

ความสามารถในการรวมตัวสำหรับลักษณะอายุเก็บเกี่ยวสั้น และผลผลิต ของสายพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดหวาน

Combining Ability for Early-maturity and Yield of Waxy Corn and Sweet Corn Inbred Lines

อาภากร เฟื่องถี¹, พลัง สุริหาร^{1,2*}, กมล เลิศรัตน์^{1,2}, จิรวัดน์ สนิทชน^{1,2}
และ สมพงศ์ จันทร์แก้ว^{1,2}

Aphakorn Fuengtee¹, Bhalang Suriarn^{1,2*}, Kamol Lertrat^{1,2}, Jirawat Sanitchon^{1,2}
and Sompong Chankaew^{1,2}

บทคัดย่อ: การทดสอบความสามารถในการรวมตัวและความดีเด่นของลูกผสมเป็นสิ่งที่จำเป็นในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมที่อายุเก็บเกี่ยวสั้น และผลผลิตสูง การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการรวมตัวของสายพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดหวาน เพื่ออายุเก็บเกี่ยวสั้น และผลผลิตสูง โดยใช้ข้าวโพดหวาน 3 สายพันธุ์เป็นสายพันธุ์แม่ที่มีอายุสั้นและปานกลาง นำไปผสมกับข้าวโพดข้าวเหนียว 8 สายพันธุ์ที่มีอายุสั้น ปานกลาง และยาว วางแผนการผสมพันธุ์แบบ North Carolina mating design II ได้ทั้งหมด 24 คู่ผสม นำสายพันธุ์พ่อแม่ 11 สายพันธุ์ และ 24 ลูกผสม มาปลูกทดสอบในฤดูแล้ง ปี พ.ศ. 2560-2561 จากผลการศึกษา พบว่า สายพันธุ์แม่ 101LTSC-4, 101LTSC-10 และ KVMON มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ต่ำ และแตกต่างทางสถิติ สำหรับอายุวันปลอญละของเกสร และอายุวันออกไหม อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ 101LBW, Y.18 และ C.13-1 มีค่า GCA สูง และแตกต่างทางสถิติ สำหรับผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก นอกจากนี้ คู่ผสม 101LBW/KV3473, 101LTSC-4/H.NO.2 และ 101LTSC-10/H.NO.2 มีอายุปลอญละของเกสรและอายุออกไหม สั้นถึงปานกลาง แต่ยังคงมีน้ำหนักผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกค่อนข้างสูง และมีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) สูง และแตกต่างทางสถิติ รวมถึงมีค่าความดีเด่นของลูกผสมทั้ง 2 แบบสูงอีกด้วย จากการศึกษาครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่าสายพันธุ์แม่ที่พัฒนามาจากเขตอบอุ่นมีศักยภาพในพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวหวานที่มีอายุสั้นถึงปานกลาง และให้ผลผลิตสูงได้

คำสำคัญ: *Zea may* L., การปรับปรุงพันธุ์, ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป, ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ, ความดีเด่นของลูกผสม

ABSTRACT: Estimating combining abilities and heterosis of inbred lines is imperative for selection of early-maturity and high yield of corn hybrids. The objective of this study was to study combining ability of waxy corn and sweet corn for earliness and high yield. The three sweet corn lines (early and moderate maturity) were use as females and crossed to the eight

Received May 20, 2018

Accepted September 17, 2018

¹ สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Thailand 40002

² ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

Plant Breeding Research Center for Sustainable Agriculture, Khon Kaen University, Thailand 40002

* Corresponding author: bsuriarn@gmail.com

waxy corn lines (early, moderate and late maturity) as males using a North Carolina mating design II mating scheme to generate 24 hybrids. The 11 parental lines and their 24 crosses were evaluated in the dry season 2017-2018. The results of this study showed that the inbred lines 101LTSC-4, 101LTSC-10 and KVMON had negative and significant GCA effect for days to tassel and days to silk. Moreover, inbred lines 101LBW, Y.18 and C.13-1 had positive and significant GCA effect for husk ear weight. The hybrids 101LBW/KV3473, 101LTSC-4/H.NO.2 and 101LTSC-10/H.NO.2 had the early-moderate days to tassel and days to silk but they also had the high husk ear weight and highest positive significant SCA effects and high heterosis for this trait. These results indicated that the inbred lines developed from germplasm source from temperate area had the potential to improve early to moderate-maturity of waxy corn hybrid with high yield.

Keyword: *Zea mays* L., breeding, general combining ability, specific combining ability, heterosis

บทนำ

ข้าวโพดข้าวเหนียว (*Zea mays* var. *ceratina*) เป็นข้าวโพดรับประทานฝักสดที่ได้รับความนิยมอย่างมากในทวีปเอเชีย รวมทั้ง ประเทศไทย เนื่องจากปลูก และดูแลง่าย ใช้สารเคมีน้อย รวมถึงขายได้ราคาดี และสามารถจำหน่ายในตลาดท้องถิ่นทั่วประเทศไทยตลอดทั้งปี ทำให้เกษตรกรในประเทศไทยส่วนใหญ่นิยมปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวตลอดทั้งปี โดยทั่วไปแล้วพันธุ์การค้าที่ใช้ปลูกส่วนใหญ่นิยมใช้พันธุ์ลูกผสมกันมากขึ้น เนื่องจาก ให้ผลผลิตสูง ลำต้นแข็งแรง และมีความสม่ำเสมอของลักษณะต่างๆ แต่ข้าวโพดลูกผสมส่วนใหญ่จะมีอายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างยาว เมื่อปลูกในช่วงฤดูแล้ง อาจจะประสบกับปัญหาเรื่องโรค และแมลงรบกวน รวมทั้งผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Alessi and Power, 1975; Tracy, 1999) อย่างไรก็ตามข้าวโพดอายุเก็บเกี่ยวสั้น (early-maturity) นั้นมีความสำคัญมากในเขตร้อนชื้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศที่ปลูกข้าวโพดแบบอาศัยน้ำฝน เนื่องจากการใช้พันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยวสั้นสามารถลดผลกระทบจากการเกิดภัยแล้ง และสามารถเก็บเกี่ยวได้สองครั้งต่อปีในพื้นที่ที่มีฝนตกสองช่วงเวลา (Abadassi, 2015) รวมทั้งเกษตรกรสามารถปลูกเก็บเกี่ยวและจำหน่ายได้เงินในเวลาอันสั้น และสามารถปลูกได้ในพื้นที่ที่ต้องใช้เวลาจำกัดเพื่อปลูกพืชหลักต่อไป ทำให้บางพื้นที่ปลูกยังคงต้องการใช้พันธุ์ข้าวโพดที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น แต่ข้าวโพดอายุเก็บเกี่ยวสั้นส่วนใหญ่มักจะทำให้ผลผลิตต่ำ ดังนั้น การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมให้มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นลง แต่ยังคงมีผลผลิตสูง จึงเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรผู้ปลูกในปัจจุบันได้

ความสามารถในการรวมตัว (combining ability) และความดีเด่นของลูกผสม (heterosis) เป็นตัวกำหนดศักยภาพในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสม เพื่อคัดเลือกลูกผสมที่มีอายุสั้นลง แต่ยังคงมีผลผลิตสูง โดยเฉพาะการผสมข้ามกันระหว่างสายพันธุ์แท้ซึ่งพัฒนามาจากเขตอบอุ่น (temperate) เพื่อสร้างลูกผสมที่ใช้ในเขตร้อนชื้น (tropical) นั้นมีความสำคัญอย่างมาก (พลัง, 2558) นอกจากนี้องค์ประกอบความของแปรปรวนทางพันธุกรรมก็มีความสำคัญในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสม ซึ่งความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (General Combining Ability; GCA) ที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการถ่ายทอดลักษณะของสายพันธุ์พ่อแม่ และเกี่ยวข้องกับการแสดงออกของยีนแบบผลบวก (additive gene effect) ส่วนความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (Specific Combining Ability; SCA) จะบอกถึงศักยภาพของลูกผสมที่มีความเกี่ยวข้องกับยีนแบบข่ม (non-additive gene effect) โดยค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป และค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ เป็นสิ่งที่สำคัญในการกำหนดศักยภาพของข้าวโพดสายพันธุ์แท้และลูกผสม ตามลำดับ (Rojas and Sprague 1952; Falconer, 1989) สำหรับการสร้างคู่ผสมแบบแบ่งสายพันธุ์แท้ออกเป็นสายพันธุ์พ่อ (male) และแม่ (female) ก่อนนำมาสร้างลูกผสม โดยใช้แผนการผสมพันธุ์แบบ North Carolina mating design II ซึ่งเป็นแผนการผสมรูปแบบหนึ่งที่ได้รับการนิยมน้อยอย่างแพร่หลายมากในโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด เนื่องจากสามารถใช้ระบบพ่อแม่ที่ดีที่สุดสำหรับสร้างลูกผสม และสามารถระบุลูกผสมที่มีศักยภาพได้อีกด้วย (Hallauer and Miranda, 1988)

งานวิจัยก่อนหน้านี้ ได้มีการศึกษาความ

สามารถในการรวมตัว และความดีเด่นของลูกผสม ในลักษณะผลผลิต และอายุเก็บเกี่ยวในข้าวโพดไร่ (Jumbo and Carena, 2008; Galarreta et al., 2010; Oloyede and Oyekale, 2015; Wani et al., 2017) ข้าวโพดหวาน (Troyer, 1994; Dickert and Tracy, 2002; Sadaiah et al., 2013) รวมถึง ข้าวโพดฝักอ่อน (Yadav et al., 2009) พบว่าการแสดงออกของ ยีนทั้งแบบผลบวก และแบบข่มมีความสำคัญ แต่ส่วนมากจะมียีนแบบผลบวกเป็นยีนหลักที่ควบคุม ลักษณะอายุ และผลผลิต อย่างไรก็ตาม ข้อมูลในการทดสอบความสามารถในการรวมตัวของ ลักษณะอายุเก็บเกี่ยว และผลผลิต ในข้าวโพด ข้าวเหนียวลูกผสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตร้อนชื้น รวมทั้ง ประเทศไทยนั้น ยังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะการใช้เชื้อพันธุกรรมที่พัฒนาจากเขตอบอุ่นมาศึกษาความสามารถการรวมตัว ดังนั้น วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อทดสอบความสามารถในการรวมตัวของสายพันธุ์พ่อแม่ที่เหมาะสม สำหรับสร้างข้าวโพดข้าวเหนียวหวานลูกผสม เดียวที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น แต่ให้ผลผลิตสูง ข้อมูลที่ได้นี้ น่าจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาพันธุ์ ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมได้เป็นอย่างดี

วิธีการศึกษา

สายพันธุ์พ่อแม่

สายพันธุ์ที่ใช้สร้างลูกผสมมาจาก ประเทศไทย และต่างประเทศ ประกอบด้วยข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว (Table 1) ข้าวโพดหวานใช้เป็นแม่ มี 3 สายพันธุ์ได้แก่ สายพันธุ์ 101LBW เป็นข้าวโพดหวานที่มีอายุเก็บเกี่ยวปานกลาง สายพันธุ์ 101LTSC-4 และ 101LTSC-10 เป็นข้าวโพดหวานที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ซึ่งทั้งสองสายพันธุ์นั้น พัฒนาจากสายพันธุ์ 101L และข้าวโพดหวานจากเขตอบอุ่น (TSC) สำหรับข้าวโพดข้าวเหนียวใช้เป็นพ่อ มี 8 สายพันธุ์ได้แก่ ข้าวโพดข้าวเหนียวจากประเทศจีน 4 สายพันธุ์ (Y.18, C.13-1, H.NO.2 และ HJ) เป็นข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีอายุเก็บเกี่ยวปานกลางถึงยาว ข้าวโพดข้าวเหนียวจากประเทศไทย 2 สายพันธุ์ (OWX13 และ KNM102) เป็นข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีอายุเก็บเกี่ยวปานกลางถึงยาว และสายพันธุ์ (KVMON และ KV3473) เป็น

ข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นถึงปานกลาง พัฒนาจากสายพันธุ์ KV และข้าวโพดหวานจากเขตอบอุ่น (MON และ 3473)

สร้างลูกผสม

สร้างลูกผสมในฤดูฝน ปี พ.ศ. 2560 โดยนำสายพันธุ์ทั้งหมด 11 สายพันธุ์ มาปลูกในบล็อกผสมพันธุ์ (crossing block) ใช้แผนการผสมพันธุ์แบบ North Carolina mating design II (Comstock and Robinson 1948) นำข้าวโพดหวานสายพันธุ์แม่ทั้งหมด 3 สายพันธุ์ มาผสมกับข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์พ่อทั้งหมด 8 สายพันธุ์ ได้ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวทั้งหมด 24 คู่ผสม

การทดสอบลูกผสมในสภาพไร่

นำสายพันธุ์พ่อแม่ 11 สายพันธุ์ และ 24 คู่ผสม รวมทั้งสิ้น 35 ทริทเมนต์ มาปลูกทดสอบในฤดูแล้ง ระหว่างเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือน มกราคม พ.ศ. 2561 ณ หนองพีชีผัก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ แต่ละหน่วยทดลองปลูก 2 แถว แถวละ 5 ม. ระยะปลูกระหว่างแถว 0.75 ม. และระหว่างต้น (หลุม) 0.25 ม. หนึ่งแปลงย่อยจะมีประมาณ 40 ต้น เตรียมพื้นที่ โดยการไถดะ ไถแปร และไถพรวน จากนั้นใช้เครื่องพรวนยกแปลง หยอดเมล็ด 3 เมล็ด/หลุม เมื่อข้าวโพดอายุ 14 วันถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น/หลุม ยกเว้นหัวแถวกับท้ายแถวจะเหลือไว้ 2 ต้น/หลุม ให้น้ำด้วยระบบมินิสปริงเกอร์ ใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี และใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช รวมถึงมีการจัดการดูแลอย่างดีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร

การบันทึกข้อมูล

บันทึกอายุวันปล่อยละออง และอายุออกใหม่ นับตั้งแต่วันปลูกจนถึงวันที่จำนวนต้นในแปลงย่อยปล่อยละอองเกสร และออกใหม่มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมด โดยต้นที่ผ่านระยะปล่อยละออง ช่อดอกจะต้องปล่อยละอองเกสรมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอายุออกใหม่ ต้นที่ผ่านระยะจะต้องมีไหมยาวมากกว่า 2 ถึง 3 ซม. ส่วนผลผลิตน้ำหนักสดทั้งเปลือก (กิโลกรัม/ไร่) ทำการ

เก็บเกี่ยว 10 ผักดีที่สุดต่อหนึ่งแปลงย่อย ที่ระยะผักสดหลังจาก 20 วันหลังผสมเกสร โดยไม่เก็บข้อมูลต้นที่อยู่หัวแถวและท้ายแถว จากนั้นหาค่าเฉลี่ยแล้วนำไปคำนวณเป็นกิโกรัม/ไร่

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของทุกลักษณะที่ทำการศึกษิตตามแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ $P \leq 0.05$ (Gomez and Gomez, 1983) หาค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะตามวิธีของ Singh and Chaudhary (1985) และหาค่าเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นของลูกผสมแบบเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ (mid-parent heterosis;

MPH) และแบบพ่อหรือแม่ที่ดี (high-parent heterosis; HPH) รวมถึงค่าสหสัมพันธ์อย่างง่าย (simple correlation) ของลักษณะผลผลิตน้ำหนักสดทั้งเปลือกกับอายุวันปล่อยละอองเกสร และอายุวันออกไหม (Gomez and Gomez, 1983)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลูกผสม (Hybrids) พบว่า ทุกลักษณะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (Table 2) แสดงให้เห็นถึงความหลายหลายทางพันธุกรรมของลูกผสมในทุกลักษณะที่ทำการศึกษา ส่วนความสามารถในการรวมตัวทั่วไปซึ่งหมายถึง Females และ Males

Table 1 List of 11 parental inbred lines used in the study

No.	Genotype	Origin	Corn type	Maturity
1	101LBW	Thailand	Sweet corn	Moderate
2	101LTSC-4	Thailand : USA (50:50)	Sweet corn	Early
3	101LTSC-10	Thailand : USA (50:50)	Sweet corn	Early
4	Y.18	China	Waxy corn	Late
5	C.13-1	China	Waxy corn	Moderate
6	H.NO.2	China	Waxy corn	Moderate
7	HJ	China	Waxy corn	Late
8	OWX13	Thailand	Waxy corn	Late
9	KVMON	Thailand : USA (50:50)	Waxy corn	Early
10	KV3473	Thailand : USA (50:50)	Waxy corn	Moderate
11	KNM102	Thailand	Waxy corn	Moderate

และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะซึ่งหมายถึง Females x Males พบว่า ทุกลักษณะมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (Table 2) แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการแสดงออกของ ยีนแบบผลบวก และแบบข่ม ที่ควบคุมลักษณะ ที่ทำการศึกษ (Hallauer and Miranda, 1988)

สัดส่วนการกระจายตัวของค่าเปอร์เซ็นต์ ผลรวมกำลังสองในลูกผสม (percent cross sum of squares) ของค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (% Cross S.S. GCA) และความสามารถในการรวมตัว เฉพาะ (% Cross S.S. SCA) (Table 2) พบว่า ทุก ลักษณะที่ทำการศึกษามีค่าเปอร์เซ็นต์ผลรวมกำลังสอง ในลูกผสมของความสามารถในการรวมตัวทั่วไป

มากกว่าค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ แสดงให้เห็นถึงการแสดงออกของยีนแบบผลบวก เป็นหลักที่ควบคุมลักษณะดังกล่าว ดังนั้นถ้าจะทำการ คัดเลือกลักษณะวันออกปล่อยละของเกสร วันออก ใหม และผลผลิตก่อนปอกเปลือก น่าจะสามารถคัดเลือกได้ตั้งแต่ชั่วรุ่นต้นๆ (พลึง, 2558) สอดคล้อง กับงานทดลองก่อนหน้านี้ ที่พบว่าในข้าวโพดไร่ สายพันธุ์ที่มีความสำคัญของยีนแบบผลบวกสูงกว่า แบบข่ม ในการถ่ายทอดลักษณะผลผลิตเมล็ด (Abera et al., 2016; Adebayo et al., 2017) รวมถึงอายุวัน ปล่อยละของเกสร (Sibiya et al., 2011) และอายุวัน ออกใหม่ (Adebayo et al., 2014) แต่แตกต่างจากผล การศึกษาของ ขบา และคณะ (2558) ที่ทำการศึกษา

Table 2 Mean squares of analysis of variance and their contribution percentage from GCA and SCA effect 24 hybrid on days to tassel days to silk and husk ear weight

Source	df	Mean of squares		
		Days to tassel	Days to silk	Husk ear weight
Hybrids	23	20.8 **	24.1 **	343,6023 **
Females	2	117.9 **	116.1 **	1,826,132 **
Males	7	31.8 **	42.0 **	438,458 **
Females x Males	14	1.4 **	2.0 **	84,385 **
% Cross S.S. GCA		96	95	85
% Cross S.S. SCA		4	5	15

** = significant 0.01 probability levels

ในข้าวโพดเทียน พบว่าในลักษณะน้ำหนักฝักก่อน ปลอก อายุวันปล่อยละของเกสร และอายุวันออกใหม่ มีการแสดงออกของยีนแบบข่มสูงกว่าแบบผลบวก ซึ่งผลที่ไม่สอดคล้องกันนี้น่าจะอธิบายได้จาก คุณสมบัติของพันธุ์กรรมที่ใช้ในการศึกษา รวมถึง แผนการผสมพันธุ์ที่แตกต่างกัน

ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป

จากการประเมินค่าความสามารถในการ รวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์แท้ 11 สายพันธุ์ (Table 3) พบว่าสายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยอายุวันปล่อยละของ

เกสรสั้น ได้แก่ 101LTSC-4 (47 วัน), 101LTSC-10 (46.33 วัน) และ KVMON (49 วัน) โดยจะมีค่า ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปต่ำและแตกต่าง ทางสถิติ เท่ากับ -1.2, -1.4 และ -2.5 ตามลำดับ ส่วนลักษณะอายุวันออกใหม่ 50 เปอร์เซนต์ พบว่า กลุ่มของสายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยอายุออกใหม่สั้น ได้แก่ 101LTSC-4 (47 วัน), 101LTSC-10 (46.67 วัน) และ KVMON (48 วัน) มีค่าความสามารถใน การรวมตัวทั่วไปต่ำ และแตกต่างทางสถิติ เท่ากับ -0.9, -1.6 และ -3.5 ตามลำดับ ซึ่งให้เห็นว่าสายพันธุ์

เหล่านี้ เมื่อนำไปผสมกับพันธุ์อื่นๆ แล้วมีโอกาสที่จะให้ลูกผสมที่มีที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น เนื่องจาก เป็นสายพันธุ์แท้ที่พัฒนามาจากเชื้อพันธุ์กรรมจากเขตอบอุ่น ซึ่งมีการเจริญเติบโตในเขตละติจูดที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาปลูกในเขตร้อนขึ้น ทำให้มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นลง (พลึง, 2558) สอดคล้องกับงานทดลองของ Abadassi and Hervé (2000) ที่ทำการศึกษาในประชากรของข้าวโพดไร่ พบว่าการใช้เชื้อพันธุ์กรรมจากเขตอบอุ่น มาพัฒนาประชากรข้าวโพดในเขตร้อนขึ้น สามารถทำให้ข้าวโพดมีอายุสั้นลงได้ ดังนั้น การพัฒนาสายพันธุ์แท้โดยใช้เชื้อพันธุ์กรรมจากเขตอบอุ่นเป็นแนวทางหนึ่งในการสร้างพันธุ์ลูกผสมอายุเก็บเกี่ยวสั้นเพื่อใช้ในเขตร้อนขึ้นได้

ลักษณะน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก พบว่ากลุ่มของสายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกสูง ได้แก่ 101LBW (2,437.7 กิโลกรัม/ไร่),

Y.8 (2,085.7 กิโลกรัม/ไร่) และ C.13-1 (2,294.7 กิโลกรัม/ไร่) (Table 3) โดยจะมีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง และแตกต่างทางสถิติ เท่ากับ 253.1, 186.8 และ 260.5 ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงในลักษณะน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก แสดงว่าสายพันธุ์เหล่านี้ เมื่อนำไปผสมกับพันธุ์อื่นๆ แล้วมีโอกาสที่จะให้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูงได้ Abadassi and Hervé (2000) พบว่าการใช้เชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดไร่จากเขตอบอุ่น มาพัฒนาประชากรข้าวโพดไร่ในเขตร้อนขึ้น ทำให้มีผลผลิตเมล็ดลดลง ซึ่งการใช้ข้าวโพดในเขตอบอุ่น เช่น ทางใต้ของสหรัฐอเมริกา สามารถปรับตัวได้ค่อนข้างดีในเขตร้อนขึ้น ควรใช้สัดส่วนจากเขตอบอุ่นประมาณ 12.5 หรือ 6.25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการสร้างลูกผสมที่ใช้ในประเทศไทยแนะนำว่าควรจะมีสัดส่วนการรวมกันของเชื้อพันธุ์กรรมจากเขต

Table 3 Mean and general combining ability effect of days to tassel, days to silk and husk ear weight for 11 parental lines

Lines	Days to tassel			Days to silk			Husk ear weight (kg/rai)		
	mean	GCA		mean	GCA		mean	GCA	
Female									
101LBW	55.00	2.6	**	54.33	2.5	**	2,437.7	253.1	**
101LTSC-4	47.00	-1.2	**	47.00	-0.9	**	1,514.0	-294.0	**
101LTSC-10	46.33	-1.4	**	46.67	-1.6	**	1,707.0	41.0	ns
Male									
Y.18	58.67	1.9	**	58.00	1.9	**	2,085.7	186.8	**
C.13-1	55.67	-0.5	*	55.00	-0.6	*	2,294.7	260.5	**
H.NO.2	54.67	0.1	ns	55.33	0.1	ns	1,702.0	-46.6	ns
HJ	60.00	2.4	**	58.33	1.8	**	1,404.0	-175.3	**
OWX13	59.33	1.8	**	57.67	1.7	**	1,336.0	182.3	**
KVMON	49.00	-2.5	**	48.00	-3.5	**	1,867.0	89.2	*
KV3473	53.67	-2.2	**	53.00	-2.8	**	1,422.7	-105.7	*
KNM102	54.33	-0.9	**	56.33	1.4	**	716.30	-391.1	**
Maximum	60.00	2.6		58.33	2.5		2,437.7	260.5	
Minimum	46.33	-2.5		46.67	-3.5		716.3	-391.1	
Mean	53.97	-		53.61	-		1,680.6	-	
% C.V.	1.50	-		1.42	-		5.55	-	
LSD (0.05)	1.15	-		1.19	-		209.7	-	

ns; *, ** = non significant and significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

อบคู่ร้อยละ 25 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อพันธุกรรมเขตร้อนชื้น 75 เปอร์เซ็นต์ จะให้ผลผลิตสูงที่สุด รวมถึงควรมีการคัดเลือกลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ ร่วมกัน จะช่วยให้การปรับปรุงพันธุ์เป็นไปได้รวดเร็วขึ้น

ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ และความดีเด่นของลูกผสม

จากการประเมินค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะและเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นของลูกผสมทั้งแบบเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ และแบบพ่อหรือแม่ที่ดีขึ้นของ 24 คู่ผสม (Table 4) เมื่อพิจารณาจากคู่ผสมที่เกิดจากสายพันธุ์แม่ 101LBW พบว่าคู่ผสม 101LBW/KV3473 มีค่าเฉลี่ยอายุวันปล่อยละของเกสร และอายุวันออกไหมค่อนข้างสั้น เท่ากับ 48 และ 47 วัน ตามลำดับ รวมถึงมีค่าความดีเด่นของลูกผสมแบบเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ ค่อนข้างต่ำ เท่ากับ -11.7 และ -12.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Dickert and Tracy (2002) พบว่า ถ้าคู่ผสมมีค่า

ความดีเด่นของลูกผสมแบบเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ต่ำ สำหรับลักษณะอายุวันปล่อยละของเกสร แสดงว่าเป็นพันธุ์ที่มีอายุสั้น นอกจากนี้ คู่ผสม 101LBW/KV3473 ยังมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกค่อนข้างสูง เท่ากับ 2,923.7 กิโลกรัมต่อไร่ และมีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูง และแตกต่างทางสถิติ (206.0**) รวมถึงมีค่าความดีเด่นของลูกผสมทั้งแบบเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ และแบบพ่อหรือแม่ที่ดีขึ้นข้างสูง เท่ากับ 51.5 และ 19.9 ตามลำดับ เมื่อความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีค่ามากแสดงถึงจำนวนหรือความถี่ของยีนข่มที่อยู่ต่างตำแหน่งกัน (Falconer and Mackay, 1996) และค่าความดีเด่นของลูกผสม จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อพ่อแม่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมกันมาก แต่จะมีค่าลดลงเมื่อลูกผสมมีความแตกต่างทางพันธุกรรมน้อย (Moll et al., 1962; Moll et al., 1965; Barker, 1978) ผลของความดีเด่นของลูกผสมทำให้ ผลผลิตสูง ลำต้นแข็งแรง มีการเจริญ

Table 4 Mean and Specific combining ability effect of days to tassel days to silk and husk ear weight for 24 hybrid

Hybrid	Days to tassel (day after planting)				Days to silk (day after planting)				Husk ear weight (kg/rai)			
	Mean	MPH	HPH	SCA	Mean	MPH	HPH	SCA	Mean	MPH	HPH	SCA
101LBW/Y.18	53.00	-6.7	-9.7	0.9*	52.33	-6.8	-9.8	0.9*	2,993.0	32.3	22.8	-16.9
101LBW/C.13-1	49.33	-10.8	-11.4	-0.3	48.00	-12.2	-12.7	-0.8	3,079.0	30.1	26.3	-5
101LBW/H.NO.2	49.33	-10	-10.3	-1	49.00	-10.6	-11.4	-0.5	2,376.7	14.8	-2.5	-399.7**
101LBW/HJ	53.00	-7.8	-11.7	0.4	51.00	-9.5	-12.6	-0.3	2,790.3	45.3	14.5	142.6
101LBW/OWX13	52.33	-8.5	-11.8	0.3	52.00	-7.1	-9.8	0.8	2,911.0	54.3	19.4	-94.5
101LBW/KVMON	46.67	-10.3	-15.2	-1.0*	44.67	-12.7	-17.8	-1.3**	3,043.0	41.4	24.8	130.6
101LBW/KV3473	48.00	-11.7	-12.7	0	47.00	-12.4	-13.5	0.4	2,923.7	51.5	19.9	206.0**
101LBW/KNM102	50.00	-8.5	-9.1	0.7	51.67	-6.6	-8.3	0.8	2,469.0	56.5	1.3	37
101LTSC-4/Y.18	47.67	-9.8	-18.8	-0.7	47.00	-10.5	-19	-0.9*	2,531.0	40.6	21.4	68.3
101LTSC-4/C.13-1	46.00	-10.4	-17.4	0	45.67	-10.5	-17	0.3	2,557.7	34.3	11.5	21
101LTSC-4 / H.NO.2	47.00	-7.5	-14	0.4	46.33	-9.4	-16.3	0.3	2,396.0	49	40.8	166.6*
101LTSC-4/HJ	49.00	-8.4	-18.3	0.2	48.00	-8.9	-17.7	0.2	2,007.3	37.6	32.6	-93.3
101LTSC-4/OWX13	48.00	-9.7	-19.1	-0.3	47.00	-10.2	-18.5	-0.7	2,502.0	75.6	65.3	43.6
101LTSC-4/KVMON	44.33	-7.6	-9.5	0.4	43.33	-8.8	-9.7	0.8	2,324.7	37.5	24.5	-40.5
101LTSC-4/KV3473	44.33	-11.9	-17.4	0	43.00	-14.0	-18.9	-0.2	2,077.7	41.5	37.2	-92.7
101LTSC-4/KNM102	45.67	-9.9	-16	0	47.67	-7.7	-15.4	0.3	1,812.0	62.5	19.7	-73
101LTSC-10/Y.18	48.00	-8.6	-18.2	-0.2	47.33	-9.6	-18.4	0	2,746.3	44.8	31.7	-51.4
101LTSC-10/C.13-1	46.00	-9.8	-17.4	0.3	45.33	-10.8	-17.6	0.6	2,855.3	42.7	24.4	-16
101LTSC-10/H.NO.2	47.00	-6.9	-14	0.6	45.67	-10.5	-17.5	0.2	2,797.7	64.1	63.9	233.2**
101LTSC-10/HJ	48.00	-9.7	-20	-0.6	47.33	-9.8	-18.9	0.1	2,386.3	53.4	39.8	-49.3
101LTSC-10/OWX13	48.00	-9.1	-19.1	0	47.00	-9.9	-18.5	-0.1	2,844.3	86.9	66.6	50.9
101LTSC-10/KVMON	44.33	-7	-9.5	0.6	42.33	-10.6	-11.8	0.5	2,610.3	46.1	39.8	-90.1
101LTSC-10/KV3473	44.00	-12	-18	0	42.33	-15.1	-20.1	-0.2	2,392.0	52.9	40.1	-113.3
101LTSC-10/KNM102	44.67	-11.3	-17.8	-0.7	45.67	-11.3	-18.9	-1.1**	2,256.3	86.2	32.2	36
Maximum	53.00	-6.7	-9.1	0.9	52.33	-6.6	-8.3	0.9	3,083.0	86.9	66.6	233.2
Minimum	44.00	-12	-20	-1	42.33	-15.1	-20.1	-1.3	1,812.0	14.8	-2.5	-399.7
Mean	47.79	-9.3	-14.9	-	47.01	-10.2	-15.4	-	2,584.1	49.2	29.9	-
LSD (0.05)	1.15	-	-	-	1.19	-	-	-	209.7	-	-	-

*, ** = significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

เติบโตดี และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าสายพันธุ์พ่อแม่ (Sharief et al., 2009) ซึ่งให้เห็นว่ากลุ่ม 101LBW/KV3473 มีอายุค่อนข้างสั้น และให้ผลผลิตค่อนข้างสูง น่าจะมีความสามารถในการปรับตัวได้ดี

เมื่อพิจารณากลุ่มที่เกิดจากสายพันธุ์แม่ 101LTSC-4 พบว่ากลุ่ม 101LTSC-4/H.NO.2 มีค่าเฉลี่ยอายุวันปลอญละของเกสร และอายุวันออกใหม่ค่อนข้างสั้น เท่ากับ 47.00 และ 46.33 วัน ตามลำดับ (Table 4) มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกปานกลาง เท่ากับ 2,396 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูง และแตกต่างทางสถิติ (166.6^*) และมีค่าความดีเด่นของกลุ่มแบบเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ และแบบพ่อหรือแม่ที่ดี เท่ากับ 49.0 และ 40.8 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ซึ่งให้เห็นว่ากลุ่ม 101LTSC-4/H.NO.2 มีอายุปานกลาง และผลผลิตปานกลาง น่าจะมีความสามารถในการปรับตัวได้ดี ส่วนกลุ่มที่เกิดจากสายพันธุ์แม่ 101LTSC-10 (Table 4) พบว่ากลุ่ม 101LTSC-10/H.NO.2 มีค่าเฉลี่ยอายุวันปลอญละของเกสร และอายุวันออกใหม่ค่อนข้างสั้น เท่ากับ 47.00 และ 45.67 ตามลำดับ แต่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกค่อนข้างสูง เท่ากับ 2,797.7 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงที่สุด และแตกต่างทางสถิติ (233.2^*) และมีค่าความดีเด่นของกลุ่มแบบเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ และแบบ

พ่อหรือแม่ที่ดีค่อนข้างสูง เท่ากับ 64.1 และ 63.9 ตามลำดับ ซึ่งให้เห็นว่ากลุ่ม 101LTSC-10/H.NO.2 มีอายุค่อนข้างสั้น และให้ผลผลิตค่อนข้างสูง น่าจะมีความสามารถในการปรับตัวได้ดีมาก ซึ่งกลุ่มที่ผ่านการคัดเลือกนี้เป็นการทดสอบผลผลิตเบื้องต้น โดยหลังจากนี้ควรจะมีการทดสอบเปรียบเทียบพันธุ์ในหลายฤดู หลายสถานที่ เพื่อให้ได้ข้อมูลการปรับตัว และสามารถคัดเลือกพันธุ์ที่มีเสถียรภาพได้ ก่อนที่จะนำมาจดทะเบียนรับรองพันธุ์และจำหน่ายเมล็ดพันธุ์สู่เกษตรกรต่อไป

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักฝักสดก่อนปลอก (Table 5) กับอายุวันปลอญละของเกสร และอายุวันออกใหม่ พบว่า ผลผลิตน้ำหนักฝักสดก่อนปลอกมีความสัมพันธ์ทางสถิติในทางบวกแต่อยู่ในระดับต่ำ กับอายุวันปลอญละของเกสร ($r = 0.44^{**}$) และผลผลิตน้ำหนักฝักสดก่อนปลอก ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติ กับอายุวันออกใหม่ ($r = 0.22^{ns}$) แสดงให้เห็นว่ามีโอกาสที่จะพัฒนาลูกผสมที่มีอายุสั้น และให้ผลผลิตสูงได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Iqbal (2011) ในข้าวโพดไร่ 4 กลุ่ม พบว่าอายุวันออกใหม่ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติ กับลักษณะผลผลิตเมล็ด ($r = -0.07^{ns} - 0.63^{ns}$) แต่แตกต่างจากผลการศึกษาของ Sadek (2006) ที่ทำการศึกษาในข้าวโพดไร่สายพันธุ์แท้ และลูกผสม พบว่าลักษณะผลผลิตเมล็ดต่อต้านมีความสัมพันธ์ทางสถิติในทางลบอยู่ในระดับสูงกับอายุวันออกใหม่

Table 5 Simple linear correlation coefficient analysis for 24 hybrids recorded in husk ear weight with date to tassel and date to silk

	Husk ear weight
Days to tassel	0.43**
Days to silk	0.22ns

ns, * = non significant and significant at 0.01 probability levels, respectively

($r = -0.94^{**}$) กล่าวคือ พันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นจะให้ผลผลิตต่ำ แต่พันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวยาวจะให้ผลผลิตสูง อย่างไรก็ตาม ผลที่ไม่สอดคล้องกันกับงานทดลองนี้ น่าจะอธิบายได้จากคุณสมบัติของพันธุ์กรรมที่ใช้ในการศึกษา ตลอดจน ฤดูกาล และสภาพแวดล้อม

สรุป

สายพันธุ์ 101LTSC-4, 101LTSC-10 และ KVMON มีศักยภาพในการใช้เป็นสายพันธุ์พ่อแม่ เพื่อสร้างลูกผสมที่มีอายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างสั้น ส่วนลูกผสมที่มีศักยภาพในการให้ลูกผสมที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นถึงปานกลาง และให้ผลผลิตค่อนข้างสูง คือ

101LBW/KV3473, 101LTSC-4/H.NO.2 และ 101LTSC-10/H.NO.2 เนื่องจาก อายุวันปล่อย ละเอียดของเกสร และอายุวันออกไหมสั้น รวมถึง มี ผลผลิต ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ และ ความดีเด่นของลูกผสม ค่อนข้างสูง นอกจากนี้ ยัง ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับอายุวัน ปล่อยละเอียดของเกสรและอายุวันออกไหม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการเมธีวิจัยอาวุโสเพื่อ พืชอาหารสุขภาพ ภายใต้ ศ.ดร. สนั่น จอกลอย (Project no. RTA 5880003) และสำนักงานกองทุน สนับสนุนงานวิจัย (สกว.) (Project code IRG5780003) และศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุน ทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชบา ทาดาวงษา, กมล เลิศรัตน์ และพลัง สุริหาร. 2558. สมรรถนะการรวมตัวของจำนวนฝัก และน้ำหนักผลผลิตฝักสดในข้าวโพดเทียนสี ม่วงสายพันธุ์แท้. เกษตร. 43: 557-564.

พลัง สุริหาร. 2558. ข้าวโพดและการปรับปรุงพันธุ์. โรง พิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 189 หน้า.

Abadassi, J. 2015. Maize agronomic traits needed in tropical zone. Inter. J. Sci. Tec. 4: 371-392

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

Abera, W., S. Hussein, J. Derera, M. Worku, and M. Laing. 2016. Heterosis and combining ability of elite maize inbred lines under northern corn leaf blight disease prone environments of the mid-altitude tropics. Euphytica. 208: 391-400.

Adebayo, M.A., A. Menkir, E. Blay, V. Gracen, and E. Danquah. 2017. Combining ability and heterosis of elite drought-tolerant maize inbred lines evaluated in diverse environments of lowland tropics.

Euphytica. 213: 1-12.

Adebayo, M.A., A. Menkir, E. Blay, V. Gracen, E. Danquah, and S. Hearne. 2014. Genetic analysis of drought tolerance in adapted × exotic crosses of maize inbred lines under managed stress conditions. Euphytica. 196: 261-270.

Alessi, J and J.F. Power. 1975. Response of an early-maturing corn hybrid to planting date and population in the northern plains. Agron. J. 67: 762-765.

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

Comstock, R.E. and H.F. Robinson. 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. Biometrics. 4: 254-266.

Dickert, T.E., and W.F. Tracy. 2002. Heterosis for flowering time and agronomic traits among early open-pollinated sweet corn cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127: 793-797.

Falconer, D.S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. Oliver and Boyd, London.

Falconer, D.S., and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. 4th Edition. Longman, London, UK.

Galarreta, J.I. and A. Álvarez. 2010. Breeding potential of early-maturing flint maize germplasm adapted to temperate conditions. Spa. J. Agric. Res. 8: 74-81.

Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. 2ed Edition. John Wiley & Sons, Singapore.

Hallauer, A.R. and J.B. Miranda. 1988. Quantitative Genetics in Maize Breeding. 2nd ed. Iowa State University. Press, Ames, IA.

Iqbal, M., K. Khan, H. Sher, H. Rahman, and M.N. Al-Yemeni. 2011. Genotypic and phenotypic relationship between physiological and grain yield related traits in four maize (*Zea mays* L.) crosses of

- subtropical climate. Sci. Res. Essays. 6: 2864-2872.
- Jumbo, M.B. and M.J. Carena. 2008. Combining ability, maternal, and reciprocal effects of elite early-maturing maize population hybrids. Euphytica. 162: 325-333.
- Moll, R.H., J.H. Longquist, J.V. Fortuna, and E.C. Johnson. 1965. The relation of heterosis and genetic divergence in maize. Genetics. 52: 139-144.
- Moll, R.H., W.S. Salhuana, and H.F. Robinson. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. Crop Sci. 2: 197-198.
- Oloyede, H.T. and Oyekale K.O. 2015. Studies on G x E interaction and combining abilities for earliness and yield characters in Nigeria maize (*Zea mays* L.). Int. J. Res. Agr. Fores. 2: 65-72.
- Rojas, B.A. and Sprague G.F. 1952. A comparison of variance components in corn yield traits; general and specific combining abilities and their interaction with locations and years. Agron. J. 44: 462-466.
- 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.
- Sadek, S.E., M.A. Ahmed, and H.M. Abd El-Ghaney. 2006. Correlation and path coefficient analysis in five parents inbred lines and their six white maize (*Zee mays* L.) single crosses developed and grown in Egypt. J. Appl. Sci. Res. 2: 159-167.
- Sharief, A., S. El-Kalla, H. Gado, and H. Abo-Yousef. 2009. Heterosis in yellow maize. Aust. J. Agric. Res. 3: 146-154.
- Sibiya, J., P. Tongoona, J. Derera, N. van Rij, and I. Makanda. 2011. Combining ability analysis for Phaeosphaeria leaf spot resistance and grain yield in tropical advanced maize inbred. Field Crops Res. 120: 86-93.
- Singh, R.K. and Chaudhary B.D. 1985. Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis. Kalyani Publishers. New Delhi-Ludhiana.
- Tracy, W.F. 1999. Sweet corn. In: A.R. Hallauer (e.d.). Specialty corns. CRC, Boca Raton, Fla.
- Troyer, A.F. 1994. Breeding early corn. In: A.R. Hallauer (ed.). Specialty corns. CRC, Boca Raton, Fla.
- Wani, M.A., S.A. Wani, Z.A. Dar, A.A. Lone, I. Abedi, and A. Gazal. 2017. Combining Ability Analysis in Early Maturing Maize Inbred Lines under Temperate Conditions. Int. J. Pure App. Biosci. 5: 456-466.
- Yadav, S., J.P. Shahi, P.K. Singh, and K. Srivastava. 2009. Studies on combining ability for earliness, yield and quality traits in baby Corn (*Zea mays* L.). Inter. J. Plant Sci. 5: 1-5.