

การคัดเลือกแม่พันธุ์ที่มีลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ผักกาดเขียวปลีลูกผสม

Selection of Self-incompatibility Maternal Line for Leaf Mustard Hybrid Improvement

ธีรวัฒน์ สีทอง¹ มณีฉัตร นิกรพันธุ์¹ ณัฐา โพธาภรณ์¹
จานุลักษณ์ ขนบดี² และ จุฑามาส คุ่มชัย^{1*}
Teerawat Seetong¹, Maneechat Nikornpun¹, Nuttha Potapohn¹,
Chanulak Khanobdee² and Jutamas Kumchai^{1*}

¹สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

¹Division of Horticulture, Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture,
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

²สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาลำปาง จ. ลำปาง 52000

²Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang, Lampang 52000, Thailand

*Corresponding author: Email: tkkumm6@gmail.com

(Received: 30 June 2021; Accepted: 30 November 2021)

Abstract: Leaf mustard seed cannot be produced in Thailand therefore, all seeds have been imported for pickled leaf mustard factories. The development of hybrid varieties is, however, possible through many alternative means. Using the self-incompatible maternal line is one of the most popular methods for hybrid seed production in Brassicaceae, this research aims at selecting the inbred line that is self-incompatibility to be used as maternal line for hybrid seed production and evaluating the hybrids for satisfying the needs of the manufacturers. The result showed that 4OR-17, 2M-23, and 19H9-9 are in the weak-self-compatibility (WSI) group. The evaluation of the six hybrids reveals that the cross of 19H16x2M-3(H6) produced a yield weight of 2,935 kg/rai and is significantly different from the parental lines. However, the head after trimming was larger than the size required for processing. Meanwhile, the cross of 2M-23x4OR-17(H4) produced 2,726 kg/rai in yield weight which is not significantly different from the commercial varieties, the head weight of 342 g/head, with 7.9 centimeters in length, and 8.0 centimeters in width. This combination is suitable for processing due to its high yield weight, proper head size, as well as having appropriate solidity of the head. Moreover, it showed positive heterosis in yield weight per rai and head shape index.

Keywords: Brassicaceae, leaf mustard, trimming, solidity

บทคัดย่อ: เมล็ดพันธุ์ลูกผสมของผักกาดเขียวปลียังไม่มีการผลิตภายในประเทศไทยได้ ฉะนั้น เมล็ดที่ใช้ในการผลิตต้องส่งโรงงานแปรรูปผักกาดดอง จึงเป็นเมล็ดนำเข้าจากต่างประเทศ การผลิตลูกผสมสามารถทำได้หลายวิธี และการใช้ลักษณะการผสมตัวเองไม่ติดเป็นสายพันธุ์แม่ก็เป็นอีกวิธีที่นิยมใช้สำหรับผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมในพืชวงศ์กะหล่ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์แม่ที่มีลักษณะการผสมตัวเองไม่ติดเป็นสายพันธุ์แม่สำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม และประเมินพันธุ์ลูกผสมที่มีลักษณะตรงตามความต้องการของโรงงาน ผลการประเมินพบว่า 4OR - 17, 2M - 23 และ 19H9 - 9 เป็นสายพันธุ์ที่มีการผสมตัวเองไม่ติดปานกลาง การประเมินพันธุ์เมล็ดพันธุ์ลูกผสม 6 คู่ผสม พบว่า คู่ผสม 19H16x2M-3(H6) ให้ผลผลิต 2,935 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสายพันธุ์พ่อและแม่ อย่างไรก็ตามขนาดปลีหลังการตัดแต่งมีขนาดใหญ่กว่าความต้องการสำหรับการแปรรูป ในขณะที่คู่ผสม 2M-23x4OR-17(H4) ให้ผลผลิต 2,726 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างกับพันธุ์การค้า และมีน้ำหนักปลีหลังตัดแต่งเท่ากับ 342 กรัมต่อปลี ความยาวของปลี 7.9 เซนติเมตร และความกว้างของปลี 8.0 เซนติเมตร จึงเป็นคู่ผสมที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูป เนื่องจากมีน้ำหนักผลผลิตสูง รวมทั้งมีขนาดของปลี และความแน่นปลีที่ดี เหมาะสำหรับการแปรรูป อีกทั้งยังมีค่าความดีเด่นของลูกผสมในด้านลักษณะของผลผลิตต่อไร่ และดัชนีปลีในทางบวก

คำสำคัญ: พืชวงศ์กะหล่ำ ผักกาดเขียวปลี การตัดแต่ง ความแน่นของปลี

บทนำ

ผักกาดเขียวปลีมีชื่อเรียกหลายชื่อขึ้นอยู่กับแหล่งปลูกแต่ละพื้นที่ เช่น Chinese mustard, Indian mustard, brown mustard และ leaf mustard มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica juncea* L. var. *rugosa* อยู่ในวงศ์กะหล่ำ (Brassicaceae/Cruciferae) (IBPGR, 1981) โดยมีถิ่นกำเนิดในแอฟริกา แต่ส่วนใหญ่ปลูกในทวีปเอเชียและมีการปลูกอย่างกว้างขวางจากยุโรป ตะวันออกจนถึงสาธารณรัฐประชาชนจีนและอินเดีย ผักกาดเขียวปลีเป็นพืชที่นำไปผลิตน้ำมันที่มีความสำคัญมากในประเทศอินเดีย (Purseglove, 1968) เกิดจากการผสมระหว่าง black mustard (*Brassica nigra*, n = 8B) กับ oilseed rape (*Brassica campestris*, n = 10A) ซึ่งเกิดลูกผสมเป็น *B. juncea* (n = 18, AB) (Chen et al., 2011) สำหรับคนไทยนิยมบริโภคโดยนำมาแปรรูปเป็นผักกาดดองเค็ม ดองเปรี้ยว และบริโภคสดบ้างเล็กน้อย เมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวปลีที่ใช้ในปัจจุบันเป็นเมล็ดพันธุ์ที่นำเข้า โดยให้ผลผลิตต่ำในช่วงฤดูร้อน ห่อปลีไม่แน่น และแทงช่อดอกเร็วในสภาพอากาศร้อน ประเทศไทยไม่มีการผลิตเมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวปลีลูกผสม เนื่องจากสภาพอากาศไม่เหมาะสม และขาด

สายพันธุ์พ่อแม่ที่ดี ซึ่งการผลิตผักกาดเขียวปลีลูกผสมต้องการอุณหภูมิต่ำ เพื่อชักนำการออกดอกและการติดเมล็ดที่สมบูรณ์ นอกจากนี้สายพันธุ์พ่อแม่ที่นำมาใช้สำหรับสร้างลูกผสมจะต้องเป็นพันธุ์แท้และมีพันธุกรรมที่ดี (Nikompun, 2001; Siyal, 2019) สำหรับสายพันธุ์แม่ที่นำมาผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมนิยมใช้สายพันธุ์เกสรเพศผู้เป็นหมัน และลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด (self-incompatibility: SI) ซึ่งส่วนใหญ่พบในพืชวงศ์กะหล่ำ และพืชผักอื่น ๆ ซึ่งเกิดบริเวณยอดเกสรเพศเมียไม่ยอมรับละอองเรณูจากการผสมตัวเอง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปฏิสนธิหรือการผสมเลือดชิดในพืชนั้น ๆ (inbreeding) ละอองเรณูไม่สามารถงอกบนยอดเกสรเพศเมียได้ เพราะมีสารยับยั้งการงอกของหลอดละอองเรณู บริเวณยอดเกสรเพศเมีย โดยเฉพาะส่วนที่เรียกว่า papillae cell แต่สามารถรับละอองเรณูจากต่างสายพันธุ์หรือจากต้นอื่น ๆ ได้ นักปรับปรุงพันธุ์จึงนำลักษณะนี้มาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชผักวงศ์กะหล่ำ (Kitashiba and Nasrallah, 2014) การผสมตัวเองไม่ติดเกิดจากยีนตำแหน่งเดียวที่ควบคุมโดย S-locus จากปฏิกิริยาที่เรียกว่า sporophytic self-incompatibility (SSI) การประเมินลักษณะการผสมตัวเองไม่ติดในพืช

วงศ์กะหล่ำสามารถทดสอบได้ 2 วิธี คือ การผสมข้ามในดอกบานและดอกตูมภายในช่อดอกเดียวกัน วิเคราะห์ผลโดยนับจำนวนเมล็ดที่ติดในฝัก ต้นที่มีลักษณะผสมตัวเองไม่ติดเมล็ดจะไม่พัฒนาจากการผสมในดอกบาน แต่ติดเมล็ดสมบูรณ์ในดอกตูม วิธีนี้เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ยิยมใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ผักกาดขาวปลี กะหล่ำปลี ผักกาดหัว เป็นต้น ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการศึกษารังอกของหลอดเรณูในก้านชูเกสรเพศเมีย หลังจากที่ได้เกสรเพศเมียได้รับการผสมแล้วภายใต้ fluorescent microscope เพื่อประเมินสายพันธุ์แม่ที่ผสมตัวเองไม่ติดและใช้เป็นสายพันธุ์ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม ซึ่งเป็นที่ยอมรับมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ ให้ผลผลิตสูง และมีความดีเด่นในทุก ๆ ด้าน (Nikompun, 2001; Siyal, 2019) ความดีเด่นของลูกผสมหมายถึง ลูกผสมที่ได้จากการผสมของสายพันธุ์แม่และการโคลน หรือการผสมข้ามของพืชที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน ซึ่งลูกผสมนั้นจะแสดงลักษณะหรือความสามารถต่าง ๆ ที่เหนือกว่าพ่อแม่ อาจจะแสดงได้ในบางลักษณะ เช่น ให้ผลผลิตที่สูงกว่าพ่อแม่เพียงอย่างเดียวแต่ไม่ต้านทานโรค หรืออาจจะแสดงออกหลาย ๆ ลักษณะ เช่น ลูกผสมที่ให้ความแข็งแรงต้านทานโรคสูง ซึ่งการใช้ลักษณะความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าพ่อแม่ในการปรับปรุงพันธุ์ Indian mustard และ rapeseed พบว่า แสดงลักษณะของผลผลิตต่อไร่เหนือกว่าพ่อแม่ทั้งทางบวกและทางลบ (Dar *et al.*, 2011) นอกจากนี้ ยังมีการนำลักษณะความดีเด่นที่เหนือกว่าพ่อแม่หรือแม่มาประเมินในด้านน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ และองค์ประกอบของผลผลิตสูง เพื่อนำลูกผสมดังกล่าวไปใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์จำหน่ายทางการค้า สำหรับการประเมินความดีเด่นของลูกผสมสามารถคำนวณได้หลายวิธี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์แม่ที่มีลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด เพื่อพัฒนาสายพันธุ์ผักกาดเขียวปลีลูกผสม ที่มีลักษณะดีทางพืชสวน ตรงตามความต้องการของโรงงานแปรรูปและประเมินความดีเด่นของลูกผสมที่แสดงออกด้านผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกผักกาดเขียวปลีสายพันธุ์แท้ในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2562 เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วที่หนึ่ง จากการผสมแบบพบกันหมด แล้วประเมินลักษณะผสมตัวเองไม่ติดเพื่อคัดเลือกต้นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นสายพันธุ์แม่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม เพาะเมล็ดสายพันธุ์แท้พ่อและแม่พันธุ์จำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ 4OR-2, 4OR-17, 2M-3, 2M-23, 19H9-9 และ 19H16 ซึ่งมีลักษณะปลีกลม ห่อปลีแน่น และให้ผลผลิตที่ดี เป็นสายพันธุ์ที่ถูกคัดเลือกมาจาก pedigree method โดยรองศาสตราจารย์ ดร.มนัสนันท์ นิกรพันธุ์ สังกัดภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 จนถึงปัจจุบัน ในการทดลองนี้ได้นำเมล็ดมาเพาะในถุงพลาสติกแล้วกระตุ้นให้แทงช่อดอกด้วยอุณหภูมิประมาณ 5 - 10 °C นาน 14 วัน และย้ายปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 20 ± 3 °C ให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ความเข้ม 9,000 ลักซ์ ตลอด 24 ชั่วโมงเมื่อต้นมีอายุประมาณ 4 - 5 สัปดาห์หลังปลูก ประเมินการผสมตัวเองไม่ติด ตามวิธีการดังนี้

1. การถ่ายละอองเรณูดอกตูมและดอกบานภายในช่อดอกเดียวกัน (seed set analysis) (Opena *et al.*, 1988) ผลระยะดอกตูมและดอกบานภายในช่อดอกเดียวกัน เตรียมช่อดอก 3 - 4 ช่อดอกต้น เด็ดดอกบานทิ้งทั้งหมด คลุมด้วยถุงกระดาษ 3 วัน จากนั้นถ่ายละอองเรณูโดยใช้มือแตะเกสรตัวผู้จากดอกบานในต้นเดียวกันให้กับดอกตูมและดอกบานอย่างละเท่า ๆ กัน ของต้นผักกาดเขียวปลีที่แทงช่อดอก จากนั้นใช้ไหมพรมผูกเป็นเครื่องหมายระหว่างดอกตูมและดอกบานที่ถ่ายละอองเรณูในแต่ละช่อดอก เมื่อฝักแก่จึงเก็บเมล็ดพันธุ์ (Figure 1) บันทึกข้อมูลจำนวนการติดเมล็ด และนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การประเมินการติดเมล็ด (seed set analysis) หรือ อัตราส่วนการติดเมล็ด (seed set ratio) ดังนี้

$$\text{Seed set analysis (\%)} = \frac{\text{Seed from open flower}}{\text{Seed from flower bud}} \times 100$$

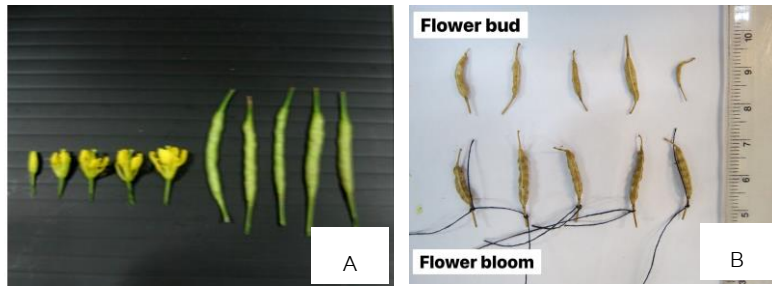


Figure 1. Seed set derived from different stage of flower, seed set in green mature pod (A) and dry pod (B)

ใช้เกณฑ์การประเมินของ Kokubun *et al.* (2006)

การผสมตัวเองติด (strong self-compatible: SSC) ติดเมล็ดมากกว่า 90 % ขึ้นไป

การผสมตัวเองติดปานกลาง (weak self-compatibility: WSC) ติดเมล็ดตั้งแต่ 50.01 - 90 %

การผสมตัวเองไม่ติดปานกลาง (weak self-incompatible: WSI) ติดเมล็ดตั้งแต่ 10 - 49.9 %

การผสมตัวเองไม่ติด (strong self-incompatible: SSI) ติดเมล็ดน้อยกว่า 10 %

2. ประเมินการงอกของหลอดละอองเรณู
ในกล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent microscope technique) ตรวจนับละอองเรณูทั้งอกและหลอดเรณูที่เจริญลงในกล้องจุลทรรศน์ของดอกบาน เพื่อนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการของ Kho and Baer (1968)

การผสมตัวเองในดอกบานพบหลอดเรณูที่กล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนต์ 0 - 29.9 % คือ ผสมตัวเองไม่ติด (SSI)

การผสมตัวเองในดอกบานพบหลอดเรณูที่กล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนต์ 30 - 49.9 % คือ ผสมตัวเองไม่ติดปานกลาง (WSI)

การผสมตัวเองในดอกบานพบหลอดเรณูที่กล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนต์ 50 - 79.9 % คือ ผสมตัวเองไม่ติดน้อย (VWSI)

การผสมตัวเองในดอกบานพบหลอดเรณูที่กล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนต์ 80 - 99 % คือ ผสมตัวเองติดปานกลาง (WSC)

การผสมตัวเองในดอกบานพบหลอดเรณูที่กล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนต์ 100 % คือ ผสมตัวเองติด (SSC)

เมื่อผักกาดเขียวปลีแต่ละสายพันธุ์เริ่มออกดอก เลือกผสมดอกตูมแล้วใช้ถุงกระดาษห่อช่อดอกเพื่อป้องกันการผสมข้าม แล้วเมื่อดอกบานทำการผสมดอกที่บาน โดยมีแผนการผสมแบบพบกันหมด ซึ่งได้จำนวน 36 คู่ผสม แบ่งเป็น ผสมข้าม 30 คู่ และ ผสมตัวเอง 6 สายพันธุ์ หลังจากผสมเกสรประมาณ 10 - 15 วัน ผักเริ่มพัฒนาจนแก่ สังเกตจากสีของผักเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล ทำการเก็บเกี่ยวขณะที่ผักยังไม่แห้งเต็มที่ โดยเก็บ ใส่ถุงกระดาษแยกแต่ละพันธุ์พร้อมทั้งเขียนชื่อพันธุ์กำกับไว้

ปลูกประเมินพ่อแม่พันธุ์ พันธุ์การค้า (S1) และลูกผสม ในช่วงฤดูฝน เดือนมิถุนายน - สิงหาคม พ.ศ. 2562 จำนวน 6 คู่ผสม ได้แก่ 4OR-2x2M-23 (H1), 4OR-17x2M-3 (H2), 2M-23x4OR-2 (H3), 2M-23x4OR-17 (H4), 2M-23x19H16 (H5) และ 19H16x2M-3 (H6) โดยประเมินผลการตรวจสอบการผสมตัวเองไม่ติดปานกลาง และการผสมตัวเองติดปานกลาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกพันธุ์ละ 120 ต้นต่อซ้ำ เตรียมแปลงปลูกขนาด 1 x 16 เมตร ผสมปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีคลุกเคล้าให้เข้ากัน และคลุมแปลงด้วยพลาสติก ใช้ระยะปลูก 30 x 30 เซนติเมตร ให้น้ำระบบน้ำหยด พร้อมกับให้สารละลายปุ๋ยที่ประกอบด้วยปุ๋ยสูตร 15-0-0 อัตรา 300 กรัม 13-0-46 อัตรา 130 กรัม 0-52-34 อัตรา 150 กรัม และธาตุอาหารรอง (micronutrient) อัตรา 5 กรัม ละลายในน้ำ 200 ลิตรไปพร้อมกับระบบน้ำ วันละ 2 ครั้ง เช้า - เย็น ป้องกันกำจัดศัตรูพืชเมื่อพบการเข้าทำลาย เก็บเกี่ยวผลผลิต บันทึกข้อมูล ผลผลิตต่อไร่ น้ำหนักปลีก่อน - หลังตัดแต่ง

เปอร์เซ็นต์การตัดแต่ง ความแน่นของปลี (คำนวณจากมวลต่อปริมาตรของปลี) และอัตราส่วนของปลี (head shape index: HSI) พิจารณาจากความยาวกับความกว้างของปลี เพื่อการประเมินรูปร่างลักษณะของปลี เมื่อต้นมีอายุ 45 วันหลังย้ายปลูก วิเคราะห์ข้อมูลและคำนวณความดีเด่นของลูกผสม

ผลการศึกษา

การตรวจสอบการผสมตัวเองไม่ติดในผักกาดเขียวปลีพันธุ์เกษตรผู้ปกติ จากการประเมินการติดเมล็ดในระยะดอกตูมและดอกบาน พบว่า คู่ผสมที่ติดเมล็ดเฉลี่ยร้อยละ 10 - 50 ได้แก่ 19H16x2M-3, 2M-23x19H16, 4OR-17x4OR-17(4OR-17 $\otimes$), 4OR-2x2M-23, 2M-23x2M-3, 4OR-17x2M-3 และ 2M-23x4OR-17 ติดเมล็ดเฉลี่ยร้อยละ 40.6, 43.2, 44.3, 45.7, 47.4, 47.6 และ 49.2 ตามลำดับ จัดเป็นกลุ่มผสมตัวเองไม่ติดปานกลาง (weak self-incompatible: WSI) (Table 1) คู่ผสมที่ติดเมล็ดเฉลี่ยร้อยละ 50.01 - 90 จำนวนทั้งหมด 21 คู่ผสม โดยติดเมล็ดเฉลี่ยร้อยละ 55.7 - 89.8 จัดเป็นกลุ่มการผสมตัวเองติดปานกลาง (weak-self-compatibility: WSC) (Table 1) สำหรับคู่ผสมที่ติดเมล็ดเฉลี่ยร้อยละ 90 ขึ้นไป ได้แก่ 4OR-17x19H16, 19H19x19H16 (19H16 $\otimes$), 2M-23x19H9-9, 2M-23x2M-23 (2M-23 $\otimes$), 4OR-17x19H9-9, 4OR-2x19H16, 19H16x4OR-2 และ 19H16x4OR-17 ติดเมล็ดเฉลี่ยร้อยละ 91.4, 91.4, 94.4, 94.6, 96.6, 96.7, 98.2 และ 98.3 ตามลำดับ จัดเป็นกลุ่มการผสมตัวเองติด (strong self-compatible: SSC) (Table 1, Figure 2A, 2B)

การตรวจสอบการผสมตัวเองไม่ติดโดยวิธีการตรวจหาการงอกของหลอดเรณูในเกษตรเพศเมีย พบว่า การผสมในระยะดอกบานมีการงอกของหลอดเรณูระหว่างร้อยละ 58.1 - 100.0 โดยคู่ผสม 2M-23x4OR-2 มีการงอกของหลอดเรณูเฉลี่ยร้อยละ 58.1 จัดอยู่ในกลุ่มผสมตัวเองไม่ติดน้อย (VWSI) รองลงมาคือคู่ผสม 19H9-9x2M-3, 19H16x2M-3, 4OR-17x2M-3, 4OR-2x2M-23 และ 2M-23x19H ที่มีการงอกของหลอดเรณูเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 60.0, 66.7,

67.7, 74.4 และ 75.6 ตามลำดับ จัดอยู่ในกลุ่มผสมตัวเองไม่ติดปานกลาง สำหรับคู่ผสมอื่น ๆ จัดอยู่ในกลุ่มของผสมตัวเองติดขณะดอกบาน โดยมีหลอดเรณูเจริญลงไปทั้งก้านชูเกสรเพศเมียร้อยละ 80 - 100 (Table 1)

การประเมินพันธุ์ผักกาดเขียวปลีลูกผสมชั่วที่หนึ่ง พบว่า ผลผลิตต่อไร่ของสายพันธุ์ลูกผสมสายพันธุ์แม่ สายพันธุ์พ่อ และพันธุ์การค้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) ซึ่งสายพันธุ์ลูกผสมให้ผลผลิตต่อไร่ 2,048 - 2,935 กิโลกรัม โดยลูกผสมที่นำมาประเมินครั้งนี้มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์การค้า S1 ยกเว้น ลูกผสม H2 ให้ผลผลิต 2,048 กิโลกรัมต่อไร่

น้ำหนักปลีก่อนตัดแต่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนักปลีตั้งแต่ 723 - 896 กรัมต่อปลี น้ำหนักปลีหลังตัดแต่ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยลูกผสม H3 มีแนวโน้มของน้ำหนักหลังตัดแต่งสูงเท่ากับ 391 กรัมต่อปลี ทั้งนี้ น้ำหนักปลีหลังตัดแต่งที่ตรงกับความต้องการของโรงงานผลิตผักกาดดองกระป๋อง โดยกำหนดน้ำหนักปลีหลังตัดแต่งเฉลี่ย 250 - 350 กรัมต่อปลี ซึ่งลูกผสมที่มีน้ำหนักปลีหลังตัดแต่งอยู่ในช่วงดังกล่าว ได้แก่ H5, H4, H1 และ H2 มีน้ำหนักหลังตัดแต่งเท่ากับ 343, 342, 340 และ 284 กรัมต่อปลีตามลำดับ ทางด้านร้อยละการตัดแต่งของลูกผสมส่วนใหญ่มีร้อยละการตัดแต่งต่ำกว่า 45 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับพันธุ์การค้า และพ่อแม่พันธุ์ (Table 2)

ทางด้านความแน่นของปลี พบว่า ลูกผสมชั่วที่หนึ่ง H2 มีความแน่นของปลีสูงสุด 1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์การค้า สำหรับลูกผสมอื่น ๆ มีความแน่นปลีอยู่ระหว่าง 0.9 - 1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อย่างไรก็ตามลูกผสมอื่น ๆ มีค่าความแน่นปลีไม่แตกต่างกับพันธุ์การค้าที่บริษัทใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผักกาดดอง

สำหรับความกว้างและความยาวของปลี เมื่อนำมาคำนวณอัตราส่วนของปลี พบว่า คู่ผสมส่วนใหญ่มีอัตราส่วนปลีอยู่ระหว่าง 1.0 - 1.1 ทั้งนี้ค่าดังกล่าวเป็นที่ยอมรับของโรงงานแปรรูปที่กำหนดไว้ว่าอัตราส่วนของปลีควรมีค่าเท่ากับ 1.0 ซึ่งมีลักษณะรูปร่างปลีเหมาะสำหรับการบรรจุกระป๋อง (Table 2)

Table 1. Seed set analysis and fluorescent microscope technique result

Female	Male	Seed set analysis				Fluorescent microscope technique	
		Number of seed per pod		Seed set (%)	Evaluation ¹	Germination of pollen tubes (%)	Evaluation
		Flower bud	Flower bloom				
4OR-2	4OR-2	12.0	10.2	85.0	WSC	92.9	WSC
4OR-2	4OR-17	11.4	9.2	80.7	WSC	82.4	WSC
4OR-2	2M-3	12.0	9.2	76.7	WSC	93.8	WSC
4OR-2	2M-23	14.0	6.4	45.7	WSI	74.4	WSI
4OR-2	19H9-9	11.8	10.6	89.8	WSC	100.0	WSC
4OR-2	19H16	12.2	11.8	96.7	SSC	100.0	SSC
4OR-17	4OR-17	12.2	5.4	44.3	WSI	93.2	WSI
4OR-17	4OR-2	12.2	8.6	70.5	WSC	100.0	SSC
4OR-17	2M-3	12.6	6.0	47.6	WSI	67.7	WSI
4OR-17	2M-23	11.0	9.6	87.3	WSC	87.1	WSC
4OR-17	19H9-9	11.6	11.2	96.6	SSC	83.3	WSC
4OR-17	19H16	11.6	10.6	91.4	SSC	100.0	SSC
2M-3	2M-3	10.4	8.0	76.9	WSC	85.2	WSC
2M-3	4OR-2	12.2	8.4	68.9	WSC	100.0	WSC
2M-3	4OR-17	13.2	11.0	83.3	WSC	100.0	SSC
2M-3	2M-23	13.0	8.8	67.7	WSC	100.0	WSC
2M-3	19H9-9	14.2	8.6	60.6	WSC	90.3	WSI
2M-3	19H16	12.0	10.6	88.3	WSC	100.0	SSC
2M-23	2M-23	11.2	10.6	94.6	SSC	58.1	WSI
2M-23	4OR-2	13.8	9.2	66.7	WSC	64.3	WSI
2M-23	4OR-17	12.6	6.2	49.2	WSI	100.0	SSC
2M-23	2M-3	15.2	7.2	47.4	WSI	87.9	WSC
2M-23	19H9-9	10.0	9.4	94.0	SSC	100.0	WSC
2M-23	19H16	14.8	6.4	43.2	WSI	75.6	WSI
19H9-9	19H9-9	11.6	10.6	91.4	SSC	100.0	SSC
19H9-9	4OR-2	12.2	6.8	55.7	WSC	100.0	WSC
19H9-9	4OR-17	13.0	8.6	66.2	WSC	60.0	WSC
19H9-9	2M-3	12.4	10.8	87.1	WSC	89.5	WSC
19H9-9	2M-23	11.2	8.0	71.4	WSC	85.7	WSC
19H9-9	19H16	12.2	9.6	78.7	WSC	94.1	WSC
19H16	19H16	13.0	9.6	73.8	WSC	100.0	WSC
19H16	4OR-2	11.0	10.8	98.2	SSC	100.0	WSC
19H16	4OR-17	11.8	11.6	98.3	SSC	100.0	WSC
19H16	2M-3	13.8	5.6	40.6	WSI	66.7	WSI
19H16	2M-23	11.8	9.2	78.0	WSC	88.9	WSC
19H16	19H9-9	14.0	9.8	70.0	WSC	100.0	WSC

¹strong self - compatible (SSC), weak self - compatibility (WSC), weak self - incompatible (WSI), very weak self-incompatibility (VWSI) by Kho and Baer (1968) and Kokubun *et al.* (2006)

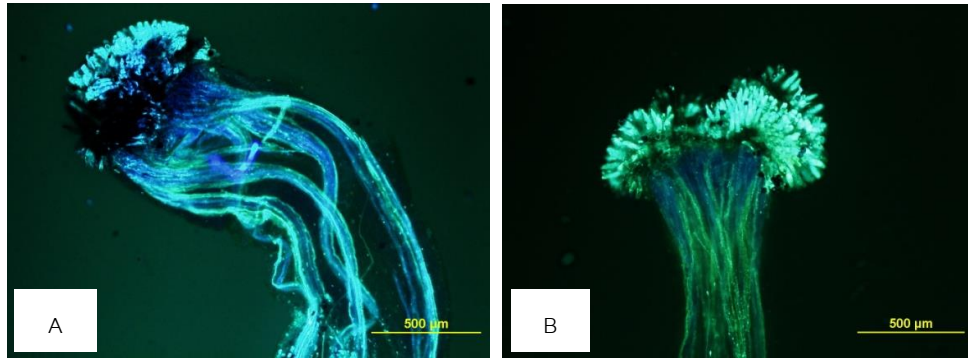


Figure 2. Fluorescence microscope technique of pistil stained with aniline blue (A) flower bloom and (B). open flower

Table 2. Yield and yield components of leaf mustard parental lines and F_1 hybrid

Variety	Head weight (g)		Yield (kg / rai)	Trimming ¹ (%)	Solidity of head ² (g / cm ³)	Head shape (cm)		HSI ³
	Before trimming	After trimming				Length	Width	
Parental lines								
4OR-2	772	367 ^{ab}	2,902 ^{a-c}	47.6 ^{ab}	0.8 ^{cd}	7.5 ^{cde}	8.3	1.1 ^{a-c}
4OR-17	723	306 ^{b-c}	2,202 ^{de}	42.5 ^{bc}	0.9 ^{bcd}	7.8 ^{de}	8.5	0.9 ^e
2M-23	752	380 ^a	2,899 ^{a-c}	50.9 ^a	0.9 ^{bcd}	7.9 ^{cde}	8.5	0.9 ^e
19H16	765	306 ^{bc}	2,335 ^{c-e}	39.8 ^c	1.1 ^{ab}	7.9 ^{cde}	8.2	0.9 ^{de}
2M-3	760	377 ^a	3,027 ^a	50.8 ^a	0.7 ^d	7.2 ^e	7.3	1.0 ^{b-e}
F ₁ Hybrids								
H1	881	340 ^{a-c}	2,856 ^{a-c}	40.0 ^c	0.9 ^{bcd}	9.7 ^a	8.6	1.1 ^a
H2	766	284 ^e	2,048 ^e	37.7 ^c	1.3 ^a	8.1 ^{cde}	7.8	1.0 ^{a-d}
H3	896	391 ^a	2,874 ^{a-c}	44.0 ^{a-c}	0.9 ^{bcd}	9.4 ^{ab}	8.3	1.1 ^a
H4	822	342 ^{a-c}	2,726 ^{a-d}	42.4 ^{bcd}	0.9 ^{bcd}	7.9 ^{cde}	8.0	1.0 ^{b-e}
H5	848	343 ^{a-f}	2,899 ^{a-c}	41.0 ^{bc}	1.0 ^{bcd}	8.4 ^{bcd}	8.5	1.0 ^{b-e}
H6	826	352 ^{ab}	2,935 ^{ab}	43.4 ^{bc}	1.0 ^{bcd}	8.7 ^{abcd}	8.0	1.1 ^{ab}
Commercial								
S1	723	306 ^{b-c}	2,202 ^{de}	42.5 ^{bc}	0.9 ^{bcd}	7.8 ^{de}	8.5	1.1 ^{a-c}
<i>F - test</i>	ns	**	**	**	*	*	ns	**
C.V. (%)	8.1	9.3	6.9	8.5	5.3	8.2	5.1	11.7

*, ** Mean within column with different letters different at $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ according to least significant difference by DMRT and ns = non-significant, respectively

¹Percentage of trimming = {(before trimming-after trimming)/ before trimming} x 100

²Solidity of head = MHW / (0.524 d1²d2) MHW = mean head weight, d1 = mean length of head, d2 = mean width of head

³Head shape index (HSI) = (Head length)/(Head width)

4OR-2x2M-23 (H1), 4OR-17x2M-3 (H2), 2M-23x4OR-2 (H3), 2M-23x4OR-17 (H4), 2M-23x19H16 (H5) and 19H16x2M-3 (H6)

ความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ในลักษณะผลผลิตต่อไร่ พบว่า มีค่าความดีเด่นที่เหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่แสดงออกทั้งทางด้านบวกและทางลบร้อยละ -21.6 ถึง 12.1 ซึ่งลูกผสมที่ให้ความดีเด่นทางบวกสูงสุด คือ H6 มีค่าความดีเด่นเท่ากับร้อยละ 12.1 ส่วนลูกผสมที่แสดงออกทางลบสูงสุด คือ H2 มีค่าความดีเด่นเท่ากับร้อยละ -21.6 ลักษณะน้ำหนักปลีก่อนตัดแต่งแสดงออกทางบวกทุกคู่ โดยมีค่าความดีเด่นร้อยละ 3.3 ถึง 17.6 ลูกผสมที่ให้ความดีเด่นทางบวกสูงสุด คือ H3 ซึ่งมีความดีเด่นเท่ากับร้อยละ 17.6 ลูกผสมที่ให้ความดีเด่นต่ำสุด คือ H2 มีค่าความดีเด่นเท่ากับร้อยละ 3.3 ลักษณะน้ำหนักปลีหลังตัดแต่งพบว่ามีค่าความดีเด่นทั้งทางบวกและทางลบเท่ากับร้อยละ -6.8 ถึง 4.7 ลูกผสมที่ให้ความดีเด่นทางบวกสูงสุด คือ H3 ซึ่งให้ความดีเด่นเท่ากับร้อยละ 4.7 ลูกผสมที่แสดงออกทางลบสูงสุด คือ H2 มีค่าความดีเด่นเท่ากับร้อยละ -16.8 ค่าของเปอร์เซ็นต์การตัดแต่งแสดงความดีเด่นในทางลบทางด้านความแน่นของปลีแสดงความดีเด่นทางบวกและทางลบเท่ากับร้อยละ -5.3 ถึง 56.9 ลูกผสมที่ให้ความดีเด่นทางบวกสูงสุด คือ H2 มีความดีเด่นเท่ากับร้อยละ 56.9 ลูกผสมที่แสดงออกทางลบสูงสุด คือ H6 มีค่าความดีเด่นเท่ากับร้อยละ -5.9 อัตราส่วนของปลี พบว่า มีค่าความดีเด่นทางบวกเท่ากับร้อยละ 7.3 ถึง 17.4 ลูกผสมที่ให้ความดีเด่นสูงสุด คือ H6 มีความดีเด่นเท่ากับร้อยละ 17.4 ส่วนลูกผสมที่แสดง

ความดีเด่นต่ำสุด คือ H5 มีค่าความดีเด่นเท่ากับร้อยละ 7.3 (Table 3)

วิจารณ์

การตรวจสอบการผสมตัวเองไม่ติดในผักกาดเขียวปลี โดยการถ่ายละอองเรณูในระยะดอกตูมและดอกบานภายในข้อเดียวกันและการงอกของหลอดละอองเรณูในก้านชูเกสรเพศเมีย พบว่า สายพันธุ์ 4OR-17, 2M-23 และ 19H9-9 เป็นสายพันธุ์ที่มีการผสมตัวเองไม่ติดปานกลางและผสมตัวเองติดน้อย ซึ่งสายพันธุ์ผักกาดเขียวปลีที่นำมาทดสอบในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาสายพันธุ์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 ลักษณะของปลี ขนาดปลี และความแน่นมีความสม่ำเสมอทั้งนี้การประเมินลักษณะผักกาดเขียวปลีสำหรับใช้เป็นสายพันธุ์แม่ในการสร้างลูกผสม เพื่อลดแรงงานในการตอนเกสรเพศผู้ ยังคงเป็นวิธีที่นิยมใช้ในหลายประเทศ (Bahrain *et al.*, 2017) ลักษณะการผสมตัวเองไม่ติดเกิดจากการยับยั้งการงอกของหลอดเรณูเมื่อมีการผสมตัวเองในพืชวงศ์กะหล่ำ สลัด และพืชอีกหลายชนิด ซึ่งถูกควบคุมด้วยยีนตำแหน่งเดียวที่เรียกว่า S-locus การผสมตัวเองไม่ติดแบ่งออกเป็นสองระบบ เรียกว่า gametophytic self-incompatibility (GSI) และ sporophytic self-incompatibility (SSI) (Claessen *et al.*, 2019; Kaur *et al.*, 2021) ในการทดลองนี้ได้นำสายพันธุ์ที่ประเมินมาผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม

Table 3. Heterosis of yield and yield components in leaf mustard

Hybrids	Before trimming	After trimming	Yield	Trimming	Solidity of head	Length of head	Width of head	HSI
H1	15.8*	-9.4	-1.6	-19.6*	9.0	26.3**	2.4	13.9**
H2	3.3	-16.8*	-21.6**	-19.1*	56.9**	8.3	-1.6	10.6**
H3	17.6**	4.7	-0.9	-10.6*	5.3	21.9**	-1.1	13.7**
H4	11.5*	-0.1	6.9*	-9.9	-5.3	1.0	-6.3	9.2
H5	11.9	-0.1	10.8*	-9.5	-5.8	6.7	1.5	7.3
H6	9.0	2.6	12.1*	-4.3	-5.9	10.0	-4.4	17.4**

*, ** Significantly different from its parents at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ confidence levels, respectively

% Heterosis = $(F_1 - \overline{MP}) / \overline{MP} \times 100$, $\overline{MP}$ = mid-parent (Chen *et al.*, 2003)

6 คู่ ที่มีการติดเมล็ดน้อยที่อยู่ในกลุ่มผสมตัวเองไม่ติดปานกลางและการงอกของหลอดเรณูเจริญลงไปที่ก้านเกสรเพศเมีย ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มผสมตัวเองไม่ติดน้อย การประเมินลูกผสมชั่วที่หนึ่ง กลุ่มผสม H6 ให้ผลผลิตต่อไร่สูงแต่มีขนาดปลีที่ใหญ่กว่าขนาดที่โรงงานต้องการ ส่วนกลุ่มผสม H4 (Figure 3) มีผลผลิตต่อไร่ 2,726 กิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์การค้า และมีน้ำหนักปลีหลังตัดแต่งอยู่ในช่วง 250 - 350 กรัมต่อปลี ตรงกับความต้องการของโรงงาน นอกจากนี้ยังมีความยาวของปลีเท่ากับ 7.9 - 8.0 เซนติเมตร และความกว้างของปลีเท่ากับ 7.9 - 8.0 เซนติเมตร เมื่อนำมาคำนวณอัตราส่วนของปลีได้เท่ากับ 1.0 หมายถึงมีลักษณะรูปร่างปลีกลมเหมาะกับขนาดกระป๋องที่ใช้บรรจุ ทางด้านความแน่นปลีของ H4 มีค่าเท่ากับ 0.9 ซึ่งเป็นอีกลักษณะสำคัญของโรงงานแปรรูปต้องการ เนื่องจากหลังจากผ่านกระบวนการดองจะต้องตัดแต่งปลีโดยผ่าครึ่งก่อนบรรจุใส่กระป๋อง หากมีความแน่นของปลีน้อยจะทำให้ส่วนที่อยู่ตรงกลางของปลีหลุดออกมา ดังนั้น H4 จึงเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะทางพืชสวนตรงตามความต้องการของโรงงาน โดยในปัจจุบันโรงงานแปรรูปจะใช้ผักกาดเขียวปลีนอกฤดู

เป็นวัตถุดิบในการดอง 5,000 ตันต่อปี และมีของเสียจากต้นที่มีความแน่นของปลีต่ำประมาณ 500 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่าความสูญเสีย 4 ล้านบาทต่อปี หากโรงงานนำกลุ่มผสม H4 มาใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูป จะช่วยลดของเสียจากการตัดแต่งในส่วนนี้ลง ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิต และการจัดการของเสียของทางโรงงานได้ สำหรับการประเมินความดีเด่นของลูกผสมในลักษณะของผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตนั้นแสดงออกทั้งทางบวกและทางลบ เนื่องจากการแสดงออกของยีนแบบผลบวกสะสมและถูกควบคุมด้วยยีนหลายยีน ส่วนกลุ่มผสม H4 มีความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ทางบวกในลักษณะของผลผลิตต่อไร่ น้ำหนักปลีก่อนตัดแต่ง ความยาวปลี และอัตราส่วนของปลี แสดงความดีเด่นเท่ากับร้อยละ 6.9, 11.5, 1.0 และ 9.2 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสายพันธุ์พ่อแม่และแม่ที่นำมาสร้างลูกผสมที่ใช้ในการทดสอบมีลักษณะทางพันธุกรรมที่ใกล้เคียงกัน หรือมีฐานพันธุกรรมแคบ จึงส่งผลให้การแสดงออกทางด้านความดีเด่นที่เหนือกว่าพ่อแม่มีค่าต่ำ และสามารถแสดงออกได้ทั้งทางบวกและลบ

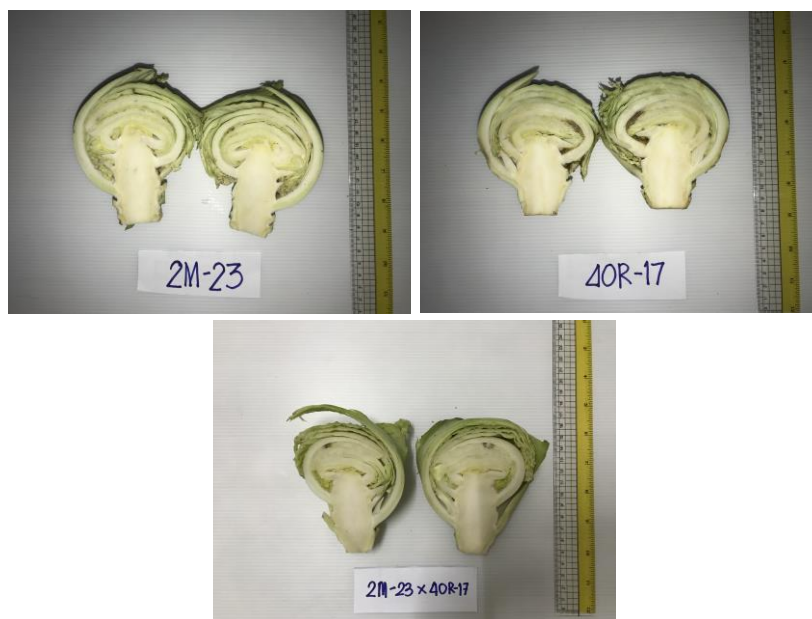


Figure 3. Head shape of (A) female 2M-23, (B) male parent 4OR-17 and (C) H4 (2M-23x4OR-17) derived from weak self-compatibility maternal line

สรุป

การคัดเลือกสายพันธุ์แม่ที่มีลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด มีลักษณะทางพืชสวนที่ดีตรงตามความต้องการของโรงงานแปรรูปผักกาดดอง และเหมาะสำหรับการสร้างลูกผสม โดยประเมินจากการติดเมล็ดและการงอกของหลอดเรณู ได้แก่ สายพันธุ์ 4OR-17, 2M-23 และ 19H9-9 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการผสมตัวเองไม่ติดปานกลาง

การประเมินลูกผสมจากแม่พันธุ์ที่มีลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด ทางด้านผลผลิตลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง และมีแนวโน้มที่ดี คือ 19H16x2M-3 (H6), 2M-23x19H16 (H5), 2M-23x4OR-2 (H3), 4OR-2x2M-23 (H1) และ 2M-23x4OR-17 (H4) ทางด้านน้ำหนักผลผลิตหลังตัดแต่งที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูป ได้แก่ 4OR-2x2M-23 (H1), 4OR-17x2M-3 (H2), 2M-23x4OR-17 (H4) และ 2M-23x19H16 (H5) อยู่ในช่วง 250 - 350 กรัมต่อปลี ความแน่นปลีและอัตราส่วนปลี พบว่า ลูกผสมมีความแน่นปลีและอัตราส่วนปลีที่เหมาะสมสำหรับการดอง

ความดีเด่นของสายพันธุ์ผักกาดเขียวปลีลูกผสม พบว่า สายพันธุ์แม่และพ่อของลูกผสม 2M-23x4OR-17 (H4), 2M-23x19H16 (H5) และ 19H16x2M-3 (H6) มีแนวโน้มที่ดีในการนำไปพัฒนาต่อขยายเพื่อสร้างลูกผสมเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานแปรรูปผักกาดดองกระป๋อง เมื่อพิจารณาจากทุกลักษณะของลูกผสม 2M-23x4OR-17 (H4) คือให้ผลผลิตเท่ากับ 2,726 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักปลีหลังตัดแต่งเท่ากับ 342 กรัมต่อปลี ความแน่นของปลี 0.9 และอัตราส่วนของปลี เท่ากับ 1.0 จึงเป็นลูกผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเพื่อผลิตส่งโรงงานแปรรูป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการและพื้นที่สำหรับการศึกษาวิจัย และ

ขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Bahrain, A., M.A. Islam, M.S. Naher, A. Kakon and M.M. Hossain. 2017. Investigation of self-incompatibility in mustard through seed set analysis. *Journal of Scientific Achievements* 2(5): 12-17.
- Chen, S., M.N. Nelson, A.M. Chèvre, E. Jenczewski, Z. Li, A.S. Mason, J. Meng, J.A. Plummer, A. Pradhan, K.H.M. Siddique, R.J. Snowdon, G. Yan, W. Zhou and W.A. Cowling. 2011. Trigenomic bridges for *Brassica* improvement. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30(6): 524-547.
- Chen, X., W. Sorajjapinun, S. Reiwthongchum and P. Srinives. 2003. Identification of parental mungbean lines for production of hybrid varieties. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences* 2(2): 97-105.
- Claessen, H., W. Keulemans, B.V. Poel and N.D. Storme. 2019. Finding a compatible partner: self-incompatibility in european pear (*Pyrus communis*); molecular control, genetic determination, and impact on fertilization and fruit set. *Frontiers in Plant Science* 10: 1-17.
- Dar, Z.A., S.A. Wani, M.A. Wani, M. Gulzaffar, H. Khan, M. Habib, Z. Ahmed and A. Ishfaq. 2011. Heterosis and combining ability analysis for seed yield and its attributes in *Brassica rapa* ssp. brown sarson. *Journal of Oilseed Brassica* 2(1): 21-28.

- IBPGR. 1981. Family Cruciferae. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), Rome. 49 p.
- Kaur, S., R. Kumar, S. Kaur and V. Singh. 2021. Combining ability for yield and its contributing characters in Indian mustard. *Journal of Oilseed Brassica* 12(1): 32-37.
- Kho, Y.O. and J. Baer. 1968. Observing pollen tubes by means of fluorescence. *Euphytica* 17: 298-302.
- Kitashiba, H. and J.B. Nasrallah. 2014. Self-incompatibility in Brassicaceae crops: lessons for interspecific incompatibility. *Breeding Science* 64(1): 23-37.
- Kokubun, H., M. Nakano, T. Tsukamoto, H. Watanabe, G. Hashimoto, E. Marchesi, L. Bullrich, I.L. Basualdo, T. Kao and T. Ando. 2006. Distribution of self-compatible and self-incompatible populations of *Petunia axillaris* (Solanaceae) outside Uruguay. *Journal of Plant Research* 119: 419-430.
- Nikornpun, M. 2001. Cauliflower. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai. 208 p. (in Thai)
- Opena, R.T., C.G. Kuo and J.Y. Yoon. 1988. Breeding and Seed Production of Chinese Cabbage in the Tropics and Subtropics. Technical Bulletin No.17. Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC), Shanhua, Tainan. 92 p.
- Purseglove, J.W. 1968. Tropical Crops: Dicotyledons 1. Longmans, Green & Co. Ltd., London. 332 p.
- Siyal, A.L. 2019. Hybrid seed production its methods & benefits. (Online). Available: https://www.researchgate.net/publication/334973949_Hybrid_Seed_Production_Its_Methods_benefits (June 20, 2021).
-