

สมรรถนะการรวมตัวของจำนวนฝักและน้ำหนักผลผลิตฝักสดใน ข้าวโพดเทียนสีม่วงสายพันธุ์แท้

Combining ability for number of ear and fresh ear weight yield in purple small ear waxy corn inbred line

ชบา ทาดาวงษา¹, กมล เลิศรัตน์^{1,2*} และ พลัง สุริหาร^{1,2}

Chaba Tadawongsa¹, Kamol Lertrat^{1,2*} and Bhalang Suriharn^{1,2}

บทคัดย่อ: การศึกษาสมรรถนะการรวมตัวเป็นข้อมูลที่สำคัญในการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของข้าวโพดเทียน สายพันธุ์แท้ 8 สายพันธุ์ และ สมรรถนะการรวมตัวเฉพาะของลูกผสม ใช้แผนการผสมแบบพหุคูณและสลับพ่อแม่ ได้คู่ผสมเดี่ยวทั้งหมด 56 คู่ผสม ดำเนินการทดลองในฤดูฝน ปี พ.ศ.2557 วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์จำนวน 3 ซ้ำ ความแปรปรวน อันเนื่องมาจากอิทธิพลของสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์แท้และสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะของลูกผสมมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทุกลักษณะที่ศึกษา ความแปรปรวนอันเนื่องมาจากการทำงานของยีนแบบข่มสูงกว่าแบบผลบวก ในทุกลักษณะที่ศึกษา ยกเว้น น้ำหนักไหม สายพันธุ์ TW1, TC1 และ TB1 มีค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุด ในลักษณะผลผลิตก่อนเปลือก (122**, 68** และ 68** ตามลำดับ) และลักษณะจำนวนฝัก (276* 1,689** และ 334* ตามลำดับ) คู่ผสม TB1/TW1, TB3/TC1 และ TB2/TB1 มีผลผลิตก่อนเปลือกสูงที่สุด (2,556, 2,469 และ 2,374 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) และมีค่าสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะสูงที่สุด (262, 162 และ 220 ตามลำดับ) ลูกผสม TC1/TB1, TW1/TB5 และ TB5/TB1 มีจำนวนฝักสูงที่สุด (19,556, 17,575 และ 17,407 ฝัก/ไร่ ตามลำดับ) และมีค่าสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะสูงที่สุด (1,206, 910 และ 3,432 ตามลำดับ) จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า สายพันธุ์แท้ TW1, TB1 และ TC1 มีศักยภาพในการนำไปพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเทียนสีม่วงลูกผสมเดี่ยวและใช้ในการปรับปรุงสายพันธุ์ต่อไป

คำสำคัญ: การปรับปรุงพันธุ์พืช, การพัฒนาพันธุ์ลูกผสม, สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป, สมรรถนะการรวมตัวเฉพาะ, ข้าวโพดฝักเล็ก

ABSTRACT: The Study on combining ability is important information for corn hybrids development. The objective of this research was to evaluate general combining ability (GCA) of eight small ear waxy corn inbred lines and specific combining ability (SCA) of the hybrids. The inbred lines were crossed in full diallel matting design with reciprocals and 56 hybrids were evaluated in a randomized complete block design with three replications in the rainy season 2013. Variations due to GCA effects of the inbred lines and variations due to SCA effects of the hybrids were significant for all studied traits. Variations of dominance were more than additive for all traits under investigation except for silk weight. The inbred lines TW1, TC1 and TB1 had the highest GCA values for un-husked yield (122**, 68** and 68**, respectively) and also for number of ear (276*, 1,689** and 334*, respectively). The hybrids TB1/TW1, TB3/TC1 and TB2/TB1 had the highest un-husked yield (2,556, 2,469 and 2,374 kg./rai respectively) and they also had the

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

Department of Plant Science and Agricultural Resources, 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: kamol9@gmail.com

highest SCA effects for this trait (262, 162 and 220, respectively). The hybrids TC1/TB1, TW1/TB5 and TB5/TB1 had the highest number of ear (19,556, 17,575 and 17,407 ear/rai, respectively) and they also had the highest SCA effects for this trait (1,206, 910 and 3,432, respectively). The results of this study indicate that the inbred lines TW1, TB1 and TC1 had the potential as development purple small ear waxy corn hybrids and using for new inbred lines.

Keywords : plant breeding, hybrid development, general combining ability, specific combining ability, small ear corn

บทนำ

ข้าวโพดเทียน (Small ear waxy corn) เป็นข้าวโพดรับประทานฝักสดที่จัดอยู่ในกลุ่มข้าวโพดข้าวเหนียวชนิดหนึ่ง มีลักษณะสำคัญ คือ ฝักขนาดเล็ก มีความยาวฝักประมาณ 10-15 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางฝัก 2-3 ซม. อายุเก็บเกี่ยวสั้น เมล็ดมีความเหนียวนุ่ม และหวานเล็กน้อย เป็นข้าวโพดฝักสดที่ได้รับความนิยมบริโภคมาชนิดหนึ่ง ในทวีปเอเชีย เช่น จีน เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน และพม่า เป็นต้น ซึ่งข้าวโพดเทียนเป็นข้าวโพดอีกชนิดหนึ่งที่มีโอกาสและศักยภาพสูงในการนำไปพัฒนาเป็นพันธุ์ใหม่ เนื่องจากมีความหลากหลายของจีโนม จำนวนแถว รูปทรงฝัก และคุณภาพการบริโภค (คมสัน และคณะ, 2542)

ข้าวโพดเป็นแหล่งของสารแอนโทไซยานินที่มีศักยภาพสูงและการผลิตยังมีราคาถูกกว่าพืชชนิดอื่นๆ ซึ่งแอนโทไซยานิน เป็นรงควัตถุที่ละลายน้ำได้อยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ มีคุณสมบัติเด่นในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ลดการอักเสบ ลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด (Zhao et al., 2009) ซึ่งสอดคล้องกับค่านิยมของผู้บริโภคมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไป จากความต้องการพืชผลที่ขนาดใหญ่ไปสู่ขนาดเล็ก นิยมฝักและผลไม่ขนาดเล็กลง มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ดีต่อสุขภาพ และมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ สะดวกในการบรรจุหีบห่อ การขนส่ง และการปรุงอาหาร เพื่อให้เหมาะสำหรับการรับประทานเฉพาะบุคคลมากขึ้น อาทิเช่น แดงโม แคนตาลูป ฟักทอง และแตงกวา เป็นต้น ที่มีการปรับปรุงให้มีขนาดเล็กลง (กมล และสรวุฒิ, 2543)

พันธุ์ข้าวโพดเทียนที่ปลูกมีความแตกต่างกันมากกว่า 50 สายพันธุ์ แต่ในท้องตลาดยังไม่มีพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นพันธุ์พื้นบ้านหรือพันธุ์ผสมเปิดที่เกษตรกรมีการ

เก็บเมล็ดไว้ใช้เอง และปลูกต่อเนื่องกันมาเป็นระยะเวลายาวนานจนยากต่อการสืบประวัติได้ นอกจากนี้แล้ว พันธุ์ข้าวโพดเทียนยังมีฐานพันธุกรรมค่อนข้างแคบ (narrow genetic base) และมีความเสื่อมถอยทางพันธุกรรม (inbreeding depression) อันเนื่องมาจากการผสมเลือดชิด ซึ่งเกิดจากการเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เอง ทำให้พันธุ์ข้าวโพดเทียนที่ใช้กันอยู่ให้ผลผลิตต่ำ ระบบรากไม่ดี ง่ายต่อการหักล้ม และอ่อนแอต่อโรคน้ำค้าง (ระวีวรรณ และคณะ, 2550; Kesornkeaw et al., 2009) ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการปลูกข้าวโพดเทียนเพื่อการค้าของเกษตรกร จากปัญหาดังกล่าว การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเทียนสีม่วงลูกผสมเดี่ยว เพื่อให้มีลักษณะที่ดี ผลผลิตสูง ฝักดก สม่ำเสมอ รสชาติดี มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีความหลากหลาย จึงเป็นแนวทางหนึ่งเพื่อแก้ปัญหาให้เกษตรกรผู้ปลูก และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันได้

ขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสม คือ การทดสอบสมรรถนะการรวมตัวของสายพันธุ์แท้ เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีโอกาสที่จะได้ลูกผสมที่ดี (Nass et al., 2000) ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญต่อการพัฒนาพันธุ์พืชลูกผสม ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะการรวมตัวของข้าวโพดเทียนสายพันธุ์แท้ที่เหมาะสมในการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเทียนสีม่วงลูกผสมเดี่ยว

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ มีขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน คือ การสร้างสายพันธุ์แท้ การสร้างลูกผสมเดี่ยว และการทดสอบลูกผสมและสายพันธุ์แท้

การสร้างสายพันธุ์แท้

ดำเนินการในฤดูหนาว ระหว่างเดือน พฤศจิกายน

พ.ศ.2554 ถึงเดือน มิถุนายน พ.ศ.2556 โดยนำประชากรที่ผ่านการปรับปรุง (improved population) จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดรับประทานฝักสด ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน จำนวน 4 ประชากร เป็นประชากรที่เริ่มต้นในการสร้างสายพันธุ์แท้ (S_0) คือ 1) ประชากรข้าวโพดเทียนที่มีฐานพันธุกรรมจากการผสมระหว่างข้าวโพดเทียนดำ ข้าวโพดข้าวเหนียวดำและข้าวโพดเทียนลายดำ (TB) 2) ประชากรข้าวโพดเทียนที่มีฐานพันธุกรรมจากการผสมระหว่างข้าวโพดหวานเย็นบริตเทน (*bt*) กับข้าวโพดเทียนหนองบัว (TW) 3) ประชากรข้าวโพดเทียนที่มีฐานพันธุกรรมจากการผสมระหว่างข้าวโพดเทียนดำ ข้าวโพดเทียนลายพิษณุโลก ข้าวโพดข้าวเหนียวดำและข้าวโพดหวานพิเศษเย็นชรั้งเคน (*sh₂*) (TC) 4) ประชากรข้าวโพดเทียนที่มีฐานพันธุกรรมจากการผสมระหว่างข้าวโพดเทียนดำ ข้าวโพดเทียนลายพิษณุโลก ข้าวโพดข้าวเหนียวดำและข้าวโพดเทียนหวานพิษณุโลก (TY) ในแต่ละชั่วรุ่นผสมตัวเองและคัดเลือกต้นที่มีลักษณะดี คือ มีจำนวนสองฝักขึ้นไป ระบบรากดี ลำต้นแข็งแรง ทนทานต่อโรค ออกใหม่เร็ว ปลอຍละของเกสรดี โดยใช้วิธีผสมตัวเองร่วมกับวิธีการคัดเลือกแบบจุดประวัติปลูกแบบฝัก/แถว จำนวน 5 ชั่วรุ่น ทำการคัดเลือกสายพันธุ์แท้ได้ทั้งหมด 8 สายพันธุ์ เพื่อนำไปสร้างลูกผสมเดี่ยว

การสร้างลูกผสมเดี่ยว

ดำเนินการในฤดูแล้ง ปี พ.ศ. 2556/2557 โดยนำข้าวโพดเทียนสายพันธุ์แท้ ทั้ง 8 สายพันธุ์มาผสมแบบพบกันหมด โดยใช้แผนการผสมแบบพบกันหมด และสลัฟพ่อแม่ (full diallel cross) ได้คู่ผสมเดี่ยวทั้งหมด 56 คู่ผสม

การทดสอบลูกผสม

นำลูกผสมที่ได้มาปลูกทดสอบในฤดูฝน ระหว่างเดือน พฤษภาคม ถึง กรกฎาคม พ.ศ.2557 ณ หนองพืชผัก ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปลูกทดสอบเปรียบเทียบลูกผสม ทั้งสิ้น 56 คู่ผสม และสาย

พันธุ์พ่อแม่ 8 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์การค้าข้าวโพดเทียน 3 พันธุ์ คือ 1) ข้าวโพดเทียนลาย 52 2) เทียนเหลืองขอนแก่น 50 และ 3) ข้าวโพดเทียนดำตราสิงห์ รวมทั้งหมด 67 สายพันธุ์/พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อก สมบูรณ์ (Randomized Complete Block; RCB) จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกพันธุ์ละ 2 แถว/ซ้ำ แถวยาว 5 เมตร โดยปลูกระยะ 80 x 25 เซนติเมตร หยอด 2 เมล็ด/หลุม เมื่อข้าวโพดอายุ 14 วัน ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น/หลุม เก็บเกี่ยวฝักสดเมื่ออายุประมาณ 16-18 วัน หลังวันออกใหม่ 50 เปอร์เซ็นต์

บันทึกข้อมูลลักษณะผลผลิต ได้แก่ จำนวนฝัก/ต้น น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก (กิโลกกรัม/ไร่) น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก (กิโลกกรัม/ไร่) น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือกเฉลี่ย (กรัม/ฝัก) น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกเฉลี่ย (กรัม/ฝัก) และน้ำหนักเนื้อ (กรัม/ฝัก) ลักษณะองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ ความกว้างฝัก ความยาวฝัก จำนวนแถว/ฝัก จำนวนเมล็ด/แถว ความลึกเมล็ด น้ำหนักชั่งและน้ำหนักไหม ลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ อายุวันออกใหม่ วันปลอຍละของเกสร ความสูงต้น ความสูงฝักและอายุเก็บเกี่ยว

วิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะที่ศึกษาตามแผนการทดลองแบบ RCB และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$ และหาค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (general combining ability; GCA) และสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability; SCA) ตามวิธีของ Griffing (1956) method 1

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะที่ศึกษา ได้แก่ น้ำหนักฝักสดก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักสดหลังปอกเปลือก ความกว้างฝัก ความยาวฝัก อายุการออกดอก อายุการออกใหม่ จำนวนฝัก น้ำหนักไหม และน้ำหนักชั่ง พบว่า ทุกลักษณะที่ศึกษาสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปและสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ส่วนความแปรปรวนของการผสมสลัฟพ่อแม่

พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในลักษณะ อายุการออกดอก อายุการออกไหม จำนวนฝัก น้ำหนักไหมและน้ำหนักขัง ส่วนในลักษณะความกว้างฝัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นลักษณะน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก และความยาวฝัก ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) สอดคล้องกับการศึกษาของ Machida et al. (2010) พบว่า การผสมสลับพ่อแม่ ในข้าวโพดมีอิทธิพลน้อยต่อลักษณะผลผลิต เมื่อพิจารณาความแปรปรวนระหว่าง GCA และ SCA พบว่า ในลักษณะความยาวฝัก น้ำหนักไหม และน้ำหนักขัง ความแปรปรวนของ GCA สูงกว่า SCA คือ 70, 65 และ 49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับความแปรปรวน อันเนื่องมาจากอิทธิพลของยีนที่พบว่า การแสดงออกของยีนแบบผลบวก (additive) สูงกว่า แบบข่ม (dominance) แสดงว่าอิทธิพลของยีนแบบผลบวก

มีความสำคัญต่อการแสดงออกของลักษณะดังกล่าว ซึ่งสามารถคัดเลือกได้ในชั่วรุ่นต้นๆ ส่วนในลักษณะ น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก ความกว้างฝัก อายุวันออกดอก อายุวันออกไหมและจำนวนฝัก ความแปรปรวนของ SCA สูงกว่า GCA คือ 59, 71, 74, 67, 67 และ 51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับความแปรปรวน อันเนื่องมาจากอิทธิพลของยีนที่พบว่า การแสดงออกของยีนแบบข่ม สูงกว่าแบบผลบวก (Table 1) แสดงว่า การคัดเลือกในลักษณะดังกล่าว ควรใช้วิธีการคัดเลือกที่มีประสิทธิภาพ เช่น วิธีการคัดเลือกแบบวงจร (recurrent selection) มาช่วยในการสะสมยีนที่สนใจ ก่อนทำการคัดเลือกในชั่วรุ่นหลังๆ นอกจากนี้ ลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนแบบข่ม ยังสามารถใช้ประโยชน์ ในการสร้างพันธุ์ลูกผสมต่อไปได้

Table 1 Mean squares and % sum of squares for general, specific and reciprocal effects (GCA, SCA and reciprocal) of small ear waxy corn inbred line in the rainy season 2014

SOV	df	Yield (kg/rai)		Ear characters (cm)		Days to tasseling	Days to silking	No.ear (ear/rai)	Silk Weight (g/ear)	Cop Weight (g/ear)
		Un-husked weight	Husked weight	Diameter	Length					
GCA	7	938,588 ^{**} (20)	237,378 ^{**} (13)	1.2 ^{**} (15)	152.3 ^{**} (70)	70.6 ^{**} (16)	70.6 ^{**} (16)	83,285,373 ^{**} (21)	19.3 ^{**} (65)	5,746 ^{**} (49)
SCA	28	2,658,927 ^{**} (59)	1,299,094 ^{**} (71)	5.8 ^{**} (74)	45.9 ^{**} (21)	295.9 ^{**} (67)	294.5 ^{**} (67)	198,617,010 ^{**} (51)	6.7 ^{**} (22)	5,388 ^{**} (46)
Reciprocal	28	897,395 ^{ns} (20)	297,094 ^{ns} (16)	0.8 [*] (10)	19.7 ^{ns} (9)	75.8 ^{**} (17)	75.8 ^{**} (17)	106,163,842 ^{**} (27)	3.7 ^{**} (12)	547 ^{**} (5)
σ^2A		5,042	- 739	- 0.0	1.3	0.0	0.0	308,027	0.3	79
σ^2D		38,818	21,386	0.1	0.6	5.8	5.9	3,967,802	0.1	104
C.V. (%)		14.2	13.5	5.9	6.8	1.5	1.6	1.4	30.4	15.0

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

เมื่อพิจารณาค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์แท้ในลักษณะผลผลิตพบว่า สายพันธุ์ TW1 และ TC1 มีค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูง และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยมีค่า GCA และมีผลผลิตก่อนปอกเปลือก เท่ากับ 122

(1,728 กก./ไร่) และ 68 (1,447 กก./ไร่) ตามลำดับ ในลักษณะผลผลิตหลังปอกเปลือกมีค่าเท่ากับ 69 (877 กก./ไร่) และ 47 (798 กก./ไร่) ตามลำดับ ส่วนในลักษณะจำนวนฝัก พบว่า สายพันธุ์ TC1, TB1 และ TW1 มีค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูง แตกต่างจาก

ศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) มีค่าเท่ากับ 1,689 (20,179 ผัก/ไร่), 334 (12,521 ผัก/ไร่) และ 276 (13,414 ผัก/ไร่) ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งสายพันธุ์ TW1 และ TC1 เหมาะที่จะนำไปใช้เป็นสายพันธุ์พ่อแม่ เนื่องจากมีค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูง ทั้งใน

ลักษณะผลผลิตและจำนวนฝัก เมื่อนำไปผสมกับสายพันธุ์อื่นๆแล้ว มีโอกาสที่จะให้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูงและมีดีได้ และยังสามารถนำไปสร้างเป็นพันธุ์ผสมเปิดได้ด้วย

Table 2 Means and general combining ability (GCA) of small ear waxy corn inbred lines for un-husk weight, husked weight and number of ear in the rainy season 2014

Inbred line	Un-husk weight (kg/rai)		Husked weight (kg/rai)		Number of ear	
	mean	GCA	mean	GCA	mean	GCA
1 TB1	1,435	68**	817	-1 ^{ns}	12,521	334 *
2 TB2	1,642	5 ^{ns}	960	15 *	14,106	0 ^{ns}
3 TB3	1,610	8 ^{ns}	908	-16*	12,020	93 ^{ns}
4 TB4	1,461	-55**	785	-5 ^{ns}	8,611	-597**
5 TB5	1,417	-45**	841	-29**	8,649	-1,204**
6 TW1	1,728	122**	877	69**	13,414	276 *
7 TC1	1,447	68**	798	47**	20,179	1,689**
8 TY1	1,464	-171**	826	-81**	12,919	-591**
LSD (0.05)	450		255		322	

ns, * and** = non-significant and significant at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ probability levels, respectively.

ค่าสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะ (SCA) และค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (heterosis) เป็นค่าที่ใช้บอกศักยภาพของลูกผสมเหนือพ่อแม่ โดยคู่ผสมที่ให้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตหรือลักษณะที่สนใจสูง มีค่าค่าสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะและค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่สูงนั้นเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว เนื่องจาก ทั้งค่าสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะและค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ เป็นค่าที่บอกความแตกต่างทางพันธุกรรมของสายพันธุ์ที่ใช้เป็นพ่อแม่ เมื่อ SCA มีค่ามาก แสดงว่า จำนวนหรือความถี่ของยีนข่มที่อยู่ต่างตำแหน่งกัน (Falconer and Mackay, 1996) เมื่อสายพันธุ์พ่อแม่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมเพิ่มขึ้น ความดีเด่นของลูกผสมก็เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย (Phumichai et al., 2008) ผลของความดีเด่นของลูกผสมได้แก่ ลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิต ความแข็งแรง และการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่ดีกว่าสายพันธุ์พ่อแม่ (Sharief et al., 2009) ลูกผสมที่ถูกคัดเลือกภายใต้เกณฑ์นี้ เป็นการทดสอบผลผลิตเบื้องต้น

ดังนั้นก่อนการรับรองพันธุ์และเผยแพร่พันธุ์สู่เกษตรกร ควรมีการทดสอบเปรียบเทียบพันธุ์ หลายฤดู หลายสถานที่ เพื่อให้ได้ข้อมูลการปรับตัวและสามารถคัดเลือกพันธุ์ที่มีเสถียรภาพได้

ลักษณะน้ำหนักผลผลิตก่อนเปลือกเปลือก คู่ผสมที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สามอันดับแรก คือ TB1/TW1, TB3/TC1 และ TB2/TB1 มีค่าเท่ากับ 2,556, 2,469 และ 2,374 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ มีค่า SCA เท่ากับ 262, 162 และ 220 ตามลำดับ และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) มีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ เท่ากับ 29, 40 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่แม่ที่ดี เท่ากับ 17.6, 33.2 และ 31.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3)

ลักษณะน้ำหนักผลผลิตหลังเปลือกเปลือก คู่ผสมที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สามอันดับแรกคือ TB3/TC1, TB1/TW1 และ

TB2/TB1 มีค่าเท่ากับ 1,439, 1,438 และ 1,368 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ มีค่า SCA เท่ากับ 116, 187 และ 108 ตามลำดับ และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) มีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ เท่ากับ 41.4, 25.8 และ 37.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อหรือแม่ที่ดี เท่ากับ 32.9, 21.4 และ 27.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 3)

ลักษณะจำนวนฝัก คู่ผสมที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สามอันดับแรก คือ TC1/TB1, TW1/TB5 และ TB5/TB1 มีค่าเท่ากับ 19,556, 17,575 และ 17,407 ฝัก/ไร่ ตามลำดับ มีค่า SCA เท่ากับ 1,206, 910 และ 3,432 ตามลำดับ และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) มีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ เท่ากับ 2.3, 10.7 และ 65.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อหรือแม่ที่ดี เท่ากับ -17.1, -9.0 และ 40.1 ตามลำดับ (Table 3)

ส่วนคู่ผสมที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดสอดคล้องกับ ค่า SCA สูงทั้งสามลักษณะ ได้แก่ ลักษณะน้ำหนักผลผลิตก่อน

ปอกเปลือก น้ำหนักผลผลิตหลังปอกเปลือก และจำนวนฝัก คือ TB1/TW1, TC1/TB1 และ TC1/TB3 ซึ่งคู่ผสมดังกล่าวให้ผลผลิตและจำนวนฝักสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ (Check) ได้แก่ เทียนลาย 52, เทียนเหลือง ขอนแก่น 50 และ เทียนดำตราสิงห์ ซึ่งมีผลผลิตเท่ากับ 1,972, 1,823 และ 1,648 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ มีจำนวนฝักเท่ากับ 8,487, 9,579 และ 8,000 ฝัก/ไร่ ตามลำดับ และโดยเฉพาะ สูงกว่าพันธุ์เทียนเหลือง ขอนแก่น 50 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้จำนวนฝักสูงถึง 15,882 ฝัก/ไร่ (กิตติ และคณะ, 2555) คู่ผสมที่มีค่าสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะสูง เกิดจากพ่อแม่ที่มีสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูง และมีการแสดงออกของยีนแบบไม่เป็นผลบวกต่างตำแหน่งกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Beck et al. (1991) โดยทำการผสมข้าวโพดในหลายประชากร พบว่าสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะ ในลักษณะผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจะกระจายตัวในชั่วรุ่นต่อไป เนื่องจาก การแสดงออกของยีนแบบไม่เป็นผลบวก

Table 3 Hybrid means (kg/rai) mid-parent, high-parent heterosis (MPH and HPH) and specific combining ability effects (SCA) of small ear waxy corn hybrids for un-husk ear weight (kg/rai) husked weight (kg/rai) and number of ear in the rainy season 2014.

crosses/ reciprocal	un-husk weight (kg/rai)				husked weight (kg/rai)				number of ear			
	Means	SCA	MPH	HPH	Means	SCA	MPH	HPH	Means	SCA	MPH	HPH
cross												
TB1/TB2	2,156 ^{A,K}	-109 ^{**}	54.3	44.6	1,221 ^{A,K}	-74 ^{**}	54.0	42.5	10,377 ^D	-2,700 ^{**}	18.5	11.8
TB1/TB3	1,980 ^{C,P}	44 ^{ns}	24.2	17.4	1,112 ^{D,N}	39 ^{ns}	20.0	14.0	16,000 ^{K,L}	1,535 ^{**}	5.4	3.3
TB1/TB4	1,875 ^{F,S}	-84 [*]	41.1	39.9	1,121 ^{C,N}	-48 [*]	51.9	48.9	15,377 ^O	464 ^{ns}	36.8	15.4
TB1/TB5	2,027 ^{B,P}	-16 ^{ns}	44.3	43.4	1,227 ^{A,K}	6 ^{ns}	46.6	44.5	17,537 ^C	65 ^{ns}	64.4	39.0
TB1/TW1	2,556 ^A	262 ^{**}	28.5	17.6	1,438 ^A	187 ^{**}	25.8	21.4	16,742 ^{GH}	1,784 ^{**}	1.6	-1.8
TB1/TC1	2,418 ^{ABC}	46 ^{ns}	61.5	60.8	1,361 ^{A,D}	21 ^{ns}	63.3	65.2	16,722 ^{GH}	-1417 ^{**}	19.6	-3.1
TB1/TY1	2,240 ^{A,H}	226 ^{**}	23.4	22.2	1,296 ^{A,G}	92 ^{**}	35.4	34.6	15,732 ^{LMN}	-676 [*]	34.3	32.2
TB2/TB3	2,131 ^{A,L}	150 ^{**}	12.6	11.5	1,245 ^{A,J}	46 [*]	23.5	20.1	14,982 ^{PQ}	-509 ^{ns}	22.5	13.4
TB2/TB4	1,996 ^{C,P}	106 ^{**}	15.0	8.6	1,137 ^{C,M}	-27 ^{ns}	36.5	24.1	16,924 ^{FG}	462 ^{ns}	40.9	13.4
TB2/TB5	1,933 ^{D,P}	-31 ^{ns}	30.5	21.6	1,138 ^{C,M}	-19 ^{ns}	30.5	22.4	16,000 ^{K,L}	559 ^{ns}	30.8	5.5
TB2/TW1	2,189 ^{A,J}	86 [*]	19.8	16.8	1,334 ^{A,F}	14 [*]	42.1	36.0	15,259 ^{OP}	291 ^{ns}	6.7	4.1
TB2/TC1	2,016 ^{C,P}	12 ^{ns}	29.0	21.4	1,213 ^{A,L}	-68 ^{**}	53.5	40.6	16,000 ^{K,L}	799 [*]	-16.0	-28.6
TB2/TY1	1,972 ^{C,P}	8 ^{ns}	25.9	19.1	1,137 ^{C,M}	8 ^{ns}	25.6	16.8	15,447 ^{NO}	906 [*]	0.9	-3.3
TB3/TB4	2,059 ^{B,P}	-29 ^{ns}	37.9	31.5	1,286 ^{A,H}	19 ^{ns}	47.4	37.4	16,400 ^U	973 ^{**}	40.1	20.2
TB3/TB5	1,681 ^{M,T}	-139 ^{**}	29.4	21.6	975 ^{K,Q}	-64 ^{**}	26.1	21.4	14,066 ^V	-665 [*]	49.0	28.1
TB3/TW1	2,216 ^{A,J}	19 ^{ns}	30.5	26.1	1,341 ^{A,F}	36 ^{ns}	42.2	39.8	14,425 ^{TU}	-1,059 ^{**}	30.1	23.3
TB3/TC1	2,469 ^{AB}	162 ^{**}	40.4	33.2	1,439 ^A	116 ^{**}	41.4	32.9	15,486 ^{MNO}	-928 ^{**}	7.7	-14.1

crosses/ reciprocal	un-husk weight (kg/rai)				husked weight (kg/rai)				number of ear			
	Means	SCA	MPH	HPH	Means	SCA	MPH	HPH	Means	SCA	MPH	HPH
TB3/TY1	1,686 ^{L-T}	-209 ^{**}	36.8	30.6	1,119 ^{C-N}	-21 ^{ns}	33.9	27.9	16,000 ^{KL}	0 ^{ns}	28.3	23.8
TB4/TB5	2,177 ^{A-K}	30 ^{ns}	47.1	44.9	1,216 ^{A-K}	-8 ^{ns}	51.4	46.4	14,586 ^{RST}	1,228 ^{**}	40.6	40.2
TB4/TW1	1,882 ^{E-S}	-195 ^{**}	42.4	31.4	1,267 ^{A-J}	-31 ^{ns}	59.7	51.4	17,146 ^{DEF}	1352 ^{**}	31.2	7.7
TB4/TC1	2,181 ^{A-J}	129 ^{**}	32.2	31.6	1,301 ^{A-G}	39 ^{ns}	54.5	53.3	15,332 ^O	-212 ^{ns}	9.4	-21.9
TB4/TY1	1,413 ^T	-247 ^{**}	30.5	30.3	1,020 ^{I-Q}	-150 ^{**}	63.8	59.8	14,821 ^{QRS}	422 ^{ns}	29.8	8.2
TB5/TW1	2,236 ^{A-I}	36 ^{ns}	37.6	25.2	1,364 ^{A-D}	-1 ^{ns}	59.0	55.7	12,210 ^{Za}	-2,683 ^{**}	59.3	31.0
TB5/TC1	2,093 ^{B-O}	-7 ^{ns}	47.1	45.6	1,281 ^{A-H}	17 ^{ns}	52.1	48.3	16,000 ^{KL}	570 ^{ns}	3.1	-26.4
TB5/TY1	1,786 ^{J-T}	65 ^{ns}	15.0	13.1	1,069 ^{G-P}	26 ^{ns}	22.1	21.0	8,927 ^d	-751 [*]	-3.3	-19.3
TW1/TC1	2,280 ^{A-F}	29 ^{ns}	40.0	28.6	1,425 ^{AB}	34 ^{ns}	62.0	54.7	17,012 ^{FG}	379 ^{ns}	-3.2	-19.5
TW1/TY1	1,992 ^{C-P}	90 [*]	13.5	4.8	1,243 ^{A-J}	115 ^{**}	18.9	15.4	16,291 ^{JK}	940 ^{**}	9.5	7.4
TC1/TY1	1,923 ^{E-P}	136 ^{**}	13.5	12.9	1,175 ^{B-L}	78 ^{**}	25.5	23.4	14,517 ST	-742 [*]	-3.3	-20.7
reciprocal												
TB2/TB1	2,374 ^{A-D}	220 ^{**}	40.1	31.3	1,368 ^{ABC}	108 ^{**}	37.5	27.2	15,777 ^{LM}	-2168 ^{**}	-22.1	-26.4
TB3/TB1	1,891 ^{E-R}	-112 ^{**}	30.0	22.9	1,035 ^{H-Q}	-82 ^{**}	29.0	22.5	12,931 ^Y	-872 [*]	30.4	27.8
TB4/TB1	2,044 ^{B-P}	-25 ^{ns}	29.5	28.4	1,217 ^{A-K}	3 ^{ns}	39.9	37.2	14,450 ^T	266 ^{ns}	45.5	22.8
TB5/TB1	2,058 ^{B-P}	48 ^{ns}	42.1	41.2	1,215 ^{A-L}	78 ^{ns}	48.1	46.0	17,407 ^{CD}	3,432 ^{**}	65.7	40.1
TW1/TB1	2,032 ^{B-P}	132 ^{**}	61.6	47.9	1,065 ^{G-P}	11 ^{ns}	69.8	63.9	13,175 ^{XY}	-562 ^{ns}	29.1	24.8
TC1/TB1	2,327 ^{A-E}	265 ^{**}	67.8	67.2	1,319 ^{A-G}	122 ^{**}	68.6	66.6	19,556 ^B	1,206 ^{**}	2.3	-17.1
TY1/TB1	1,788 ^{I-T}	145 ^{**}	54.5	53.0	1,112 ^{D-N}	113 ^{**}	57.8	57.0	17,084 ^{EF}	1,755 ^{**}	23.7	21.8
TB3/TB2	1,831 ^{F-T}	-3 ^{ns}	31.1	29.8	1,153 ^{C-M}	27 ^{ns}	33.3	29.7	16,000 ^{KL}	487 ^{ns}	14.7	6.2
TB4/TB2	1,784 ^{J-T}	-32 ^{ns}	28.7	21.6	1,191 ^{A-L}	-19 ^{**}	30.3	18.4	16,000 ^{KL}	2,148 ^{**}	49.0	20.0
TB5/TB2	1,996 ^{C-P}	33 ^{ns}	26.4	17.8	1,175 ^{B-L}	-3 ^{**}	26.4	18.5	14,882 ^{QR}	1,734 ^{**}	40.6	13.4
TW1/TB2	2,018 ^{C-P}	5 ^{ns}	29.9	26.7	1,305 ^{A-G}	62 ^{ns}	45.2	39.0	14,678 ^{Q-T}	-219 ^{ns}	10.9	13.8
TC1/TB2	1,993 ^{C-P}	-41 ^{ns}	30.6	22.8	1,350 ^{A-E}	46 ^{**}	38.0	26.4	14,402 ^{TU}	-1399 ^{**}	-6.7	-20.7
TY1/TB2	1,955 ^{D-P}	158 ^{**}	27.0	20.1	1,122 ^{C-N}	22 ^{**}	27.3	18.4	13,636 ^W	222 ^{ns}	14.3	9.5
TB4/TB3	2,117 ^{A-M}	164 ^{**}	34.1	27.9	1,248 ^{A-J}	115 ^{**}	51.9	41.6	14,454 ^T	1,020 ^{**}	59.0	36.4
TB5/TB3	1,958 ^{D-P}	-114 ^{**}	11.1	4.4	1,102 ^{E-N}	-89 ^{**}	11.5	7.4	15,395 ^O	931 ^{**}	36.1	17.0
TW1/TB3	2,179 ^{A-J}	96 ^{**}	32.8	28.3	1,269 ^{A-I}	79 ^{**}	50.2	47.7	16,543 ^{HU}	204 ^{ns}	13.4	7.5
TC1/TB3	2,145 ^{A-K}	390 ^{**}	61.5	53.3	1,207 ^{A-L}	179 [*]	68.6	58.4	17,341 ^{CDE}	850 ^{**}	-3.8	-23.3
TY1/TB3	2,103 ^{B-N}	86 ^{**}	9.7	4.7	1,161 ^{C-M}	64 ^{**}	29.1	23.3	16,000 ^{KL}	1,587 ^{**}	28.3	23.8
TB5/TB4	2,117 ^{A-M}	276 ^{**}	51.3	49.1	1,231 ^{A-J}	85 ^{**}	49.5	44.6	12,130 ^B	248 ^{ns}	69.0	68.6
TW1/TB4	2,271 ^{A-J}	38 ^{ns}	18.0	8.9	1,328 ^{A-F}	61 ^{**}	52.4	61.3	14,443 ^T	1205 ^{**}	55.7	27.8
TC1/TB4	1,922 ^{E-P}	66 ^{ns}	50.0	49.3	1,224 ^{A-K}	48 ^{ns}	64.3	62.9	15,755 ^{LMN}	-459 ^{ns}	6.5	-24.0
TY1/TB4	1,908 ^{E-Q}	-85 ^{**}	-3.4	-3.5	1,320 ^{A-G}	83 ^{**}	26.6	23.5	13,978 ^V	677 [*]	37.7	14.7
TW1/TB5	2,164 ^{A-K}	151 ^{**}	42.2	29.4	1,366 ^{A-D}	152 ^{ns}	58.8	55.5	17,575 ^C	910 ^{**}	10.7	-9.0
TC1/TB5	2,106 ^{B-M}	105 ^{**}	46.2	44.7	1,247 ^{A-J}	73 ^{**}	56.3	52.4	14,861 ^{QR}	35 ^{ns}	11.0	-20.7
TY1/TB5	1,656 ^{N-T}	-183 ^{**}	24.0	22.0	1,017 ^{J-Q}	-43 ^{**}	28.3	27.2	10,430 ^D	-1102 ^{**}	-17.2	-30.9
TC1/TW1	2,223 ^{A-J}	-55 ^{ns}	43.6	31.9	1,357 ^{A-D}	11 [*]	70.1	62.5	16,254 ^{JK}	-604 [*]	1.3	-15.7
TY1/TW1	1,811 ^{H-T}	-22 ^{ns}	24.8	15.3	1,012 ^{J-Q}	-34 ^{ns}	46.0	41.7	14,411 ^{TU}	755 [*]	23.7	21.4
TY1/TC1	1,652 ^{O-T}	-82 ^{**}	32.1	31.4	1,019 ^{J-Q}	-42 [*]	44.7	47.2	16,000 ^{KL}	-750 [*]	-12.3	-28.1
Check varieties												
Theinline 52	1,973 ^{C-P}				1,186 ^{A-L}				8,487 ^f			
Theinluang 50	1,823 ^{G-T}				1,091 ^{F-O}				9,579 ^g			
Theindamtarsing	1,648 ^{O-T}				916 ^{M-Q}				8,000 ^f			

ns; *, ** = non significant and significant at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ probability levels, respectively

สรุป

การศึกษาสมรรถนะการรวมตัวของข้าวโพดเทียนสายพันธุ์แท้ 8 สายพันธุ์ เพื่อหาสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเทียนสีม่วงลูกผสมพบว่า สายพันธุ์ TW1, TC1 และ TB1 มีศักยภาพในการสร้างพันธุ์ลูกผสม เนื่องจาก มีค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูง ในลักษณะผลผลิต และจำนวนฝัก ส่วนลูกผสมที่คาดว่าจะมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง คือ TB1/TW1, TB3/TC1 และ TB2 /TB1 และคู่ผสมที่มีศักยภาพในการให้จำนวนฝักสูง คือ TC1/TB1, TW1/TB5 และ TB5/TB1 เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยสูงสอดคล้องกับมีค่าสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะสูงด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กมล เลิศรัตน์ และ สรวุฒิ บุศรากุล. 2543. รายงานการวิจัย เรื่อง การพัฒนาข้าวโพดทุเปอร์สวิตฟักขนาดเล็กเพื่อใช้รับประทานสด II. สร้างประชากรข้าวโพดเทียนหวาน เมล็ดสดสีขาวและสีเหลือง. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- กิตติ บุญเลิศนิรันดร์, ระวีวรรณ สุวรรณศรี และสุชาดา บุญเลิศนิรันดร์. 2555. การทดสอบผลผลิตประชากรลูกผสมข้าวที่ 2 ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ข้าวโพดหวานกับข้าวโพดเทียน. แก่นเกษตร. 40: 37-46.
- คมสัน อำนวยสิทธิ์, ประเทือง สง่าจิตร และนาลอน สีมูลละ. 2542. ศักยภาพลูกผสมระหว่างพันธุ์ผสมเปิดของข้าวโพดเทียนพันธุ์พื้นเมือง. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก, พิษณุโลก.
- ระวีวรรณ สุวรรณศรี, สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์ และกิตติ บุญเลิศนิรันดร์. 2550. การปรับปรุงประชากรข้าวโพดเทียนบ้านเกาะและเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. พระนครศรีอยุธยา.
- Beck, D.L., S.K. Vasal, and J. Crossa. 1991. Heterosis and combining ability among subtropical and temperate intermediate maturity maize germplasm. *Crop Sci.* 31: 68-73.
- Falconer, D.S., and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. 4th Edition. Longman, London, UK.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific of diallel crosses ability in relation to diallel crossing system. *Aust J Biol Sci.* 9: 463-493.
- Kesornkeaw, P., K. Lertrat, and B. Suriham. 2009. Response to four cycles of mass selection for prolificacy at low and high population densities in small ear waxy corn. *Asian J Plant Sci.* 8: 425-432.
- Machida, L., J. Derera, P. Tongoona, and J. MacRobert. 2010. Combining ability and reciprocal cross effects of elite quality protein maize inbred lines in subtropical environments. *Crop Sci.* 50: 1708-1717.
- Nass, L.L., M. Lima, R. Vencovsky, and P.B. Gallo. 2000. Combining ability of maize inbred lines evaluation in three environments in Brazil. *Sci Agric.* 57: 129-134.
- Phumichai C., W. Doungchan, P. Puddhanon, S. Jampatong, P. Grudloyma, and C. Kirdsri. 2008. SSR-base and grain yield –base diversity of hybrid maize in Thailand. *Field Crop Research.* 108: 157-162.
- Sharief, A., S. El-Kalla, H. Gado, and H. Abo-Yousef. 2009. Heterosis in yellow maize. *Australian Journal of Agricultural Research.* 3: 146-154.
- Zhao, C.L., H.C. Guo, Z.Y. Dong, and Q. Zhao. 2009. Pharmacological and nutritional activities of potato anthocyanins. *Afr. J. Pharm. Pharmacol.* 10: 463-468.