. In proceeding International Conference on Engineering and Natural Science. Hokkaido, Japan. pp. 463-470.
3. Kanokporn Changsawake, Warawut Krusong, Chamroon Laosinwattana and Montinee Teerarak. 2015. Evaluation of Hydroxyl Radical Scavenging, Anti-Lipid Peroxidation Abilities and Total Phenolic Content of RD6 Glutinous Rice Grain In proceeding International Symposium on Engineering and Natural Sciences Beijing, China. pp. 73-79.
4. Natthakiti Phuruen, Chamroon Laosinwattana and Montinee Teerarak. 2015. The Use of Eppermint Essential Oil for Seed Quality Maintenance of SoybeanCultivarKPS292under Accelerated Aging. In proceeding International Symposium on Engineering and Natural Sciences Beijing, China. pp. 87-93.
5. Montinee Teeraraka, Kanokporn Changsawake, Napaporn Kongkarn, Chamroon Laosinwattana and Komkhae Pilasombut. 2015. Evaluation of Antioxidant Properties of Ethanol Extract from Dried Bael Fruit and Its Antibacterial Activity of Spoiling and Pathogen Food-Related Bacteria. In proceeding International Symposium on Engineering and Natural Sciences Beijing, China. pp. 94-104.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้