วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



การประเมินความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียวที่เกิดจากเชื้อ *Ralstonia solanacearum* ร่วมกับลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศ

Assessment of resistance to bacterial wilt incited by *Ralstonia solanacearum* with fruit yield and its components of tomato germplasms

ณัฐริกา บดีรัฐ[1], จันทร์สุดา โหมดนอก[1], ต่อนภา ผุสดี[1], อังสนา อัครพิศาล[2], พัชราภรณ์ สุวอ[3], ธัญญารัตน์ ตาอินต๊ะ[4], สุชีลา เตชะวงค์เสถียร[4] และ นครินทร์ จี้อาทิตย์[1]*

Nattarika Bodeerat[1], Junsuda Modnok[1], Tonapha Pusadee[1], Angsana Akarapisan[2] Patcharaporn Suwor[3], Tanyarat Tarinta[4], Suchila Techawongstien[4] and Nakarin Jeeatid[1]*

[1] *ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200*
[1] *Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand*
[2] *ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200*
[2] *Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand*
[3] *คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520*
[3] *School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand*
[4] *สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002*
[4] *Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand*

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินลักษณะความต้านทานโรคเหี่ยวเขียวซึ่งมีสาเหตุมาจากเชื้อ *Ralstonia solanacearum* ร่วมกับลักษณะผลผลิตและคุณภาพผลในเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศ งานทดลองนี้สามารถแบ่งเป็น 2 งานทดลอง *โดยงานทดลองที่ 1* ทำการประเมินสายพันธุ์และปริมาตรของเชื้อสาเหตุที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประเมินเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศ โดยวางแผนการทดลองแบบ 3×2x2 factorial experiment in a completely randomized design (CRD) กำหนดให้ปัจจัยที่ 1 คือ เชื้อสาเหตุ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ To1 (biovar 4, phylotype I, sequevar 47), To3 (biovar 2T, phylotype I, sequevar 13) และ Ch1 (biovar 2T, phylotype I, sequevar 17) ปัจจัยที่ 2 เป็นปริมาตรเชื้อ 2 ปริมาตร คือ 5 และ 10 มล. และปัจจัยที่ 3 เป็นพันธุ์มะเขือเทศ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ต้านทาน (Hawaii7996) และพันธุ์อ่อนแอ (VF134-1-2) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า พันธุ์ Hawaii7996 ไม่มีการเกิดโรค ซึ่งมีค่าดัชนีการเกิดโรค (Disease Index: DI) = 0% ขณะที่พันธุ์ VF134-1-2 มีการเกิดโรคสูงสุด (DI=100%) เมื่อได้รับเชื้อสาเหตุ To1 ปริมาตร 10 มล. โดยสายพันธุ์และปริมาตรเชื้อดังกล่าวสามารถแยกความแตกต่างระหว่างพันธุ์ต้านทานและอ่อนแอออกจากกันได้ จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ในการประเมินเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศ*ในงานทดลองที่ 2* โดยทำการประเมินเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศจำนวน 26 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์การค้า 6 พันธุ์ พันธุ์ Hawaii7996 และพันธุ์ VF134-1-2 ทำการประเมินลักษณะความต้านทานโรคเหี่ยวเขียวในสภาพโรงเรือน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 15 ต้น ขณะที่การประเมินผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมะเขือเทศ ทำการปลูกทดสอบในสภาพแปลงเปิด วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น จากการศึกษาพบว่า การประเมินการเกิดโรคในวันที่ 8 หลังการปลูกเชื้อ พันธุ์ Hawaii7996 มีค่า DI = 11.13% ในขณะที่ VF134-1-2 มีค่า DI = 91.99% และพันธุ์ที่มีลักษณะความต้านทานเช่นเดียวกับ Hawaii7996 คือ KKU-T73025, KKU-T24020, KKU-T73021, KKU-T73020, CK6, CK4 และ VFT เมื่อพิจารณาลักษณะความต้านทานโรคร่วมกับการให้ผลผลิต พบว่า มะเขือเทศพันธุ์ KKU-T73021 และ KKU-T24020 มีระดับความต้านทาน และลักษณะผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ที่ดี (1631.08 และ 2083.60 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) และมี

* Corresponding author: nakarin.j@cmu.ac.th

Received: date; October 4, 2023 Revised: date; August 14, 2024

Accepted: date; August 28, 2024 Published: date; October 7, 2024

องค์ประกอบผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์การค้า (CK4 และ CK6) ดังนั้น พันธุ์ KKU-T73021 และ KKU-T24020 จึงเหมาะสมที่จะนำไปเป็นแหล่งพันธุกรรมต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียว ในช่วง 2-14 วันหลังการปลูกและให้ผลผลิตสูง
คำสำคัญ: คุณภาพผล; มะเขือเทศอุตสาหกรรม; พันธุ์อ่อนแอ; โรคทางดิน

ABSTRACT: This research assessed bacterial wilt resistance in tomato germplasms infected by *Ralstonia solanacearum* with its yield and yield components. The study was conducted in two distinct experiments. The first experiment used a 3×2x2 factorial experiment in a completely randomized design (CRD) to evaluate different *R. solanacearum* strains (factor A): To1 (biovar 4, phylotype I, sequevar 47), To3 (biovar 2T, phylotype I, sequevar 13), and Ch1 (biovar 2T, phylotype I, sequevar 17). Factor B involved two different volumes, namely 5 ml and 10 ml. Lastly. Factor C comprised of two tomato cultivars: a resistant check (Hawaii7996) and a susceptible check (VF134-1-2). The results revealed that Hawaii7996 exhibited a high resistance, with a disease index (DI) of 0%. While VF134-1-2 displayed extreme susceptibility, with DI of 100% when inoculated with To1 (biovar 4) using a volume of 10 ml. Therefore, this specific condition is recommended for accurately evaluating the bacterial wilt resistance of tomato germplasms. The second experiment was to assess bacterial wilt resistance in a total of twenty-six tomato germplasm, along with six commercial cultivars, Hawaii7996 and VF134-1-2, using a greenhouse setup. A CRD with three replications and fifteen plants per replication was used in this experiment. In addition to the bacterial wilt resistance evaluation, the yield and yield components were analyzed in open-field conditions using a randomized complete block design (RCBD) with three replications, each with ten plants. After eight days of inoculation, Hawaii7996 exhibited DI of 11.13%, while VF134-1-2 with a DI of 91.99%. Moreover, KKU-T73025, KKU-T24020, KKU-T73021, KKU-T73020, CK6, CK4, and VFT were classified as highly resistant (HR) to Moderately resistant (MR). Furthermore, KKU-T73021 and KKU-T24020 exhibited good resistance, producing 1631.08 and 2083.60 grams per plant, respectively, with yield components similar to those of CK4 and CK6. Consequently, KKU-T73021 and KKU-T24020 should be considered as valuable genetic resources for breeding programs to enhance bacterial wilt resistance during the 2-14 days after planting and maintain high productivity.
Keywords: fruit quality; processing tomato; susceptible variety; soil-borne disease

บทนำ

มะเขือเทศเป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในประเทศไทย โดยในปี 2564 ประเทศไทยมีพื้นที่การผลิต 39,050 ไร่ และมีผลผลิตประมาณ 134,084 ตัน แบ่งเป็นมะเขือเทศรับประทานสด 43,760 ตัน และมะเขือเทศอุตสาหกรรม 90,324 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) นอกจากนี้ยังมีการส่งออกมะเขือเทศในรูปแบบผลสด ผลแห้ง ผลิตภัณฑ์แปรรูป และเมล็ดพันธุ์ โดยการส่งออกเมล็ดพันธุ์มีปริมาณมากถึง 37.5 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,408 ล้านบาท ประเทศคู่ค้าที่สำคัญสำหรับประเทศไทย ได้แก่ เนเธอร์แลนด์ จีน อเมริกา และปากีสถาน (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2565) นอกจากนี้ยังมีการส่งออกมะเขือเทศแปรรูป และซอสมะเขือเทศชนิดข้นและซอสมะเขือเทศอื่น ๆ ปริมาณ 5,733.88 ตัน มูลค่า 279 ล้านบาท การส่งออกมะเขือเทศแปรรูปเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคที่นิยมบริโภคมะเขือเทศในรูปแบบแปรรูปมากกว่ามะเขือเทศรับประทานผลสด เนื่องจากมีความสะดวกในการบริโภค สินค้ามีความหลากหลาย และมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่า (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, 2564) การส่งออกสินค้าเหล่านี้จึงเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้เกษตรกรนิยมผลิตมะเขือเทศอุตสาหกรรมมากกว่ามะเขือเทศรับประทานผลสด

การผลิตมะเขือเทศในเขตร้อนและกึ่งร้อนรวมทั้งประเทศไทยมักประสบปัญหาการเข้าทำลายของโรคเหี่ยวเขียวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanaccearum* เชื้อสาเหตุนี้สามารถเข้าทำลายพืชอาศัยได้มากถึง 450 species ใน 50 family รวมถึงมะเขือเทศ พริก ยาสูบ มะเขือม่วง ขิง กล้วย และพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจอื่น ๆ (Kunwar et al., 2020) เชื้อสาเหตุสามารถเข้าสู่พืชอาศัยได้ผ่านทางบาดแผลที่เกิดจากธรรมชาติ เมื่อเข้าสู่ต้นพืช เชื้อจะเคลื่อนที่เข้าสู่ท่อน้ำ เพิ่มจำนวน และแพร่กระจายสู่ยอดของต้นพืช เมื่อเชื้อเริ่มเพิ่มจำนวนในต้นพืชมากขึ้น ใบจะเหี่ยวถาวร และตายในที่สุด (Genin, 2010) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่า โรคเหี่ยวเขียวส่งผลให้มะเขือเทศมีผลผลิตลดลงถึง 26% และอาจลดลงถึง 90% ภายใต้การผลิตในพื้นที่ที่มีการแพร่ระบาดของโรคอย่างรุนแรง (Artal et al., 2012)

ปัจจุบันสามารถจำแนกเชื้อ *R. solanacearum* ได้จากความสามารถในการเข้าทำลายพืชอาศัย (race) คุณสมบัติทางชีวเคมี (biovar) โดยพิจารณาจากการใช้แหล่งน้ำตาลที่แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 4 biovar ซึ่งพื้นที่การผลิตของประเทศไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักพบการแพร่ระบาดของ biovar 3 ในขณะที่พื้นที่การผลิตในภาคเหนือส่วนใหญ่มักพบการแพร่ระบาดของ

biovar 4 (Thammakijjawat et al., 2001) และการจำแนกโดยการใช้ข้อมูลทางชีวโมเลกุล (phylotype) โดยพิจารณาจากพิกัดทางภูมิศาสตร์ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ Phylotype I กลุ่มเอเชีย, Phylotype II กลุ่มอเมริกา, Phylotype III กลุ่มแอฟริกาและหมู่เกาะในมหาสมุทรอินเดีย และ Phylotype IV กลุ่มอินโดนีเซีย ออสเตรเลีย และญี่ปุ่น นอกจากความสามารถในการเข้าทำลายพืชอาศัยแล้ว เชื้อ *R. solanacearum* ยังมีความสามารถในการอยู่รอดในดินได้นานหลายปี และสามารถแฝงตัวภายในวัชพืชทำให้การป้องกันกำจัดทำได้ยาก (Hayward, 1991; Wenneker et al., 1999) ปัจจุบันจึงมีวิธีการในการป้องกันกำจัดหลากหลายวิธี เช่น การใช้วัสดุปลูกที่ปลอดเชื้อ การปลูกพืชหมุนเวียน การต่อกิ่ง การใช้เชื้อปฏิปักษ์ รวมทั้งการใช้พันธุ์ต้านทานซึ่งถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสามารถลดต้นทุนของเกษตรกร และลดการเกิดโรคเหี่ยวเขียวได้

ในปัจจุบันมีการรวบรวมแหล่งความต้านทานโรคเหี่ยวเขียวไว้ในสถาบันต่าง ๆ ทั่วโลก โดยแหล่งพันธุกรรมที่ได้รับความนิยมและนำมาใช้อย่างแพร่หลายคือ พันธุ์ Hawaii7996, CRA66, TML46 และ CLN1463 ซึ่งพบว่าแหล่งที่มาของความต้านทานเหล่านี้เป็นมะเขือเทศพันธุ์ป่า *Solanum pimpinellifolium* และ *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* (Lebeau et al., 2011) นอกจากนี้ได้มีการศึกษาลักษณะความต้านทานในพันธุ์ Hawaii7996 ด้วยเชื้อสาเหตุ และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยการประเมินเชื้อสาเหตุที่แตกต่างกันของ Wang (2013) พบว่า พันธุ์ Hawaii7996 มีการตอบสนองต่อเชื้อสาเหตุในสายพันธุ์ TW-Pss4a (race 1, biovar 3, phylotype I) เท่ากับ 24% ในขณะที่เชื้อ TH-CM (race 1, biovar 3), ID-PW (race 1, biovar 3) และ RE-JT519 (race 1, biovar 3, phylotype I) ไม่พบการเกิดโรค อีกทั้งในการประเมินโรคเหี่ยวเขียวในฤดูใบไม้ร่วง (อุณหภูมิเฉลี่ย = 21-30 °C) และฤดูใบไม้ผลิ (อุณหภูมิเฉลี่ย = 18-25 °C) พบว่า มะเขือเทศแต่ละสายพันธุ์มีการเกิดโรคที่แตกต่างกัน (Shin et al., 2020) มีการศึกษาเพิ่มเติมในลักษณะความต้านทานโรคเหี่ยวเขียว พบว่า เป็นลักษณะเชิงปริมาณ ถูกควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง โดยยีนแต่ละตำแหน่งตอบสนองต่อสายพันธุ์ของเชื้อ สภาพแวดล้อม และปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อและจีโนไทป์อย่างเฉพาะเจาะจง และตำแหน่งความต้านทานในพันธุ์ Hawaii7996 มีความเชื่อมโยงกับขนาดผลเล็ก ส่งผลให้พันธุ์ต้านทาน Hawaii7996 ไม่ได้รับความนิยมจากเกษตรกรและผู้บริโภค (Zohoungbogbo et al., 2021) การประเมินเชื้อพันธุกรรมจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการคัดเลือกสายพันธุ์มะเขือเทศให้ที่มีลักษณะความต้านทานและลักษณะทางการค้าที่ดี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้านทานโรคเหี่ยวเขียวที่เกิดจากเชื้อ *Ralstonia solanacearum* ร่วมกับลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศ สำหรับใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมความต้านทานโรคเหี่ยวเขียวในโครงการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศในสภาพโรงเรือนซึ่งสามารถควบคุมการระบาดของเชื้อได้ต่อไป

วิธีการศึกษา

งานทดลองที่ 1 การประเมินสายพันธุ์และปริมาตรของเชื้อสาเหตุ

งานวิจัยนี้ทำการปลูกเชื้อและประเมินความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียวในมะเขือเทศพันธุ์ต้านทาน Hawaii7996 และพันธุ์อ่อนแอ VF134-1-2 ทำการประเมินโรคในโรงเรือน เดือนธันวาคม 2564 โดยเพาะเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในถาดเพาะ 35 หลุม ขนาดหลุม (ปากหลุม x ก้นหลุม x ลึก) 6 x 4 x 5.5 ซม. เมื่อต้นกล้าอายุ 25 วัน เตรียมเชื้อ *R. solanacearum* isolated **To1** (biovar 4, phylotype I, sequevar 47), **To3** (biovar 2T, phylotype I, sequevar 13) และ **Ch1** (biovar 2T, phylotype I, sequevar 17) (Akarapisan et al., 2022) บนอาหาร NA medium เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 28 °C จากนั้นขูดเชื้อลงในน้ำกลั่น ปรับความเข้มข้นของเชื้อให้มีค่า OD เท่ากับ 0.2 โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 nm หรือความหนาแน่นของประชากรเชื้อประมาณ 10^8 CFU/ml ทำการปลูกเชื้อสาเหตุด้วยวิธี soil-drenching โดยใช้มีดตัดปลายรากห่างจากโคนต้นประมาณ 1 ซม. (Aslam et al., 2017) จากนั้นทำการใส่เชื้อแขวนลอย 5 และ 10 มล. วางแผนการทดลองแบบ 3x2x2 Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 15 ต้น ทำการประเมินโรคในวันที่ 12 และ 19 วันหลังปลูกเชื้อ ตามระดับการตอบสนองต่อการเกิดโรค 6 ระดับ คือ 0 = ไม่แสดงอาการ, 1 = ใบม้วน 1-2 ใบ จากใบล่าง, 2 = ใบม้วนมากกว่า 2 ใบ, 3 = ใบม้วนมากกว่า 4 ใบ หรือทั้งต้น , 4 = ใบม้วนทั้งต้น และโคนฉ่ำน้ำ และ 5 = โคนฉ่ำน้ำ และต้นล้มตาย ดัดแปลงตามวิธีการ Winstead and Kelman (1952) และนำค่าการตอบสนองของแต่ละสายพันธุ์มาคำนวณค่าดัชนีการเกิดโรคจากสูตร ดัชนีการเกิดโรค (%) = $\frac{\sum(\text{จำนวนต้นพืชที่เป็นโรคในแต่ละระดับ} \times \text{ระดับการเกิดโรค})}{\text{จำนวนต้นทั้งหมดที่ทำการทดสอบ} \times \text{ระดับการเกิดโรคสูงสุด}} \times 100$ เพื่อ

เปรียบเทียบปฏิกิริยาการเกิดโรค **(Table 1)** ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของดัชนีการเกิดโรค เพื่อใช้ในการประเมินความแตกต่างของเชื้อสาเหตุ ปริมาตรเชื้อ พันธุ์มะเขือเทศ และปฏิสัมพันธ์ของเชื้อสาเหตุ ปริมาตรเชื้อ พันธุ์มะเขือเทศ (Gomez and Gomez, 1984) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

งานทดลองที่ 2 การประเมินลักษณะความต้านทาน ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตในเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศ การประเมินลักษณะความต้านทาน

ทำการปลูกเชื้อ To1 ปริมาตร 10 มล. ที่คัดเลือกจากงานทดลองที่ 1 เพื่อประเมินความต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียวในเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศจำนวน 26 สายพันธุ์ จากศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์วิจัยผักของโลก (The World Vegetable Center, AVRDC) ร่วมกับพันธุ์การค้า 6 พันธุ์ โดยกำหนดให้มะเขือเทศพันธุ์ Hawaii7996 เป็นพันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบ และพันธุ์ VF134-1-2 เป็นพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ ทำการประเมินโรคในโรงเรือน เดือนมีนาคม 2565 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 15 ต้น จากนั้นทำการปลูกเชื้อและประเมินโรคเช่นเดียวกับงานทดลองที่ 1 โดยทำการประเมินโรคทุก ๆ 2 วัน (2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 14 วันหลังปลูกเชื้อ)

Table 1 Scale based on disease index for categorization of tomato germplasm (Aslam et al., 2017)

Disease index (%)	Disease reaction
0-20	Highly resistant (HR)
21-30	Resistant (R)
31-40	Moderately resistant (MR)
41-50	Moderately susceptible (MS)
51-60	Susceptible (S)
61-90	Highly susceptible (HS)
91-100	Extremely susceptible (ES)

การประเมินลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

ทำการปลูกประเมินเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศภายใต้สภาพแปลงเปิดในฤดูแล้ง ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2564 ถึง มีนาคม 2565 ณ ศูนย์วิจัย สาธิต และฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค (RCBD) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น ทำการเพาะเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในถาดเพาะ 104 หลุม ขนาดหลุม (ปากหลุม x ก้นหลุม x ลึก) 4 x 2.5 x 4.5 ซม. โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุ ปลูกรดน้ำวันละ 2 ครั้งในช่วงเช้าและบ่าย เมื่อต้นกล้ามีอายุได้ 25 วัน ย้ายลงแปลงปลูก ใช้ระยะห่างระหว่างต้นและระหว่างแถวเท่ากับ 50 x 50 ซม. ให้น้ำและปุ๋ยผ่านระบบน้ำหยดตามความต้องการของต้นพืชต่อวัน (Imas, 2003)

ทำการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตลอดการทดลองด้วยเครื่อง data logger (LogTag HAXO-8, LogTag Recorders Limited, New Zealand) เมื่อต้นมะเขือเทศมีอายุ 75-90 วันหลังย้ายปลูก ทำการเก็บผลมะเขือเทศที่เริ่มเปลี่ยนสีจากระยะผลแก่สีเขียว เป็นระยะผลแก่สีส้ม โดยทำการเก็บเกี่ยวทั้งหมด 3 ครั้ง หลังจากเก็บเกี่ยวทำการบันทึกข้อมูลจำนวนผลต่อต้นและน้ำหนักผลผลิตสดต่อต้น จากนั้นทำการสุ่มผลจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 2 จำนวน 3 ผลต่อต้น และนำมาบันทึกข้อมูลน้ำหนักผล ความกว้างผล ความยาวผล ความหนาเนื้อ และความกว้างพลาเซนตา ตามวิธีของ International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละลักษณะด้วยวิธี Least significant different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษา

สภาพภูมิอากาศขณะทำการทดลอง

ในงานทดลองที่ 1 ทำการบันทึกข้อมูลสภาพอากาศภายใต้สภาพโรงเรือนหลังการปลูกเชื้อ 14 วัน พบว่า มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 15.45 ℃ ขณะที่อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 39.00 ℃ และมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.23 ℃ เมื่อพิจารณาความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 46.95% ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 83.39% และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 65.17% **(Table 2)** ในขณะที่สภาพอากาศจากงานทดลองที่ 2 ทำการบันทึกข้อมูลสภาพอากาศภายใต้สภาพโรงเรือน พบว่า มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยต่อวันและอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 25.45 ℃ และ 31.54 ℃ เมื่อเปรียบเทียบความต่างของอุณหภูมิกับงานทดลองที่ 1 พบว่า งานทดลองที่ 2 มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยต่อวันและอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่างานทดลองที่ 1 เท่ากับ 10 ℃ และ 4.31 ℃ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่า อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยต่อวัน (37.67 ℃) จากงานทดลองที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกับงานทดลองที่ 1 เมื่อพิจารณาความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า งานทดลองที่ 2 มีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย เท่ากับ 59.21% และ 54.91% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่างานทดลองที่ 1 ประมาณ 24% และ 10% ตามลำดับ

ในขณะที่ข้อมูลสภาพอากาศในสภาพแปลงเปิด ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2564 ถึง มีนาคม 2565 พบว่า มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยต่อวันและอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 16.90 ℃ และ 28.06 ℃ ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยต่อวันสูงถึง 39.28 ℃ ส่งผลให้ความต่างของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยและสูงสุดเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 22.38 ℃ เมื่อพิจารณาความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 47.47% ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 80.41% และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 63.46%

Table 2 Minimum, maximum, and average of air temperature and relative humidity at greenhouse conditions for evaluating bacterial wilt disease from 2 to 14 days after inoculation and open-field conditions for evaluating yield and yield components

Experiment	Conditions	Period	Air temperature (˚C)			Relative humidity (%)		
			Min	Max	Avg.	Min	Max	Avg.
Experiment 1	Greenhouse	Dec 2021	15.45	39.00	27.23	46.95	83.39	65.17
Experiment 2	Greenhouse	Mar 2022	25.45	37.67	31.54	50.60	59.21	54.91
	Open-field	Nov 2021-Mar 2022	16.90	39.28	28.06	46.47	80.41	63.46
		Vegetative stage	18.12	38.23	28.17	43.61	83.13	63.37
		Reproductive stage	16.57	39.56	28.07	47.25	79.73	63.49

การประเมินสายพันธุ์และปริมาตรของเชื้อ *R. solanacearum* ที่เหมาะสมต่อการประเมินลักษณะความต้านทานโรคเหี่ยวเขียว

ประเมินสายพันธุ์เชื้อ *R. solanacearum* จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ To1, To3 และ Ch1 ที่ปริมาตร 5 และ 10 มล. ในต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์ Hawaii7996 และพันธุ์ VF134-1-2 พบว่า อิทธิพลของเชื้อสาเหตุ ปริมาตรเชื้อ พันธุ์มะเขือเทศ และปฏิสัมพันธ์ของเชื้อสาเหตุ ปริมาตรเชื้อ พันธุ์มะเขือเทศ มีผลต่อดัชนีการเกิดโรค โดยพันธุ์ Hawaii7996 ที่ได้รับการปลูกเชื้อ 3 สายพันธุ์ ทั้ง 2 ปริมาตร มีดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 0% ที่ 12 และ 19 วันหลังการปลูกเชื้อ **(Table 3)** ในขณะที่พันธุ์ VF134-1-2 ที่ได้รับการปลูกเชื้อ To1 ทั้ง 2 ปริมาตร และ Ch1 ที่ปริมาตร 10 มล. มีดัชนีการเกิดโรคที่ 12 วันหลังการปลูกเชื้อ เท่ากับ 100% และ 19 วันหลังการปลูกเชื้อมีดัชนีการเกิดโรค เท่ากับ 100% ในเชื้อสาเหตุ 3 สายพันธุ์ และทั้ง 2 ปริมาตร ยกเว้นสายพันธุ์ To3 ปริมาตร 5 มล. แสดงการเกิดโรค 61.1% ดังนั้น เชื้อ To1 ที่ปริมาตร 5 และ 10 มล. จึงเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ในการประเมินเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศในงานทดลองที่ 2

Table 3 Disease index of resistance and susceptible tomatoes at 12 and 19 days after inoculation evaluated in the dry season 2021 with different volumes and strains of *Ralstonia solanacearum*

Varieties / Strain	To1		To3		Ch1	
	5 ml	10ml	5 ml	10ml	5 ml	10ml
	12 days after inoculation					
Hawaii7996	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 c
VF134-1-2	100.0 a	100.0 a	54.5 b	88.9 a	93.3 a	100.0 a
	19 days after inoculation					
Hawaii7996	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 c	0.0 c
VF134-1-2	100.0 a	100.0 a	61.1 b	100.0 a	100.0 a	100.0 a

Mean in the same column and row followed by the same common letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD.

การประเมินลักษณะความต้านทานโรคเหี่ยวเขียวในเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศ

ในวันที่ 2 หลังการปลูกเชื้อไม่พบการเกิดโรคในมะเขือเทศทุกสายพันธุ์ ข้อมูลการประเมินการเกิดโรคจึงเริ่มในวันที่ 4 พบว่าการเกิดโรคในวันที่ 4-10 วันหลังการปลูกเชื้อ มีการตอบสนองต่อการเกิดโรคที่แตกต่างกัน โดยวันที่ 4 หลังการปลูกเชื้อมีดัชนีการเกิดโรคอยู่ในช่วง 0.00% - 58.33% และแสดงปฏิกิริยาการเกิดโรค 5 ระดับ ได้แก่ ลักษณะความต้านทานมาก (HR) ต้านทาน (R) ต้านทานปานกลาง (MR) อ่อนแอปานกลาง (MS) และอ่อนแอ (S) จากการประเมิน พบว่า สายพันธุ์ส่วนใหญ่อยู่ในระดับความต้านทานมาก - ต้านทานปานกลาง ยกเว้นพันธุ์ KKU-T73022, KKU-T73036, KKU-T73038, KKU40, GST888 และ VF134-1-2 ที่อยู่ในระดับอ่อนแอปานกลาง-อ่อนแอ **(Figure 1**)

ในวันที่ 6 หลังการปลูกเชื้อ มีดัชนีการเกิดโรคอยู่ในช่วง 0.00% - 84.15% และพบปฏิกิริยาการเกิดโรคเพิ่มขึ้นเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ต้านทานมาก (HR) ต้านทาน (R) ต้านทานปานกลาง (MR) อ่อนแอปานกลาง (MS) อ่อนแอ (S) และอ่อนแอมาก (HS) เมื่อพิจารณาพันธุ์ต้านทาน Hawaii7996 พบว่า มีดัชนีการเกิดโรค เท่ากับ 8.09% ซึ่งอยู่ในระดับต้านทานมาก เช่นเดียวกันกับพันธุ์ KKU-T73020, KKU-T73021, KKU-T73025, HW98, NOR605 และ KKU-T24020 ในขณะที่พันธุ์อ่อนแอ VF134-1-2 มีดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 84.15% และแสดงปฏิกิริยาการเกิดโรคอยู่ในระดับอ่อนแอมาก เช่นเดียวกันกับพันธุ์ KKU-T73022, KKU-T73036, KKU-T73038, KKU40, KKU72-1 และ IP-6-BE

ในวันที่ 8 หลังการปลูกเชื้อ มีดัชนีการเกิดโรคอยู่ในช่วง 11.13% - 100% พบปฏิกิริยาการเกิดโรค 7 ระดับ โดยสายพันธุ์ส่วนใหญ่แสดงปฏิกิริยาการเกิดโรคในระดับอ่อนแอ - อ่อนแอมาก โดยพันธุ์ KKU-T73022, KKU-T73024, KKU-T73036, KKU-T73038 และ VF134-1-2 มีดัชนีการเกิดโรคอยู่ระหว่าง 91.11% - 100% อยู่ในระดับอ่อนแอมากที่สุด นอกจากนั้น พบว่า พันธุ์ NOR605 และ CK2 มีดัชนีการเกิดโรค เท่ากับ 41.19% และ 44.13% ตามลำดับ อยู่ในระดับอ่อนแอปานกลาง ในขณะที่พันธุ์ KKU-T73025 และ Hawaii7996 มีดัชนีการเกิดโรค เท่ากับ 13.89% และ 11.13% ตามลำดับ และแสดงปฏิกิริยาการเกิดโรคในระดับต้านทานมาก รองลงมาคือ KKU-T73020, KKU-T73021 และ KKU-T24020 อยู่ในระดับต้านทาน และ VFT, CK4 และ CK6 อยู่ในระดับต้านทานปานกลาง

ในวันที่ 10 หลังการปลูกเชื้อ มีดัชนีการเกิดโรคอยู่ในช่วง 18.33% - 100% และสายพันธุ์ส่วนใหญ่แสดงปฏิกิริยาการเกิดโรคในระดับอ่อนแอ ยกเว้นพันธุ์ KKU-T73025, Hawaii7996 และ KKU-T24020 ที่มีดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 18.33%, 25.71% และ 39.60% ตามลำดับ และแสดงปฏิกิริยาการเกิดโรคอยู่ในระดับต้านทาน

ในขณะที่ 12 และ 14 วันหลังการปลูกเชื้อ พบว่า มีดัชนีการเกิดโรคอยู่ในช่วง 46.89% - 100% และแสดงปฏิกิริยาการเกิดโรคในระดับอ่อนแอ - อ่อนแอมากที่สุดในมะเขือเทศทุกสายพันธุ์ ยกเว้นในวันที่ 12 หลังการปลูกเชื้อของพันธุ์ KKU-T73025 ที่พบดัชนีการเกิดโรคเพียง 22.67% และแสดงปฏิกิริยาการเกิดโรคในระดับต้านทาน

การประเมินลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

จากการประเมินลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต พบว่า ทุกลักษณะที่ศึกษามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง **(Table 4)** โดยพันธุ์ KKU-T73031 มีผลผลิตต่อต้นมากที่สุด เท่ากับ 3944.75 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ พันธุ์ HW98 และ CK2 (2674.78 และ 2668.61 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) นอกจากนี้ พบว่า พันธุ์ KKU-T73019, KKU-T73036, KKU72-1, VFT, KKU-T24020, KKU-T11024, KKU-T11003 และ CK6 มีผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ที่ดี (1904.50 - 2187.00 กรัมต่อต้น) สำหรับลักษณะจำนวนผลต่อต้น พบว่า พันธุ์ HW98 และ KKU-T73031 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (129.58 และ 128.75 ผลต่อต้น ตามลำดับ) รองลงมาคือ พันธุ์ KKU-T34005 (107.34 ผลต่อต้น) ในลักษณะน้ำหนักต่อผล พบว่า พันธุ์ CK3, CK2 และ NOR 605 มีน้ำหนักผลมากไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าประมาณ 138.15±3.63 กรัม อย่างไรก็ตาม พบว่า มะเขือเทศทุกสายพันธุ์มีน้ำหนักผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอบรับของโรงงาน (มากกว่า 40 กรัม) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 44.00 - 129.18 กรัม ยกเว้นพันธุ์ KKU-T73037, KKUI2, HW98, KKU-T34005 และ KKU-T11003

ในลักษณะความกว้างผล พบว่า พันธุ์ NOR605, KKU-T73021, KKU72-1, CK3, CK2 และ CK1 มีค่าเฉลี่ยมากไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 61.84 - 65.36 มม. ในขณะที่ความยาวผล พบว่า พันธุ์ KKU-T73025 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 88.34 มม. รองลงมาคือ พันธุ์ KKU-T73021, CK3 และ CK1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 79.91, 78.96 และ 75.49 มม. ตามลำดับ เมื่อพิจารณาขนาดผลและรูปร่างผลร่วมกัน พบว่า พันธุ์การค้าส่วนใหญ่มีรูปร่างผลแบบกลมสูง (High rounded) และแบบหัวใจ (Heart-shaped) โดยสายพันธุ์ที่มีขนาดและรูปร่างผลใกล้เคียงกับพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ KKU-T73021, KKU-T73024, KKU-T73025, KKU-T73038, KKU72-1, TBRY, NOR 605, MP216, IP-6-BE และ KKU-T24020

เมื่อพิจารณาลักษณะความหนาเนื้อ พบว่า CK4 และ CK1 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 8.84 และ 8.78 มม. รองลงมาคือ พันธุ์ CK3, CK2, NOR605, KKU-T24020, KKU-T73024, IP-6-BE, KKU-T73019, BTH260, KKU72-1 และ CK6 (7.44, 7.43, 7.41, 7.38, 7.16, 7.16, 6.96, 6.86, 6.65 และ 6.62 มม. ตามลำดับ) ในลักษณะความกว้างพลาเซนตา พบว่า พันธุ์ BT1 และ CK2 มีค่าเฉลี่ยมากไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 40.44 และ 37.80 มม. ตามลำดับ รองลงมาคือ พันธุ์ CK3 และ TBRY (35.40 และ 35.19 มม. ตามลำดับ)

วิจารณ์

จากการทดลองที่ 1 พันธุ์ Hawaii7996 ที่ได้รับเชื้อ To1 ปริมาตร 5 และ 10 มล. มีดัชนีการเกิดโรค เท่ากับ 0% หลังการปลูกเชื้อ 12 และ 19 วัน ขณะที่พันธุ์ VF134-1-2 มีดัชนีการเกิดโรค เท่ากับ 100% โดยการประเมินเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศในงานทดลองที่ 2 ต้องการแยกความแตกต่างระหว่างพันธุ์ต้านทานและอ่อนแอออกจากกันได้ ดังนั้น เชื้อ To1 ปริมาตร 10 มล. จึงเป็นเชื้อสาเหตุและปริมาตรที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการประเมิน อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการปลูกเชื้อ To1 ปริมาตร 10 มล. ในเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศร่วมกับพันธุ์การค้า พันธุ์ต้านทาน และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ กลับพบว่า พันธุ์ Hawaii7996 มีดัชนีการเกิดโรค เท่ากับ 46.89% หลังการปลูกเชื้อ 12 วัน และไม่มีต้นที่แสดงความต้านทานเมื่อสิ้นสุดงานทดลอง ในขณะที่งานทดลองที่ 1 พันธุ์ Hawaii7996 ไม่พบการเกิดโรค จากการศึกษาที่ผ่านมา มีการรายงานว่า ลักษณะความต้านทานโรคเหี่ยวเขียวของมะเขือเทศเป็นลักษณะเชิงปริมาณ (Quantitative trait) (Wang et al., 2013) โดยสภาพแวดล้อมมีผลต่อลักษณะความต้านทาน และความสามารถในการก่อโรคของเชื้อ เช่น ความเป็นกรดด่าง ความชื้นของดิน และสภาพอากาศ (Hayward, 1991) ซึ่งจากการพิจารณาข้อมูลสภาพอากาศ ในงานทดลองที่ 1 (อุณหภูมิต่ำสุด/สูงสุด = 15.45/39.00 °C เฉลี่ย = 27.23 °C) มีอุณหภูมิที่ต่ำสุดเฉลี่ยและอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวันตลอดการประเมินน้อยกว่างานทดลองที่ 2 (อุณหภูมิต่ำสุด/สูงสุด = 25.45/37.67 °C เฉลี่ย = 31.54 °C) และจากรายงานของ Kunwar et al. (2020) ที่ทำการประเมินการเกิดโรคเหี่ยวเขียวในพันธุ์ Hawaii7996 พบว่า การประเมินการเกิดโรคในสภาพที่อุณหภูมิสูง (อุณหภูมิต่ำสุด/สูงสุด =

29/44 ℃ และเฉลี่ย = 36.5 ℃) ส่งผลให้มะเขือเทศมีการเกิดโรคมากกว่าการประเมินในสภาพที่อุณหภูมิต่ำ อีกทั้งยังพบว่า อุณหภูมิระหว่างการประเมินที่สูงถึง 40 ℃ ส่งผลให้ลักษณะความต้านทานบนตำแหน่ง *Bwr-12* ของพันธุ์ดังกล่าวไม่สามารถแสดงลักษณะความต้านทานได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ Bittner et al. (2016) ยังพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญของเชื้อ *R. solanacearum* โดยสามารถเจริญได้ดีในที่อุณหภูมิสูง (20 และ 30 ℃) ในขณะที่อุณหภูมิต่ำ (10 ℃) มีการเจริญช้ากว่าใน 6 วันแรกของการเลี้ยงเชื้อ สอดคล้องกับ Prior et al. (1996) ที่พบว่า ในสภาพอากาศที่หนาวเย็นเป็นข้อจำกัดในการเจริญเติบโตของเชื้อ และการแพร่กระจายของเชื้อไปสู่ต้นพืช ดังนั้น จากสภาพอากาศในงานทดลองที่ 2 ซึ่งมีอุณหภูมิในช่วงการประเมินโรคที่สูง จึงส่งผลให้เชื้อ To1 มีความรุนแรงในการเกิดโรคมากกว่าการประเมินในงานทดลองที่ 1 ที่มีอุณหภูมิในช่วงการประเมินโรคที่ต่ำกว่า นอกจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมแล้ว มีการรายงานว่า เชื้อ *R. solanacerum* race 1 biovar 4 phylotype I ที่ใช้ในการทดลอง เป็นไอโซเลทที่ทำให้พันธุ์ต้านทาน Hawaii7996 สามารถแสดงลักษณะความอ่อนแอได้ (Carmeille et al., 2006) ลักษณะความต้านทานในพันธุ์ Hawaii7996 จึงมีความสามารถในการต้านทานลดลง และเมื่อสิ้นสุดการประเมินจึงไม่มีต้นที่แสดงความต้านทาน เช่นเดียวกันกับสายพันธุ์อื่น การประเมินการเกิดโรคในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การตอบสนองต่อการเกิดโรคของมะเขือเทศแต่ละสายพันธุ์ มีความเฉพาะเจาะจงต่อเชื้อที่เข้าทำลาย และการเข้าทำลายของเชื้อ To1 ขึ้นอยู่กับยีนที่ควบคุมความต้านทานของมะเขือเทศ ส่งผลให้มะเขือเทศแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อการเกิดโรคที่แตกต่างกัน รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการประเมินมีอิทธิพลอย่างมากในการแสดงอาการเกิดโรคเหี่ยวเขียวในมะเขือเทศทั้ง 34 สายพันธุ์นี้ (Hanson et al., 1996; Lopes et al., 1994; Prior et al., 1990)

การตอบสนองการเกิดโรคในมะเขือเทศเริ่มพบที่วันที่ 4 วันหลังการปลูกเชื้อ และไม่พบต้นมะเขือเทศที่รอดตายใน 14 วันหลังการปลูกเชื้อทุกสายพันธุ์ (Aslam et al. 2017) รวมถึงพันธุ์ต้านทาน Hawaii7996 อย่างไรก็ตาม ในวันที่ 4 ถึง 12 หลังการปลูกเชื้อ พบว่า พันธุ์ต้านทานและพันธุ์อ่อนแอมีการตอบสนองต่อการเกิดโรคที่แตกต่างกัน ซึ่งการประเมินในช่วง 4 และ 6 วันหลังการปลูกเชื้อมะเขือเทศส่วนใหญ่มีการตอบสนองต่อการเกิดโรคไปในทิศทางเดียวกัน ส่งผลให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ได้ สอดคล้องกับ Wang et al. (2000) ที่รายงานว่า สามารถแยกความแตกต่างในการเกิดโรคของมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ได้ตั้งแต่ 7 วันหลังการปลูกเชื้อ ดังนั้น ในวันที่ 8 หลังการปลูกเชื้อจึงมีความเหมาะสมในการจัดระดับความต้านทานของแต่ละพันธุ์ออกจากกันได้อย่างชัดเจน โดยสายพันธุ์ KKU-T73025 มีระดับความต้านทานสูงที่สุด (Highly resistant) เทียบเท่ากับพันธุ์ต้านทาน (Hawaii7996) ขณะที่สายพันธุ์ KKU-T24020, KKU-T73021 และ KKU-T73020 อยู่ในระดับต้านทาน (Resistant) ดังนั้น เชื้อพันธุกรรมทั้ง 4 สายพันธุ์ จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมความต้านทานโรคเหี่ยวเขียว

จากการปลูกทดสอบมะเขือเทศ 34 สายพันธุ์ ภายใต้สภาพแปลงเปิด มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยต่อวัน และสูงสุดเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 16.90 และ 39.28 ℃ ตามลำดับ เมื่อประเมินลักษณะผลผลิตในเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศ และพันธุ์การค้า (CK1-CK6) พบว่า มีผลผลิตต่ำกว่าเกณฑ์การคัดเลือกมะเขือเทศอุตสาหกรรม (>3000 กรัมต่อต้น) (บุญส่ง, 2557) เนื่องจากในระยะที่มีการออกดอกและการติดผลของมะเขือมีอุณหภูมิสูงถึง 39.56 ℃ ส่งผลให้การติดผลของมะเขือเทศลดลง ในขณะที่อุณหภูมิที่เหมาะสมในการติดผลของมะเขือเทศมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22-25 ℃ (Kittas et al., 2005; Adams et al., 2001) นอกจากนี้ ความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงถึง 79.73% ส่งผลให้ระหว่างการประเมินลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต พบว่ามีการเข้าทำลายของโรคใบไหม้ร่วมด้วยทำให้ผลผลิตลดลงมากถึง 100% (Chowdappa et al., 2015)

จากการพิจารณาลักษณะความต้านทานในวันที่ 8 หลังการปลูกเชื้อ ร่วมกับลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต พบว่า พันธุ์ KKU-T73020 และ KKU-T73025 มีระดับความต้านทานสูง แต่มีผลผลิตต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จึงไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปเป็นแหล่งเชื้อพันธุกรรมที่ต้านทานร่วมกับลักษณะการค้าที่ดี ขณะที่สายพันธุ์ Hawaii7996 (HR) ซึ่งมีผลผลิตสูง (1,500 กรัมต่อต้น) แต่กลับพบว่ามีผลขนาดเล็ก มีความหนาเนื้อและความกว้างพลาเซนตาต่ำ ทำให้ยากต่อการนำไปปรับปรุงพันธุ์ให้มีคุณภาพผลที่ดีได้ ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมา มีรายงานว่า ลักษณะความต้านทานในพันธุ์ Hawaii7996 มีความเชื่อมโยงกับขนาดผล ส่งผลให้การพัฒนาพันธุ์จาก Hawaii7996 ให้มีขนาดผลที่ใหญ่ขึ้นเป็นเรื่องยาก (Opena et al., 1990; Wang et al., 1998) ดังนั้น เมื่อพิจารณาสายพันธุ์ที่มีลักษณะต้านทานและมีลักษณะทางการค้า พบว่า พันธุ์ KKU-T73021 และ KKU-T24020 มีผลผลิตมากกว่าพันธุ์การค้า มีน้ำหนักผลมากกว่า 40 กรัม (เสาวนี และคณะ, 2558) มีผลขนาดใหญ่ มีความหนาเนื้อและความกว้างพลาเซนตาที่ดี ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความแน่นเนื้อ

ของมะเขือเทศ โดยลักษณะทั้งหมดที่กล่าวมา ส่งผลให้มะเขือเทศสามารถทนต่อแรงบีบอัดระหว่างการขนส่งได้ (VIEIRA et al., 2019) ดังนั้น สายพันธุ์ KKU-T73021 และ KKU-T24020 จึงเหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมความต้านทานโรคเหี่ยวเขียวจากเชื้อสาเหตุ To1

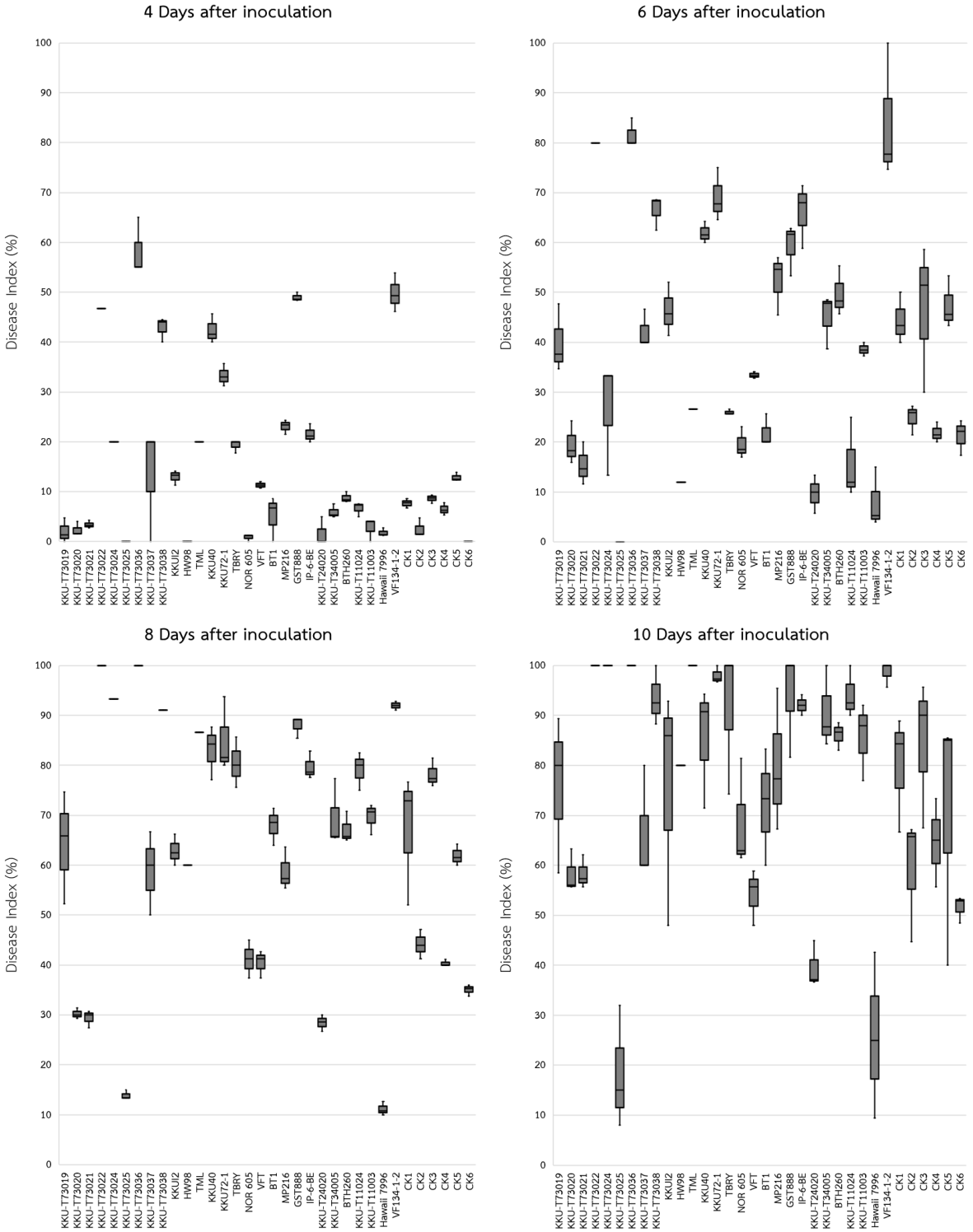


Figure 1 Average disease index of 34 tomato germplasm entries at 4, 6, 8, 10, 12 and 14 days after inoculation with *R. solanacearum*. Scores were averaged three replications each with 15 plants. The boxes are the lower and upper quartiles of the scores and the whiskers represent the overall maximum and minimum scores.

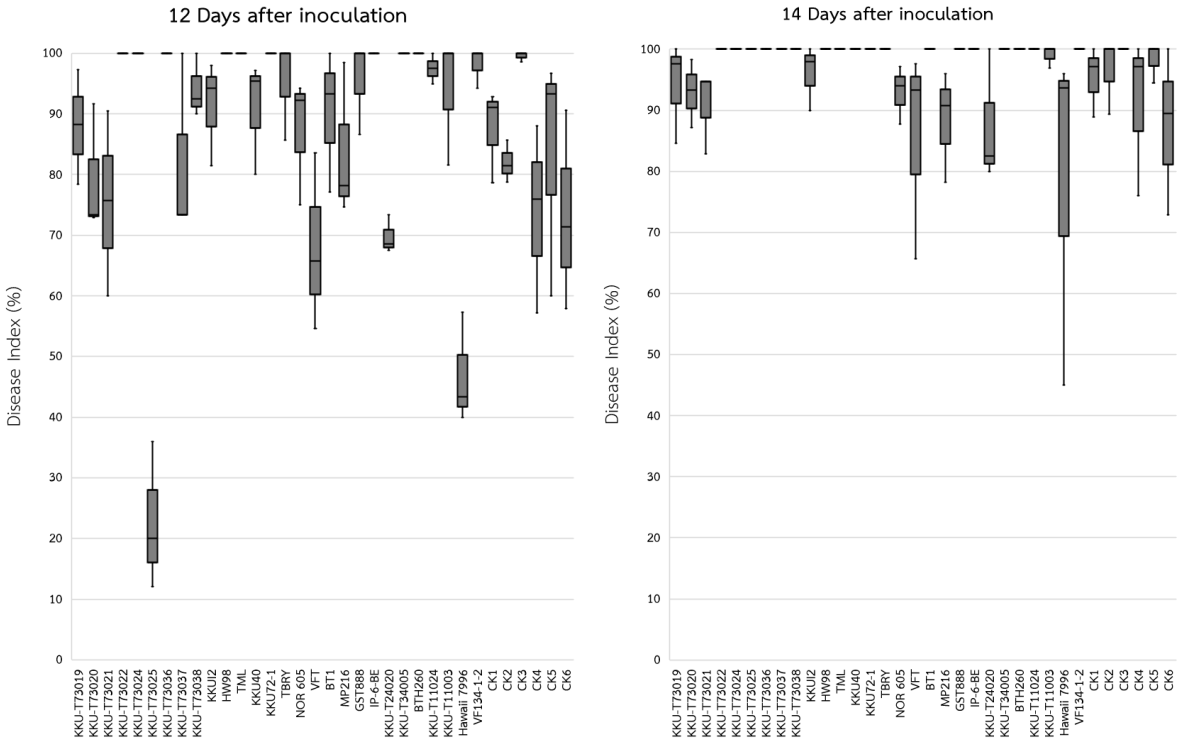


Figure 1 Average disease index of 34 tomato germplasm entries at 4, 6, 8, 10, 12 and 14 days after inoculation with *R. solanacearum*. Scores were averaged three replications each with 15 plants. The boxes are the lower and upper quartiles of the scores and the whiskers represent the overall maximum and minimum scores cont.).

สรุป

จากการประเมินสายพันธุ์และปริมาตรของเชื้อสาเหตุ พบว่า เชื้อ To1 ปริมาตร 10 มล. สามารถแยกความแตกต่างในพันธุ์ต้านทานและพันธุ์อ่อนแอออกจากกันได้อย่างชัดเจน จึงเหมาะสมสำหรับการนำมาประเมินเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศ และจากการประเมินลักษณะความต้านทานร่วมกับผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต พบว่า มะเขือเทศพันธุ์ KKU-T73021 และ KKU-T24020 มีระดับความต้านทาน และมีลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์การค้า จึงเหมาะสมที่จะนำไปเป็นแหล่งพันธุกรรมความต้านทานที่มีผลผลิตสูงและต้านทานต่อโรคเหี่ยวเขียว

Table 4 Fruit yield, fruit number, fruit weight, fruit size, rind thickness, and placenta width of thirty-four tomato germplasms grown under open field conditions during November 2021 to March 2022

Code	Fruit yield (g. plant^{-1}) [1]		Fruit number [1]		Fruit weight (g.) [2]		Fruit width (mm) [2]		Fruit length (mm) [2]		Rind thickness (mm) [2]		Placenta width (mm) [2]	
KKU-T73019	1981.25	c-e	39.03	f	73.16	ij	47.46	i-k	56.08	e-h	6.96	b-d	17.67	o-q
KKU-T73020	306.00	p	13.50	r-t	60.55	j-l	44.14	k-m	66.78	d	5.36	i-k	27.90	j-n
KKU-T73021	1631.08	gh	30.33	ij	90.15	gh	63.31	ab	79.91	b	6.48	c-g	27.96	j-n
KKU-T73024	878.33	mn	18.50	n-q	83.73	hi	48.98	g-j	67.02	d	7.16	b-d	30.25	f-k
KKU-T73025	653.33	no	13.00	st	81.05	hi	52.29	fg	88.34	a	5.90	f-i	29.57	f-l
KKU-T73031	3944.75	a	128.75	a	52.50	k-n	44.23	k-m	48.36	kl	5.96	e-i	27.02	k-n
KKU-T73036	2167.50	cd	35.50	f-h	56.18	k-m	44.76	k-m	49.37	j-l	6.38	d-h	15.41	q
KKU-T73037	1415.57	h-j	37.86	fg	35.92	o-q	37.75	op	41.31	n	5.60	g-j	20.46	o-q
KKU-T73038	785.00	n	16.56	o-s	107.01	ef	52.83	ef	66.69	d	6.28	d-h	30.62	e-j
KKUI2	1092.04	k-m	17.41	o-r	39.09	n-p	44.81	k-m	40.39	no	2.94	l	29.32	g-m
HW98	2674.78	b	129.58	a	39.39	n-p	46.71	j-l	42.86	mn	5.53	h-k	27.75	j-n
TML	1416.30	h-j	44.67	e	44.00	m-p	40.65	no	35.90	o	5.18	i-k	30.65	e-j
KKU40	1403.82	h-j	45.09	e	56.50	k-m	44.67	k-m	56.29	e-g	5.63	g-j	26.12	mn
KKU72-1	1975.19	c-e	22.26	l-n	115.81	de	63.29	ab	54.76	e-i	6.65	b-f	29.00	h-m
TBRY	1867.00	e-g	20.55	m-o	98.60	fg	59.91	bc	54.29	f-j	5.70	g-j	35.19	b-d
NOR 605	1829.70	e-g	20.23	m-p	131.45	a-c	65.36	a	55.93	e-h	7.41	b	29.56	f-l
VFT	2187.00	c	70.47	d	46.47	l-o	44.33	k-m	44.99	l-m	6.33	d-h	26.33	l-n
Mean	1592.04		37.76		77.14		50.77		56.05		6.01		27.64	
F-test	**		**		**		**		**		**		**	
C.V. (%)	10.94		7.16		11.33		4.32		5.46		9.28		7.22	

Means in the same column followed by the different letters are significantly different by LSD at $P \leq 0.05$.

**; Significant at $P \leq 0.01$ probability levels, 1(n = 30), 2(n = 90).

Table 4 Fruit yield, fruit number, fruit weight, fruit size, rind thickness, and placenta width of thirty-four tomato germplasms grown under open field condition during November 2021 to March 2022 (cont.)

Code	Fruit yield (g. plant^{-1}) [1]		Fruit number [1]		Fruit weight (g.) [2]		Fruit width (mm) [2]		Fruit length (mm) [2]		Rind thickness (mm) [2]		Placenta width (mm) [2]	
BT1	1173.39	j-l	14.21	q-t	99.02	fg	59.91	bc	47.14	k-m	5.53	h-k	40.44	a
MP216	923.33	l-n	15.11	q-s	77.44	fg	48.57	h-j	55.77	e-h	2.03	m	19.15	op
GST888	497.92	op	10.08	t	46.91	l-o	41.89	mn	51.22	h-k	5.62	g-j	26.79	l-n
IP-6-BE	804.90	n	16.10	p-s	82.12	hi	54.08	ef	59.55	e	7.16	b-d	28.35	i-n
KKU-T24020	2083.60	c-e	33.39	hi	98.60	fg	55.89	de	66.05	d	7.38	bc	32.59	c-f
KKU-T34005	1414.65	h-j	107.34	b	23.31	q	33.40	q	30.61	p	3.71	l	20.64	o
BTH260	1097.08	k-m	16.92	o-s	80.69	hi	51.56	f-h	51.51	g-k	6.86	b-e	32.47	c-g
KKU-T11024	1920.56	c-f	23.62	lm	82.14	hi	57.94	cd	50.74	i-k	5.98	e-i	33.87	c-e
KKU-T11003	1904.50	c-g	95.93	c	32.15	pq	36.44	pq	55.57	e-i	4.68	k	16.02	pq
Hawaii 7996	1508.17	hi	30.77	ij	62.91	jk	51.72	f-h	48.29	kl	5.16	i-k	31.97	d-h
VF134-1-2	1466.39	hi	34.47	g-i	53.69	k-m	43.42	l-m	48.97	kl	4.90	jk	17.72	o-q
CK1	1897.69	d-g	28.23	jk	129.18	b-d	61.84	ab	75.49	bc	8.75	a	32.60	c-f
CK2	2668.61	b	47.69	e	139.09	ab	62.38	ab	57.25	ef	7.43	b	37.80	a
CK3	1642.88	f-h	22.46	l-n	143.91	a	62.40	ab	78.96	b	7.44	b	35.40	bc
CK4	1660.54	f-h	25.33	kl	117.42	c-e	59.82	bc	73.25	c	8.84	a	31.24	e-i
CK5	1259.00	i-k	25.09	kl	70.77	ij	50.72	f-i	51.33	g-k	4.88	jk	25.45	n
CK6	1997.67	c-e	33.69	g-i	71.88	ij	48.63	h-j	54.70	e-i	6.62	b-f	16.42	pq
Mean	1592.04		37.76		77.14		50.77		56.05		6.01		27.64	
F-test	**		**		**		**		**		**		**	
C.V. (%)	10.94		7.16		11.33		4.32		5.46		9.28		7.22	

Means in the same column followed by the different letters are significantly different by LSD at $P \leq 0.05$.

**; Significant at $P \leq 0.01$ probability levels, 1(n = 30), 2(n = 90).

เอกสารอ้างอิง

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

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2565. การส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุม ปี 2565. แหล่งข้อมูล: https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2023/02/Export-all-year-65.pdf. ค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม 2566.

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. 2564. วิเคราะห์สถานการณ์เศรษฐกิจการค้าไทยรายภูมิภาค. แหล่งข้อมูล: http://www.tpso.moc.go.th/monthly. ค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2566.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. มะเขือเทศ: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ พันธุ์โรงงาน และบริโภค ปี 2564. แหล่งข้อมูล: www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดมะเขือเทศ/TH-TH. ค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม 2566.

เสาวนี เขตสกุล, รัชนี ศิริยาน, จิรภา ออสติน, อรรถพล รุกขพันธ์, กัลยา เกาะกากลาง, ปัญจพล สิริสุวรรณมา และบุญญาภา ศรีหาตา. 2563. การเปรียบเทียบและทดสอบพันธุ์มะเขือเทศผลใหญ่เพื่อการแปรรูป. แหล่งข้อมูล: www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2021/09/การเปรียบเทียบและทดสอบพันธุ์มะเขือเทศผลใหญ่เพื่อการแปรรูป.pdf. ค้นเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ 2567.

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

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2565. การส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุม ปี 2565. แหล่งข้อมูล: https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2023/02/Export-all-year-65.pdf. ค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม 2566.

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. 2564. วิเคราะห์สถานการณ์เศรษฐกิจการค้าไทยรายภูมิภาค. แหล่งข้อมูล: http://www.tpso.moc.go.th/monthly. ค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2566.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. มะเขือเทศ: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ พันธุ์โรงงาน และบริโภค ปี 2564. แหล่งข้อมูล: www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดมะเขือเทศ/TH-TH. ค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม 2566.

Adams, S. R., K. E. Cockshull, and C. R. J. Cave. 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. Annals of Botany. 88(5): 869-877.

Akarapisan, A., A. Kumvinit, C. Nontaswatsri, T. Puangkrit, and W. Kositrstsna. 2022. Phylotype, sequevar and pathogenicity of *Ralstonia solanaceaum* species complex from Northern Thailand. Journal of Phytopathology. 170: 176-184.

Artal, R. B., C. Gopalakrishnan, and B. Thippeswamy. 2012. An efficient inoculation method to screen tomato, brinjal and chilli entries for bacterial wilt resistance. Pest Management in Horticultural Ecosystems. 18(1): 70-73.

Aslam, M. N., T. Mukhtar, and M. A. Hussain. 2017. Assessment of resistance to bacterial wilt incited by *Ralstonia solanacearum* in tomato germplasm. Journal of Plant Diseases and Protection. 124: 585-590.

Bittner, R. J., C. Arellano, and A. L. Mila. 2016. Effect of temperature and resistance of tobacco cultivars to the progression of bacterial wilt, caused by *Ralstonia solanacearum*. Plant and Soil. 408: 299-310.

Carmeille, A., C. Caranta, J. Dintinger, P. Prior, J. Luisetti, and P. Besse. 2006. Identification of QTLs for *Ralstonia solanacearum* race 3-phylotype II resistance in tomato. Theoretical and Applied Genetics. 113: 110-121.

Chowdappa, P., B. J. Nirmal Kumar, S. Madhura, S. P. Mohan Kumar, K. L. Myers, W. E. Fry, and D. E. L. Cooke. 2015. Severe outbreaks of late blight on potato and tomato in South India caused by recent changes in the *Phytophthora infestans* population. Plant Pathology. 64: 191-199.

Genin, S. 2010. Molecular traits controlling host range and adaptation to plants in *Ralstonia solanacearum*. New Phytologist. 187: 920-928.

Gomez, K. A., and A. A. Gomez. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. 2nd Edition. John Wiley and Sons, New York.

Hanson, P. M., J. Wang, O. Licardo, S. Y. Mah, G. L. Hartman, Y. Lin, and J. Chen. 1996. Variable reaction of tomato lines to bacterial wilt evaluated at several locations in Southeast Asia. HortScience. 31(1): 143-146.

Hayward, A. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. Annual Review of Phytopathology. 29: 65-87.

Imas, P. 2003. Recent techniques in fertigation horticultural crops in Israel, pp.1-15 In IPI-PRII-KKV Workshop on: recent trends in nutrition management in horticultural crops, 11-12 February 1999. Dapoli Mahashtra, India.

Kittas, C., M. Karamanis, and N. Katsoulas. 2005. Air temperature regime in a forced ventilated greenhouse with rose crop. Energy and Buildings. 37(8): 807-812.

Kunwar, S., Y. C. Hsu, S. F. Lu, J. F. Wang, J. B. Jones, S. Hutton, M. Paret, and P. Hanson. 2020. Characterization 3333 of tomato (*Solanum lycopersicum*) accessions for resistance to phylotype I and phylotype II strains of the *Ralstonia solanacearum* species complex under high temperatures. Plant Breeding. 139: 389-401.

Lebeau, A., M. C. Daunay, A. Frar, A. Palloix, J. F. Wang, J. Dintinger, and P. Prior. 2011. Bacterial wilt resistance in tomato, pepper, and eggplant: genetic resources respond to diverse strains in the *Ralstonia solanacearum* species complex. Phytopathology. 101(1): 154-165.

Lopes, C. A., A. M. Quezado-Soares, and P. E. De Melo. 1994. Differential resistance of tomato cultigens to biovars I and III of *Pseudomonas solanacearum*. Plant Disease. 78: 1091-1094.

Opena, R. T, G. L. Hartman, J. T. Chen, and C. H. Yang. 1990. Breeding for Bacterial Wilt Resistance in Tropical Tomato. Genting Highlands Press, Malaysia.

Prior, P., H. Steva, and P. Cadet. 1990. Aggressiveness of strains of *Pseudomonas solanacearum* from the French West Indies (Martinique and Guadeloupe) on tomato. Plant Disease. 74: 962-965.

Prior, P., S. Bart, S. Leclercq, A. Darrasse, and G. Anais. 1996. Resistance to bacterial wilt in tomato as discerned by spread of *Pseudomonas* (Burholderia) *solanacearum* in the stem tissues. Plant Pathology. 45: 720-726.

Shin, I. S., J. C. Hsu, S. M. Huang, J. R. Chen, J. F. Wang, P. Hanson, and R. Schafleitner. 2020. Construction of a single nucleotide polymorphism marker based QTL map and validation of resistance loci to bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* species complex in tomato. Euphytica. 216: 54.

Thammakijjawat, P., N. Thaveechai, W. Kositratana, J. Chunwongse, R. D. Frederick and N. W. Schaad. 2001. Genetic analysis of *Ralstonia solanacearum* strains from different hosts in Thailand using PCR-restriction fragment length polymorphism. Agriculture and Natural Resources. 35(4): 397-408.

Vieira, D. A. D. P., M. Caliari, E. R. B. D. Souza, and M. S. Soares. 2019. Mechanical resistance, biometric and physicochemical characteristics of tomato cultivars for industrial processing. Food Science and Technology. 39: 363-370.

Wang, J. F., F. I. Ho, H. T. H. Truong, S. M. Huang, C. H. Balatero, V. Dittapongpitch, and N. Hidayati. 2013. Identification of major QTLs associated with stable resistance of tomato cultivar 'Hawaii 7996' to *Ralstonia solanacearum*. Euphytica. 190: 241-252.

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. Molecular Plant-Microbe Interactions. 13: 6-13.

Wang, J. F., P. Hanson, and J. A. Barnes. 1998. Worldwide evaluation of an international set of resistance sources to bacterial wilt in tomato. pp. 269–275. In: P. Prior, C. Allen and J. Elphinstone. Bacterial wilt disease: Molecular and ecological aspects. Springer Verlag, Germany.

Wenneker, M., M. Verdel, R. Groeneveld, C. Kempenaar, A. van Beuningen, and J. Janse. 1999. *Ralstonia* (*Pseudomonas*) *solanacearum* race3(bio-var 2) in surface water and natural weed hosts: first report on stinging nettle (Urticadioica). European Journal of Plant Pathology. 105: 307-315.

Winstead, N. N., and A. Kelman. 1952. Inoculation technique for evaluating resistance to *Pseudomonas solanacearum*. Phytopathology. 42: 628-624.

Zohoungbogbo, H., A. Quenum, J. Honfoga, J. R. Chen, E. Achigan-Dako, L. Kenyon, and P. Hanson. 2021. Evaluation of resistance sources of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to phylotype I strains of *Ralstonia solanacearum* species complex in Benin. Agronomy. 11(8): 1513.