KHON KAEN AGR. J. 48 (6): 1216-1229 (2020)./doi:10.14456/kaj.2020.108.

ความสามารถในการรวมตัวสำหรับผลผลิตและคุณภาพการบริโภคในสายพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษยีนด้อยร่วมที่พัฒนาจากเชื้อพันธุกรรมต่างประเทศ

Combining ability for yield and kernel eating quality in synergistic super sweet corn lines derived from exotic germplasm

วริษา สุทธิลักษณ์[1], พัชราภรณ์ สุวอ[2], พลัง สุริหาร[3] และพรชัย หาระโคตร[1*]

Warisa Sutthiluk[1], Patcharaporn Suwor[2], Bhalang Suriharn[3] and Bhornchai Harakotr [1*]

บทคัดย่อ: การเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยเชื้อพันธุกรรมจากต่างประเทศเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษประสบผลสำเร็จมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการรวมตัวสำหรับผลผลิตและคุณภาพการบริโภคในสายพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษยีนด้อยร่วมที่พัฒนาจากเชื้อพันธุกรรมต่างประเทศชั่วรุ่น S_4 จำนวน 18 สายพันธุ์ สร้างคู่ผสมด้วยวิธีการผสมข้ามกับพันธุ์ทดสอบ 2 พันธุ์ ได้คู่ผสมทั้งหมด 36 คู่ผสม ทำการปลูกประเมินในฤดูแล้ง ปี พ.ศ. 2562/2563 จำนวน 2 สถานที่ทดสอบ จากผลการศึกษา พบว่า ความแปรปรวนอันเนื่องมาจากอิทธิพลของยีนแบบข่มสูงกว่าแบบผลบวกสะสม ในทุกลักษณะที่ทำการศึกษา ยกเว้น ความกว้างและความยาวฝัก ซึ่งการคัดเลือกลักษณะดังกล่าวควรทำในชั่วรุ่นหลังๆ สายพันธุ์ L_2 L_3 และ L_{18} มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) สูงสุดในลักษณะผลผลิต ในขณะที่สายพันธุ์ L_3 L_9 L_{16} และ L_{18} มีค่า GCA สูงสุด สำหรับลักษณะรสชาติ ความนุ่ม ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และความหวาน ตามลำดับ นอกจากนี้ คู่ผสมที่มีค่าเฉลี่ยและความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงเกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ทดสอบและสายพันธุ์ S_4 ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง หรือมาจากข้างใดข้างหนึ่งที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง จากการศึกษานี้ ชี้ให้เห็นว่า สายพันธุ์ L_{18} มีศักยภาพสำหรับพัฒนาเป็นสายพันธุ์แท้ข้าวโพดหวานพิเศษที่มียีนด้อยร่วม และสร้างลูกผสมเดี่ยวที่มีผลผลิตและคุณภาพการบริโภคสูงต่อไป

คำสำคัญ: *Zea mays* L. var. *saccharata*, วิธีการผสมกับพันธุ์ทดสอบ, การปรับปรุงพันธุ์พืช, ยีนด้อยร่วม, ความหวาน

Received April 13, 2020

Accepted June 25, 2020

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathum Thani 12120

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

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

[3] สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40000

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40000

* Corresponding author: harakotr@tu.ac.th

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1216-1229 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.108.

ABSTRACT: An increasing of genetic diversity by using exotic germplasm is an important way to help super sweet corn improvement successfully. Therefore, the objective of this study was to study combining ability for yield and kernel eating quality in the S_4 generation of synergistic super sweet corn lines derived from exotic germplasm. The eighteen super sweet corn lines were crossed with two testers by using top cross method. The parental lines, 36 hybrids, and 2 check varieties were evaluated in the dry season 2019/2020 at the two experimental sites. The results indicated that variations of dominance were more than additive gene effects for all studied traits, except for cob diameter and cob length, and then selection of these traits should be select in late generation. The L_2, L_3, and L_{18} lines had high GCA values for yield performance. Moreover, L_3, L_9, L_{16}, and L_{18} lines were also had the highest GCA values for flavor, tenderness, total soluble solid, and sweetness, respectively. In addition, all super sweet corn hybrids with a high mean and specific combining ability value were derived from tester and/or the S_4 generation lines with high GCA value. The results of this study revealed that L_{18} line had a potential as a development synergistic super sweet corn inbred and using for created new hybrid with a high yield and kernel eating quality in the future.
Keywords: *Zea mays* L. var. *saccharata,* topcross, crop improvement, double endosperm mutant, sweetness

บทนำ

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays* L. var. *saccharata*) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยในปี 2561 ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกข้าวโพดหวานและผลิตภัณฑ์มากกว่า 7.3 พันล้านบาท และมีปริมาณการส่งออกเป็นอันดับ 1 ของโลก นอกจากนี้ มูลค่าการส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) การผลิตข้าวโพดหวานต้องมีการพัฒนาเพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่ดี มีคุณภาพและรสชาติที่ดี (กฤษฎา, 2546) โดยความหวานเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักของรสชาติข้าวโพดหวาน (Evensen and Boyer, 1986) ซึ่งถูกควบคุมด้วยยีน *sugary* (*su*), *sugary enhancer* (*se*), *shrunken-2* (*sh*$_2$) และ *brittle* (*bt*) นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์จากยีนร่วมกัน (synergistic gene) เพื่อให้แต่ละเมล็ดภายในฝักเดียวกัน มีคุณภาพในการรับประทานที่แตกต่างกัน เป็นอีกทางเลือกที่ช่วยเพิ่มคุณภาพการรับประทาน (กมล, 2550; Tracy and Hallauer, 1994; Lertrat and Pulum, 2007) อย่างไรก็ตาม การพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพการบริโภคโดยการใช้เชื้อพันธุกรรมภายในประเทศเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยาก ด้วยเหตุที่ฐานพันธุกรรมของข้าวโพดหวานของไทยค่อนข้างแคบ (กฤษฎา, 2546) ดังนั้น การใช้เชื้อพันธุกรรมจากต่างประเทศ จะช่วยเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรม และแก้ไขปัญหาข้างต้นได้ (Rice and Tracy, 2013) จากการศึกษาของ ณัฐฐนี (2546) พบว่า ลูกผสมที่ได้จากเชื้อพันธุกรรมจากข้าวโพดไร่และข้าวโพดหวานจากต่างประเทศ อย่างละร้อยละ 25 ร่วมกับข้าวโพดหวานภายในประเทศอีกร้อยละ 50 มีผลผลิตและคุณภาพสูงขึ้น อีกทั้งยังมีการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาภากร (2552) พบว่า การใช้เชื้อพันธุกรรมเขตอบอุ่นช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดหวาน รวมถึงมีอายุเก็บเกี่ยวที่สั้นลง อย่างไรก็ตาม สัดส่วนของการใช้เชื้อพันธุกรรมจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับคู่ผสม ลักษณะที่ทำการศึกษา และสถานที่ปลูกทดสอบ (Abadassi and Herve, 2000)

ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวที่ดีมาจากสายพันธุ์แท้ที่ดี และสายพันธุ์แท้ดังกล่าวต้องมาจากแหล่งพันธุกรรมที่ดี (กฤษฎา, 2546) การทดสอบความสามารถในการรวมตัว เป็นขั้นตอนสำคัญในการพัฒนาสายพันธุ์แท้ ในปัจจุบันนิยมใช้วิธีการผสมกับสายพันธุ์ทดสอบหรือวิธี top cross เพื่อประเมินและคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (General Combining Ability; GCA) สูง เพื่อพัฒนาเป็นสายพันธุ์แท้ต่อไป นอกจากนี้ วิธีการดังกล่าวยังสามารถลดจำนวนสายพันธุ์ที่ใช้ทดสอบในกระบวนการพัฒนาสายพันธุ์แท้ได้ จากการศึกษาของ ชวนชัย (2544)

พบว่า การคัดเลือกข้าวโพดหวานสายพันธุ์แท้ที่มีประสิทธิภาพควรพิจารณาความสามารถในการรวมตัว ร่วมกับผลผลิตและประวัติของสายพันธุ์ เพื่อรักษาความหลากหลายทางพันธุกรรม อย่างไรก็ตาม การศึกษาความสามารถในการรวมตัวในสายพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษยีนด้อยร่วมที่พัฒนามาจากเชื้อพันธุกรรมต่างประเทศยังมีอยู่ไม่มากนัก ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการรวมตัวสำหรับผลผลิตและคุณภาพการบริโภคในสายพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษยีนด้อยร่วมที่พัฒนาจากเชื้อพันธุกรรมต่างประเทศ เพื่อจะใช้เป็นแนวทางในการกำหนดกลยุทธ์สำหรับการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ มีขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน คือ การสร้างสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 4 (S_4) การสร้างลูกผสม และการทดสอบลูกผสมและสายพันธุ์ S_4

การสร้างสายพันธุ์ S_4

ดำเนินการสร้างสายพันธุ์ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2559 ถึงสิงหาคม พ.ศ.2561 โดยนำคู่ผสมระหว่างข้าวโพดของไทยและเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดหวานพิเศษจากเขตอบอุ่น จากศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 4 คู่ผสม คือ คู่ผสม KV/Delectable (*SeseWxwx*), Jumbo Sweet/Delectable (*Sh_2 sh_2Sese*), Jumbo Sweet/Trinity (*Sh_2 sh_2Sese*) และ Pi-P4546/Montauk (*Sh_2 Sh_2Sese*) เป็นประชากรพื้นฐาน โดยนำข้าวโพดทุกคู่ผสมไปผสมข้ามกับข้าวโพดหวานพิเศษพันธุ์ Hibrix-3 ได้ลูกผสมสามทาง คือ คู่ผสม Hibrix-3//KV/Delectable, Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable, Hibrix-3//Jumbo Sweet/Trinity และ Hibrix-3//Pi-P4546/Montauk แล้วผสมกลับไปยังข้าวโพดหวานพิเศษพันธุ์ Hibrix-3 จำนวน 1 ครั้ง จะได้ลูกผสมกลับครั้งที่ 1 ชั่วที่ 1 (BC_1F_1) หลังจากนั้นนำข้าวโพดทั้ง 4 ประชากร ไปทำการผสมตัวเองจำนวน 4 ชั่ว ร่วมกับวิธีการคัดเลือกแบบจดบันทึกประวัติ โดยปลูกแบบฝัก/แถว ซึ่งคัดเลือกต้นที่มีลักษณะดี คือ ระบบรากดี ลำต้นแข็งแรง และปล่อยละอองเกสรดี นำสายพันธุ์ดังกล่าวมาทำการตรวจสอบสายพันธุ์ที่มียีนควบคุมการแสดงออกลักษณะเมล็ดเป็นยีนด้อยร่วม 2 คู่ (*sh_2 sh_2sese*) ด้วยเครื่องหมายโมเลกุล *umc2276* (https://www.maizegdb.org/data_center/ssr?id=615848) และ *umc1736* (https://www.maizegdb.org/data_center/ssr?id=292322) สำหรับยีน *shrunken-2* และ *sugary enhancer* ตามลำดับ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ S_4 ได้ทั้งหมด 18 สายพันธุ์ เพื่อนำไปสร้างลูกผสม

การสร้างลูกผสม

ดำเนินการสร้างลูกผสมในฤดูฝน (พฤษภาคม-สิงหาคม) ปี 2562 โดยนำข้าวโพดหวานพิเศษสายพันธุ์ S_4 ทั้ง 18 สายพันธุ์ (**Table 1**) มาผสมข้ามกับสายพันธุ์ทดสอบที่มีฐานพันธุกรรมแคบ จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ P1351 (T_1) และ Hibrix-59 (T_2) ได้ลูกผสมทั้งหมด 36 คู่ผสม

การทดสอบลูกผสมและสายพันธุ์ S_4

นำลูกผสมที่ได้มาปลูกทดสอบในฤดูแล้งระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562 ถึงมกราคม พ.ศ. 2563 จำนวน 2 สถานที่ทดสอบ คือ 1) แปลงทดลอง สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี และ 2) แปลงทดลอง สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น โดยปลูกทดสอบเปรียบเทียบลูกผสม จำนวน 36 คู่ผสม และสายพันธุ์ S_4 จำนวน 18 สายพันธุ์ ร่วมกับข้าวโพดหวานพิเศษพันธุ์การค้า 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ P1351 และ Hibrix-59 รวมทั้งหมด 56 สายพันธุ์/พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 2 ซ้ำ ซ้ำละ 2 แถว โดยปลูกระยะ 75 x 25 ซม. หยอด 2 เมล็ด/หลุม โดยใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นสูตร 16-16-16 อัตรา 25 กก./ไร่ เมื่อข้าวโพดอายุ 14 วัน ถอนแยกเหลือ 1 ต้นต่อหลุม ควบคู่กับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ร่วมกับสูตร 46-0-0 อัตราส่วน 1:1 อัตรา 25 กก./ไร่ ให้น้ำในช่วงเช้า-เย็น หรือตามสภาพอากาศ ทำการควบคุมการผสมเกสรภายในสายพันธุ์/พันธุ์ และเก็บเกี่ยวหลังจากการผสมเกสรแล้วประมาณ 20 วัน

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1216-1229 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.108.

Table 1 List of S_4 lines used in the study

Lines	Pedigree	Lines	Pedigree
L_1	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Trinity-BC_1-13-1-7-1	L_{10}	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable-BC_1-5-5-1-1
L_2	Hibrix-3//KV/Delectable-BC_1-2-1-1-4	L_{11}	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable-BC_1-5-5-2-2
L_3	Hibrix-3//Pi-P4546-Montauk-BC_1-10-6-2-2	L_{12}	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable-BC_1-5-5-3-2
L_4	Hibrix-3//Pi-P4546/Montauk-BC_1-16-7-1-1	L_{13}	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable-BC_1-5-5-4-1
L_5	Hibrix-3//Pi-P4546/Montauk-BC_1-16-7-4-1	L_{14}	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable-BC_1-11-7-2-6
L_6	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable-BC_1-5-3-1-9	L_{15}	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable-BC_1-13-5-1-8
L_7	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable-BC_1-5-3-2-3	L_{16}	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable-BC_1-17-4-1-1
L_8	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable-BC_1-5-3-6-3	L_{17}	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable-BC_1-17-4-2-3
L_9	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable-BC_1-5-3-7-4	L_{18}	Hibrix-3//Jumbo Sweet/Delectable-BC_1-22-9-1-6

การบันทึกข้อมูล ประกอบด้วย 1) ลักษณะผลผลิต ได้แก่ ผลผลิตทั้งเปลือก (กก. ต่อไร่) ผลผลิตปอกเปลือก (กก. ต่อไร่) น้ำหนักฝักทั้งเปลือกเฉลี่ย (ก.) และน้ำหนักฝักปอกเปลือกเฉลี่ย (ก.) 2) ลักษณะองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ ความกว้างฝัก (ซม.) ความยาวฝัก (ซม.) และเปอร์เซ็นต์เนื้อ (ร้อยละ) 3) ลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ ความสูงต้น (ซม.) ความสูงฝัก (ซม.) และอายุเก็บเกี่ยว (วัน) และ 4) คุณภาพการรับประทาน ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°บริกซ์) และ วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ในข้าวโพดที่ผ่านการทำให้สุกด้วยวิธีนึ่ง ซึ่งดัดแปลงจาก Simla et al. (2016) โดยใช้ผู้ทดสอบ 10 คน ที่ผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัส และให้คะแนนด้าน ความหวาน ความนุ่ม และรสชาติ ซึ่งมีระดับคะแนน 1-5 (คะแนน 1 หมายถึง น้อยที่สุด และคะแนน 5 หมายถึง มากที่สุด)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของข้อมูลสำหรับแต่ละสถานที่ปลูกทดสอบตามแผนการทดลอง RCBD ทดสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน จากนั้น วิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษา ด้วยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น $p \leq 0.05$ และวิเคราะห์ค่าความสามารถในการรวมตัวตามวิธี Line x tester analysis (Singh and Chaudhary, 1979) ด้วยโปรแกรม AGD-R (version 5.0, CIMMYT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความแปรปรวนรวม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของลักษณะ

ที่ทำการศึกษา 14 ลักษณะของสายพันธุ์ S_4 สายพันธุ์ทดสอบ และลูกผสมของทั้ง 2 สถานที่ทดสอบ พบว่า สถานที่ปลูก (L) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq0.01$) เกือบทุกลักษณะที่ทำการศึกษา ยกเว้นลักษณะปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และคุณภาพการบริโภค ในขณะที่ลูกผสม (V) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq0.01$) ในทุกลักษณะที่ทำการศึกษา (**Table 2**) สายพันธุ์ S_4 (Line/L) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq0.01$) เกือบทุกลักษณะยกเว้น ลักษณะความกว้าง/ยาวฝัก อายุเก็บเกี่ยว รสชาติ และความนุ่ม ที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในขณะที่สายพันธุ์ทดสอบ (Tester/L) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq0.01$) ในลักษณะผลผลิตทั้งเปลือกและปอกเปลือก และรสชาติ ส่วนลักษณะปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) สำหรับลักษณะอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์ S_4 และสายพันธุ์ทดสอบ (Line x Tester/L) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq0.01$) เกือบทุกลักษณะยกเว้น ลักษณะปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความสูงต้น และอายุเก็บเกี่ยวที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนความกว้างและความยาวฝัก ความหวาน และรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อพิจารณาอิทธิพลการแสดงออกของยีน พบว่า ความแปรปรวนของลักษณะความกว้างและความยาวฝักเกิดจากอิทธิพลของยีนที่มีการแสดงออกแบบบวกสะสม (additive gene action) สูงกว่าการแสดงออกแบบข่ม (dominance gene action) แสดงให้เห็นว่า อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสมมีความสำคัญต่อลักษณะดังกล่าว ซึ่งสามารถคัดเลือกในชั่วรุ่นต้นๆ ได้ (พลัง, 2558) ส่วน ความแปรปรวนของลักษณะความหวานและความนุ่มเกิดจากอิทธิพลของยีนที่มีการแสดงออกแบบข่มทั้งหมด (ร้อยละ 100) นอกจากนี้ ลักษณะผลผลิตทั้งเปลือกและปอกเปลือก น้ำหนักฝักทั้งเปลือกและปอกเปลือกเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์เนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความสูงต้น ความสูงฝัก อายุเก็บเกี่ยว และรสชาติเกิดจากอิทธิพลของยีนที่แสดงออกแบบข่มสูงกว่าแบบบวกสะสม แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกในลักษณะดังกล่าว ควรใช้วิธีการคัดเลือกที่มีประสิทธิภาพ เช่น การคัดเลือกแบบวงจร (recurrent selection) ซึ่งจะช่วยเพิ่มการสะสมยีนที่ควบคุมลักษณะดังกล่าว ก่อนที่จะทำการคัดเลือกในชั่วรุ่นหลังๆ (ชบา และคณะ, 2558; Sadaiah et al., 2013)

ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ S_4 และสายพันธุ์ทดสอบ

สายพันธุ์แท้ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability; GCA) สูง มีแนวโน้มให้ลูกผสมที่ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ทำการศึกษาสูง ซึ่งสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสายพันธุ์แท้เพื่อใช้เป็นสายพันธุ์พ่อแม่สำหรับการสร้างลูกผสมได้ (Baker, 1978) เมื่อพิจารณาค่า GCA ของสายพันธุ์ S_4 ในลักษณะผลผลิต พบว่า สายพันธุ์ L_{18} มีค่า GCA สูงสุด และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq0.01$) โดยค่า GCA ของลักษณะผลผลิตทั้งเปลือกและผลผลิตปอกเปลือกเท่ากับ 788 (747 กก. ต่อไร่) และ 584 (592 กก. ต่อไร่) ตามลำดับ (**Table 3**) รองลงมา คือ สายพันธุ์ L_3 ที่มีค่า GCA สำหรับผลผลิตทั้งเปลือกและผลผลิตปอกเปลือกเท่ากับ 528 (631 กก. ต่อไร่) และ 325 (525 กก. ต่อไร่) ตามลำดับ นอกจากนี้ สายพันธุ์ L_{18} มีค่า GCA สูงสุด และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq0.01$) สำหรับน้ำหนักฝักทั้งเปลือกเฉลี่ย โดยมีค่า GCA เท่ากับ 53.92 (256 ก.) รองลงมา คือ สายพันธุ์ L_2 และ L_3 ที่มีค่า GCA เท่ากับ 47.60 (237 ก.) และ 43.91 (139 ก.) ตามลำดับ ในขณะที่ สายพันธุ์ L_2 มีค่า GCA สูงสุด และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq0.01$) สำหรับน้ำหนักฝักปอกเปลือกเฉลี่ย โดยมีค่า GCA เท่ากับ 31.57 (170 ก.) รองลงมา คือ สายพันธุ์ L_{11} และ L_{18} ที่มีค่า GCA เท่ากับ 20.23 (142 ก.) และ 19.62 (191 ก.) ตามลำดับ ผลจากการศึกษา แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ L_3 และ L_{18} มีความเหมาะสมสำหรับพัฒนาเป็นสายพันธุ์แท้ที่จะให้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง

Table 2 Mean squares for yield, yield components, agronomic traits and eating quality of synergistic super sweet corn lines and their crosses over two locations

SOV	df	Yield				Yield components			Agronomic traits			Eating qualities			
		UHY [1/]	HY	UHW	HW	CD	CL	CT	PH	CRH	HD	TSS	Sweetness	Flavor	Tenderness
Location	1	2,103,227**	7,551,637**	137,461**	63,761**	1.35**	3.61*	432**	545**	6,504**	5440.17**	000	0.07	0.00	0.00
Rep/Location	2	8,540	9,995	128	227	0.05	0.53	2	5	7	3.43	0.33	0.01	0.02	0.06
Cross (V)	35	812,343**	533,697**	6,184**	2,560**	0.07**	2.71**	75**	340**	244**	4.43**	1.76**	1.45**	0.61**	0.95**
Line	17	1,149,048**	702,994**	8,326**	3,259**	0.10**	4.58**	100**	484**	274**	5.06**	2.45**	0.66**	0.60**	0.55**
Tester	1	204,297**	219,941**	4,328**	4,420**	0.00	0.00	6	528**	316**	12.13**	1.03**	0.73**	2.61**	0.57**
Line x Tester	17	511,404**	382,856**	4,151**	1,753**	0.05	1.00	54**	185**	209**	3.36*	1.11**	2.29**	0.50**	1.37**
Cross/L	35	393,427**	284,277**	2,585**	1,358**	0.03	0.99	43**	199**	205**	2.96*	0.68**	0.17**	0.16**	0.07
Line/L	17	475,357**	362,549**	2,170**	1,271**	0.04	1.09	39**	220**	292**	2.36	0.71**	0.16**	0.10	0.07
Tester/L	1	120,997**	98,704**	7	40	0.03	1.04	9	55**	0	0	0.79*	0.11	0.53**	0.03
Line x Tester/L	17	327,523**	216,921**	3,151**	1,523**	0.03	0.88	48**	185**	130**	3.73*	0.65**	0.19	0.20**	0.07
Contributions of gene action (%)															
σ^2_A		28.51	21.23	20.00	25.33	52.93	91.85	21.21	36.83	10.12	30.81	30.77	0.00	14.37	0.00
σ^2_D		71.49	78.77	80.00	74.67	47.07	8.15	78.79	63.17	89.88	69.19	69.23	100.00	85.63	100.00
C.V. (%)		3.95	3.79	3.73	3.91	3.48	4.72	2.59	5.72	6.35	1.64	3.70	3.54	3.73	4.54

*, ** indicate significance at $p \leq 0.05$ and 0.01 probability levels, respectively

[1/] UHY; un-husked yield (kg.rai^{-1}), HY; husked yield (kg.rai^{-1}), UHW; un-husked weight/cob (g), HW; husked weight/cob (g), CD; cob diameter (cm), CL; cob length (cm), CP; cutting percentage (%),PH; plant height (cm), CRH; cob replacement height (cm), HD; harvesting date (days), TSS; total soluble solid (°Brix),

นอกจากนี้ สายพันธุ์ L_9 มีค่า GCA สำหรับลักษณะความนุ่มสูงสุด และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.47 (3.84 คะแนน) รองลงมา คือ สายพันธุ์ L_{10} และ L_7 ที่มีค่า GCA แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (0.35 และ 0.33 ตามลำดับ) จากการศึกษาของนันทยา (2552) พบว่า ข้าวโพดหวานสายพันธุ์แท้ที่ให้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในความหวานและความนุ่มสูง จะให้ลูกผสมที่มีคุณภาพการรับประทานสูงเช่นเดียวกัน ดังนั้น จากการศึกษาครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่าสายพันธุ์ L_3 L_9 L_{16} และ L_{18} เหมาะสมสำหรับพัฒนาเป็นสายพันธุ์แท้ที่จะให้ลูกผสมที่มีคุณภาพการรับประทานสูง

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่า GCA ของสายพันธุ์ทดสอบ พบว่า สายพันธุ์ T_1 มีค่า GCA เป็นบวกและสูงสุด ในลักษณะผลผลิตและคุณภาพการบริโภคทุกลักษณะ แสดงให้เห็นว่า สายพันธุ์ดังกล่าวเหมาะสำหรับการใช้เป็นพันธุ์ทดสอบสำหรับการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษเพื่อเพิ่มผลผลิต และคุณภาพการรับประทาน สอดคล้องกับ Castellanos et al. (1998) พบว่า การใช้พันธุ์ทดสอบที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง ทำให้ลูกผสมส่วนใหญ่ออกมาอยู่ในเกณฑ์ดี นอกจากนี้ สายพันธุ์ทดสอบดังกล่าวยังสามารถใช้เป็นสายพันธุ์พ่อแม่ในการสร้างพันธุ์ลูกผสมที่มีผลผลิตและคุณภาพการรับประทานดี (Kumari et al., 2008)

ค่าเฉลี่ยและความสามารถในการรวมตัวเฉพาะของสายพันธุ์ S_4 และสายพันธุ์ทดสอบ

ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability; SCA) เป็นค่าบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างผลของการผสมระหว่างสายพันธุ์ต่างๆ เป็นอัตราการแสดงออกของยีนที่ไม่เป็นแบบบวก ซึ่งแสดงถึงความสามารถของสายพันธุ์นั้นๆ ในการรวมกันเป็นลูกผสม (ไพศาล, 2527) เมื่อพิจารณาค่า SCA ของลักษณะผลผลิต พบว่า ลักษณะผลผลิตทั้งเปลือก คู่ผสมที่มีค่าเฉลี่ยสูงสามอันดับแรก คือ คู่ผสม $T_2 \times L_{18}$, $T_1 \times L_{18}$ และ $T_1 \times L_{16}$ มีค่าเท่ากับ 3,408 3,395 และ 3,307 กก. ต่อไร่ ตามลำดับ โดยคู่ผสม $T_2 \times L_{18}$, $T_1 \times L_{18}$ และ $T_1 \times L_{16}$ มีค่า SCA เท่ากับ 44 -44 และ 360 ตามลำดับ และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (**Table 4**) ส่วนลักษณะน้ำหนักผลผลิตปอกเปลือก คู่ผสมที่มีค่าเฉลี่ยสูงสามอันดับแรกสอดคล้องกับผลผลิตปอกเปลือก คือ คู่ผสม $T_1 \times L_{16}$, $T_1 \times L_{18}$ และ $T_2 \times L_{18}$ มีค่าเท่ากับ 2,795 2,786 และ 2,648 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ โดยคู่ผสม $T_1 \times L_{16}$ มีค่า SCA เท่ากับ 360 และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ในขณะที่คู่ผสม $T_1 \times L_{18}$ และ $T_2 \times L_{18}$ มีค่า SCA ไม่แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เกษตรศาสตร์ 48 ฉบับที่ 6: 1216-1229 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.108.

Table 3 Means and general combining ability (GCA) for yield and eating quality of synergistic super sweet corn lines and testers over two locations

Lines	Yield								Eating quality rating (1-5 scale) [2/]							
	UHY [1/]		HY		UHW		HW		TSS		Sweetness		Flavor		Tenderness	
	Mean	GCA	Mean	GCA	Mean	GCA	Mean	GCA	Mean	GCA	Mean	GCA	Mean	GCA	Mean	GCA
L_1	490	316**	422	236**	180	23.57**	128	10.85*	15.02	0.75**	3.63	0.36**	3.28	0.08	3.60	0.23*
L_2	950	337**	788	177**	237	47.60**	170	31.57**	14.22	-0.05	3.11	-0.16*	2.79	-0.41**	3.33	-0.04
L_3	631	528**	525	325**	139	43.91**	143	17.21*	14.18	-0.09	3.50	0.23*	3.70	0.51**	3.07	-0.30*
L_4	456	17	302	-37	144	-3.37	101	-8.41	14.12	-0.15	3.67	0.40**	3.25	0.06	3.21	-0.16
L_5	772	-450**	633	-415**	175	-47.84**	132	-46.87**	13.71	-0.56**	3.28	0.01	3.10	-0.09	3.14	-0.23*
L_6	419	-368**	281	-128**	117	-45.01**	101	-21.00**	13.79	-0.48**	3.22	-0.05	3.26	0.07	3.07	-0.30*
L_7	551	-424**	476	-431**	144	-21.82**	124	-28.33**	13.63	-0.64**	3.01	-0.26*	3.67	0.47**	3.70	0.33*
L_8	646	77*	523	94*	161	-4.22	132	-3.27	13.66	-0.61**	3.00	-0.27*	3.30	0.11	3.50	0.13
L_9	646	-534**	547	-306**	173	-57.57**	142	-23.58**	13.25	-1.02**	3.08	-0.18*	3.31	0.11	3.84	0.47**
L_{10}	660	-97**	565	-33	156	-8.07	134	2.81	14.13	-0.14	3.05	-0.22*	2.74	-0.45**	3.72	0.35*
L_{11}	653	94**	572	208**	164	-3.45	142	20.23**	14.52	0.25*	3.23	-0.04	3.26	0.07	3.18	-0.19*
L_{12}	423	-18	324	13	202	-0.95	160	4.60	14.71	0.44*	3.07	-0.20	2.83	-0.37*	3.25	-0.12
L_{13}	380	-37	320	-76*	166	-11.22*	144	9.50*	14.97	0.70**	3.37	0.10	3.08	-0.11	3.17	-0.20*
L_{14}	795	144**	659	149**	202	34.81**	162	19.18**	14.81	0.54**	3.41	0.14	3.34	0.14	3.47	0.10
L_{15}	644	-620**	540	-578**	164	-17.72*	135	-10.77*	14.84	0.57**	2.99	-0.28*	3.09	-0.11	3.68	0.31*
L_{16}	837	293**	716	262**	185	5.37	162	6.20	15.07	0.80**	3.12	-0.15	2.95	-0.24*	2.97	-0.40**
L_{17}	550	-48*	419	-44	188	12.06*	146	0.46	13.84	-0.43*	3.05	-0.21*	3.02	-0.17	3.28	-0.09
L_{18}	747	788**	592	584**	256	53.92**	191	19.62**	14.40	0.13	4.04	0.77**	3.53	0.33*	3.47	0.10
Testers																
T_1	2,650	37*	2,171	39**	401	5.48*	311	5.54*	14.18	-0.08*	3.34	0.07*	3.33	0.13**	3.43	0.06*
T_2	2,575	-37*	2,093	-39**	390	-5.48*	300	-5.54*	14.35	0.08*	3.20	-0.07*	3.06	-0.13**	3.31	-0.06*

*, ** indicate significance at $p \leq 0.05$ and 0.01 probability levels, respectively [1/] UHY; un-husked yield ($kg.rai^{-1}$), HY; husked yield ($kg.rai^{-1}$), UHW; un-husked weight/cob (g), HW; husked weight/cob (g), TSS; total soluble solid (°Brix) [2/] Eating quality rating scale: 1 = very poor, 2 = poor, 3 = average, 4 = good, and 5 = excellent.

ลักษณะน้ำหนักฝักทั้งเปลือกเฉลี่ย คู่ผสมที่มีค่าเฉลี่ยสูงสามอันดับแรก คือ คู่ผสม T_1 x L_{18}, T_1 x L_{14} และ T_2 x L_3 มีค่าเท่ากับ 476 471 และ 464 ก. ตามลำดับ โดยคู่ผสม T_1 x L_{18} มีค่า SCA เท่ากับ 21.09 และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในขณะที่ คู่ผสม T_1 x L_{14} และ T_2 x L_3 มีค่า SCA เท่ากับ 35.53 และ 29.79 ตามลำดับ และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq0.01$) นอกจากนี้ ลักษณะน้ำหนักฝักปอกเปลือกเฉลี่ย คู่ผสมที่มีค่าเฉลี่ยสูงสามอันดับแรก คือ คู่ผสม T_1 x L_{14}, T_1 x L_{16} และ T_1 x L_{18} มีค่าเท่ากับ 349 347 และ 346 ก. ตามลำดับ โดยคู่ผสม T_1 x L_{14} และ T_1 x L_{16} มีค่า SCA เท่ากับ 18.69 และ 29.80 ตามลำดับ และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq0.01$) ในขณะที่ คู่ผสม T_1 x L_{18} มีค่า SCA เท่ากับ 15.87 และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ผลจากการศึกษา แสดงให้เห็นว่า คู่ผสม T_1 x L_{16}, T_1 x L_{14} และ T_1 x L_{18} มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงของลักษณะผลผลิตทั้งเปลือก ผลผลิตปอกเปลือก น้ำหนักฝักทั้งเปลือกเฉลี่ย และน้ำหนักฝักปอกเปลือกเฉลี่ย ซึ่งคู่ผสมดังกล่าวเกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ทดสอบและสายพันธุ์ S_4 ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง หรือมาจากข้างใดข้างหนึ่งที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง สอดคล้องกับการศึกษาของ ชวนชัย (2544) พบว่า ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุดมาจากสายพันธุ์แท้ที่ให้ผลผลิตและความสามารถในการรวมตัวสูง อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์แท้ต้องมาจากแหล่งพันธุกรรมที่แตกต่างกัน ด้วยเหตุที่ความแตกต่างของสายพันธุ์แท้ที่เพิ่มขึ้น จะช่วยเพิ่มความดีเด่นของลูกผสมตามไปด้วย (Pumichai et al., 2008)

เมื่อพิจารณาค่า SCA ของลักษณะคุณภาพการบริโภค พบว่า คู่ผสมที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยสูงสามอันดับแรก คือ คู่ผสม T_1 x L_1, T_2 x L_{16} และ T_2 x L_{13} มีค่าเท่ากับ 15.37 15.26 และ 15.23 ^{o}บริกซ์ ตามลำดับ โดยคู่ผสม T_1 x L_1 มีค่า SCA เท่ากับ 0.43 และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในขณะที่คู่ผสม T_2 x L_{16} และ T_2 x L_{13} มีค่า SCA ไม่แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับลักษณะความหวาน คู่ผสมที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสามอันดับแรก คือ คู่ผสม T_2 x L_{18}, T_2 x L_{11} และ T_2 x L_3 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 4.03 และ 3.94 คะแนน ตามลำดับ โดยคู่ผสม T_2 x L_{18} มีค่า SCA เท่ากับ 0.19 และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในขณะที่คู่ผสม T_2 x L_{11} และ T_2 x L_3 มีค่า SCA เท่ากับ 0.87 และ 0.52 ตามลำดับ และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq0.01$) (**Table 4**) ลักษณะรสชาติ คู่ผสมที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสามอันดับแรก คือ คู่ผสม T_1 x L_3, T_1 x L_7 และ T_1 x L_{13} มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.02 3.82 และ 3.64 คะแนน ตามลำดับ โดยคู่ผสม T_1 x L_3 และ T_1 x L_7 มีค่า SCA ไม่แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่คู่ผสม T_1 x L_{13} มีค่า SCA เท่ากับ 0.42 และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq0.01$) นอกจากนี้ ลักษณะความนุ่ม คู่ผสมที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสามอันดับแรก คือ คู่ผสม T_2 x L_8, T_1 x L_9 และ T_1 x L_{17} มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 4.18 และ 4.15 คะแนน ตามลำดับ โดยคู่ผสม T_2 x L_8 และ T_1 x L1$_7$ มีค่า SCA เท่ากับ 0.81 และ 0.80 ตามลำดับ และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq0.01$) ในขณะที่คู่ผสม T_1 x L_9 มีค่า SCA เท่ากับ 0.28 และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ผลจากการศึกษา แสดงให้เห็นว่า คู่ผสมที่มีคะแนนคุณภาพการรับประทานเฉลี่ยสูง จะมีอย่างน้อย 1 สายพันธุ์ที่ให้คะแนนเฉลี่ยสูง หรือมีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง อย่างไรก็ตาม คู่ผสมบางคู่ผสมมีค่า SCA ไม่แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจาก คู่ผสมดังกล่าวไม่มีอิทธิพลของยีนแบบข่มมาเกี่ยวข้อง (Dhasarathan et al., 2015) นอกจากนี้ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลูกผสมกับพันธุ์ทดสอบ พบว่า คู่ผสมที่มีความโดดเด่นในลักษณะผลผลิต คือ คู่ผสม T_2 x L_{18} และ T_2 x L_3 ซึ่งมีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ P1351 และ Hibrix-59 ในขณะที่ลักษณะคุณภาพบริโภค พบว่า คู่ผสม T_1 x L_{18} มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์ P1351 และ Hibrix-59 (**Table 4**) ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดจากต่างประเทศจะช่วยเพิ่มผลผลิต และลักษณะทางเกษตร อย่างไรก็ตาม คุณภาพการรับประทานเป็นอีกสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงระหว่างกระบวนการพัฒนาสายพันธุ์แท้และพันธุ์ลูกผสม ดังนั้น นักปรับปรุงพันธุ์จะต้องรักษาลักษณะดังกล่าวให้คงอยู่ในสายพันธุ์ต่อไป (Rice and Tracy, 2013)

Table 4 Means and specific combining ability (SCA) for yield and eating quality of synergistic super sweet corn crosses and check varieties over two locations

Lines	Yield								Eating quality rating (1-5 scale) [2/]							
	UHY [1/]		HY		UHW		HW		TSS		Sweetness		Flavor		Tenderness	
	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA
$T_1 \times L_1$	2,747	-219**	2,275	-133**	395	-28.92**	297	-24.90**	15.37	0.43*	3.61	-0.09	3.24	-0.17	3.39	-0.27*
$T_1 \times L_2$	3,214	226**	2,636	286**	437	-11.17*	336	-6.60	13.69	-0.45*	2.51	-0.68**	2.58	-0.35*	3.23	-0.16
$T_1 \times L_3$	3,159	-20	2,462	-34	415	-29.79**	315	-13.56*	13.19	-0.90**	3.05	-0.52**	4.02	0.18	2.79	-0.34*
$T_1 \times L_4$	2,599	-69*	2,075	-58*	366	-31.20**	287	-15.13*	14.10	0.06	3.70	-0.04	3.38	-0.01	2.88	-0.40**
$T_1 \times L_5$	2,185	-14	1,801	45	336	-17.13*	250	-13.96*	13.74	0.12	3.89	0.54**	3.28	0.04	3.05	-0.15
$T_1 \times L_6$	1,836	-445**	1,752	-291**	338	-17.63*	282	-8.36	13.68	-0.03	3.71	0.42**	3.47	0.07	3.39	0.26*
$T_1 \times L_7$	2,373	147**	1,825	84*	405	26.05**	297	14.17*	13.35	-0.20	3.50	0.42**	3.82	0.02	4.11	0.35*
$T_1 \times L_8$	3,013	285**	2,475	209**	395	-1.95	310	1.94	13.37	-0.20	3.40	0.33**	3.49	0.05	2.75	-0.81**
$T_1 \times L_9$	1,947	-169**	1,614	-250**	335	-8.19	281	-6.22	12.98	-0.18	3.84	0.68**	3.27	-0.18	4.18	0.28*
$T_1 \times L_{10}$	2,730	177**	2,289	151**	392	-0.62	311	-2.33	14.23	0.19	2.42	-0.71**	3.02	0.14	3.34	-0.45**
$T_1 \times L_{11}$	2,666	-79*	2,308	-72*	392	-5.57	328	-2.67	14.66	0.22	2.43	-0.87**	3.08	-0.31*	2.78	-0.46**
$T_1 \times L_{12}$	2,161	-471**	1,735	-450**	383	-17.22*	300	-15.70*	15.16	0.53**	3.39	0.25*	2.84	-0.13	3.48	0.16
$T_1 \times L_{13}$	2,940	327**	2,338	243**	410	19.95*	328	7.77	14.70	-0.18	3.92	0.48**	3.64	0.42**	3.48	0.25*
$T_1 \times L_{14}$	3,022	227**	2,490	169**	471	35.53**	349	18.69**	14.60	-0.12	3.44	-0.04	3.41	-0.06	4.00	0.47**
$T_1 \times L_{15}$	2,114	85**	1,541	-52	399	15.65*	318	17.92**	14.59	-0.17	3.78	0.71**	3.67	0.45**	4.11	0.36**
$T_1 \times L_{16}$	3,307	363**	2,795	360**	450	43.74**	347	29.80**	14.89	-0.10	3.38	0.18*	3.46	0.37*	3.32	0.28*
$T_1 \times L_{17}$	2,295	-307**	1,890	-236**	420	7.38	315	3.25	14.06	0.30*	2.24	-0.89**	2.73	-0.43**	4.15	0.80**

Table 4 (conc.)

Lines	Yield								Eating quality rating (1-5 scale) [2/]							
	UHY [1/]		HY		UHW		HW		TSS		Sweetness		Flavor		Tenderness	
	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA
$T_1 \times L_{18}$	3,395	-44*	2,786	29	476	21.09*	346	15.87*	15.00	0.69**	3.92	-0.19*	3.55	-0.11	3.36	-0.17
$T_2 \times L_1$	3,110	219**	2,464	133**	442	28.92**	336	24.90**	14.68	-0.43*	3.64	0.09	3.32	0.17	3.81	0.27*
$T_2 \times L_2$	2,686	-226**	1,984	-286**	449	11.17*	338	6.60	14.75	0.45*	3.72	0.68**	3.00	0.35*	3.42	0.16
$T_2 \times L_3$	3,124	20	2,454	34	464	29.79**	331	13.56*	15.17	0.90**	3.94	0.52**	3.38	-0.18	3.34	0.34*
$T_2 \times L_4$	2,661	69*	2,114	58*	418	31.20**	306	15.13*	14.15	-0.06	3.64	0.04	3.13	0.01	3.55	0.40**
$T_2 \times L_5$	2,139	14	1,632	-45	359	17.13*	267	13.96*	13.67	-0.12	2.67	-0.54**	2.93	-0.04	3.23	0.15
$T_2 \times L_6$	2,651	445**	2,256	291**	362	17.63*	287	8.35	13.90	0.03	2.74	-0.42**	3.06	-0.07	2.74	-0.26*
$T_2 \times L_7$	2,003	-147**	1,577	-84*	342	-26.05**	257	-14.17*	13.92	0.20	2.52	-0.42**	3.52	-0.02	3.28	-0.35*
$T_2 \times L_8$	2,367	-285**	1,978	-209**	388	1.95	295	-1.95	13.94	0.20	2.60	-0.33**	3.12	-0.05	4.24	0.81**
$T_2 \times L_9$	2,210	169**	2,037	250**	340	8.19	282	6.22	13.51	0.18	2.33	-0.68**	3.35	0.18	3.50	-0.28*
$T_2 \times L_{10}$	2,300	-177**	1,909	-151**	382	0.62	305	2.33	14.02	-0.19	3.69	0.71**	2.47	-0.14	4.11	0.45**
$T_2 \times L_{11}$	2,748	79*	2,374	72*	392	5.57	323	2.67	14.38	-0.22	4.03	0.87**	3.44	0.31*	3.59	0.46**
$T_2 \times L_{12}$	3,026	471**	2,557	450**	406	17.22*	320	15.69*	14.27	-0.53**	2.74	-0.25*	2.82	0.13	3.03	-0.16
$T_2 \times L_{13}$	2,210	-327**	1,773	-243**	359	-19.95*	302	-7.77	15.23	0.18	2.83	-0.48**	2.53	-0.42**	2.86	-0.25*

Table 4 (conc.)

Lines	Yield									Eating quality rating (1-5 scale) [2/]								
	UHY [1/]		HY		UHW		HW			TSS		Sweetness		Flavor		Tenderness		
	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA		Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA	Mean	SCA	
$T_2 \times L_{14}$	2,493		-227**	2.073	-169**	389	-36**	300	-19**	15.01		0.12	3.38	0.04	3.27	0.06	2.94	-0.47**
$T_2 \times L_{15}$	1,869		-85**	1,567	52	356	-15.65*	271	-17.92**	15.10		0.17	2.21	-0.71**	2.51	-0.45**	3.26	-0.36*
$T_2 \times L_{16}$	2,506		-363**	1,996	-360**	351	-43.74**	276	-29.81**	15.26		0.10	2.87	-0.18*	2.45	-0.37*	2.63	-0.28*
$T_2 \times L_{17}$	2,809		307**	2,286	236**	395	-7.38	297	-3.25	13.63		-0.30*	3.87	0.89**	3.32	0.43**	2.42	-0.80**
$T_2 \times L_{18}$	3,408		44*	2,648	-29	423	-21.09*	304	-15.87*	13.79		-0.69**	4.16	0.19*	3.51	0.11	3.58	0.17
	Check varieties																	
P1351	2,499			2,123		450		303			14.39		2.82		2.45		3.18	
Hibrix-59	1,907			1,417		387		309			14.84		2.74		2.31		2.49	
$LSD_{0.05}$	143.57			113.03		20.86		16.82			0.74		0.30		0.36		0.36	

*, ** indicate significance at $p \leq 0.05$ and 0.01 probability levels, respectively

[1/] UHY; un-husked yield (kg.rai^{-1}), HY; husked yield (kg.rai^{-1}), UHW; un-husked weight/cob (g), HW; husked weight/cob (g)

[2/] Eating quality rating scale: 1 = very poor, 2 = poor, 3 = average, 4 = good, and 5 = excellent.

สรุป

การศึกษาความสามารถในการรวมตัวของข้าวโพดหวานสายพันธุ์ S_4 จำนวน 18 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ L_{18} มีความเหมาะสมสำหรับพัฒนาเป็นสายพันธุ์แท้ที่มียีนด้อยร่วม ที่จะให้ลูกผสมที่มีผลผลิตและคุณภาพการรับประทานสูง เนื่องจาก สายพันธุ์ดังกล่าวมีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของลักษณะดังกล่าวสูง นอกจากนี้ คู่ผสมที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงเกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ทดสอบและสายพันธุ์ S_4 ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง หรือมาจากข้างใดข้างหนึ่งที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนวิจัยเงินงบประมาณบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ 2562 (สัญญาเลขที่ 2/2562) และทุนสนับสนุนจากทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2561 (สัญญาเลขที่ ทบ.31/2560) คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และสาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2546. ปรับปรุงพันธุ์พืชพื้นฐานวิธีการและ แนวคิด. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กมล เลิศรัตน์. 2550. พันธุ์พืชยุคใหม่เพื่อชีวิตที่ยืนยาวอย่างเป็นสุข. สำนักพิมพ์เท็กซ์แอนด์ พับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

ชบา ทา ดาวงษา, กมล เลิศรัตน์ และพลัง สุริหาร. 2558. สมรรถนะการรวมตัวของจำนวนฝักและน้ำ หนักผลผลิตฝักสดในข้าวโพดเทียนสีม่วงส ายพันธุ์แท้. แก่นเกษตร. 43: 557-564.

ชวนชัย ผ่องใสย์. 2544. การทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่ว S4 เพื่อเป็นดัชนีสำหรับการปรับปรุงข้าวโพดลูกผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ณัฏฐนี กิจไพบูลทวี. 2546. การใช้ประโยชน์จากเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดจากเขตอบอุ่นเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมภายในประเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นันทยา วงษา. 2552. สมรรถนะการรวมตัวของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *shrunken-2*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พลัง สุริหาร. 2558. ข้าวโพดและการปรับปรุงพันธุ์. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2527. หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. โรงพิมพ์ ไทยนำ, สงขลา.

อาภากร เฟื่องถี. 2562. ความสามารถในการรวมตัวของสายพันธุ์แท้ข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดหวานเขตร้อนชื้นที่พัฒนามาจากเชื้อพันธุกรรมต่างประเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

Abadassi, J. and Y. Herve. 2000. Introgression of temperate germplasm to improve an elite tropical maize population. Euphytica. 113: 125–133.

Baker, R. J. 1978. Issue in diallel analysis. Crop Sci. 18: 533-536.

Castellanos, J. S., A. R. Hallauer, and H. S. Cordova. 1998. Relative performance of testers to identify elite line of corn (*Zea mays* L.). Maydica. 43: 217-226.

Dhasarathan, M., C. Babu, and K. Lyanar. 2015. Combining ability and gene action studies for yield and quality traits in baby corn (*Zea mays* L.). SABRAO J. Breed. Gen. 47: 60-69.

Evensen, K. B. and Boyer, C. D. 1986. Carbohydrate composition and sensory quality of fresh and stored sweet corn. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 111: 734-738.

Kumari, J., R. N. Gadag, G. K Jha, H. C. Joshi,

and R. D. Singh. 2008. Combining ability for field emergence, kernel quality traits, and certain yield components in sweet corn (*Zea mays* L.). J. Crop improve. 22: 66-81.

Letrat, K. and T. Pulum. 2007. Breeding for increased sweetness in sweet corn. Intl. J. Plant Breed. 1: 27-30.

Pumichai, C., W. Dounganan, P. Puddhanon, S. Jumpatong, P. Grudloyma and C. Kirdsri. 2008. SSR-based and grain yield-base diversity of hybrid maize in Thailand. Field Crop Res. 108: 157-162.

Rice, R. R. and W. F. Tracy. 2013. Combining ability and acceptability of temperate sweet corn inbreds derived from exotic germplasm. J. Amer. Soc. Hort. 138: 461-469.

Sadaiah, K., V. R. Narsimha, and S. K. Sudheer. 2013. Study on heterosis and combining ability for earliness in hybrids and parental lines in sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata*). Inter. J. Trop. Agr. 31: 3-4.

Simla, S., Lertrat, K. and Suriharn, B. 2016. Combination of multiple genes controlling endosperm characters in relation to maximum eating quality of vegetable waxy corn. SABRAO J Breed Genet. 48: 210-218.

Singh, R. K. and B. D. Chaudhary. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kalyani Publishers. New Delhi-Ludhiana.

Tracy, W. F. and A. R. Hallauer. 1994. Sweet corn. P.148-187. In A. R. Hallauer. Specialty Corns. SRC Press, FL.