

การประเมินระดับความต้านทานโรคเหี่ยวที่เกิดจากแบคทีเรียในมะเขือเทศพันธุ์ต้านทาน
จากนานาชาติด้วยเชื้อ *Ralstonia solanacearum* บางสายพันธุ์จากแหล่งปลูกในประเทศไทย

**Evaluation of bacterial wilt resistance level in international resistant tomato lines using some
isolates of *Ralstonia solanacearum* from growing areas in Thailand**

ณัฏฐา ศรีสวัสดิ์¹ ชลิดา เล็กสมบูรณ์² และจุลภาค ชุ่นวงศ์^{3 4 5}

Nattaya Srisawad¹ Chalida Leksomboon² and Julapark Chunwongse^{3 4 5}

Abstract

This study aimed to evaluate the bacterial wilt reactions of the international resistant tomato lines from several breeding programs around the world. A total of forty-nine resistant breeding lines, collected at The World Vegetable Research Center (AVRDC) including two Thai commercial cultivars were used for the evaluation. Three different Thai isolates of *Ralstonia solanacearum*, CT1 EWS1 and RS145, were applied for the assessment at seedling stage in greenhouses. Additionally, we evaluated one trial in the field infested with *R. solanacearum* at Khon Kaen province. The mean for percent survival over trials revealed that 10 resistant varieties showed high level of resistance with the mean survival percentage higher than 80%. They were L285, Tml 46-N-12-N-early N.T. (flat shape), F7-80-465-10 orange, F7-80-465-10 pink, Tml 114-48-5-N spreading, Hawaii7996, GA 1565, CL1131, R-3034-3-10-N-UG and MT1. However, we found only two resistant varieties, L285 and F7-80-465-10 orange, which were highly resistant to all isolates. Moreover, the result indicated clearly that the resistance to bacterial wilt in tomato is strain specific. Three different isolates were varying in aggressiveness from high to low followed by RS145, EWS1 and CT1 respectively. The result of this experiment will be used for breeding program of bacterial wilt resistance and to prepare phenotypic data for studying of marker trait analysis using association mapping.

Keywords : Tomato, Bacterial wilt resistance, disease evaluation

¹ สาขาการปรับปรุงพันธุ์พืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

¹ Breeding Division, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

² ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

² Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

³ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

³ Department of Horticulture Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

⁴ ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

⁴ Center for Agriculture Biotechnology, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

⁵ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรสำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

⁵ Center of Excellence on Agriculture Biotechnology: (AG-BIO/PERDO-CHE), Bangkok 10900, Thailand

รับเรื่อง : มีนาคม 2555

Corresponding author : julapark.c@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การทดสอบระดับการเกิดโรคเหี่ยวที่เกิดจากแบคทีเรียในมะเขือเทศจากโปรแกรมปรับปรุงพันธุ์หลาย ๆ แหล่งทั่วโลก ที่รวบรวมไว้ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักโลก (The World Vegetable Center-AVRDC) จำนวน 49 พันธุ์ พันธุ์การค้าของไทย 2 พันธุ์ และพันธุ์อ่อนแอ 3 พันธุ์สำหรับใช้เป็นพันธุ์ควบคุม ทดสอบโรคในสภาพโรงเรือนและในแปลงปลูก โดยการทดสอบในสภาพโรงเรือนด้วยการปลูกเชื้อ *Ralstonia solanacearum* จำนวน 3 ไอโซเลท คือ CT1, EWS1 และ RS145 ในระยะต้นกล้า และการทดสอบในแปลงปลูกที่ จ. ขอนแก่น โดยการปลูกมะเขือเทศทดสอบทั้งหมดลงในแปลงปลูกที่มีเชื้อไอโซเลท S1-Mixed พบว่าพันธุ์ที่แสดงความต้านทาน (เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากกว่า 80%) โดยเฉลี่ยจากเชื้อทั้ง 4 ไอโซเลท มีจำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่ L285, Tml 46-N-12-N-early N.T.(flat shape), F7-80-465-10 orange, F7-80-465-10 pink, Tml 114-48-5-N spreading, Hawaii7996, GA 1565, CL1131, R-3034-3-10-N-UG และ MT1 แต่เมื่อพิจารณามะเขือเทศที่แสดงระดับความต้านทานในเชื้อแต่ละไอโซเลท พบว่ามีเพียง 2 พันธุ์ คือ L285 และ F7-80-465-10 orange ที่แสดงความต้านทานได้ต่อเชื้อทุกไอโซเลท นอกจากนี้ยังพบมะเขือเทศบางพันธุ์ เช่น พันธุ์ GA1405 ที่แสดงระดับความอ่อนแอต่อเชื้อ CT1 และ EWS1 แต่แสดงระดับความต้านทานต่อเชื้อ S1-mixed และ RS145 ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการปรับปรุงพันธุ์ และเป็นข้อมูลลักษณะปรากฏ (phenotype) ของการศึกษาตำแหน่งยีนต้านทานโดยวิธี association mapping ต่อไป

คำนำ

มะเขือเทศ (*Solanum lycopersicum*) เป็นพืชผักเศรษฐกิจที่มีความสำคัญเป็นลำดับต้น ๆ ของประเทศไทยและในหลาย ๆ ประเทศทั่วโลก แต่การปลูกมะเขือเทศในประเทศไทยประสบปัญหาสำคัญจากการเข้าทำลายของโรคเหี่ยวที่เกิดจากแบคทีเรีย โดยมีเชื้อสาเหตุ *Ralstonia solanacearum* ซึ่งเป็นปัญหาที่รุนแรงสำหรับการเพาะปลูกมะเขือเทศในเขตร้อน กึ่งร้อน และอบอุ่น โดยเชื้อสาเหตุของโรคมีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง มีพืชอาศัยหลายชนิด ทำให้เชื้อแพร่กระจายได้ดีและคงมีชีวิตอยู่ได้นาน ส่งผลในการควบคุมโรคนี้กระทำได้ยาก (Hayward, 1991) โรคนี้ทำความเสียหายต่อการผลิตมะเขือเทศในประเทศไทย 20-90 เปอร์เซ็นต์ (Thaveechai *et al.*, 1992) ปัจจุบันยังไม่มีสารเคมีที่ควบคุมโรคนี้ได้ จึงได้มีการศึกษาถึงการควบคุมโรคนี้ด้วยวิธีการอื่น ๆ เช่น การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (Suthumma *et al.*, 2009) การใช้สารสกัดจากพืช (Jarujit *et al.*, 2009) การอบดินด้วยสารเคมี (Thaveechai *et al.*, 1996) และการใช้พันธุ์ต้านทาน ซึ่งการใช้พันธุ์ต้านทานจัดว่าเป็นวิธีที่สะดวก ประหยัด และปลอดภัยต่อเกษตรกร

โปรแกรมปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคเหี่ยวที่เกิดจากแบคทีเรียได้เริ่มดำเนินการอย่างจริงจังในช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่สอง แต่พันธุ์ต้านทานที่แสดงความต้านทานในระดับสูงมีจำกัด อีกทั้งลักษณะต้านทานโรคนี้เป็นลักษณะทางปริมาณที่ควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง (Acosta *et al.*, 1964; Thoquet *et al.*, 1996a, b; Prior *et al.*, 1994; Wang *et al.*, 2000) โดยการแสดงออกของยีนยังขึ้นกับสภาพแวดล้อม และสายพันธุ์ของเชื้อที่แพร่ระบาดในแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกัน (Kelman, 1953; Hayward, 1991) จึงทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนพันธุ์ต้านทานระหว่างนักปรับปรุงพันธุ์ขึ้น และได้เกิดความร่วมมือในการรวบรวมพันธุ์ต้านทานของนักปรับปรุงพันธุ์ที่มีอยู่ในแต่ละแห่ง เพื่อทดสอบระดับความต้านทานในหลายประเทศ ซึ่งพบว่าการแสดงออกของความต้านทานยังไม่สม่ำเสมอ คือพันธุ์ที่แสดงความต้านทานได้ในพื้นที่หนึ่งแต่กลับอ่อนแอในอีกสถานที่หนึ่ง (Hanson *et al.*, 1996; Wang *et al.*, 1996)

ความต้านทานโรคเหี่ยวที่เกิดจากแบคทีเรียเป็นลักษณะทางปริมาณที่ควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง และผันแปรตามสภาพแวดล้อม ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์โดยการคัดเลือกด้วย

ดีเอ็นเอเครื่องหมายจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่ม ประสิทธิภาพการคัดเลือกให้มีความแม่นยำมากขึ้น เนื่องจากการคัดเลือกจากดีเอ็นเอจึงไม่มีความผันแปรจากสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงตำแหน่งยีนเพื่อให้ได้ดีเอ็นเอเครื่องหมายที่สัมพันธ์กับลักษณะต้านทานโรคก่อน การศึกษาหาตำแหน่งที่สัมพันธ์กับยีนโดยวิธี association mapping เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่อลักษณะ โดยใช้ประชากรที่มีอยู่ในธรรมชาติหรือพันธุ์แท้ที่ได้จากโปรแกรมปรับปรุงพันธุ์ (breeding lines) จัดเป็นวิธีการวิเคราะห์ตำแหน่งยีนในลักษณะทางปริมาณได้ดีกว่าการวิเคราะห์ลิงค์เกจ (Buckler and Thornberry, 2002; Flint-Garcia *et al.*, 2003) ดังนั้น มะเขือเทศต้านทานที่ได้รับการรวบรวมและทดสอบในต่างประเทศตามรายงานของ Hanson *et al.* (1996) และ Wang *et al.* (1996) นั้น จัดว่ามีความหลากหลายของยีนต้านทานโรคที่ได้จากแหล่งความต้านทานที่แตกต่างกัน ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่อลักษณะโดยวิธี association mapping และได้มีการนำมาทดสอบด้วยเชื้อที่แพร่ระบาดในพื้นที่ปลูกมะเขือเทศในประเทศไทยด้วยเช่นกัน (Lamyong and Wiwatwongwana, 1981; Butsarakul *et al.*, 1997; Ekpong *et al.*, 2011) แต่เนื่องจากเชื้อสาเหตุมีความแปรปรวนและมีความหลากหลายสูง ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงทำการทดสอบด้วยเชื้อ โอลิโกลาจากแหล่งต่าง ๆ เพิ่มขึ้น เพื่อให้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลฟีโนไทป์ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยวิธี association mapping ต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบระดับการเกิดโรคของมะเขือเทศที่ปรับปรุงพันธุ์จากแหล่งต่าง ๆ ต่อเชื้อสาเหตุโรคที่มาจากแหล่งปลูกมะเขือเทศที่สำคัญของประเทศไทยทั้งในเขตภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อระดับความต้านทานของมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ สำหรับนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่อลักษณะสำหรับปรับปรุงพันธุ์ต้านทานต่อโรคเหี่ยวที่เกิดจากแบคทีเรียในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พันธุ์มะเขือเทศและเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษา

1.1 พันธุ์มะเขือเทศ

มะเขือเทศที่นำมาทดสอบเป็นพันธุ์ที่ได้มาจากโปรแกรมปรับปรุงพันธุ์เพื่อต้านทานโรคเหี่ยวจากเชื้อแบคทีเรีย ที่รวบรวมไว้ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักโลก (The world vegetable center-AVRDC) จำนวน 49 พันธุ์ (Hanson *et al.*, 1996; Wang *et al.*, 1996) และพันธุ์การค้าของไทย 2 พันธุ์ โดยมีพันธุ์อ่อนแอ 3 พันธุ์ สำหรับใช้เป็นพันธุ์ควบคุม โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

1.2 เชื้อที่ใช้ในการทดลอง

1.2.1 ทดสอบความต้านทานโรคในสภาพโรงเรือนด้วยเชื้อ 3 โอลิโกลา คือ CT1, EWS1 และ RS145 ซึ่งเชื้อ CT1 และ EWS1 เป็นเชื้อที่แยกจากมะเขือเทศเป็นโรคในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ส่วนเชื้อ RS145 เป็นเชื้อที่แยกจากมะเขือเทศเป็นโรคที่ อ. พังโคน จ. สกลนคร โดยเลี้ยงเชื้อบนอาหารแข็ง Triphenyl Tetrazolium Chloride (TTC) ที่ไม่เติมสาร 2,3,5 Triphenyl tetrazolium chloride เมื่อเชื้อมีอายุ 48 ชั่วโมงทำการเตรียมเป็นเซลล์แขวนลอยเชื้อให้มีความเข้มข้นประมาณ 10^8 cfu/ml โดยการวัดความเข้มข้นเชื้อจากค่าการดูดกลืนแสงของเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ให้ได้เท่ากับ 0.2 (Vudhivanich and Soontarasing, 1996)

1.2.2 การทดสอบโรคในแปลงปลูกที่มีเชื้อสาเหตุโรค โอลิโกลา S1-mixed ซึ่งเป็นแปลงสำหรับใช้ทดสอบพันธุ์มะเขือเทศในโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์ของบริษัทเมล็ดพันธุ์ชินเจนทาซิด จำกัด และได้มีการรักษาเชื้อโดยการปลูกมะเขือเทศพันธุ์อ่อนแอสลับกับมะเขือเทศทดสอบ

2. การปลูกเชื้อทดสอบเพื่อประเมินความต้านทานโรค

2.1 การทดสอบโรคในสภาพโรงเรือนในระยะต้นกล้า
เพาะเมล็ดมะเขือเทศทดสอบลงในวัสดุปลูกหรือพีทมอส เมื่อต้นกล้ามีอายุ 3-4 สัปดาห์ จึงย้ายลงกระถางขนาด 4 นิ้ว จนกระทั่ง

ต้นกล้ามีอายุ 4 – 5 สัปดาห์ จึงนำไปปลูกเชื้อโดยใช้กรรไกร
จุ่มสารละลายเชื้อที่ได้ตามวิธีการข้อ 1.2.1 ตัดใบจริงคู่แรก 2
ใบ ที่อยู่เหนือใบเลี้ยง ซึ่งการทดสอบในสภาพโรงเรือนนี้แบ่งเป็น
4 การทดลอง โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1 ดังนี้

2.1.1 การทดลองที่ 1 เป็นการทดสอบด้วยเชื้อ
CT1 ที่ อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี (SY-KCB) ซึ่งได้
รับความอนุเคราะห์จากบริษัทเจียไต๋ จำกัด จัดหน่วย
ทดลองเป็นแบบ Complete Randomize Design (CRD) เป็น
3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น

2.1.2 การทดลองที่ 2 ทดสอบด้วยเชื้อ CT1 โดยได้
รับความอนุเคราะห์จากบริษัทเจียไต๋ จำกัด สำหรับสถานที่
ทดสอบโรคที่อำเภอแม่เหียะ จังหวัดเชียงใหม่ (MH-CM) จัด
หน่วยทดลองเป็นแบบ Complete Randomize Design (CRD)
เป็น 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น ประเมินโรคที่ 28 DAI

2.1.3 การทดลองที่ 3 โดยใช้เชื้อ EWS1 สำหรับการ
ทดสอบที่อำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ (SS-CM) โดยได้
รับความอนุเคราะห์จากบริษัทอีสท์ เวสต์ ซีด จำกัด จัดหน่วย
ทดลองเป็นแบบ Complete Randomize Design (CRD) โดย
ทำการทดลองเป็น 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น ประเมินโรคที่ 28 DAI

2.1.4 การทดลองที่ 4 ทดสอบด้วยเชื้อ RS145
ทำการทดสอบที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพง
แสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม (KPS-NPT) โดยใช้
ต้นกล้าจำนวน 15 ต้นต่อมะเขือเทศทดสอบแต่ละพันธุ์ และใช้
ต้นแต่ละต้นเป็นซ้ำ ประเมินโรคที่ 13 DAI

2.2 การทดสอบโรคในแปลงปลูก

ทดสอบโรคในสภาพแปลงโดยได้รับความอนุเคราะห์ใน
การดำเนินการทดสอบโรคจากบริษัทชินเจนทาซีด จำกัด โดย
การเพาะเมล็ดในพีทมอส จากนั้นย้ายต้นกล้าที่อายุประมาณ
45 วัน ลงปลูกในแปลงที่มีเชื้อ *R. solanacearum* อยู่อาศัยใน
ดิน (S1-mixed) อยู่ ย้ายกล้ามะเขือเทศลงแปลงปลูกเป็นพันธุ์
ละ 1 แปลง เป็นจำนวน 10 ต้น โดยจัดเป็น 1 ซ้ำ ทำการ
ทดลองเป็น 3 ซ้ำต่อมะเขือเทศ 1 พันธุ์ ประเมินโรคที่ 50 DAI

3. การประเมินระดับความต้านทานโรค

3.1 การตอบสนองของพันธุ์ต้านทานต่อการเกิดโรค การ
ทดสอบในสภาพโรงเรือนให้ระดับคะแนนการเกิดโรคเป็น 6
ระดับ ตามวิธีดัดแปลงของ Winstead and Kelman (1952) คือ
ระดับ 1 ต้นมะเขือเทศปกติ, ระดับ 2 มีใบเหี่ยว 1 ใบ, ระดับ 3
มีใบเหี่ยว 2 - 3 ใบ, ระดับ 4 มีใบเหี่ยว 4 ใบขึ้นไป แต่ยังไม่
เหี่ยวถึงยอด, ระดับ 5 เหี่ยวทั้งต้น และระดับ 6 ต้นมะเขือเทศ
ตาย เนื่องจากเชื้อแต่ละไอโซเลทแสดงอาการของโรคได้ชัดเจน
ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน จึงทำการประเมินโรคที่ระยะเวลาที่แตก
ต่างกันในแต่ละการทดลองดังนี้ การทดลองที่ 1 ประเมินโรคที่
21 วันหลังปลูกเชื้อ (Day after inoculation: DAI), การทดลองที่
2 และ 3 ทำการประเมินโรคที่ 28 DAI และการทดลองที่ 4
ประเมินโรคที่ 13 DAI

การทดสอบในสภาพแปลงให้ระดับการเกิดโรค 6 ระดับ ดัง
นี้ ระดับ 0 ต้นมะเขือเทศปกติไม่แสดงอาการของโรค, ระดับ 1
แสดงอาการเหี่ยว <20% ของทั้งต้น, ระดับ 2 แสดงอาการเหี่ยว
20% - <60% ของทั้งต้น, ระดับ 3 แสดงอาการเหี่ยว 60% -
<100% ของทั้งต้น, ระดับ 4 แสดงอาการเหี่ยวทั้งต้น และระดับ
5 ต้นมะเขือเทศตาย (Hong-Hai *et al.*, 2008)

3.2 ความรุนแรงของเชื้อต่อระดับการเกิดโรค พิจารณา
จากค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตในมะเขือเทศทดสอบ
ทั้งหมดของเชื้อแต่ละไอโซเลท

3.3 ปฏิกริยาร่วมกันอย่างเฉพาะเจาะจง ประเมินจาก
ความสามารถในการเข้าทำลายของเชื้อจากค่าเปอร์เซ็นต์การ
รอดชีวิตในมะเขือเทศทดสอบที่เป็นพันธุ์เดียวกันแต่แสดงระดับ
การเข้าทำลายของเชื้อเดียวกันได้แตกต่างกัน

ผลและวิจารณ์

1. การตอบสนองของมะเขือเทศพันธุ์ต้านทานต่อระดับการเกิดโรค

มะเขือเทศพันธุ์ต้านทานแต่ละพันธุ์แสดงระดับการเกิด
โรคที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อ
มั่นสูงกว่า 99% (ข้อมูลไม่ได้แสดง) โดยมะเขือเทศแสดงความ

ตารางที่ 1 สถานที่ ช่วงเวลาการทดสอบโรค อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำฝนของการทดสอบโรคในแต่ละสถานที่

การทดลองที่	สถานที่	ช่วงเวลา การทดสอบโรค	ไอโซเลท	วิธีการ ปลูกเชื้อ	อุณหภูมิ (°C)		ความชื้นสัมพัทธ์ (%)		ฝน (มม.)
					สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
1	Sai Yok - Kanchanaburi (SY-KCB)	1 Dec. 08 - 31 Jan. 09	CT1	seedling	30.8	16.1	24.2	ND	ND
2	Mae Hia - Chiang Mai (MH-CM)	1 Dec. 08 - 10 Feb. 09	CT1	seedling	28.7	15.5	21.5	92.6	40.9
3	Ban Thum - Khon Kaen (Field-KK)	1 Dec. 08 - 16 Feb. 09	S1	Field	30.1	16.8	22.8	ND	ND
4	San Sai - Chiang Mai (SS-CM)	1 May 09 - 31 May 09	EWS1	seedling	33.2	24.4	28.1	89.6	56.0
5	Kamphaeng Saen-Nakhon Patom (KPS-NPT)	1 Aug. 09 - 31 Sep. 09	RS145	seedling	34.1	24.4	29.3	94.7	54.2

ND = ไม่มีข้อมูล

ต้านทานต่อเชื้อแต่ละไอโซเลทได้แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2 และ ภาพที่ 1 ดังนี้

การทดลองที่ 1 จากการทดสอบระดับการเกิดโรคกับเชื้อ CT1 ที่ อ. แม่เหียะ จ. เชียงใหม่ มีมะเขือเทศที่แสดงความต้านทาน (มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากกว่า 80%) ถึง 43 พันธุ์ โดยพันธุ์ที่ต้านทานระดับสูงที่มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเป็น 100% ได้แก่ R-3034, Caravel, CLN1463, CLN1464, CL143, CLN475 และ VC11 โดยพันธุ์ CLN1463, CLN1464, CL143 และ CLN475 เป็นพันธุ์ที่ใช้แหล่งของยีนต้านทานจาก พันธุ์ UPCA1169 เหมือนกัน

การทดลองที่ 2 ซึ่งเป็นการทดสอบด้วยเชื้อ CT1 ที่ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ พบพันธุ์ที่แสดงความต้านทาน (มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากกว่า 80%) 42 พันธุ์ โดยพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเป็น 100% ได้แก่ R3034, Tml114, F7-80pink, Caraibo, CLN1463, CLN1464, Redlander, PP#5, CL8, CL143, CL1131, VC11, MT5 และ TW4

การทดลองที่ 3 เป็นการทดสอบด้วยเชื้อ EWS1 ที่ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ พบพันธุ์มะเขือเทศแสดงความต้านทาน (มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากกว่า 80%) เพียง 7 พันธุ์ โดยที่เหลืออีกจำนวน 33 พันธุ์แสดงความอ่อนแอต่อการทดสอบโรค ในการทดลองนี้ ซึ่งพันธุ์ที่แสดงความต้านทานสูง (มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากกว่า 90%) ได้แก่ Okitsu, H7996, H7997, R3034, F7-80 orange, L285 และ CLN17-0

การทดลองที่ 4 จากการทดสอบด้วยเชื้อ RS145 ที่ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม พบมะเขือเทศที่แสดงความต้านทาน (มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากกว่า 80%) 11 พันธุ์ ได้แก่ Tml46Flat, Tml114, F7-80pink, F7-80orange, L285, GA1565, MT1, GA1405, CL9, CL1131 และ CLN475

จากการทดสอบในสภาพแปลงปลูกที่มีเชื้ออยู่ที่ จ. ขอนแก่น พบพันธุ์ที่แสดงความต้านทาน (มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากกว่า 80%) 25 พันธุ์ ซึ่งพันธุ์ที่แสดงเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเป็น 100% ได้แก่ Okitsu, H7997, R3034, H7998, L285, Intan Putih, GA1405 CLN17-0 และ VC11

เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของการทดสอบโรคจากทั้ง 5 การทดลอง พบมะเขือเทศที่แสดงความต้านทาน มีจำนวน 10 พันธุ์ คือ L285, Tml 46-N-12-N-early N.T.(flat shape), F7-80-465-10 orange, F7-80-465-10 pink, Tml 114-48-5-N spreading, Hawaii7996, GA 1565, CL1131, R-3034-3-10-N-UG และ MT1 โดยมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตโดยเฉลี่ย เป็น 97.2, 91.2, 88.3, 87.6, 87.4, 86.7, 87.0, 85.7, 84.3 และ 84.1 ตามลำดับ โดยพบว่ามีเพียง 2 พันธุ์ คือ L285 และ F7-80-465-10 orange ที่แสดงความต้านทานต่อเชื้อทั้ง 4 ไอโซเลทโดยพันธุ์ L285 มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตต่อเชื้อ CT1 S1 EWS1 และ RS145 เป็น 97.5, 100, 94.9 และ 96.0 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ F7-80-465-10 orange มีค่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต เท่ากับ 91.7, 82.1, 85.0 และ 90.0 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

อาการที่แสดงออกของความต้านทานในมะเขือเทศพันธุ์ต้านทานนั้น พบลักษณะต่าง ๆ กัน ในหลายรูปแบบ คือ อาการใบเหลืองที่ใบล่างตั้งแต่ 1 -3 ใบโดยไม่แสดงอาการเหี่ยว ซึ่ง จะหลุดร่วงไปโดยไม่แสดงอาการต่อ หรือพบเป็นก้านใบหักต่ำลงแต่ใบไม่เหี่ยว หรือใบไม่แสดงอาการเหี่ยวแต่พบก้านใบเป็นรอยแผลสีน้ำตาล หรือเป็นรอยแตก และพบ ooze ในตอนเช้า รวมทั้งอาจมีการสร้างรากพิเศษ (adventitious root) ตามลำต้น ซึ่งลักษณะที่เกิดขึ้นในพันธุ์ต้านทานนี้เป็นการตอบสนองต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุ และบางลักษณะอาจเกิดจากปัจจัยแวดล้อมต่างๆ

2. ความรุนแรงของเชื้อต่อระดับการเกิดโรค

จากการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตโดยเฉลี่ยของมะเขือเทศทดสอบชุดเดียวกันด้วยเชื้อที่แตกต่างกัน 3 ไอโซเลท และการทดสอบในแปลง พบว่าไอโซเลทของเชื้อแสดงความสามารถในการเข้าทำลายได้ไม่เท่ากัน โดยมีระดับการเกิดโรคเฉลี่ยจากมากไปน้อยได้แก่ RS145, EWS1 และ CT1 ด้วยค่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเฉลี่ยของมะเขือเทศทดสอบทั้งหมดเป็น 33.04 และ 43.7 ในการทดสอบโรคด้วยเชื้อ RS145 และ EWS1 ตามลำดับ สำหรับการทดสอบโรคด้วยเชื้อ CT1 นั้น ได้ทดสอบโรคใน 2 สถานที่ คือที่อำเภอมะเหียะ จังหวัด

ตารางที่ 2 พันธุ์ต้านทาน แหล่งความต้านทานหรือรายละเอียดพันธุ์ และเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของการทดสอบโรคต่อเชื้อแต่ละไอโซเลท

ลำดับที่	ชื่อพันธุ์	แหล่งความต้านทาน/รายละเอียด	การรอดชีวิต (%) ^d					เฉลี่ย
			CT1-KCB	CT1-CM	EWS1-CM	RS145	Field-KK	
1	BF-Okitsu 101	NC 1953-64N ^a	93.3	98.3	100.0	0.0	100.0	72.92
2	Hawaii 7996	PI 127805A ^a	98.3	88.0	90.0	64.3	94.4	85.15
3	Hawaii 7997	PI 127805A ^a	89.3	84.8	80.0	33.3	100.0	71.85
4	Caraibo	CRA66 ^a	98.3	100.0	63.3	6.7	98.1	67.08
5	BL342P (CRA84-79)	CRA 66 ^c	98.3	98.3	33.7	0.0	35.0	57.59
6	BL342V (CRA84-2)	CRA 66 ^c	98.3	98.3	41.1	40.0	83.6	69.44
7	Caravel	Caraibo ^a	100.0	93.3	46.7	6.7	24.1	61.67
8	TBL-1	King-Kong ^a	98.3	95.0	38.3	17.9	42.2	62.38
9	TBL-4	King-Kong ^a	93.3	98.3	6.7	0.0	91.7	49.58
10	TBL-2	King-Kong ^a	90.0	95.0	38.1	21.4	61.9	61.14
11	LS89	Hawaii7998 ^b	93.3	96.7	36.3	10.0	100.0	59.07
12	Intan Putih	VC8-1-2-1 ^a	88.3	56.7	51.7	10.0	100.0	51.67
13	GA 1565	PI263722 ^a	79.1	85.0	77.1	93.3	96.3	83.62
14	GA 219	PI126408 ^a	25.0	31.7	20.7	36.7	95.0	28.52
15	L285	Taiwan landrace ^a	96.7	98.3	94.9	96.0	100.0	96.48
16	GA 1405	PI251323 ^a	1.7	11.7	48.3	93.3	100.0	38.75
17	Redlander	VC 9-1 ^a	98.3	100.0	19.4	40.0	25.0	64.44
18	CL143-0-10-3-0-1-10 (CL143)	UPCA 1169 ^c	100.0	100.0	39.1	60.0	33.9	74.77
19	CL1131-0-0-13-0-6 (CL1131)	UPCA 1169 ^c	98.3	100.0	51.1	93.3	.	85.69
20	Tml 114-48-5-N spreading	Venus, CA67(1169) ^a	93.3	100.0	68.3	96.7	78.9	89.58
21	CL8d-0-7-1 (CL8)	Venus, UPCA 1169 ^c	98.3	100.0	16.7	30.0	55.6	61.25
22	CL9-0-0-1-3-0 (CL9)	Saturn, UPCA 1169 ^c	86.7	93.3	50.0	90.0	47.2	80.00
23	CLN475BC1F2-265-4-19 (CLN475)	Saturn, UPCA 1169 ^c	100.0	96.7	37.2	80.0	48.0	78.46
24	CLN657BC1F2-285-0-20-0 (CLN657)	Saturn, UPCA 1169 ^c	100.0	96.7	25.5	23.3	17.0	61.38
25	CL11d-0-2-1 (CL11)	Venus, UPCA 1169 ^c	83.3	90.0	12.0	6.7	26.1	48.01
26	CL 5915-93-D4-1-0	UPCA 1169, Saturn ^a	98.3	98.3	63.5	20.0	.	70.05
27	FLA 7421	Hawaii 7997, CL 9d ^a	71.7	72.8	16.7	33.3	45.0	48.62
28	CLN 65-349-D5-2-0	UPCA 1169, Kewalo, Saturn ^a	90.9	98.3	43.3	73.3	81.1	76.48
29	CLN 1463-160-40-60	UPCA1169, Saturn, CRA84-26-3 ^a	100.0	100.0	22.2	56.7	33.8	69.72
30	CLN 1464-111-30-45	UPCA1169, Saturn, CRA84-26-3 ^a	100.0	100.0	25.0	6.7	75.7	57.92

ลำดับที่	ชื่อพันธุ์	แหล่งความต้านทานรายละเอียด	การรอดชีวิต (%) ^d					เฉลี่ย
			CT1-KCB	CT1-CM	EWS1-CM	RS145	Field-KK	
31	L180	<i>S. pimpinellifolium</i>	96.7	98.3	27.4	0.0	94.4	55.60
32	GI1554	<i>S. pimpinellifolium</i>	0.0	0.0	3.3	0.0	100.0	0.83
33	Delta	Thai commercial cultivar	96.7	98.3	27.4	0.0	10.7	55.60
34	TW4	Thai commercial cultivar	93.3	100.0	0.0	0.0	16.7	48.33
35	Ranti	Unknown	1.7	33.3	3.3	0.0	71.4	9.58
36	Rodade	Unknown	.	.	.	0.0	50.0	0.00
37	THA3-AP-GR	Unknown	95.0	.	.	0.0	94.4	47.50
38	CLN-17-0	Unknown	.	.	90.0	0.0	100.0	45.00
39	PP#5	Unknown	98.3	100.0	18.3	23.3	91.7	60.00
40	R-3034-3-10-N-UG	Unknown	100.0	100.0	100.0	21.4	100.0	80.36
41	Tml 46-N-12-N-early N.T.(flat shape)	Unknown	98.3	91.7	73.3	100.0	93.0	90.83
42	Tml 46-N-12-N-early N.T.(oval shape)	Unknown	96.7	95.0	36.7	56.7	53.5	71.25
43	CRA66	Unknown	86.7	95.0	57.2	30.0	60.0	67.22
44	Hawaii 7998	Unknown	86.7	93.3	60.7	0.0	100.0	60.19
45	F7-80-465-10 pink	Unknown	90.0	100.0	68.1	100.0	80.0	89.51
46	F7-80-465-10 orange	Unknown	91.7	91.7	85.0	90.0	83.3	89.58
47	MT-1	Unknown	98.3	98.3	46.7	86.7	86.7	82.50
48	Kemir	Unknown	98.3	93.3	51.1	0.0	60.8	60.69
49	MT-11	Unknown	90.0	96.7	40.7	36.7	33.3	66.01
50	VC11-1-V6 (L21)	Unknown	100.0	100.0	66.7	0.0	100.0	66.67
51	BL350 (MT5)	Unknown	84.1	100.0	10.4	0.0	6.7	48.61
52	seedathip3	Susceptible	3.3	0.0	0.0	0.00	0.0	0.83
53	L390	Susceptible	0.0	12.8	3.3	0.00	0.0	4.03
54	Wva700	Susceptible	1.7	0.0	.	0.00	7.4	0.56

a = จากรายงานของ Wang et al., 1996

b = จากรายงานของ Nakaho et al., 1997

c = จากรายงานของ Hanson et al., 1996

d = % survival: isolate-location

. = ไม่มีข้อมูล

เชียงใหม่ (MH-CM) และที่อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี (SY-KCB) โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเฉลี่ยเป็น 83.8 และ 82.1 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งการทดสอบโรคด้วยเชื้อ CT1 ในทั้ง 2 สถานที่ และการทดสอบในแปลง (field-KK) นั้นเป็นการทดสอบในช่วงฤดูหนาวที่มีสภาพแล้ง ในขณะที่การทดสอบด้วยเชื้อ EWS1 และ RS145 เป็นการทดสอบในช่วงฤดูฝน ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายของเชื้อ ดังนั้นการทดสอบด้วยเชื้อ CT1 และการทดสอบในแปลงพบการเข้าทำลายได้น้อยกว่าการทดสอบในฤดูฝนด้วยเชื้อ EWS1 และ RS145 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sangrit *et al.* (2009) ที่พบว่า การทดสอบในช่วงฤดูแล้งเชื้อเข้าทำลายได้ต่ำกว่าฤดูฝน

สำหรับการแสดงออกของความต้านทานต่อเชื้อเดียวกัน แต่ต่างสถานที่จากการทดสอบโรคด้วยเชื้อไอโซเลท CT1 ใน 2 สถานที่ คือ ที่อำเภอแม่เหียะ จังหวัดเชียงใหม่ (MH-CM) และที่อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี (SY-KCB) พบว่า มะเขือเทศทดสอบทั้งหมดให้ผลที่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นเพียงพันธุ์เดียวคือ Intan Putih ที่ให้ผลแตกต่าง คือ การทดสอบที่ SY-KCB มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเป็น 88.3% ซึ่งจัดอยู่ในระดับต้านทาน (R) ส่วนการทดสอบที่ MH-CM มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเป็น 66.7% ที่จัดอยู่ในระดับค่อนข้างอ่อนแอ

3. ปฏิกริยาร่วมกันอย่างเฉพาะเจาะจงระหว่างพันธุ์ต้านทานกับไอโซเลทของเชื้อ

ผลการทดสอบมะเขือเทศที่ได้พัฒนามาจากหลายแหล่ง ด้วยเชื้อ *Ralstonia solanacearum* ที่ต่างกัน 4 ไอโซเลท ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มาจากแหล่งปลูกมะเขือเทศที่สำคัญในประเทศไทย พบว่าพันธุ์ต้านทานบางพันธุ์แสดงความต้านทานที่เฉพาะเจาะจงต่อสายพันธุ์ของเชื้อ เช่น พันธุ์ GA1405 ที่แสดงความอ่อนแอมากต่อเชื้อ CT1 โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเป็น 1.7 และ 11.7 ของการทดสอบที่ SY-KCB และ MH-CM ตามลำดับ และแสดงความอ่อนแอต่อเชื้อ EWS1 ด้วยค่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเป็น 48.3 โดยเชื้อทั้ง 2 ไอโซเลทดังกล่าวเป็นเชื้อจากเชียงใหม่ แต่พันธุ์ GA1405 กลับแสดงความ

ต้านทานต่อเชื้อ S1-Mixed และ RS145 ได้ในระดับสูง โดยมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเป็น 100 และ 93.3 ตามลำดับ โดยเชื้อ S1 และ RS145 เป็นเชื้อจากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อที่แพร่ระบาดในเขตภาคเหนือมีความแตกต่างกับเชื้อในทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Dittapongpitch *et al.* (2003) ซึ่งพบว่าเชื้อ *R. solanacearum* ที่แพร่ระบาดในประเทศไทย มีความสัมพันธ์กับ field ecology

4. แนวทางการนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์โรคเหี่ยวที่เกิดจากแบคทีเรีย

จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการปรับปรุงพันธุ์และการหาตำแหน่งยีนต้านทานได้โดย สามารถใช้เป็นข้อมูลในการเลือกพ่อแม่พันธุ์สำหรับการพัฒนาพันธุ์ต้านทานได้ ซึ่งพันธุ์ที่แสดงความต้านทานในระดับสูงในการทดสอบโรคทั้ง 5 การทดลองนั้นมี 2 พันธุ์ คือ L285 และ F7-80-465-10 orange ซึ่งพันธุ์ L285 เป็นมะเขือเทศพื้นเมืองของไต้หวัน ผลเล็ก โดยมีลักษณะทางการเกษตรที่ไม่ดี ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับเป็นพันธุ์ที่นำไปใช้เป็นแหล่งของ ความต้านทานในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป หรือสามารถนำไปใช้เป็นต้นตอสำหรับการผลิตต้นกล้ามะเขือเทศ ซึ่ง Hanson *et al.*, 1998 ได้ศึกษาสมรรถนะการผสมแล้ว พบว่าพันธุ์นี้มีสมรรถการผสมทั่วไป (General combining ability-GCA) ดี ส่วนพันธุ์ F7-80-465-10 orange เป็นมะเขือเทศที่ปรับปรุงมาแล้ว (breeding line) โดย Butsarakul *et al.* (1997) ได้เก็บลักษณะทางการเกษตรและผลผลิตแล้ว พบว่าเป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตต่อต้นของการทดสอบในฤดูหนาว และฤดูฝนเป็น 1191 กรัม และ 1204 กรัม ตามลำดับ มีผลเป็นรูปไข่ และมีเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายน้ำ (brix) เป็น 4.2 จากการทดลองที่ได้ในครั้งนี้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานที่เหมาะสมในแต่ละสถานที่ได้ เช่น พันธุ์ GA1405 ที่พบว่ามีควมต้านทานสูงเฉพาะการทดสอบโรคด้วยเชื้อ S1-Mixed และ RS145 ซึ่งเป็นเชื้อในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่านั้น

การศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลของลักษณะปรากฏ (phenotype) ของระดับการเกิดโรคเหี่ยวเฉียว ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่อลักษณะโดยวิธี Association mapping ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากประชากรที่ไม่ได้มีความสัมพันธ์กันทางสายเลือดมากนัก ซึ่งรวมถึงพันธุ์ที่เป็น breeding lines ที่ได้คัดเลือกลักษณะที่ต้องการมาเหมือนกัน ซึ่งการวิเคราะห์ตำแหน่งยีนต้านทานนี้จะมีประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ต้านทานโรคเหี่ยวเฉียวต่อไป สำหรับใช้เป็นดีเอ็นเอเครื่องหมายช่วยคัดเลือก ซึ่งเป็นการคัดเลือกจากจีโนมไปทำให้มีความแปรปรวนต่ำ อีกทั้งจะช่วยให้มีการนำพันธุ์ต้านทานมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น เนื่องจากพันธุ์ต้านทานยังมีลักษณะของพันธุ์ป่ายู และมีผลเล็กมากกว่าผลใหญ่ (Danesh *et al.*, 1994; Carmeille *et al.*, 2006; Hong Hai *et al.*, 2008) ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการปรับปรุงให้มีลักษณะทางการเกษตรที่ดีพร้อมกับต้านทานโรคด้วย

สรุป

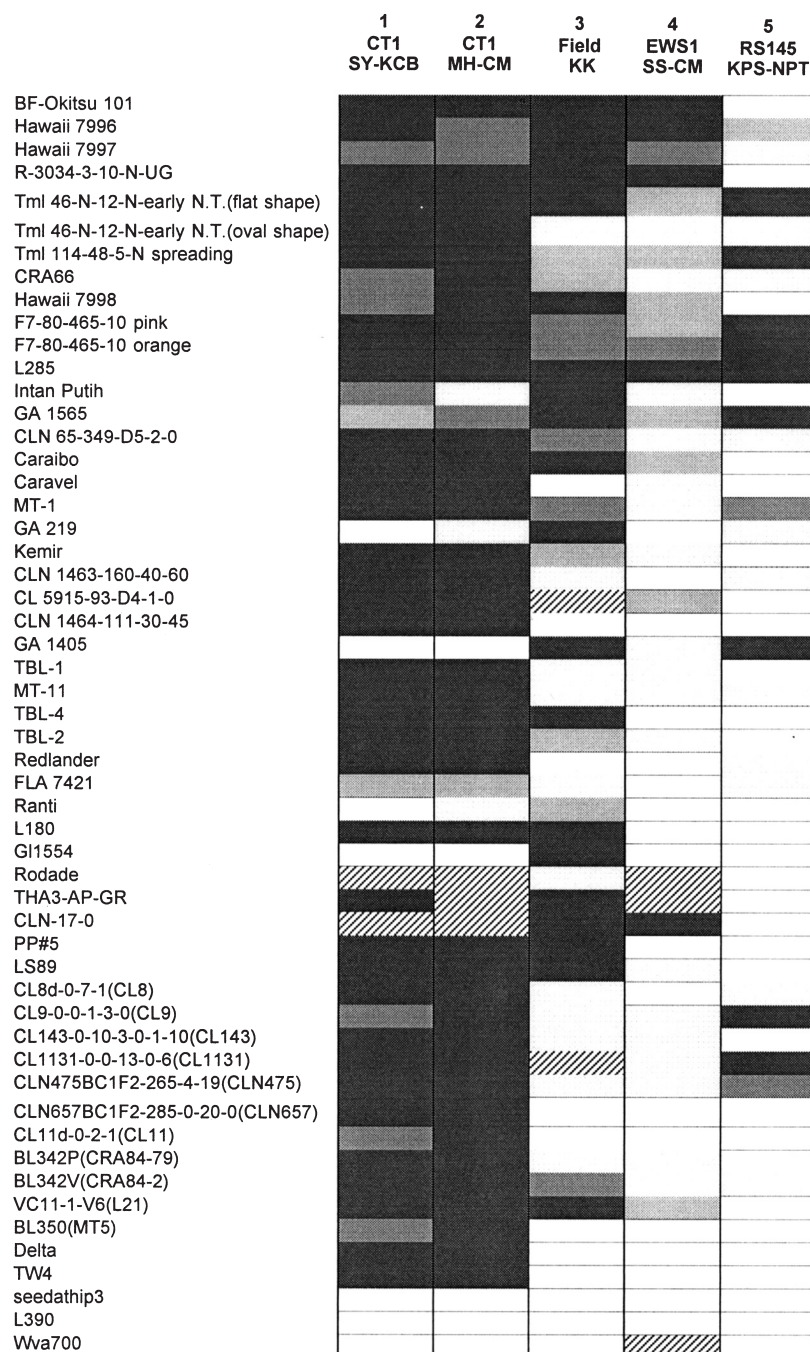
1. พันธุ์มะเขือเทศที่แสดงความต้านทาน (เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเฉลี่ยมากกว่า 80%) โดยเฉลี่ยจากเชื้อทั้ง 4 ไอโซเลท มีจำนวน 10 พันธุ์ คือ L285, Tml 46-N-12-N-early N.T.(flat shape), F7-80-465-10 orange, F7-80-465-10 pink, Tml 114-48-5-N spreading, Hawaii7996, GA 1565, CL1131, R-3034-3-10-N-UG และ MT1 โดยพันธุ์ที่แสดงความต้านทานต่อเชื้อทุกไอโซเลทมีเพียง 2 พันธุ์ คือ L285 และ F7-80-465-10 orange
2. ความต้านทานโรคในมะเขือเทศบางพันธุ์แสดงความต้านทานได้เฉพาะต่อเชื้อบางไอโซเลทเท่านั้น
3. เชื้อทั้ง 4 ไอโซเลทมีความรุนแรงในการก่อโรคเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ RS145, EWS1, S1-Mixed และ CT1
4. สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่อลักษณะโดยวิธี association mapping โดยต้องมีการศึกษาร่วมกับข้อมูลทางจีโนมไปของมะเขือเทศทั้งหมด

คำขอบคุณ

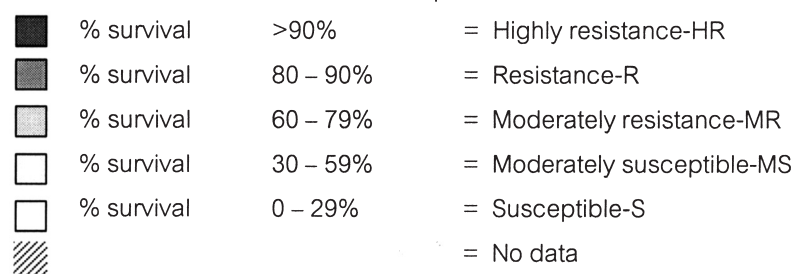
บริษัทเจียไต่ จำกัด, บริษัทชินเจนทาซีด จำกัด และ บริษัทอีส์ท์ เวสต์ ซีด จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการปลูกมะเขือเทศ และทดสอบความต้านทานโรคเหี่ยวเฉียว และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Acosta, J.C., J.C Gilbert and V.L. Quinon. 1964. Heritability of bacterial wilt resistance in tomato. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 84:455-462.
- Buckler, E.S. and J.M. Thornberry. 2002. Plant molecular diversity and applications to genomics. *Curr. Opin. Plant Biol.* 5: 107-111.
- Butsarakul, S., S. Pisil, P. Siritorn and K. Lertrat. 1997. Resolution of bacterial wilt resistant-tomato varieties in the international set of resistance in tomato to bacterial wilt under the northeast condition. Report of Khon Kaen University. (In Thai)
- Carmeille, A., C. Caranta, J. Dintinger, P. Prior, J. Luisetti and P. Besse. 2006. Identification of QTLs for *Ralstonia solanacearum* race 3-phylo type II resistance in tomato. *Theor. Appl. Genet.* 113 (1): 110-121.
- Danesh, D., S. Aarons, G.E. McGill and N.D. Young. 1994. Genetic dissection of oligogenic resistance to bacterial wilt in tomato. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 7(4): 464-471.



ภาพที่ 1 ระดับความต้านทานของมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ที่ตอบสนองต่อเชื้อในแต่ละไอโซเลต



- Dittapongpitch, V., T.X. Jaunet, P. Singhtong and M. Wanitch. 2003. Analyses of DNA fingerprint and aggressiveness of *Ralstonia solanacearum* isolated from tomato grown in the northeast of Thailand. Report of NSTDA. 175 p. (In Thai)
- Ekpong, V., K. Sitatani, Y. Chupraphawan, R. Saenprasert, V. sretvittaya and D. Sukit. 2011. Evaluation of tomato (*Solanum esculentum*) germplasm resistant to bacterial wilt and tomato yellow leaf curl virus, pp. 429-436. In The proceedings of 49th Kasetsart University annual conference (Plant Field). Kasetsart University, Bangkok (In Thai).
- Flint-Garcia, S.A. 2003. Structure of linkage disequilibrium in plants. Anu. Rev. Plant Biol. 53: 357-374.
- Hanson, P.M., J.F. Wang, O. Licardo, S.Y. Hanudin Mah, G.L. Harthman, Y.C. Lin and J.T. Chen. 1996. Variable reaction of tomato lines to bacterial wilt evaluated at several locations in Southeast Asia. Hort. Sci. 31: 143-146.
- Hanson, P.M., O. Licardo, J.F. Wang, and J. Chen. 1998. Diallel analysis of bacterial wilt resistance in tomato derived from different sources. Plant disease 82(1): 74-78.
- Hayward, A.C. 1991. Biological and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. Annu. Rev. Phytopathol. 29: 65-87.
- Hong Hai, T.T., E. Esch and J.F. Wang. 2008. Resistance to Taiwanese race 1 strains of *Ralsonia solanacearum* in wild tomato germplasm. Eur. J. Plant Pathol. 122: 471-479.
- Jarujit, J., W. Kositratana, S. Vajrodaya and N. Thaveechai. 2009. Efficacy of Soil Amendment with Plant Extract and Silicon for Controlling Tomato Bacterial Wilt in Greenhouse. J. Agricultural Sci.40(2): 283-292.
- Kelman, A. 1953. The bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. North Carolina Agriculture Experiment Station Technical Bulletin 99. 194 p.
- Lamyong, P. and M. Wiwatwongwana. 1981. Study on reaction of some tomato varieties to bacterial wilt disease. P 113. In The proceeding of 19th Kasetsart University annual conference (Plant Field). Kasetsart University, Bangkok (In Thai).
- Nakaho, K. 1997. Distribution and multiplication of *Ralstonia solanacearum* (synonym *Pseudomonas solanacearum*) in tomato plants of resistant rootstock cultivar L S-89 and susceptible Ponderosa . Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 63: 83 88.
- Prior, P., V. Grimault. and J. Schmit. 1994. Resistance to bacterial wilt (*Pseudomonas solanacearum*) in tomato: Present status and prospects. Pages 209-223 in: Bacterial wilt: The disease and its Causative Agent *Pseudomonas solanacearum*. A.C. Hayward and G.L. Hartman, eds. CAB International, Wallingford, England.
- Sangrit, C., S. Techawongstian, P. Thummabenjapone and H. Bolkan. 2009. Evaluation of tomato varieties for bacterial wilt resistance. Agricultural. Sci. J. 40(3) (Suppl.): 16-19 (In Thai).

- Suthumma, K., K. Sajjaphan, J. Chamsawang, K. Suyama and N. Thaveechai. 2009. Control of Bacterial Wilt of Tomato by Antagonistic Bacteria and Silicon in Greenhouse. *J. Agricultural Sci.* 40(2): 293-300.
- Thaveechai, N., W. Kositratana and C. Leksomboon. 1992. Bacterial wilt of tomato in Thailand. Report submitted for the AVNET Phase-I Final Workshop and AVNET Phase-II Joint Planning Meeting, 22-26 September 1992. Lembang, Indonesia. 24 p.
- Thaveechai, N., W. Kositratana, V. Phuntumart, C. Leksomboon and P. Khongpleam. 1996. Management of Bacterial Wilt of Tomato. Proceeding of The AVNET-II Final Workshop, Bangkok, Thailand 1-6 September 1996.
- Thouquet, P., J. Oliver, C. Sperisen, P. Rogowsky, H. Laterrot and N. Grimsley. 1996a. Quantitative trait loci determining resistance to bacterial wilt in tomato cultivar H7996. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 9(9): 826-836.
- Thouquet, P., J. Oliver, C. Sperisen, P. Rogowsky, P. Prior, G. Anais, B. Mangin, B. Bazin, R. Nazer and N. Grimsley. 1996b. Polygenic resistance of tomato plants to bacterial wilt in the French West Indies. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 9(9): 837-842.
- Vudhivanich, S., S. Soontarasing. 1996. Screening for bacterial wilt resistance of tomato by scalepel leaf clip method. pp. 657-666. *In* The proceeding of 34th Kasetsart University annual conference (Plant Field). Kasetsart University, Bangkok (In Thai).
- Wang, J.F., P.M. Hanson and J.A. Barnes. 1996. Preliminary results of worldwide evaluation of international set of resistance sources to bacterial wilt in tomatoes. *Bact. Wilt Newsl.* 13: 8-10.
- Wang, J.F., J. Olivier, P. Thoquet, B. Mangin, L. Sauviac, and N.H. Grimsley. 2000. Resistance of tomato line Hawaii7996 to *Ralstonia solanacearum* Pss4 in Taiwan is controlled mainly by a major strain-specific locus. *Mol. Plant-microbe Interact.* 7: 464-471.
- Winstead N.N. and Kelman A., 1952. Inoculation techniques for evaluating resistance to *Pseudomonas solanacearum*. *Phytopathology.* 42: 628-634.