

การประเมินสมรรถนะการผสมของข้าวโพดข้าวเหนียวผสมตัวเองชั่วที่ 3 Evaluation of Combining Ability of Waxy Corn S₃ Generation

บุญฤทธิ์ ลินค่างาม^{1/}
Bunyarit Sinkangam^{1/}

ABSTRACT

Evaluation of combining ability of waxy corn inbred lines is an important procedure in hybrid development. The objective of this study was aimed to evaluate combining ability of waxy corn inbred lines of several agronomic characters in good hybrid adaptability in Phayao. Seven S₃ generation (UPW1,2,3,4,5,6 and 7) were crossed using model Griffing's method IV and 21 hybrids were performed in a randomized complete block design with four replications at the Experimental Farm of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao in dry season 2012. Combining ability evaluation, UPW5 was expressed with the best combination of GCA effects for green weight and also white weight. In the others agronomic characters namely standard ear weight, shelling percentage, cutting percentage, amylopectin percentage, total sugar, non-reducing sugar, plant aspect and ear aspect were shown the superior in UPW7, UPW7, UPW5, UPW6, UPW1,UPW1,UPW7 and UPW6, respectively. Furthermore, the SCA results showed that the best green weight was crossed of UPW2 x UPW4 that gave 2,127 kg/rai and white weight was UPW5 x UPW6 (1,523 kg/rai). Most important, the eating quality containing with flavor, tenderness and pericarp thickness was found in UPW1 x UPW5, UPW4 x UPW7 and UPW1 x UPW5 (4.1, 4.3 and 1.5), respectively.

Key-words: combining ability, waxy corn, S₃ generation

^{1/} สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา อ.เมือง จ.พะเยา 56000

^{1/} Department of Agriculture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Mueang district, Phayao province, 56000

บทคัดย่อ

การประเมินสมรรถนะการผสมข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการพัฒนาพันธุ์พืชให้มีศักยภาพเพื่อการพัฒนาพันธุ์ลูกผสม โดยการทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมรรถนะการผสมของข้าวโพดข้าวเหนียวผสมตัวเองชั่วที่ 3 ทุกลักษณะสำคัญทางการเกษตรเพื่อสร้างพันธุ์ลูกผสมที่ดีและมีประสิทธิภาพในจ.พะเยา จากสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 3 จำนวน 7 สายพันธุ์ (UPW 1,2,3,4,5,6 และ 7) ผสมแบบพบกันหมดตามวิธีการของ Griffing's method IV ได้ลูกผสมจำนวน 21 คู่ผสม โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ ที่แปลงปฏิบัติการคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ในฤดูแล้ง ปี พ.ศ. 2555 พบว่าสายพันธุ์ UPW5 ให้ค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปทั้งผลผลิตทั้งเปลือกและผลผลิตปอกเปลือกสูงที่สุดขณะที่ลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ ได้แก่ น้ำหนักฝักมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์ shelling เปอร์เซ็นต์การตัดฝาน เปอร์เซ็นต์อะมิโลเพคติน ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาล non-reducing ลักษณะต้นและลักษณะฝัก โดยสายพันธุ์ที่ให้ค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปที่ดีที่สุดคือ UPW7, UPW7, UPW5, UPW6, UPW1, UPW1, UPW7 และ UPW6 ตามลำดับ ขณะที่ลักษณะการรวมตัวเฉพาะคู่ผสมที่ให้ค่าผลผลิตทั้งเปลือกสูงที่สุดคือ UPW2 x UPW4 เท่ากับ 2,127 กก./ไร่ ผลผลิตปอกเปลือกคือ UPW5 x UPW6 เท่ากับ 1,523 กก./ไร่สำหรับลักษณะ

คุณภาพในการบริโภคประกอบด้วย ความชอบ ความนุ่มและความหนาของ pericarp พบว่าคู่ผสม UPW1 x UPW5, UPW4 x UPW7 และ UPW1 x UPW5 มีค่าดีที่สุดในค่าเท่ากับ 4.1, 4.3 และ 1.5 ตามลำดับ

คำหลัก: สมรรถนะการผสม ข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 3

คำนำ

ข้าวโพดข้าวเหนียว (*Zea mays var. ceratina*) เป็นข้าวโพดรับประทานฝักสดที่ได้รับความนิยมบริโภคมีการผลิตและจำหน่ายในตลาดทั่วประเทศตลอดทั้งปี เนื่องด้วยกำลังเป็นสินค้าที่มีความต้องการสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศคาดว่าจะมีชาวเอเชียบริโภคไม่ต่ำกว่าปีละ 300 - 600 ล้านคน โดยปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตเมล็ดพันธุ์ไม่ต่ำกว่าปีละ 450 - 480 ตัน/ปี คิดเป็นมูลค่ากว่า 225 - 240 ล้านบาท (เกรียงศักดิ์, 2555) จากความต้องการที่มีมากขึ้นจึงมีความพยายามในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสม (F_1 hybrid) เพื่อทดแทนพันธุ์ดั้งเดิมซึ่งเป็นพันธุ์ผสมเปิด (open pollinated variety) ซึ่งมีข้อจำกัดอย่างมากมาย เช่น ความสม่ำเสมอต่ำ ผลผลิตต่ำ เป็นต้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสม โดยผ่านวิทยาการปรับปรุงพันธุ์พืชในหลายวิธีด้วยกัน เพื่อให้ได้มาซึ่งพันธุ์ลูกผสมซึ่งจะทำให้ได้ที่มีความสม่ำเสมอสูงกว่า และผลผลิตที่สูงกว่าพันธุ์ผสมเปิดวิธีการหนึ่งที่เป็นที่นิยมคือ การพัฒนา

สายพันธุ์แท้ที่มีศักยภาพที่ผ่านการประเมินสมรรถนะการผสม (combining ability) เพื่อต้องการพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดีสอดคล้องกับรายงานของวรศักดิ์และคณะ (2555) ได้ศึกษาสมรรถนะการรวมตัวในลักษณะผลผลิตฝักสดของข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้จำนวน 7 สายพันธุ์ และลูกผสมจำนวน 42 คู่ผสมโดยประเมินจากลักษณะผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก น้ำหนัก ฝักสดหลังปอกเปลือก ความกว้างฝัก ความยาวฝัก อายุการปล่อยละองเธรและอายุวันออกไหม ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาสายพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวจนได้สายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 3 ที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาสายพันธุ์แท้ (inbred line) ที่มีศักยภาพพัฒนาเป็นพันธุ์ลูกผสมที่ปรับตัวได้ดีใน จ.พะเยา โดยเริ่มจากการพัฒนาและคัดเลือกเชื้อพันธุกรรม (germplasm) ข้าวโพดข้าวเหนียวที่ได้จากการนำเข้า (plant introduction) จากหลายแหล่ง ศึกษาลักษณะสำคัญทางการเกษตรคัดเลือกและเปรียบเทียบเป็นไปตามการปรับปรุงพันธุ์พืชตามวิธีการมาตรฐาน (standard breeding program) และพัฒนาสายพันธุ์อย่างต่อเนื่อง (advance generation) จนได้สายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 3 จำนวน 7 สายพันธุ์ ทำการผสมแบบพบกันหมด (diallel crossing) เพื่อประเมินสมรรถนะการผสมสายพันธุ์แท้ และทดสอบผลผลิต (yield trial evaluation) พันธุ์ลูกผสม

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกคัดเลือกและผสมพันธุ์ ดำเนินโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวโดยวิธีการปรับปรุงพันธุ์ประชากร (population improvement) จำนวน 1 รอบ (cycle) ระยะเวลา 2 ปี ตั้งแต่ฤดูแล้ง (พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์) ปี พ.ศ. 2553 ดำเนินการที่แปลงปฏิบัติการคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างพันธุ์ลูกผสมข้าวโพดข้าวเหนียวที่ปรับตัวได้ดีในจ.พะเยา ภายใต้โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยา (University of Phayao Maize Improvement UPMI) การทดลองนี้ได้ทำการปลูกคัดเลือกประชากรด้วยวิธี S_1 selection โดยพิจารณาจากความแข็งแรง และการเกิดโรคทางใบเป็นสำคัญพร้อมไปกับการสกัดสายพันธุ์ (line extraction) โดยการผสมตัวเอง (selfing) เพื่อพัฒนาเป็นสายพันธุ์แท้ร่วมกับการทดสอบรุ่นลูกทำการผสมพันธุ์ข้าวโพดตามวิธีมาตรฐานจนได้สายพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวผสมตัวเองชั่วที่ 2 จำนวน 98 สายพันธุ์ (UPW1-98) ในฤดูต้นฝน (มีนาคม - มิถุนายน) ปีพ.ศ. 2555 ประเมินและคัดเลือกสายพันธุ์จากลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ลักษณะต้น (plant aspect) การเกิดโรคทางใบ (foliar disease) คุณสมบัติน้ำตาล (eating quality) คัดเลือกสายพันธุ์ปรับปรุงก้าวหน้าเพื่อหาสายพันธุ์ที่มีศักยภาพมากที่สุดโดยการผสมตัวเอง ได้ข้าวโพดข้าวเหนียว

ผสมตัวเองซ้ำที่ 3 (S_3) จำนวน 7 สายพันธุ์ (UPW1,2,3,4,5,6 และ 7) เพื่อสร้างความเป็นไปได้ในการพัฒนาลูกผสมด้วยวิธีผสมแบบพบกันหมด

ผสมพันธุ์แบบพบกันหมด สร้างความเป็นไปได้ในการพัฒนาลูกผสมด้วยวิธีผสมแบบพบกันหมดในฤดูปลายฝน (กรกฎาคม - ตุลาคม) ปี พ.ศ. 2555 เพื่อประเมินสมรรถนะการผสมตามวิธีการของ Griffing's method IV (Griffing, 1956) ได้จำนวนคู่ผสมทั้งหมดจำนวน 21 คู่ผสมทำการปลูกทดสอบผลผลิตเบื้องต้น (preliminary yield trial) เพื่อประเมินลักษณะทางการเกษตรและลักษณะสำคัญทางคุณภาพอื่นๆ เช่น ผลผลิตคุณภาพการบริโภค ลักษณะทางชีวเคมี วิเคราะห์สมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability, GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability, SCA) โดยพิจารณาจากลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ความแข็งแรงต้น ลักษณะการต้านทานต่อโรคที่สำคัญ วันออกดอกคุณภาพการบริโภคและผลผลิต

การวิเคราะห์ลักษณะทางชีวเคมี 1) วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยการตรวจสอบปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาล reducing sugar ตามวิธีการของ Nelson's method (Nelson, 1979) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร (nm) เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน D-glucose 2) วิเคราะห์ปริมาณอะมิโนเลคตินโดยการตรวจหาปริมาณอะมิโนเลคตินตามวิธีการของ Juliano's method (Juliano, 1971) วัดค่าการ

ดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายมาตรฐานอะมิโนเลคตินแล้วเปลี่ยนเป็นอะมิโนเลคติน = 100-อะมิโนเลคติน

การวางแผนการทดลองและการดูแลรักษา ปลูกทดสอบพันธุ์ลูกผสมเบื้องต้น (early generation testing) เปรียบเทียบกับพันธุ์มาตรฐาน ได้แก่ พันธุ์บีโกไวท์ ในฤดูแล้ง (พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2555) ดำเนินการที่แปลงปฏิบัติการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา วางแผนการทดลองแบบ RCB ประกอบด้วย 3 ซ้ำ จำนวน 2 แถวต่อแปลงย่อย แต่ละแถวยาว 5 ม. ประเมินลักษณะทางการเกษตรและลักษณะสำคัญพันธุ์ลูกผสม ได้แก่ คุณภาพการบริโภค ลักษณะทางชีวเคมี การปลูกและการดูแลรักษา ใช้ระยะปลูก 25 x 75 ซม. ใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15 - 15 - 15 ($N-P_2O_5-K_2O$) อัตรา 50 กก./ไร่ และเมื่อข้าวโพดอายุ 3 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ย 46 - 0 - 0 ($N-P_2O_5-K_2O$) อัตรา 30 กก./ไร่ ป้องกันและกำจัดวัชพืชโดยการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืชก่อนงอกให้น้ำทันทีหลังจากปลูกทำการถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น บันทึกข้อมูล ความสูง ความแข็งแรงต้นกล้า ลักษณะต้น การติดเมล็ดเต็มถึงปลายฝัก ลักษณะการเกิดโรคทางใบ ระบบราก วันสลัดละอองเกสร วันออกไหม ความยาวฝัก ความกว้างฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก ความลึกเมล็ด จำนวนฝักต่อต้น ลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ด น้ำหนักฝักและผลผลิตต่อไร่การวิเคราะห์ ANOVA โดยใช้ R-Program version R 2.11.0 (R development core team, 2010)

และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD (least significant difference)

ผลการทดลองและวิจารณ์

พัฒนาสายพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวผสมตัวเองชั่วที่ 3 จากการพัฒนาประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวตามวิธีการปรับปรุงพันธุ์มาตรฐาน เริ่มจากวิธีการ S_1 selection จากประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 98 สายพันธุ์ คัดเลือกสายพันธุ์ปรับปรุงก้าวหน้าจากนั้นผสมตัวเองเพื่อพัฒนาสายพันธุ์พร้อมกับคัดเลือกลักษณะทางคุณภาพ และลักษณะทางการเกษตรจนได้สายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 3 (S_3) ที่มีศักยภาพสูงจำนวน 7 สายพันธุ์ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์อะมิโล

เพคตินมากกว่า 95% ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญที่พบในข้าวโพดข้าวเหนียวสอดคล้องกับรายงานของบุญฤทธิ์และคณะ (2555) ได้ประเมินสมรรถนะการผสมของข้าวโพดข้าวเหนียวโปรตีนคุณภาพโดยการสร้างลูกผสมแบบพบกันหมด พบว่าทุกคู่ผสมมีปริมาณอะมิโลเพคตินเฉลี่ย 97% ขณะที่ปริมาณน้ำตาล พบว่ามีความแตกต่างทั้งปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และ non-reducing (Table 1) ซึ่งแสดงว่าพบปริมาณน้ำตาลในเมล็ดสะสมอยู่แม้ว่าจะมีปริมาณไม่มากก็ตามเมื่อเทียบกับข้าวโพดหวาน ในส่วนของวันออกดอกทั้งตัวผู้และตัวเมีย พบว่า อยู่ในช่วง 46 - 50 และ 47 - 52 วัน ขณะที่ผลผลิตต่อไร่ นั้นพบว่าผลผลิตทั้งเปลือกสายพันธุ์ UPW5

Table 1. Biochemical character of 7 lines and 1 check variety

Line	Amylopectin (%)		Sugar (mg/g)	
	Fresh kernel	Dry kernel	Total sugar	Non reducing sugar
UPW1	96.7	96.4	59.0 d	33.9 d
UPW2	97.6	97.1	85.2 a	51.1 ab
UPW3	98.0	97.4	71.2 bc	41.9 c
UPW4	97.0	97.2	77.3 b	51.5 a
UPW5	96.0	97.6	88.3 a	46.1 a-c
UPW6	96.7	96.1	65.3 cd	32.4 d
UPW7	96.9	97.1	58.3 d	15.0 e
W1	97.6	97.5	68.1 c	44.7 bc
F-test	NS	NS	**	**
LSD (.05)	1.9	2.0	7.7	2.0
CV (%)	0.84	0.87	4.55	2.18

NS = non statistically significant difference

*, ** = highly statistically significant difference.

Table 2. Agronomic character of 7 lines and 1 check variety

Line	Height (cm)		Day to owering (day)		Green weight (kg/rai)	White weight (kg/rai)	Shelling (%)	Cutting (%)
	Plant	Ear	Tassel	Silk				
UPW1	108 b	52 bc	47 bc	48 de	835 e	520 c	62.3 b	40.6 cd
UPW2	108 b	52 bc	50 a	50 bc	786 f	377 d	48.0 d	57.3 a
UPW3	98 c	49 cd	49 ab	51 ab	706 g	340 e	48.2 d	36.7 d
UPW4	97 c	48 d	48 a-c	49 cd	1051 c	565 b	53.8 c	47.0 b
UPW5	82 d	41 e	49 ab	52 a	1274 a	366 de	28.7 f	40.7 cd
UPW6	127 a	60 a	47 bc	47 e	1151 b	518 c	45.0 e	43.7 bc
UPW7	125 a	54 b	46 cd	48 de	1181 b	715 a	60.5 b	53.0 a
W1	100 bc	44 e	44 d	44 f	906 d	714 a	78.8 a	42.8 bc
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD (.05)	5.0	2.0	2.0	2.0	115	51	11.2	5.8
CV (%)	2.14	1.51	1.90	1.50	4.98	4.98	8.93	5.48

*, ** = highly statistically significant difference

มีค่าสูงที่สุด (1,274 กก./ไร่) ขณะที่ผลผลิตปอกเปลือกสายพันธุ์ UPW7 มีค่าสูงที่สุด (715 กก./ไร่) ขณะที่เปอร์เซ็นต์ shelling พบว่าสายพันธุ์ W1 (พันธุ์เปรียบเทียบ) ให้ค่าสูงที่สุดเท่ากับ 78.8% สำหรับเปอร์เซ็นต์การตัดผ่านพบว่า UPW2 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 57.3% (Table 2) **ลักษณะทางการเกษตรและคุณภาพการบริโภค** จากการผสมแบบพบกันหมดได้ลูกผสม 21 คู่ผสม นำมาปลูกประเมินสายพันธุ์ พบว่ามี อะมิโลเพคติน 94-97% ขณะที่วันออกดอกทั้งตัวผู้และตัวเมีย พบว่าอยู่ในช่วง 43-50 และ 43-48 วัน สำหรับผลผลิตทั้งเปลือกและปอกเปลือกคู่ผสมที่มีค่าสูงที่สุดคือ UPW 2x4 (2,127 กก./ไร่ และ UPW, 5x6 (1,523 กก./ไร่) นอกจากนี้คู่ผสมที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ shelling และการตัดผ่านสูงที่สุด

คือ UPW 4x5 เท่ากับ 89.6 และ 60.9 พันธุ์ลูกผสมมีคะแนนลักษณะต้นและลักษณะฝักอยู่ในช่วง 3.0 - 4.3 และ 2.3 - 3.7 ขณะที่ลักษณะความยาวฝักนั้นประกอบด้วย ความยาวฝัก ความกว้างฝัก และความยาวของส่วนที่ติดเมล็ด พบว่าอยู่ในช่วง 13.5 - 16.8, 2.9 - 4.2 และ 11.3 - 15.1 ซม. ตามลำดับ สำหรับคู่ผสมที่มีจำนวนแถวต่อฝัก และจำนวนเมล็ดต่อแถวสูงที่สุดคือ UPW1 x UPW5 และ UPW1 x UPW7 เท่ากับ 15.3 และ 30.1 (Table 5) ขณะที่ความบางของ pericarp ทั้งสองด้าน (germinal และ abgerminal) คู่ผสม UPW2 x UPW3 มีความบางที่สุดทั้งสองด้านเท่ากับ 152.3 และ 135.9 ไมครอน สำหรับคุณภาพการบริโภคประกอบด้วย ความชอบ ความนุ่มและ

Table 3. Biochemical character of 21 hybrids and 1 check variety.

Hybrid	Amylopectin (%)		Sugar (mg/g)	
	Fresh kernel	Dry kernel	Total sugar	Non-reducing sugar
UPW1 x 2	95.7	95.4	57 hi	32.9 fg
UPW1 x 3	96.6	96.1	84.2 b	50.1 ab
UPW1 x 4	97.0	96.4	69.2 f	40.9 cd
UPW1 x 5	96.0	96.2	75.3 cd	50.5 ab
UPW1 x 6	95.0	96.6	86.3 b	45.1 bc
UPW1 x 7	95.7	95.1	64.3 g	31.4 fg
UPW2 x 3	95.9	96.1	55.3 hi	14 h
UPW2 x 4	95.3	96.6	74 de	46.2 bc
UPW2 x 5	94.8	96.1	88.3 ab	46.9 b
UPW2 x 6	94.8	96.1	90.9 a	54.6 a
UPW2 x 7	95.6	96.6	87.7 ab	46.8 b
UPW3 x 4	94.8	96.0	58.9 h	30.4 fg
UPW3 x 5	94.4	96.3	84.4 b	45.8 bc
UPW3 x 6	95.2	96.7	78.9 c	46 bc
UPW3 x 7	95.2	96.5	77.5 cd	38 de
UPW4 x 5	95.9	96.3	57 hi	34.5 ef
UPW4 x 6	95.4	96.5	66.5 fg	39.2 de
UPW4 x 7	95.6	97.4	53.1 i	29.1 g
UPW5 x 6	94.3	96.0	74.5 c-e	49.5 ab
UPW5 x 7	94.6	95.8	66.1 fg	39 de
UPW6 x 7	95.8	95.7	64.3 g	41.2 cd
Big White	94.7	94.3	70.2 ef	38.2 de
F-test	NS	NS	**	**
LSD (.05)	2.9	5.8	12.4	8.7
CV (%)	1.48	2.94	8.33	10.33

NS = non statistically significant difference

** = highly statistically significant difference

Table 4. Agronomic character of 21 hybrids and 1 check variety

Hybrid	Height (cm)		Day to owering (day)		Green weight (kg/rai)	White weight (kg/rai)	Shelling (%)	Cutting (%)
	Plant	Ear	Tassel	Silk				
UPW1 x 2	168 b	74 bc	47 c-e	47 a-d	1286 o	768 o	59.7 ef	54.3 a-d
UPW1 x 3	178 a	75 bc	46 c-e	45 b-e	1406 n	867 m	61.7 d-f	52.9 a-d
UPW1 x 4	145 e-g	78 a-c	46 d-f	45 c-e	1177 p	668 p	56.8 f	49.7 a-d
UPW1 x 5	143 g	80 ab	45 d-f	44 de	2059 b	1448 b	70.3 b-e	55.8 a-d
UPW1 x 6	153 d-f	73 b-d	47 c-e	46 a-d	1433 mn	946 l	66 c-f	54.8 a-d
UPW1 x 7	149 d-g	66 de	43 f	43 e	1505 kl	629 q	41.8 g	51.5 a-d
UPW2 x 3	146 e-g	78 a-c	47 c-e	46 a-d	1380 n	828 n	60 ef	53.6 a-d
UPW2 x 4	158 cd	81 ab	45 d-f	44 de	2127 a	1260 e	59.2 ef	59.5 a
UPW2 x 5	156 d	78 a-c	45 d-f	44 de	1776 g	1123 hi	63.2 d-f	56.5 a-c
UPW2 x 6	152 d-g	70 c-e	45 ef	45 de	1480 lm	663 pq	44.8 g	50.7 a-d
UPW2 x 7	154 de	78 a-c	49 ab	48 a	1917 de	1157 f-h	60.4 ef	60 a
UPW3 x 4	150 d-g	84 a	50 a	47 a-c	1864 ef	1108 i	59.4 ef	56.5 a-c
UPW3 x 5	165 bc	74 bc	49 a-c	48 a	1926 cd	1181 fg	61.3 ef	52.1 a-d
UPW3 x 6	150 d-g	77 a-c	46 c-e	46 a-d	1979 c	1147 gh	58 ef	59.9 a
UPW3 x 7	151 d-g	66 de	46 d-f	47 a-d	1632 h	1034 k	63.4 d-f	57 ab
UPW4 x 5	168 b	78 a-c	46 c-f	45 c-e	1572 ij	1408 c	89.6 a	60.9 a
UPW4 x 6	145 e-g	65 e	45 d-f	44 de	1798 g	1179 fg	65.6 c-f	54.6 a-d
UPW4 x 7	158 cd	84 a	45 d-f	44 de	1552 jk	1072 j	69.1 b-f	36.5 d
UPW5 x 6	144 fg	74 bc	47 c-e	46 a-d	1931 cd	1523 a	78.9 ab	47.7 a-d
UPW5 x 7	144 fg	75 bc	47 c-e	48 ab	1763 g	1187 f	67.3 b-f	37.2 cd
UPW6 x 7	156 d	78 a-c	47 c-e	46 a-d	1820 fg	1352 d	74.3 b-d	38.5 b-d
Big White	150 d-g	74 bc	48b-d	48 ab	1626 hi	1243 e	76.4 bc	46.6 a-d
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD (.05)	5.0	4.0	2.0	2.0	35	58	11.8	5.1
CV (%)	1.45	2.35	2.35	2.28	0.99	2.50	8.94	4.77

** = highly statistically significant difference

Table 5. Plant and ear character of 21 hybrids and 1 check variety.

Hybrid	Plant aspect (1-5)		Ear (cm)			No. row per ear	No. seed per row
	Plant	Ear	Length	Width	Tip		
UPW1 x 2	3.3 bc	3.0	14.4 jk	2.9 e	13.2 e-h	13.1 b-f	27.6 cd
UPW1 x 3	4.3 a	3.3	16.1 c	3.8 a-c	15.1 a	14.7 ab	29.1 a-d
UPW1 x 4	4 a	3.3	15 fg	3.1 c-e	13.2 e-h	14.2 a-c	28.1 a-d
UPW1 x 5	4 a	3.0	14.9 g	3 c-e	13.9 c-f	15.3 a	27.9 b-d
UPW1 x 6	4.3 a	3.0	15.7 d	3 de	14.4 a-c	12.1 d-f	29.6 a-c
UPW1 x 7	4 a	3.7	14.6 hi	3 de	14.1 b-d	12.2 c-f	30.1 a
UPW2 x 3	4.3 a	3.3	14.6 hi	3 c-e	14.5 a-c	13.4 a-f	29.6 a-c
UPW2 x 4	3 c	2.3	14.7 h	3.2 c-e	12.4 h-j	11.5 f	22.5 g
UPW2 x 5	4 a	3.0	14.2 kl	3.4 b-e	12.7 g-i	13.3 a-f	25.1 e
UPW2 x 6	4 a	3.3	13.8 m	3.4 b-e	12.2 ij	13.5 a-f	23.6 e-g
UPW2 x 7	3 c	3.3	15.3 e	3 c-e	12.4 h-j	12.9 b-f	23.5 e-g
UPW3 x 4	3 c	2.3	15.8 d	3.4 b-e	13.1 f-h	13.6 a-e	19.5 i
UPW3 x 5	3 c	2.7	16.7 a	3 de	13.3 d-g	13.8 a-e	23.1 fg
UPW3 x 6	3.7 ab	2.7	16.8 a	4.1 a	14.9 ab	14.3 ab	29.8 ab
UPW3 x 7	3 c	3.0	16.3 b	3.6 a-e	14.1 b-d	13.7 a-e	27.8 b-d
UPW4 x 5	3 c	2.7	14.5 ij	3.3 c-e	12 i-k	14.1 a-d	21.7 gh
UPW4 x 6	3 c	3.3	13.5 n	3.2 c-e	11.3 k	13.9 a-d	20 hi
UPW4 x 7	3.7 ab	3.3	15.1 f	4.2 a	13.7 c-f	13.9 a-d	28.1 a-d
UPW5 x 6	4 a	3.3	14.6 hi	4 ab	13.9 c-f	13.6 a-e	24.8 ef
UPW5 x 7	3 c	3.0	14.2 l	3 c-e	11.7 jk	13.7 a-e	19.6 i
UPW6 x 7	3.7 ab	3.0	16.2 bc	3.7 a-d	13.3 d-g	13.7 a-e	27.1 d
Big White	2 d	3.7	15 fg	3 de	14 c-e	11.7 ef	29.5 a-c
F-test	**	NS	**	**	**	**	**
LSD (.05)	0.4	0.9	1.3	0.6	1.0	0.8	3.9
CV (%)	8.34	19.7	5.21	11.1	4.94	4.04	9.67

NS = non statistically significant difference

** = highly statistically significant difference.

Table 6. Agronomic character and eating quality of 21 hybrids and 1 check variety

Hybrid	Pericarp thickness (micron)		Eating quality		
	Germinal	Abgerminal	Flavor (1-5)	Tenderness (1-5)	Thickness (1-3)
UPW1 x 2	251.2 a	211.2 b-e	3.4 a-c	3.5 a-c	1.9
UPW1 x 3	158.3 jk	166.1 d-j	3.6 a-c	3.8 a-c	1.8
UPW1 x 4	188.9 f-h	144.2 jk	3.5 a-c	3.5 a-c	1.9
UPW1 x 5	203.7 d-f	176.4 f-i	4.1 a	4.1 ab	1.5
UPW1 x 6	169.8 ij	157.5 i-k	3.6 a-c	3.6 a-c	1.9
UPW1 x 7	178.8 hi	156.6 i-k	3.8 ab	3.9 a-c	2.1
UPW2 x 3	152.3 k	135.9 k	3.7 ab	3.8 a-c	1.8
UPW2 x 4	158.5 jk	164.8 h-j	2.8 bc	3.3 a-c	1.8
UPW2 x 5	171.5 ij	156.9 i-k	3 a-c	4 a-c	2.0
UPW2 x 6	191 f-h	246 a	3.3 a-c	3.8 a-c	1.8
UPW2 x 7	209.2 c-e	163.4 h-j	2.5 c	2.8 bc	2.3
UPW3 x 4	173.3 ij	189.4 e-g	2.7 bc	3.6 a-c	2.0
UPW3 x 5	218.2 b-d	187.3 e-h	2.8 bc	3.2 a-c	2.1
UPW3 x 6	195.5 e-g	227.2 ab	4 a	3.7 a-c	2.0
UPW3 x 7	204.5 d-f	223.2 bc	3 a-c	4.2 ab	2.0
UPW4 x 5	221.6 bc	171.6 g-i	2.8 bc	3.5 a-c	2.3
UPW4 x 6	208.7 c-e	217.6 b-d	2.8 bc	3.1 a-c	2.1
UPW4 x 7	158.7 jk	219.7 b-d	3.3 a-c	4.3 a	2.3
UPW5 x 6	190.7 f-h	201.7 c-e	3.2 a-c	4 a-c	2.3
UPW5 x 7	229.9 b	159.8 i-k	3 a-c	2.7 c	2.3
UPW6 x 7	182 g-i	216.8 b-d	3.2 a-c	3.3 a-c	2.3
Big White	247.4 a	197 d-f	2.7 bc	3.4 a-c	1.7
F-test	*	*	**	**	NS
LSD (.05)	51.8	51.6	0.6	0.7	0.5
CV (%)	15.81	15.7	12.99	13.35	16.94

Rating 1 – 5; 1 = poorest and 5 = best for eating quality

NS = non statistically significant difference

* = statistically significant difference

** = high statistically significant difference

ความหนาของ pericarp พบว่า คู่ผสม UPW1 x UPW5, UPW4 x UPW7 และ UPW1 x UPW5 มีคะแนนสูงที่สุดเท่ากับ 4.1, 4.3 และ 1.5 ตามลำดับ (Table 6)

วิเคราะห์สมรรถนะการผสม: จากการผสมแบบพบกันหมดของสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 3 จำนวน 7 สายพันธุ์ตามวิธีของ Griffing's method IV ได้ลูกผสม 21 คู่ผสม เมื่อวิเคราะห์สมรรถนะการรวมตัวในลักษณะของผลผลิตทั้งเปลือกพบว่าคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ UPW2 x UPW4 เท่ากับ 2,127 กก./ไร่ต่ำที่สุดคือ UPW1 x UPW4 เท่ากับ 1,177 กก./ไร่ (Table 7) สอดคล้องกับงานทดลองของพรชัยและคณะ (2552) ที่ได้พัฒนาสายพันธุ์แท้ข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 11 สายพันธุ์ พัฒนาจนได้ลูกผสมจำนวน 30 คู่ผสม พบว่าสายพันธุ์ HJ

ให้ค่า GCA ในลักษณะผลผลิตสูงที่สุดเหมาะสมสำหรับใช้เป็นพันธุ์แม่ และสายพันธุ์ DL และ BW เหมาะสมสำหรับใช้เป็นพันธุ์พ่อ ขณะที่ผลผลิตเปลือกคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ UPW5 x UPW6 เท่ากับ 1,523 กก./ไร่ต่ำที่สุดคือ UPW1 x UPW7 เท่ากับ 629 กก./ไร่ (Table 8) สำหรับสายพันธุ์ที่ให้สมรรถนะการรวมตัวทั่วไปดีที่สุดคือ UPW5 กับทั้งสองลักษณะ (Table 9) ในส่วนของค่า SCA พบว่าคู่ผสมที่ให้ค่าสูงที่สุดคือ UPW4 x UPW2 และ UPW5 x UPW1 ขณะที่ลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ ได้แก่ น้ำหนักฝักมาตรฐานเปอร์เซ็นต์ shelling เปอร์เซ็นต์การตัดฝานเปอร์เซ็นต์อะมิโลเพคติน ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาล non-reducing, ลักษณะต้นและลักษณะฝัก สายพันธุ์ที่ให้ค่า GCA สูงที่สุดคือ

Table 7. Means (above diagonal) and estimates of GCA (diagonal) and estimates of SCA (below diagonal) effects for green weight kg/rai

		Male						
Female	UPW1	UPW2	UPW3	UPW4	UPW5	UPW6	UPW7	
UPW1	-248.69	1286	1406	1177	2059	1433	1505	
UPW2	-121.53	-28.69	1380	2127	1776	1480	1917	
UPW3	-45.73	-291.73	15.51	1864	1926	1979	1632	
UPW4	-255.33	474.67	167.47	-3.89	1572	1798	1552	
UPW5	439.27	-63.73	42.07	-292.53	183.51	1931	1763	
UPW6	-69.53	-242.53	212.27	50.67	-3.73	66.31	1820	
UPW7	52.87	244.87	-84.33	-144.93	-121.33	52.87	15.91	

Table 8. Means (above diagonal) and estimates of GCA (diagonal) and estimates of SCA (below diagonal) effects for white weight kg/rai

Male								
Female	UPW1	UPW2	UPW3	UPW4	UPW5	UPW6	UPW7	
UPW1	-223.26	768	867	668	1448	946	629	
UPW2	46.21	-128.66	828	1260	1123	663	1157	
UPW3	72.03	-61.67	-55.46	1108	1181	1147	1034	
UPW4	-233.07	264.44	39.21	50.54	1408	1179	1072	
UPW5	312.05	-107.65	-122.82	-1.86	285.54	1523	1187	
UPW6	22.02	-355.61	55.23	-18.85	90.22	73.54	1352	
UPW7	-219.21	214.23	18.04	-50.01	-170.01	207.08	-2.26	

Table 9. General combining ability (GCA) effects of seven waxy lines for weights, agronomic and biochemical characters conducted at Experimental Farm of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao

Lines	GW^{1/}	WW	STDW	SH	CT	AP	TS	non-RS	PAS	EAS
	-----kg/rai-----			-----%-----			-----mg/g-----		----(1-5)----	
UPW1	-248.69	-223.26	-15.39	2.36	7.79	-0.06	11.04	8.85	0.10	0.07
UPW2	-28.69	-128.66	-20.77	-0.34	3.56	-0.22	-7.54	-6.49	-0.07	-0.10
UPW3	15.51	-55.46	-129.66	-5.21	-0.37	0.39	3.02	1.22	-0.23	-0.10
UPW4	-3.89	50.54	135.53	3.90	-4.52	-0.31	8.90	5.21	0.02	0.07
UPW5	183.51	285.54	30.29	-0.71	9.13	0.21	-15.41	-8.79	0.18	0.07
UPW6	66.31	73.54	73.58	4.14	2.40	0.43	-19.51	-19.51	0.03	0.19
UPW7	15.91	-2.26	214.41	4.89	2.45	-0.12	-20.26	-20.26	0.36	0.11

^{1/}GW = green weight, WW = white weight, STDW = standard weight, SH = shelling, CT = cutting, AP = amylopectin, TS = total sugar, non-RS = non-reducing sugar, PAS = plant aspect, EAS = ear aspect, Rating 1 - 5; 1 = poorest and 5 = best for eating quality

UPW7, UPW5, UPW6, UPW1, UPW1, UPW7 และ UPW6 ตามลำดับ (Table 9) ซึ่งสอดคล้องกับในรายงานวิจัยที่ว่าสายพันธุ์ที่มีสมรรถนะการรวมตัวสูงในด้านผลผลิตมักที่จะมีลักษณะทางการเกษตรด้านอื่นๆไม่เป็นเช่นนั้นดังรายงานของสุรณีและคณะ (2545) ซึ่งได้พัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเทียนลูกผสมซึ่งจากการทดสอบลูกผสม พบว่า สามารถคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่สายพันธุ์แท้ที่มีค่า GCA สูงที่สุดคือ Kwti# 28 ในขณะที่คู่ผสมที่ให้คะแนนการกักขิมดีที่สุดคือ พันธุ์ Kwtsx 3262 ซึ่งเกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่าง Kwti# 32 และ Kwti# 62

สรุปผลการทดลอง

ในการพัฒนาประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวตามวิธีการปรับปรุงพันธุ์มาตรฐานจำนวน 98 สายพันธุ์ สามารถพัฒนาสายพันธุ์พร้อมกับคัดเลือกลักษณะทางคุณภาพ และลักษณะทางการเกษตรจนได้สายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 3 (S_3) ที่มีศักยภาพสูงจำนวน 7 สายพันธุ์ ประกอบด้วย UPW1, UPW2, UPW3, UPW4, UPW5, UPW6 และ UPW7 โดยที่สายพันธุ์ UPW5 มีสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปดีที่สุดทั้งน้ำหนักผลผลิตทั้งเปลือก และเปลือกต่อไร่ ขณะที่คู่ผสมที่ให้น้ำหนักผลผลิตต่อไร่ดีที่สุดคือ UPW2 x UPW4 เท่ากับ 2,127 กก./ไร่ (น้ำหนักทั้งเปลือก) และ UPW5 x UPW6 เท่ากับ 1,523 กก./ไร่ (น้ำหนักเปลือก) นอกจากนี้คุณภาพในการบริโภค ได้แก่ ความชอบ ความนุ่มและความหนาของ pericarp พบว่า

คู่ผสม UPW1 x UPW5, UPW4 x UPW7 และ UPW1 x 5 มีค่าดีที่สุดเท่ากับ 4.1, 4.3 และ 1.5 ตามลำดับ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และกองบริหารงานวิจัย และประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา ที่สนับสนุนงบประมาณเพื่อให้วิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ สุวรรณธราดล. 2555. กฎหมายและการปรับปรุงพันธุ์พืช. หน้า 48 - 75. ใน: เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช รุ่นที่ 2; วันที่ 21-24 สิงหาคม 2555 ณ ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรวิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม.

บุญฤทธิ์ สิ้นค้างาม วรชมน มงคล อังคนา เพาะนิยมพีระนุช จอมพุก พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และชูศักดิ์ จอมพุก. 2555. การประเมินสมรรถนะการผสมของข้าวโพดข้าวเหนียวโปรตีนคุณภาพ. หน้า 42 ใน: การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 10. วันที่ 24-25 กรกฎาคม 2555 คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.

พรชัย ทาระโคตร กมล เลิศรัตน์ และพลัง สุริหาร.

2552. การทดสอบหาสายพันธุ์พ่อแม่ที่เหมาะสมสำหรับสร้างข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมเดี่ยว. *ว. เกษตร 37* (ฉบับพิเศษ) 37:21 - 26.
- วรศักดิ์ สวณียะ กมล เลิศรัตน์ และพลังสุริหาร.
2555. สมรรถนะการรวมตัวในลักษณะผลผลิตฝักสดของข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้. *ว. เกษตร* (ฉบับพิเศษ) 4: 77-82.
- สุรณี ทองเหลืองยุพาพรรณ จุฑาทองสำราญ ศรีชมพร และอำรงค์ศิลป์ โภธิสูง. 2545. การทดสอบเพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดข้าวเหนียวแปดแถวลูกผสมที่ดีเด่นสำหรับพันธุ์ส่งเสริม. หน้า 585 - 590. ใน : รายงานการประชุมวิชาการ ประจำปี ครั้งที่ 43. วันที่ 1 - 4 กุมภาพันธ์ 2545 สาขาพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Anon. 2010. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, R Development Core Team. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>. Accessed 27 February, 2010.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Australia Biol.* 9: 463-493.
- Juliano, B. O. A. 1971. Simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Sci. Today* 16: 334-340.
- Nelson, O. E. (1979). Inheritance of amino acid content in cereals. Seed protein improvement in cereals and grain legumes. *IAEA* 11: 79-88.