

ความสามารถในการรวมตัวของลักษณะผลผลิตและความต้านทาน
ต่อเชื้อ *Pepper yellow leaf curl Thailand virus* ในพริก (*Capsicum annuum* L.)

Combining Ability Analysis for Yield and Resistance to *Pepper yellow leaf curl Thailand virus*
in Chilli Pepper (*Capsicum annuum* L.)

ธวัชชัย มศิริยานันท์¹ หทัยรัตน์ กิ่งกำปัง^{1,2} สมศักดิ์ ครามโชติ¹ สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร³
 นครินทร์ จ้าอาทิตย์⁴ Wen-Shi Tsai⁵ Sanjeet Kumar⁶ และพัชรภรณ์ สุวอ^{1*}
 Thawatchai Masiriyanan¹, Hathairai Kingkampang^{1,2}, Somsak Kramchote¹, Suchila Techawongstien³,
 Nakarin Jeeartid⁴, Wen-Shi Tsai⁵, Sanjeet Kumar⁶ and Patcharaporn Suwor^{1*}

บทคัดย่อ

Pepper yellow leaf curl Thailand virus (PepYLCTHV) เป็นปัญหาที่สำคัญต่อการผลิตพริก การใช้พันธุ์ต้านทานต่อเชื้อไวรัสจะช่วยให้ปัญหาดังกล่าวได้อย่างยั่งยืน ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการรวมตัวด้านผลผลิต และความต้านทานต่อ PepYLCTHV ในพริกลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 13 คู่ผสมจากแผนการผสมแบบ test cross เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ 14 สายพันธุ์ และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ 1 สายพันธุ์ (KM-P13001-4) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น ผลการทดลองพบว่าพริกพันธุ์แชกดำ มีค่าความสามารถในการรวมตัว (GCA) ของผลผลิตสด และผลผลิตแห้งสูงที่สุดคือ 170.43 และ 54.84 ตามลำดับ สำหรับลักษณะการเกิดโรคใบหงิกเหลือง พันธุ์แม่ที่มีค่า GCA ต่ำที่สุดคือพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 เท่ากับ -1.54 ในส่วนของลูกผสมพบว่า คู่ผสม KM-P13052-10-2 x 9853-123, KM-P13052-8-2 x 9853-123, ยอดสนเข็ม 80 x 9853-123 และ PP0537-7504 x 9853-123 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะผลผลิตสูงที่สุดคือ %MP เท่ากับ 148.98%, 257.96%, 46.56% และ 68.63% และ %HP เท่ากับ 140.60%, 239.47%, 23.08% และ 45.76% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามลูกผสมทั้ง 13 คู่ผสมแสดงอาการอ่อนแอต่อโรค ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ายีนที่ควบคุมความต้านทานต่อโรคใบหงิกเหลืองพริกเป็นแบบยีนด้อย นอกจากนั้นพบว่า คู่ผสมหัวเรือเบอร์ 7 x 9853-123 มีระดับการเกิดโรคต่ำที่สุดคือ 3.3 และมีเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ต่ำที่สุดคือ -28.57 ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นพันธุ์พริกทนทานต่อเชื้อ PepYLCTHV ได้

คำสำคัญ: การปรับปรุงพันธุ์ ความต้านทานโรค เบโกโมไวรัส การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เชื้อไวรัสใบหงิกเหลือง

Abstract

The *pepper yellow leaf curl Thailand virus* (PepYLCTHV) is one of economic importance as it has a negative impact on chili pepper production. The use of chilli pepper resistance to PepYLCTHV is a sustainability strategy for controlling the disease. Therefore, the objective of this experiment was to study about the combining ability of pepper varieties with regard to yield and resistance to PepYLCTHV. Thirteen F₁ hybrids testcrosses were obtained by testcross mating design, and they were compared with 14 parental lines and a susceptibility check (KM-P13001-4). The study was of randomized complete block design (RCBD) with three replications and five plants per replication. The results showed that the Khaekdam varieties had the highest general combining ability (GCA) value for fresh yield characteristics and dry yield at 170.43 and 54.84, respectively. For the GCA value of *pepper yellow leaf curl virus* disease, the Huareua-7 variety showed the lowest value at -1.54, which was suitable for development of

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Department of Plant Production of Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

² ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนานวัตกรรมศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Center of Excellence on Agricultural Biotechnology: (AG-BIO/PERDO-CHE), Chatuchak, Bangkok 10900

³ สาขาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40002

³ Horticulture Section, Faculty of Agricultural, Khon Kaen University, Muang, Khon Kaen 40002

⁴ สาขาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง เชียงใหม่ 50200

⁴ Horticulture Section, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang, Chiang Mai 50200

⁵ Department of Plant Medicine, College of Agriculture, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan

⁶ World Vegetable Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan

*Corresponding author, Email: patcharaporn.su@kmitl.ac.th

a tolerant variety. Four F_1 -hybrids, KM-P13052-10-2 x 9853-123, KM-P13052-8-2 x 9853-123, Yodsonkem 80 x 9853-123 and PP0537-7504 x 9853-123 showed the highest heterosis values in fresh yield base on %MP as 148.98%, 257.96%, 46.56% and 68.63%, respectively. %HP were 140.60%, 239.47%, 23.08% and 45.76% respectively. However, all 13 hybrids showed susceptibility to the disease, so it was concluded that resistance to chili pepper disease was controlled by a recessive gene. In addition, the Huareua-7 x 9853-123 hybrid showed the lowest disease level score of 3.3, and the lowest percentage heterosis of -28.57. The results suggest that this hybrid is suitable for the development of chilli pepper varieties that are resistant to the PepYLCTHV virus.

Keywords: breeding, disease resistance, Begomovirus, inheritance, *Pepper yellow leaf curl virus*

คำนำ

เชื้อ *Pepper yellow leaf curl virus* (PepYLCV) จัดเป็นเชื้อไวรัสที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในการผลิตพริกในเขตร้อนและร้อนชื้น โดยเฉพาะในประเทศแอฟริกา อินเดีย จีน ปากีสถาน เวียดนาม ใต้หวัน และประเทศไทย (Chiemsombat et al., 2018) เชื้อดังกล่าวมีแมลงห้ำขาว (*Bemisia tabaci*) เป็นพาหะนำโรค โดยความสัมพันธ์ของเชื้อไวรัสกับแมลงพาหะเป็นแบบไวรัสคงอยู่ในตัวแมลง (persistent) เชื้อจะมีชีวิตอยู่ในตัวของแมลงห้ำขาวได้ประมาณ 35-40 วัน ทำให้สามารถติดต่อผ่านไปได้ 2 ชั่วรุ่น (Ghanim et al., 1998; Ghanim and Czosnek, 2000) จึงทำให้ยากต่อการป้องกันและกำจัด ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์พริกให้ต้านทานต่อเชื้อ PepYLCTHV จึงเข้ามามีบทบาทที่สำคัญเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาด้านการผลิตพริกได้อย่างยั่งยืน จากรายงานที่ผ่านมาพบว่า ลักษณะความต้านทานต่อเชื้อนี้ถูกควบคุมด้วยยีนด้อยจำนวน 1-2 ตำแหน่ง (Rai et al., 2014) ขึ้นอยู่กับเชื้อพันธุกรรมต้านทาน เชื้อไวรัส และเทคนิคการปลูกเชื้อ (Kumar et al., 2009) โดยแต่ละตำแหน่งที่ต้านทานต่อเชื้อไวรัสใบหงิกเหลืองในสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน (พัชรภรณ์ สุวอ, 2560) แหล่งความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองพบรายงานในพริก 2 สปีชีส์คือ พริกกลุ่ม *Casicum annuum* L. ได้แก่ 9852-123 (Barchenger et al., 2019), BG-3821 (Anaya-Lopez et al., 2003), Perennial HDV, PSP-11, KR-B/NP-46-A และ PBC 145 (ญานธิสา แสงสอดแก้ว, 2561) และกลุ่มพริก *C. chinense* (GKC-29 BS-35 และ EC-497636) (Kumar et al., 2006) การถ่ายทอดลักษณะความต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองพบว่าในพริกลูกผสม IPBC12 x UNIB C GTS1 ถูกควบคุมโดยยีนหลายตำแหน่ง มีอิทธิพลของยีนแบบผลบวก (additive) ยีนเด่น (dominant) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวก (additive x additive interaction) และในกลุ่มประชากรของ IPBC10 x IPBC14 ถูกควบคุมโดยยีนด้อย 2 ตำแหน่งมีอิทธิพลของยีนแบบอิทธิพลแบบบวกสะสม (additive action) ยีนเด่น (dominant) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนเด่น (dominance x dominance interaction) แสดงให้เห็นถึงความต้านทานในแต่ละคู่ผสมมีลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรม และอิทธิพลของยีนที่แตกต่างกัน (Ganefianti et al., 2015) จึงทำให้การปรับปรุงพันธุ์พริกต้านทานต่อโรคไวรัสค่อนข้างยากและมีความเฉพาะของสายพันธุ์ไวรัสต่อแต่ละพื้นที่

การปรับปรุงพันธุ์พริกที่ผ่านมามุ่งเน้นการพัฒนาพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิต และคุณภาพผลพริกให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและตลาด แต่ยังขาดการพัฒนาพันธุ์พริกต้านทานต่อโรค โดยเฉพาะโรคไวรัสใบหงิกเหลืองจึงส่งผลให้พริกพันธุ์การค้าส่วนมากอ่อนแอต่อโรคดังกล่าว โรคไวรัสใบหงิกเหลืองเกิดจากเชื้อไวรัสวงศ์ Geminiviridae พบการแพร่ระบาดอย่างรุนแรงในพื้นที่เขตร้อนและร้อนชื้นรวมถึงประเทศไทย โดยเฉพาะในฤดูแล้ง หากพืชได้รับเชื้อตั้งแต่ระยะต้นกล้าจะทำให้ผลผลิตเสียหายสูงถึง 80-100 เปอร์เซ็นต์ (Jamsari and Pedri, 2013) เชื้อไวรัสในวงศ์ Geminiviridae เป็นวงศ์ที่มีขนาดใหญ่และสามารถก่อโรคในพืชหลายชนิด โดยมีการจัดกลุ่มเป็น 4 สกุล (genus) คือ *Matrevirus*, *Curtovirus*, *Begomovirus* และ *Topocuvirus* ทั้งนี้เชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* เป็นสาเหตุในการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองในพืชหลายชนิด (Chatchawankanphanich and Maxwell, 2002) โดยเฉพาะพืชในวงศ์ Solanaceae เช่น พริก มะเขือ มะเขือเทศ มันฝรั่ง และพืชวงศ์แตง เป็นต้น ปัจจุบันมีรายงานการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* ในพริก จำนวน 3 สปีชีส์ ได้แก่ *Pepper leaf curl virus* (PepLCV), *Pepper yellow leaf curl virus Kanchanaburi virus* (PepYLCKaV) และ *Pepper yellow leaf curl Thailand virus* (PepYLCTHV) (Kenyon et al., 2014) โรคไวรัสใบหงิกเหลืองสามารถแพร่ระบาดได้อย่างรวดเร็วโดยผ่านแมลงห้ำขาว (*Bemisia tabaci* Genn.) จึงทำให้โรสดังกล่าวทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกปี Kumar et al. (2006) ได้ศึกษาความต้านทานโรคใบหงิกเหลืองในพริก หลังจากการปลูกเชื้อด้วยวิธีการเสียบยอด (grafting) เป็นเวลา 50 วัน พบว่า พริกชนิด GKC-29, BS-35 และ EC-497636 ไม่มีอาการของไวรัสปรากฏบนพืชที่ใช้ทดสอบ Firdaus et al. (2011) ได้ทำการคัดเลือกพันธุ์พริกต้านทานต่อแมลงห้ำขาวจำนวน 4 สายพันธุ์ (*C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense* และ *C. baccatum*) พบว่า

พริกชนิด *C. annuum* สามารถต้านทานต่อแมลงหีขาวได้ และยังพบอีกว่าความต้านทานต่อแมลงหีขาวสัมพันธ์กับความหนาของ cuticle ของใบอีกด้วย มหาวิทยาลัย Punjab Agricultural University ที่ประเทศอินเดียได้ทำการพัฒนาสายพันธุ์พริกต้านทานต่อไวรัส เช่น พันธุ์ BS-35, GKC-29, Bhut Jolokia, Lankamura, Collection, C00309, C00304, NMCA-40008, IC-383072, Perennial, BG-11, Lorai และ Punjab Lal (Rai et al., 2014) จากการวิจัยการแสดงออกของยีนของลูกผสมข้ามสปีชีส์ระหว่าง *C. annuum* x *C. chinense* พบอัตราส่วนการแสดงออกของลักษณะต้านทาน : อ่อนแอ ในชั่วรุ่น F_2 เป็น 3 : 1 โดยกลไกความต้านทานในพริกพันธุ์ BG-3821 จะหลั่งสารอนุมูลอิสระ (reactive oxygen species, ROS) และสาร salicylic acid ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม phenolic compound เพิ่มมากขึ้น เพื่อไปกระตุ้น PR protein ซึ่งเป็น pathogenesis related proteins (PRs) ออกมาเพื่อป้องกันไม่ให้เซลล์ถูกทำลาย นอกจากนั้นยังถูกควบคุมด้วยยีนที่แตกต่างกันและพบการสร้าง PR1, PR5 และ PR gene ในพริกสายพันธุ์ต้านทาน BG-3821 (Garcia and Rivera-Bustamante, 2011) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีการผสมข้ามพันธุ์ต้านทานต่อ PepYLCTHV เข้าสู่พริกพันธุ์การค้าของไทย ได้แก่ พริกยอดสน พริกจินดา พริกหัวเรือ และพริกหนุ่ม และศึกษาความสามารถในการรวมตัว และการแสดงออกของยีนต้านทานต่อ PepYLCTHV และสร้างฐานประชากรพริกของไทยให้มียีนต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลือง

วิธีการศึกษา

การสร้างลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1

ผสมข้ามระหว่างพริกพันธุ์แม่ พันธุ์ดีจำนวน 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) พริกยอดสน 1 สายพันธุ์ คือ ยอดสนเข้ม 80 2) กลุ่มพริกจินดา 7 สายพันธุ์ คือ แหกดำ, KM-P13052-4, KM-P13052-7, KM-P13052-8-1, KM-P13052-8-2, KM-P13052-10-1 และ KM-P13052-10-2 3) พริกหัวเรือ 3 สายพันธุ์ คือ หัวเรือเบอร์ 7 หัวเรือเบอร์ 12 และ PP0537-7504 และ 4) พริกชี้ฟ้า 2 สายพันธุ์ คือ PP0437-7510 และ PP9955-15 รวมทั้งหมด 13 สายพันธุ์ กับพริกพันธุ์พ่อที่ต้านทานต่อเชื้อ *Pepper yellow leaf curl Thailand virus* (PepYLCTHV) คือ 9853-123 โดยใช้แผนการผสมแบบ test cross with tester นำลูกผสมพริกจำนวน 13 คู่ผสมปลูกทดสอบร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ 14 สายพันธุ์ โดยแบ่งปลูกทดสอบ 2 งานทดลองคือ 1) การปลูกทดสอบสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ปลูกทดสอบในกระถางและวางในแปลงกลางแจ้ง (open field) และ 2) ความต้านทานต่อเชื้อ PepYLCTHV ปลูกทดสอบในโรงเรือนมุ้งตาข่ายในฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2562 ถึง เดือนธันวาคม 2562 ณ แปลงเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การปลูกทดสอบสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

นำลูกผสมจำนวน 13 คู่ผสมปลูกทดสอบผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ รวมจำนวนทั้งหมด 27 สายพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Blocked Design (RCBD) ทำ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น โดยมีวิธีการปลูกและดูแลรักษาดังนี้ นำต้นพริกอายุ 35 วัน มาย้ายปลูกในกระถางขนาด 12 นิ้ว ใช้วัสดุปลูกผสมขุยมะพร้าว มะพร้าวสับดินใบก้ามปู และปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 1 : 2 : 1 ตามลำดับ ปลูกแถวคู่ระยะห่างระหว่างต้น 50×50 เซนติเมตร และทุกกระถางมีการดูแลรักษาดังนี้ ใส่ปุ๋ยรองพื้น 16-16-16 อัตรา 5 กรัม/กระถาง ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 10 กรัม/กระถาง ให้น้ำช่วงเช้าวันละ 1 ครั้ง และให้ปุ๋ยสูตร 15-0-0 ร่วมกับปุ๋ย 18-46-0 และ 0-0-60 อัตรา 5 กรัม/กระถาง/สัปดาห์ ในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ส่วนในระยะออกดอกและติดผลให้ปุ๋ยสูตร 15-0-0 ร่วมกับปุ๋ย 18-46-0 และ 0-0-60 อัตรา 10 กรัม/กระถาง/สัปดาห์ ทำการตัดแต่งตาข่ายใต้ยอดข้อที่ 1 และเด็ดผล/ดอกข้อที่ 1-3 ออกและเก็บเกี่ยวผลผลิตจำนวน 3 ครั้ง

การทดสอบสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะต้านทานต่อเชื้อ PepYLCTHV

นำเชื้อ PepYLCTHV ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการไวรัสพืชและแบคทีเรียพาหุ-ศช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน มาเพิ่มปริมาณในต้นกล้าพริกพันธุ์อ่อนแอ (พันธุ์ยอดสน) อายุ 30 วันหลังจากเพาะกล้าจำนวน 300 ต้น โดยใช้แมลงหีขาวถ่ายทอดเชื้อ หลังจากปลูกเชื้อ 14 วัน ทำการประเมินและคัดเลือกต้นที่ติดเชื้อไวรัสจากอาการของโรคที่ปรากฏในระดับอ่อนแอมาก ตรวจหาเชื้อ PepYLCTHV จากต้นพริกที่คัดเลือกด้วยเครื่องหมายโมเลกุล (molecular marker) โดยใช้คู่ไพรเมอร์ที่จำเพาะ (specific primer) ต่อเชื้อไวรัส คือ *PAL1v1978B* 5'-GCATCTGCAGGCC CACATBGTYTTTCCNGT-3' และ *PAR1c715H* 5'-GATTTCTGCAGTTDATRTTHTCCTCCATCCA-3' (Tsai et al., 2011) ซึ่งจะให้แถบ DNA ขนาดประมาณ 1500 คู่เบส เก็บต้นพริกที่ให้ผลเป็นบวกต่อปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์เชน (polymerase chain reaction, PCR) เพื่อใช้เป็นแหล่งเชื้อ (source of inoculum) สำหรับปลูกเชื้อในขั้นตอนต่อไป

การเตรียมต้นกล้าพริกสำหรับปลูกเชื้อ PepYLCTHV โดยนำเมล็ดพริกพันธุ์พ่อแม่ พันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พันธุ์อ่อนแอ (KM-P13001-4) และพันธุ์ต้านทาน (9853-123) จำนวนทั้งหมด 28 สายพันธุ์ มาปลูกทดสอบสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะ

ต้านทานต่อโรคใบหงิกเหลืองพริก โดยนำเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดมาเพาะกล้าในถาดหลุมขนาด 104 หลุม เมื่อได้ต้นกล้าอายุ 30 วัน ย้ายต้นกล้าลงกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูกที่ประกอบด้วยดินใบก้ามปู ขุยมะพร้าว และมะพร้าวสับ ให้ปุ๋ยออกซิโมโคไทลสูตร 13-13-13 เมื่อต้นกล้าพริกอายุได้ 45 วัน จึงทำการปลูกเชื้อ PepYLCTHV ลงในต้นกล้าด้วยวิธีการเสียบยอด โดยใช้พันธุ์ทดสอบเป็น root stock และใช้ต้น inoculum เชื้อไวรัสใบหงิกเหลืองเป็น scion (Kumar et al., 2006) วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น ประเมินการเกิดโรคหลังเสียบยอด 28, 35, 42, 49, 56 และ 63 วัน โดยให้คะแนนความรุนแรงของการเกิดโรคทั้งหมด 6 ระดับ คือ 0 = ต้นปกติ, 1 = มีอาการใบหงิก 0-5% และเส้นใบหงิก, 2 = มีอาการใบหงิก 6-25% เส้นใบหงิกมากขึ้น และใบเริ่มแสดงอาการเหลือง, 3 = มีอาการใบหงิก 26-50% เส้นใบหงิก และใบเหลืองเกือบทั้งใบ, 4 = มีอาการใบหงิก 51-75% เส้นใบหงิก ใบเหลืองทั้งใบ และใบเริ่มมีอาการแฉกรรแตก และ 5 = มีอาการใบหงิกมากกว่า 75% เส้นใบหงิก ใบเหลืองทั้งใบ ใบแฉกรรแตก และพืชชะงักการเจริญเติบโต ตามวิธีการของ The World Vegetable Center (Worldveg) (Figure 1) แล้วนำค่า score การเกิดโรคมาคำนวณดัชนีการเกิดโรค (disease index, %DI) โดยใช้สูตร $\%Disease\ index = \frac{\sum(N_i \times V_i)}{N \times V} \times 100$ เมื่อ N_i = จำนวนต้นที่แสดงการเกิดโรคในแต่ละระดับ, V_i = ระดับการเกิดโรค (0, 1, 2, 3, 4 หรือ 5), V = ระดับการเกิดโรคสูงสุด และ N = จำนวนต้นทั้งหมดที่นำมาทดสอบ เพื่อนำไประบุลักษณะความต้านทานของพริกในแต่ละสายพันธุ์ต่อโรคใบหงิกเหลืองพริก

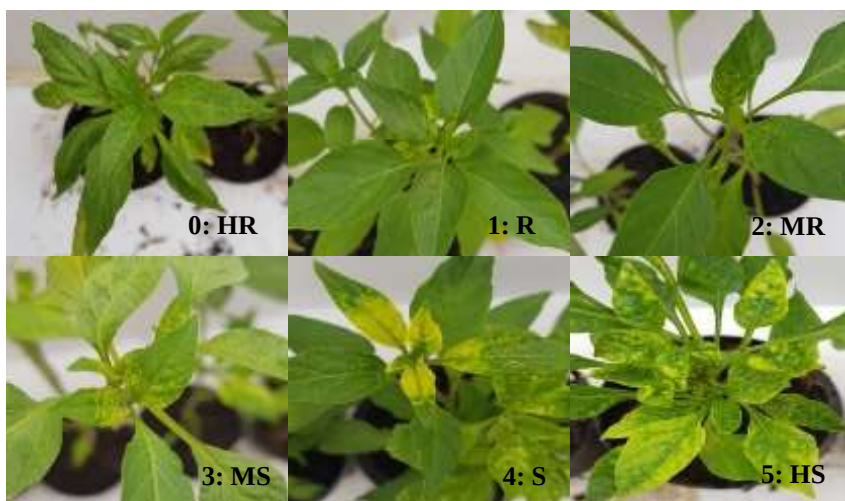


Figure 1 *Pepper yellow leaf curl Thailand virus* (PepYLCTHV) scores at seedling stage, 0: highly resistant (HR); 1: resistant (R); 2: moderate resistant (MR); 3: moderate susceptible (MS); 4: susceptible (S) and 5: highly susceptible (HS).

การบันทึกข้อมูล

บันทึกคุณภาพผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 โดยสุ่มเก็บผลพริกจำนวน 5 ผลต่อต้น และบันทึกความกว้างของผล (เซนติเมตร) ความยาวของผล (เซนติเมตร) และน้ำหนักผลสดต่อผล (กรัม) ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตจำนวน 3 ครั้ง บันทึกจำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลสดต่อต้น (กรัม) และน้ำหนักแห้งต่อต้น โดยเริ่มเก็บผลผลิตครั้งแรกเมื่อมีปริมาณผลสุก 1 ใน 3 ของต้น ช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวห่างกัน 1 สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของทุกลักษณะที่ทำการศึกษาตามแผนการทดลองแบบ RCBD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป statistic version 8 วิเคราะห์ความดีเด่นของลูกผสมชั่วที่ 1 (heterosis) 2 แบบ คือ เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ (mid parent) และเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า (high parent) และวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability, GCA) ตามแผนการผสมแบบ test cross with tester ตามวิธีการของ ปราโมทย์ พรสุริยา (2557)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การปลูกทดสอบสมรรถนะการรวมตัวของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ผลการทดลองพบว่าลูกผสม 13 คู่ผสม และพันธุ์พ่อแม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ในทุกลักษณะที่ศึกษา ได้แก่ ผลผลิตสด ผลผลิตแห้ง จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักสดต่อผล น้ำหนักแห้งต่อผล ความกว้างผล และความยาวผล โดยพบว่าในกลุ่มพันธุ์พ่อแม่พริกพันธุ์แขกดำจัดอยู่ในกลุ่มพริกจินดาให้ลักษณะผลผลิตสดต่อต้นสูงที่สุด คือ 301.98 กรัมต่อต้น เนื่องจากมีขนาดผลค่อนข้างใหญ่ มีน้ำหนักสดต่อผล น้ำหนักผลแห้ง ความกว้างผล และความยาวผลเท่ากับ 2.89 กรัม 1.22 กรัม 0.85 เซนติเมตร และ 7.25 เซนติเมตร ตามลำดับ ลักษณะผลผลิตแห้งต่อต้นพบว่าพริกพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 ให้ค่าสูงที่สุดคือ 68.81 กรัมต่อต้น เนื่องจากมีอัตราส่วนน้ำหนักสดต่อแห้งอัตราส่วนต่ำที่สุดคือ 2.6 : 1 และในพริกพันธุ์ลูกผสมพบว่าคู่ผสม KM-P13052-7 x 9853-123 มีอัตราส่วนต่ำที่สุดคือ 3.1 : 1 (Table 1) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับทำพริกแห้ง ลักษณะจำนวนผลต่อต้นพบว่าพริกพันธุ์ยอดสนเข็ม 80 ให้จำนวนผลมากที่สุด คือ 218 ผลต่อต้น แต่เนื่องจากมีทรงผลเรียวยาว จึงทำให้น้ำหนักผลผลิตต่อต้นต่ำกว่าพริกจินดา โดยพริกยอดสนเข็ม 80 มีน้ำหนักสดต่อผล น้ำหนักแห้งต่อผล ความกว้างผล ความยาวผล เท่ากับ 0.78 กรัม 0.24 กรัม 0.48 เซนติเมตร และ 7.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ คู่ผสมแขกดำ x 9853-123 ให้ผลผลิตสด 351.71 กรัมต่อต้น และผลผลิตแห้ง 104 กรัมต่อต้น เหมาะสมที่จะใช้เป็นพันธุ์แม่ เพื่อพัฒนาพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง

Table 1 Means of 8 characters evaluated in 14 parents and 13 hybrids of 13 x 1 cross in chili pepper (*Capsicum annum* L.).

Genotype	Fruit							
	Fresh yield	Dry yield	Number of	Ration of	Fresh weight	Dry weight	Fruit width	Fruit length
	(g/pt)	(g/pt)	fruits per plant	fresh/dry weight	(g/fruit)	(g/fruit)	(cm)	(cm)
9853-123	46.31 ^{op}	12.39 ^m	88.33 ^k	3.7 : 1	0.53 ^l	0.43 ^{lm}	0.44 ^{lm}	2.07 ⁿ
Kaekdum	301.98 ^{bc}	68.12 ^c	105.22 ^l	4.4 : 1	2.87 ^c	1.22 ^b	0.85 ^c	7.25 ^c
Huareua-7	180.09 ^{ef}	68.82 ^c	162.55 ^{gh}	2.6 : 1	1.13 ^{fi}	1.30 ^{cd}	0.66 ^{eg}	6.87 ^{cd}
Huareua-12	145.33 ^{gh}	46.83 ⁱ	75.34 ^k	3.1 : 1	1.92 ^d	1.44 ^{bc}	0.58 ^{fk}	7.01 ^c
Yodsonkem 80	169.02 ^{fg}	54.61 ^d	216.89 ^{cf}	3.1 : 1	0.78 ^{gj}	0.24 ^m	0.48 ^{lm}	7.00 ^c
KM-P13052-4	114.67 ^{hi}	32.23 ^k	131.22 ^{hi}	3.6 : 1	0.90 ^{fi}	0.87 ^{ef}	0.57 ^{fi}	5.56 ^{eg}
KM-P13052-7	82.18 ^{mn}	21.19 ^j	71.22 ^{ji}	3.9 : 1	1.15 ^{fi}	0.91 ^e	0.47 ^{km}	4.73 ^{fk}
KM-P13052-8-1	70.87 ^{op}	22.26 ⁱ	68.89 ^{kl}	3.2 : 1	1.03 ^{fi}	0.93 ^e	0.43 ^m	4.54 ^{fi}
KM-P13052-8-2	53.33 ^{op}	11.11 ^m	39.83 ^{lm}	4.8 : 1	1.41 ^{ef}	0.57 ^{gk}	0.53 ^{hm}	3.20 ^m
KM-P13052-10-1	146.40 ^{gh}	49.83 ^a	192.17 ^{eg}	2.9 : 1	0.76 ^{hj}	0.55 ^{hl}	0.31 ⁿ	4.18 ^{hm}
KM-P13052-10-2	43.19 ^p	10.30 ^m	40.11 ^{lm}	4.2 : 1	1.08 ^{fi}	0.78 ^{eh}	0.51 ^{lm}	4.48 ^{gi}
PP0537-7504	254.43 ^d	55.11 ^d	208.39 ^{cf}	4.6 : 1	1.22 ^{fh}	0.59 ^{gk}	0.60 ^{ji}	5.77 ^{df}
PP9955-15	276.63 ^{cd}	50.28 ^e	37.78 ^{lm}	5.5 : 1	7.44 ^a	1.54 ^b	1.45 ^a	9.27 ^b
PP0437-7510	72.35 ^{no}	12.52 ^m	16.00 ^m	5.8 : 1	4.61 ^b	1.82 ^a	1.05 ^b	11.84 ^a
Kaeldum x 9853-123	351.71 ^a	104.02 ^a	260.33 ^b	3.4 : 1	1.35 ^{eg}	0.34 ^m	0.69 ^{ef}	5.09 ^{ei}
Huareua-7 x 9853-123	149.83 ^{gh}	45.37 ^{fg}	161.45 ^{gh}	3.3 : 1	0.98 ^{fi}	0.73 ^{ei}	0.65 ^{eh}	4.18 ^{hm}
Huareua-12 x 9853-123	265.49 ^d	76.81 ^b	239.94 ^{bc}	3.5 : 1	1.11 ^{fi}	0.79 ^{eg}	0.63 ^{ei}	5.33 ^{eh}
Yodsonkem 80 x 9853-123	308.26 ^b	67.44 ^c	322.00 ^a	4.6 : 1	0.96 ^{fi}	0.45 ^{lm}	0.42 ^m	4.66 ^{fk}
KM-P13052-4 x 9853-123	116.54 ^{hi}	33.59 ^j	189.56 ^{fg}	3.5 : 1	0.60 ^l	0.36 ^{km}	0.48 ^{lm}	3.33 ^{lm}
KM-P13052-7 x 9853-123	141.10 ^{ghj}	46.06 ⁱ	203.22 ^{cd}	3.1 : 1	0.69 ^{hj}	0.47 ^{ji}	0.54 ^{gm}	4.54 ^{fi}
KM-P13052-8-1 x 9853-123	151.88 ^{gh}	43.52 ^{gh}	231.89 ^{bcd}	3.5 : 1	0.67 ^{hj}	0.45 ^{lm}	0.49 ^{lm}	3.57 ^{km}
KM-P13052-8-2 x 9853-123	134.07 ^{h-k}	42.06 ^h	227.22 ^{b-e}	3.2 : 1	0.60 ^l	0.54 ^{ji}	0.49 ^{lm}	3.75 ^{lm}
KM-P13052-10-1 x 9853-123	101.33 ^{lm}	31.62 ^k	133.78 ^{hi}	3.2 : 1	0.76 ^{hj}	0.65 ^{fi}	0.45 ^{km}	3.95 ^{lm}
KM-P13052-10-2 x 9853-123	111.42 ^{ji}	30.42 ^k	150.11 ^h	3.7 : 1	0.74 ^{hj}	0.59 ^{gk}	0.44 ^{lm}	3.62 ^{lm}
PP0537-7504 x 9853-123	184.16 ^{ef}	46.74 ⁱ	161.45 ^{gh}	3.9 : 1	1.16 ^{fi}	0.86 ^{ef}	0.60 ^{ei}	4.25 ^{fi}
PP9955-15 x 9853-123	197.29 ^e	38.19 ^j	105.45 ^{ji}	5.2 : 1	1.87 ^{de}	1.15 ^d	0.81 ^{cd}	7.33 ^c
PP0437-7510 x 9853-123	143.61 ^{ghj}	33.56 ^j	105.33 ^{ji}	4.3 : 1	1.32 ^{eg}	0.77 ^{ei}	0.71 ^{de}	6.17 ^{ce}
F-test	**	**	**		**	**	**	**
CV (%)	9.81	2.93	13.24		20.04	15.41	11.19	12.22

** Significant at 0.01 probability levels.

คู่ผสมที่มีเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (heterosis) ในลักษณะผลผลิตสดสูงที่สุดคือคู่ผสม KM-P13052-10-2 x 9853-123 %MP (148.98%) และ %HP (140.60%) ลักษณะผลผลิตแห้งต่อต้น และจำนวนผลต่อต้น พบว่าคู่ผสม KM-P13052-8-2 x 9853-123 มีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุด คือ ผลผลิตแห้ง (%MP; 257.96% และ %HP; 239.47%) และจำนวนผลต่อต้น (%MP; 254.59% และ %HP; 157.24%) ลักษณะน้ำหนักสด/ผลพบว่าพริกพันธุ์ยอดสนเข้ม 80 x 9853-123 มีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุด (%MP; 46.56% และ %HP; 23.08%) น้ำหนักแห้ง/ผลคือ PP0537-7504 x 9853-123 (%MP; 68.63% และ %HP; 45.76%) ความกว้างผลคือ KM-P13052-8-2 x 9853-123 (%MP; 42.31% และ %HP; 17.19%) และความยาวผลคือ KM-P13052-8-2 x 9853-123 (%MP; 23.53% และ %HP; 8.62%) (Table 2) สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) พบว่าทุกลักษณะมีความแตกต่างกันในทางสถิติ พันธุ์แม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะผลผลิตสดและผลผลิตแห้ง คือ พันธุ์แขกดำ มีค่า GCA 170.43 และ 54.84 ตามลำดับ จำนวนผลต่อต้น คือ พันธุ์ยอดสนเข้ม 80 มีค่า GCA 130.90 น้ำหนักสดต่อผล น้ำหนักแห้งต่อผล ความกว้างผล และความยาวผล คือ พันธุ์ PP9955-15 มีค่า GCA 0.88, 0.53, 0.24 และ 2.69 ตามลำดับ (Table 3) จากการศึกษาลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตพบว่าพันธุ์แขกดำ พันธุ์ยอดสนเข้ม 80 และ PP9955-15 มีค่า GCA ในลักษณะผลผลิตสด และผลผลิตแห้งสูง พันธุ์ที่ค่า GCA เป็นบวกสูงมีแนวโน้มให้ลูกผสมที่ดีจัดเป็นอิทธิพลของการแสดงออกของยีนแบบผลบวก (additive gene action) ซึ่งลักษณะที่แสดงออกนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของยีนที่ช่วยเสริมลักษณะนั้น ๆ และการแสดงออกของยีนดังกล่าวยังสามารถถ่ายทอดลักษณะไปสู่รุ่นลูกได้ ซึ่งจากข้อมูลการแสดงออกของยีนจะสามารถนำพันธุ์ดังกล่าวนี้ไปพัฒนาเป็นพันธุ์ลูกผสมการค้าที่ให้ผลผลิตสูงต่อไปได้ (Sprague and Tatum, 1942)

สมรรถนะการรวมตัวของลักษณะต้านทานต่อเชื้อ PepYLCTHV

ผลการประเมินความต้านทานของพริกต่อเชื้อ PepYLCTHV พบว่าภายหลังจากการปลูกเชื้อเป็นระยะเวลา 28 วัน พันธุ์แม่แสดงระดับความรุนแรงของการเกิดโรคตั้งแต่ 0.3-3.0 พันธุ์พ่อที่ต้านทานโรคแสดงระดับความรุนแรงของการเกิดโรค 0.6 และลูกผสมแสดงระดับความรุนแรงของการเกิดโรค 0.7-2.3 ในขณะที่พันธุ์อ่อนแอแสดงระดับความรุนแรงของการเกิดโรค 1.7 (Table 4) การแสดงอาการการเกิดโรคของพริกพันธุ์แม่และลูกผสมเกือบทุกสายพันธุ์มีระดับรุนแรงที่สุด (ระดับ 5) คือที่ 49 วัน หลังจากปลูกเชื้อ ยกเว้นพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 และพันธุ์ลูกผสม หัวเรือเบอร์ 7 x 9853-123 ที่ยังแสดงความต้านทานต่อโรค และแสดงระดับความรุนแรงของการเกิดโรคเท่ากับ 4.2 และ 3.3 ตามลำดับ (Table 4)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า GCA ของการเกิดโรคใบหงิกเหลืองพริก พันธุ์แม่ที่มีค่า GCA ของการเกิดโรคใบหงิกเหลืองพริกต่ำคือ พันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 มีค่า GCA -1.5385 (Table 3) พันธุ์ที่มีค่า GCA ต่ำหรือติดลบมีแนวโน้มให้ลูกผสมที่ต้านทานต่อการเกิดโรคใบหงิกเหลืองได้ (ญานิศา แสงสอดแก้ว, 2561) ค่า GCA ร่วมกับค่าเฉลี่ยของระดับความรุนแรงของการเกิดโรคพบว่ามีความสัมพันธ์กันในทางบวก (พัชรภรณ์ สุวอ และสุชีลา เตชะวงศ์เสถียร, 2557) ดังนั้นจากผลการทดลองนี้พบว่าเมื่อผสมพริกพันธุ์ต้านทานกับพริกพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 ทำให้ได้ลูกผสมที่มีระดับการเกิดโรคต่ำและมีเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ต่ำคือ %HP ต่ำที่สุด (Table 2) ดังนั้นพริกพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 จึงน่าจะเป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพในการเป็นพันธุ์รับเพื่อผลิตพริกพันธุ์ลูกผสมต้านทานโรคใบหงิกเหลืองพริก สำหรับพริกทั้งหมดที่ทำการทดสอบความต้านทานพบว่าพันธุ์ 9853-123 ที่พัฒนาโดย WorldVeg. และหัวเรือเบอร์ 7 ที่เป็นพันธุ์พื้นบ้านมีความต้านทานต่อโรคสูง และยังพบการกระจายตัวของพันธุ์ที่แสดงอาการต้านทานต่อโรคสูงไปจนถึงอ่อนแอต่อโรคมามาก และพบลูกผสม หัวเรือเบอร์ 7 x 9853-123 พบการกระจายตัวของพันธุ์ที่แสดงอาการต้านทานต่อโรคสูงจำนวน 1 ต้น คาดว่าลูกผสมคู่นี้มาจากพันธุ์พ่อแม่ที่มีความต้านทานต่อโรค เมื่อทำการปลูกเชื้อใบหงิกเหลืองพริกเข้าไปจึงแสดงความต้านทานต่อโรค อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าคู่ผสมทั้งหมดมีความอ่อนแอต่อโรค แสดงให้เห็นว่า ยีนที่ควบคุมความต้านทานต่อโรคใบหงิกเหลืองพริกเป็นแบบยีนด้อย (recessive gene) (Kumar et al., 2009) นอกจากนั้นยีนต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองยังมีรายงานว่าถูกควบคุมด้วยยีนหลายยีน (polygenic genes) (Ganefianti et al., 2015) และมีอิทธิพลของยีน additive, dominant และ additive x additive interaction และในกลุ่มประชากรของ IPBC10 x IPBC14 ถูกควบคุมโดย two recessive genes

Table 2 Estimates of heterosis of parents of 13 hybrids for yield, yield components and PepYLCTHV disease.

F ₁ hybrids	Fresh yield		Dry yield		Number of fruits		Fresh weight		Dry weight		Fruit width		Fruit length		PepYLCTHV	
	(g/pt)		(g/pt)		per plant		(g/fruit)		(g/fruit)		(cm)		(cm)		63 DAI	
	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP	% MP	%HP	%MP	%HP	%MP	%HP
Kaeldum x 9853-123	101.96	16.47	158.40	52.70	169.01	147.41	-20.59	-52.96	-58.79	-72.13	9.23	-29.79	6.98	-18.82	7.53	0.00
Huareua-7 x 9853-123	32.36	-16.80	11.74	-34.07	28.71	-0.68	18.07	-13.27	-15.61	-43.85	20.98	-13.64	18.18	-1.52	-29.41	-28.57
Huareua-12 x 9853-123	177.07	82.68	159.41	64.02	193.20	171.64	-9.39	-42.19	-15.51	-45.14	17.40	-23.97	23.53	8.62	7.53	0.00
Yodsonkem 80 x 9853-123	186.31	82.38	101.34	23.51	111.00	48.46	46.56	23.08	34.33	4.65	2.76	-33.43	-8.70	-12.50	7.53	0.00
KM-P13052-4 x 9853-123	44.79	1.63	50.56	4.22	72.68	44.46	-16.08	-33.33	-44.62	-58.62	-12.71	-40.11	-4.95	-15.79	7.53	0.00
KM-P13052-7 x 9853-123	119.63	71.71	174.33	117.37	154.74	130.07	-17.86	-40.00	-29.85	-48.35	33.53	-4.02	18.68	14.89	7.53	0.00
KM-P13052-8-1 x 9853-123	159.23	114.31	151.20	95.51	194.99	162.53	-14.10	-34.95	-33.82	-51.61	8.02	-21.37	12.64	11.36	7.53	0.00
KM-P13052-8-2 x 9853-123	169.11	151.40	257.96	239.47	254.59	157.24	-38.14	-57.45	8.00	-5.26	42.31	17.19	1.03	-7.55	7.53	0.00
KM-P13052-10-1 x 9853-123	5.16	-30.79	1.64	-36.54	-4.61	-30.38	17.83	0.00	32.65	18.18	26.40	-5.50	20.00	2.27	7.53	0.00
KM-P13052-10-2 x 9853-123	148.98	140.60	168.14	145.52	133.74	69.94	-8.07	-31.48	-2.48	-24.36	10.53	-19.20	-7.37	-13.73	7.53	0.00
PP0537-7504 x 9853-123	22.47	-27.62	38.49	-15.19	8.82	-22.53	32.57	-4.92	68.63	45.76	23.72	-15.94	15.38	0.00	7.53	0.00
PP9955-15 x 9853-123	22.18	-28.68	21.88	-24.05	67.23	19.38	-53.07	-74.87	16.75	-25.32	29.28	-20.93	-14.29	-44.14	7.53	0.00
PP0437-7510 x 9853-123	142.05	98.49	169.45	168.05	101.92	19.25	-48.64	-71.37	-31.56	-57.69	-11.29	-47.89	-4.70	-32.38	7.53	0.00

DAI = days after inoculation (grafting).

Table 3 Estimates of general combining ability (GCA) of 14 parents for yield, yield components and PepYLCTHV disease.

Parental lines	Fresh yield (g/pt)	Dry yield (g/pt)	Number of fruits per plant	Fresh weight (g/fruit)	Dry weight (g/fruit)	Fruit width (cm)	Fruit length (cm)	PepYLCTHV 63 DAI
Kaekdum	170.43 ^{**}	54.83 ^{**}	69.24 ^{ns}	0.36 [*]	-0.29 ^{**}	0.12 ^{**}	0.44 ^{**}	0.13 ^{ns}
Huareua-7	-31.46 ^{ns}	-3.81 ^{**}	-37.10 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.10 ^{**}	0.08 ^{**}	-0.46 ^{**}	-1.54 [*]
Huareua-12	84.21 [*]	27.63 ^{**}	48.85 ^{ns}	0.12 ^{**}	0.16 ^{**}	0.06 ^{**}	0.69 ^{**}	0.13 ^{ns}
Yodsonkem 80	126.97 ^{**}	18.27 ^{**}	130.90 [*]	-0.03 [*]	-0.18 ^{**}	-0.15 ^{**}	0.02 ^{ns}	0.13 ^{ns}
KM-P13052-4	-64.75 ^{ns}	-15.60 ^{**}	-1.54 ^{ns}	-0.37 ^{**}	-0.27 ^{**}	-0.09 ^{**}	-1.32 ^{**}	0.13 ^{ns}
KM-P13052-7	-40.18 ^{ns}	-3.13 [*]	12.12 ^{ns}	-0.30 ^{**}	-0.16 ^{**}	-0.03 ^{**}	-0.10 ^{ns}	0.13 ^{ns}
KM-P13052-8-1	-29.40 ^{ns}	-5.67 ^{**}	40.79 ^{ns}	-0.32 ^{**}	-0.17 ^{**}	-0.08 ^{**}	-1.07 ^{**}	0.13 ^{ns}
KM-P13052-8-2	-47.21 ^{ns}	-7.12 ^{**}	36.12 ^{ns}	-0.39 ^{**}	-0.08 ^{**}	-0.08 ^{**}	-0.89 ^{**}	0.13 ^{ns}
KM-P13052-10-1	-79.95 ^{ns}	-17.57 ^{**}	-57.32 ^{ns}	-0.23 ^{**}	0.02 ^{**}	-0.12 ^{**}	-0.69 ^{**}	0.13 ^{ns}
KM-P13052-10-2	-69.87 ^{ns}	-18.77 ^{**}	-40.99 ^{ns}	-0.25 ^{**}	-0.04 ^{**}	-0.12 ^{**}	-1.02 ^{**}	0.13 ^{ns}
PP0537-7504	2.88 ^{ns}	-2.45 ^{**}	-29.65 ^{ns}	0.16 ^{**}	0.23 ^{**}	0.03 ^{**}	0.20 ^{**}	0.13 ^{ns}
PP9955-15	16.01 ^{ns}	-10.99 ^{**}	-85.65 ^{ns}	0.88 ^{**}	0.53 ^{**}	0.24 ^{**}	2.69 ^{**}	0.13 ^{ns}
PP0437-7510	-37.67 ^{ns}	-15.62 ^{**}	-85.76 ^{ns}	0.37 ^{**}	0.14 ^{**}	0.14 ^{**}	1.52 ^{**}	0.13 ^{ns}

DAI = days after inoculation (grafting).

ns and *, ** non-significant and significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Table 4 *Pepper yellow leaf curl Thailand virus* (PepYLCTHV) disease reactions of 14 parents and 13 hybrids at 28, 35, 42, 49, 56 and 63 days after inoculation by grafting method.

Genotype	Disease severity $\pm$ SD					
	28 DAI	35 DAI	42 DAI	49 DAI	56 DAI	63 DAI
9853-123 (RC)	0.6 $\pm$ 0.5 ^{b-d}	1.7 $\pm$ 1.5 ^e	2.2 $\pm$ 1.0 ^c	4.3 $\pm$ 1.2 ^{ab}	4.3 $\pm$ 1.2 ^{ab}	4.3 $\pm$ 1.2 ^{ab}
Kaekdum	0.6 $\pm$ 1.0 ^{b-d}	4.7 $\pm$ 0.6 ^{ab}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
Huareua-7	0.4 $\pm$ 0.5 ^{cd}	2.9 $\pm$ 1.3 ^{c-e}	4.2 $\pm$ 1.4 ^{ab}	4.2 $\pm$ 1.4 ^{ab}	4.2 $\pm$ 1.4 ^{ab}	4.2 $\pm$ 1.4 ^{ab}
Huareua-12	0.5 $\pm$ 0.4 ^{b-d}	4.5 $\pm$ 0.6 ^{a-c}	4.8 $\pm$ 0.3 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
Yodsonkem 80	0.3 $\pm$ 0.3 ^d	4.1 $\pm$ 0.5 ^{a-d}	4.7 $\pm$ 0.3 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13001-4 (SC)	1.7 $\pm$ 1.2 ^{a-d}	4.3 $\pm$ 1.2 ^{a-c}	4.7 $\pm$ 0.6 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-4	1.1 $\pm$ 1.4 ^{b-d}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-7	0.3 $\pm$ 0.6 ^{cd}	3.1 $\pm$ 2.0 ^{b-e}	4.3 $\pm$ 1.2 ^{ab}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-8-1	1.4 $\pm$ 1.4 ^{a-d}	4.4 $\pm$ 0.5 ^{a-c}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-8-2	2.0 $\pm$ 1.7 ^{a-d}	4.3 $\pm$ 0.6 ^{a-c}	4.7 $\pm$ 0.3 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-10-1	1.9 $\pm$ 2.0 ^{a-d}	4.8 $\pm$ 0.4 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-10-2	0.6 $\pm$ 0.5 ^{b-d}	3.7 $\pm$ 1.2 ^{a-d}	4.8 $\pm$ 0.4 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
PP0537-7504	0.8 $\pm$ 0.5 ^{b-d}	4.7 $\pm$ 0.5 ^{ab}	4.9 $\pm$ 0.2 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
PP9955-15	3.0 $\pm$ 1.2 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
PP0437-7510	1.6 $\pm$ 0.7 ^{a-d}	3.9 $\pm$ 0.6 ^{a-d}	4.8 $\pm$ 0.3 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
Kaeldum x 9853-123	2.1 $\pm$ 0.8 ^{a-c}	4.9 $\pm$ 0.2 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
Huareua-7 x 9853-123	0.9 $\pm$ 0.8 ^{b-d}	2.7 $\pm$ 2.3 ^{de}	3.3 $\pm$ 2.9 ^b	3.3 $\pm$ 2.9 ^b	3.3 $\pm$ 2.9 ^b	3.3 $\pm$ 2.9 ^b
Huareua-12 x 9853-123	1.2 $\pm$ 1.0 ^{a-d}	4.7 $\pm$ 0.6 ^{ab}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
Yodsonkem 80 x 9853-123	1.4 $\pm$ 1.2 ^{a-d}	4.2 $\pm$ 0.3 ^{a-d}	4.9 $\pm$ 0.2 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-4 x 9853-123	0.8 $\pm$ 0.8 ^{b-d}	4.9 $\pm$ 0.2 ^a	4.9 $\pm$ 0.1 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-7 x 9853-123	1.7 $\pm$ 0.9 ^{a-d}	4.4 $\pm$ 0.5 ^{a-c}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-8-1 x 9853-123	1.2 $\pm$ 1.1 ^{a-d}	4.7 $\pm$ 0.6 ^{ab}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-8-2 x 9853-123	0.8 $\pm$ 0.8 ^{b-d}	4.8 $\pm$ 0.3 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-10-1 x 9853-123	0.7 $\pm$ 0.6 ^{b-d}	4.1 $\pm$ 0.9 ^{a-d}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
KM-P13052-10-2 x 9853-123	1.9 $\pm$ 0.5 ^{a-d}	4.5 $\pm$ 0.2 ^{a-c}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
PP0537-7504 x 9853-123	2.1 $\pm$ 1.3 ^{a-c}	4.8 $\pm$ 0.2 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
PP9955-15 x 9853-123	1.8 $\pm$ 0.2 ^{a-d}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
PP0437-7510 x 9853-123	2.3 $\pm$ 0.6 ^{ab}	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a	5.0 $\pm$ 0 ^a
Mean	1.28	4.28	4.72	4.89	4.89	4.89
F-test	**	**	**	**	**	**

SD = standard deviation.

DAI = days after inoculation (grafting).

RC = resistant check, SC = susceptible check.

** Significant at 0.01 probability levels.

สรุปผลการศึกษา

พริกพันธุ์แขกดำ พันธุ์ยอดสนเข้ม 80 และพันธุ์ PP9955-15 มีค่า GCA ในลักษณะผลผลิต และผลผลิตแห้งสูงที่สุด สำหรับลักษณะที่ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองพริกพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 มีค่า GCA ต่ำที่สุด ดังนั้นจึงเป็นพันธุ์ที่ควรพิจารณาในการนำไปเป็นพันธุ์แม่เพื่อสร้างลูกผสมการค้าและต้านทานโรคใบหงิกเหลืองพริก สำหรับการพิจารณาลูกผสมที่มีศักยภาพให้ผลผลิตสูงมีจำนวน 4 คู่ผสมคือ KM-P13052-10-2 x 9853-123, KM-P13052-8-2 x 9853-123, ยอดสนเข้ม 80 x 9853-123 และ PP0537-7504 x 9853-123 สำหรับคู่ผสมพันธุ์หัวเรือเบอร์ 7 x 9853-123 มีคะแนนการเกิดโรคไวรัสใบหงิกเหลืองต่ำและมีผลผลิตปานกลางจึงเป็นคู่ผสมที่ควรนำไปพัฒนาเป็นประชากรพริกต้านทานโรคใบหงิกเหลืองต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

- ญาณีศา แสงสอดแก้ว. 2561. สมรรถนะการรวมตัวของพริก (*Capsicum annuum* L.) ต้านทานต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองพริก. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปราโมทย์ พรสุริยา. 2557. การวิเคราะห์ทางไบโอเมตริกในการปรับปรุงพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.
- พัชรภรณ์ สุวอ และสุชีลา เตชะวงศ์เสถียร. 2557. สมรรถนะการรวมตัวทั่วไปและการรวมตัวเฉพาะของลักษณะต้านทานโรคแอนแทรกโนสในพริกชนิด *Capsicum annuum* L. *แก่นเกษตร* 42 (ฉบับพิเศษ 3): 935-940.
- พัชรภรณ์ สุวอ. 2560. โรคไวรัสใบหงิกเหลืองในพริก และแนวทางในการจัดการโรค. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 35(2): 147-152.
- Anaya-Lopez, J. L., Torres-Pacheco, I., Gonzalez-Chavira, M., Garzon-Tiznado, J. A., and Pons-Hernandez, J. L. 2003. Resistant to Geminivirus mixed infections in Mexican wild peppers. *Horticultural Science* 38(2): 251-255.
- Barchanger, D. W., Jeeatid, N., Lin, S. W., Wang, Y. W., Lin, T. H., Chan, Y. L., and Kenyon, L. 2019. A novel source of resistance to *Pepper yellow leaf curl Thailand virus* (PepYLC THV) (Begomovirus) in chile pepper. *International Society for Horticultural Science* 54(12): 2149-2149.
- Chatchawankanphanich, O., and Maxwell, D. P. 2002. *Tomato leaf curl Karnataka virus* from Bangalore, India, appears to be a recombinant Begomovirus. *Phytopathology* 92(6): 637-645.
- Chiemsombat, P., Srikamphung, B., Yule, S., and Srinivasan, R. 2018. Begomoviruses associated to pepper yellow leaf curl disease in Thailand. *Journal of Agricultural Research* 3(7): 1-11.
- Firdaus, S., Heusden, A. V., Harpenas, A., Supena, E. D. J., and Vosman, B. 2011. Identification of silverleaf whitefly resistance in pepper. *Journal of Plant Breeding* 130(6): 708-714.
- Ghanim, M., Morin, S., Zeidan, M., and Czosnek, H. 1998. Evidence for transovarial transmission of *Tomato yellow leaf curl virus* by its vector, the whitefly *Bemisia tabaci*. *Journal of Virology* 240: 295-303.
- Ganefianti, D. W., Hidayat, S. H., and Syukur, M. 2015. Genetic study of resistance to Begomovirus on chili pepper by Hayman's diallel analysis. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology* 5(6): 426-432.
- Ghanim, M., and Czosnek, H. 2000. Tomato yellow leaf curl geminivirus (TYLCV-Is) is transmitted among whitefly (*Bemisia tabaci*) in a sex-related manner. *Journal of Virology* 74(10): 4738-4745.
- Jamsari, J., and Pedri, J. 2013. Complete nucleotide sequence of DNA A-like genome and DNA-B of monopartite *Pepper yellow leaf curl virus*, a dominant begomovirus infecting *Capsicum annuum* L. in West Sumatra Indonesia. *Asian Journal of Plant Pathology* 7(1): 1-14.
- Kenyon, L., Tsai, W. S., Shih, S. L., and Lee, L. M. 2014. Emergence and diversity of begomoviruses infecting solanaceous crops in East and Southeast Asia. *Virus Research* 186: 104-113.
- Kumar, S., Kumar, S., Sing, M., Sing, A. K., and Rai, M. 2006. Identification of host plant resistance to *Pepper leaf curl virus* in chilli (*Capsicum* species). *Scientia Horticulturae* 110: 359-361.
- Kumar, S., Kumar, R., Kumar, S., Singh, M., Rai, A. B., and Rai, M. 2009. Reaction of *Pepper leaf curl virus* field resistance of chilli (*Capsicum annuum* L.) genotypes under challenged condition. *Vegetable Science* 36(2): 17-22.
- Rai, V. P., Kumar, R., Singh, A. K., and Kumar, S. 2014. Monogenic recessive resistance to *Pepper leaf curl virus* in an interspecific cross of *Capsicum*. *Scientia Horticulturae* 172: 34-38.
- Sprague, G. F., and Tatum, L. A. 1942. General VS. specific combining ability in single crosses of corn. *SIAM-ASA Journal on Uncertainty Quantification* 34: 923-932.
- Tsai, W. S., Shih, S. L., Kenyon, L., Green, S. K., and Jan, F. J. 2011. Temporal distribution and pathogenicity of the predominant tomato-infecting begomoviruses in Taiwan. *Plant Pathology* 60: 787-779.

วันรับบทความ (Received date) : 28 เม.ย. 63

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 30 ก.ย. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 12 พ.ย. 63