การตอบสนองต่อการคัดเลือกด้วยวิธีแบบวงจรพื้นฐานของผลผลิตในประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวสีส้ม

Response to simple recurrent methods on yields in orange waxy corn population

วทัญญู ขามเกาะ[1], พลัง สุริหาร[1*], กมล เลิศรัตน์[1], ดนุพล เกษไธสง[1] และ คมศร ลมไธสง[2]

Watanyoo Khamkoh[1], Bhalang Suriharn[1*], Kamol Lertrat[1], Danupol Ketthaisong[1] and Khomsorn Lomthaisong[2]

บทคัดย่อ: การปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตในประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวสีส้ม เป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าและเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคข้าวโพดข้าวเหนียว ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการตอบสนองต่อการคัดเลือกต่อการเพิ่มผลผลิต และศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับลักษณะที่ศึกษาในประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวสีส้มที่ผ่านการคัดเลือกแบบวงจรพื้นฐาน จำนวน 2 รอบ และพันธุ์การค้า ทำการปลูกทดสอบ ณ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดอุทัยธานี ในฤดูฝน 2559 ผลการศึกษาพบว่า การคัดเลือกพันธุ์ด้วยวิธีแบบวงจรพื้นฐานสามารถเพิ่มผลผลิตได้ที่จังหวัดอุทัยธานี โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้น 143 กิโลกรัม/ไร่ต่อรอบการคัดเลือก มีน้ำหนักฝัก (14 กรัม/ฝัก/รอบ) และความยาวฝัก (0.012 ซม./รอบ) เพิ่มขึ้น แต่การปลูกทดสอบที่จังหวัดขอนแก่น ไม่มีความก้าวหน้าของการคัดเลือกพันธุ์ในลักษณะผลผลิต และยังพบว่าลักษณะผลผลิตมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับลักษณะน้ำหนักฝักก่อนปอก (0.77**) จากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าวิธีการคัดเลือกแบบวงจรพื้นฐานสามารถเพิ่มผลผลิตในประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวสีส้มได้ ซึ่งประชากรที่ผ่านการปรับปรุงนี้สามารถใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมสำหรับสกัดสายพันธุ์แท้เพื่อสร้างพันธุ์ลูกผสมข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีสีส้มต่อไปได้

คำสำคัญ: *Zea may* L., การปรับปรุงประชากร, แหล่งแคโรทีนอยด์, พันธุ์ผสมเปิด

ABSTRACT: Population improvement for high yield in orange waxy corn is a strategy to add-values and new alternative for waxy corn consumers. The objectives of this study were to evaluate the responses to simple recurrent selection (SRS) 2 cycles and to study correlation between yield and studied traits. These two improved populations with check varieties were evaluated at Khon Kaen and Uthai Thani Provinces, Thailand in the rainy season 2016. The results showed that SRS can increase total yield at Uthai Thani that increasing rate about 143 Kilogram/rai per cycle. Ear weight was also improved by SRS at Uthai Thani (14 g/ear per cycle). Ear length was also increased (0.012 cm per cycle). However, the responses to selection were not found for yield traits at Khon Kaen. Moreover, Yield was positively correlate with un-husk ear weight (0.77**). The results of this study indicated that SRS can be used to increase yield in orange waxy corn population. This improved population could be use as genetic resources for extraction inbred lines for developing orange waxy corn hybrid varieties.

Keywords: *Zea may* L., Population improvement, Carotenoid source, Open-Pollinated varieties

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002
Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Thailand 40002

[2] ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002
Department of Biochemistry, Faculty of Sciences, Khon Kaen University, Thailand 40002

* Corresponding author: bsuriharn@gmail.com

บทนำ

ข้าวโพดข้าวเหนียว (*Zea may* var. *ceratina*) เป็นข้าวโพดรับประทานฝักสดที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากในหลายประเทศของทวีปเอเชีย เมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวมีคุณลักษณะพิเศษเฉพาะตัว ในเอนโดสเปิร์มมีแป้งชนิดอไมโลเพคตินในสูงกว่าแป้งชนิดอะไมโลส ทำให้เมล็ดสดเมื่อต้มหรือนึ่งจะมีลักษณะเหนียวนุ่ม ในประเทศไทยมีพื้นที่ในการปลูกประมาณ 66,250 ไร่ เกษตรกรนิยมปลูกกันมากหลังจากเก็บเกี่ยวข้าว (เกรียงศักดิ์, 2553) ในเขตชลประทาน สร้างเป็นรายได้หลักและรายได้เสริมให้กับเกษตรกรได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ปลูกง่าย ใช้สารเคมีน้อย และราคาดี

ข้าวโพดที่มีสีเหลืองหรือสีส้มนั้น ได้รับการยอมรับว่าเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่สำคัญ (Yang and Zhai, 2010) เนื่องจากเป็นแหล่งอาหารที่ผลิตง่าย และราคาถูก นอกจากนี้ยังมีสารสีส้มที่เป็นรงควัตถุประเภทสารแคโรทีนอยด์ (carotenoid) อยู่สูง คือ บีตา-คริพโตแซนทีน (beta-cryptoxanthin) ซึ่งสารดังกล่าวนี้เป็นโปรวิตามินเอที่เมื่อสัตว์กินเข้าไปแล้ว ร่างกายของสัตว์สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นวิตามินเอที่เป็นประโยชน์ต่อสัตว์ได้ นอกจากนี้ในข้าวโพดหวานพิเศษที่เมล็ดมีสีเหลืองเข้มซึ่งเป็นแหล่งของแคโรทีนอยด์ชนิดลูทีนและซีแซนทีนที่สำคัญ ช่วยต้านอนุมูลอิสระ (Palozza and Krinsky, 1992) สามารถลดความเสี่ยงของการเกิดโรคได้หลายชนิด ช่วยรักษาสุขภาพของดวงตา (Moeller et al., 2000) และยังสามารถช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดมะเร็ง (Andlauer and Furst, 1999) และโรคหลอดเลือดแข็ง (Dwyer, et al., 2001) ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตในประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวสีส้ม น่าจะเป็นอีกทางเลือกของเกษตรกรและเป็นอาหารสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

การปรับปรุงประชากรเป็นการเพิ่มหรือยกระดับลักษณะที่ต้องการของพืชให้เพิ่มขึ้น การเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มความถี่ยีนที่ควบคุมลักษณะที่ดีให้มีค่าสูงขึ้นจะมีผลให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะดังกล่าวสูงขึ้นด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามวิธีการปรับปรุงประชากรเพื่อเพิ่มลักษณะที่ต้องการสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน การคัดเลือกพันธุ์แบบวงจรพื้นฐาน (simple recurrent selection) เป็นวิธีหนึ่งที่ง่าย ใช้เวลาน้อย และมีประสิทธิภาพสูง (กมล, 2536) สามารถเพิ่มผลผลิต (ภานุพงษ์ และคณะ, 2551) และจำนวนฝักคู่ในข้าวโพดข้าวเหนียวได้ (สมพงษ์, 2546) ทำให้วิธีการดังกล่าวเหมาะสำหรับปรับปรุงลักษณะผลผลิตได้ เนื่องจากสามารถคัดเลือกทั้งต้นแม่และพ่อได้ (กมล, 2536) ในงานปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดไร่เพื่อเพิ่มปริมาณสารแคโรทีนอยด์โดยเฉพาะชนิดบีตา-คริพโตแซนทีน โดยใช้วิธีการแบบวงจร S1 ในข้าวโพด 3 ประชากร และปรับปรุงประชากร 3 รอบคัดเลือก พบว่า สามารถเพิ่มปริมาณสารบีตา-คริพโตแซนทีน ได้ทั้ง 3 ประชากรที่ผ่านการปรับปรุง แต่มีเพียงประชากรเดียวที่มีผลผลิตเพิ่มขึ้น (Dhliwayo et al., 2014) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาวิธีการปรับปรุงประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวสีส้มที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิต ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อดูการตอบสนองของการเพิ่มผลผลิตต่อวิธีการคัดเลือกแบบวงจรพื้นฐาน 2 รอบ ประชากรที่ผ่านการปรับปรุงสามารถใช้เป็นพันธุ์ผสมเปิดได้ และสามารถใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการสร้างสายพันธุ์แท้ และสร้างพันธุ์ลูกผสมต่อไปได้

วิธีการศึกษา

การสร้างประชากรพื้นฐาน

ดำเนินการสร้างประชากรเริ่มต้น ในฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2555 ถึงเดือนสิงหาคม 2557 (**Figure 1**) ณ หมวดพืชผัก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เชื้อพันธุกรรมที่ใช้ในการสร้างประชากรพื้นฐาน ประกอบด้วย 5 พันธุ์ คือ KND (พัฒนาจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น), Ki56 (พัฒนาจากศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ), NSW3 (พัฒนาจากศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์), NSX042202 (พัฒนาจากศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์) และ Hibrix53 (พัฒนา

จากบริษัทแปซิฟิคเมล็ดพันธุ์ จำกัด) พันธุ์ KND มีลักษณะเด่น คือ เป็นข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง มีเมล็ดและซังสีดำ ซึ่งมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง พันธุ์ KI56, NWS3 และ NSX042202 เป็นข้าวโพดไร่ มีเมล็ดสีส้มเข้ม มีความทนทานต่อสภาพวะแห้งแล้งได้ดี และต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง ส่วนพันธุ์ Hibrix53 เป็นข้าวโพดหวานพิเศษที่มีเมล็ดสีเหลือง และมีความต้านทานต่อโรคใบไหม้แผลใหญ่ สร้างประชากรข้าวโพดคอมโพสิตจากข้าวโพด 5 ประชากร หลังจากได้ประชากรลูกผสมจากแต่ละกลุ่มแล้ว นำมาผสมพันธุ์กัน และในฤดูถัดไปปล่อยให้ผสมกันแบบสุ่ม และคัดเลือกฝักที่มีเมล็ดสีเหลืองเข้มถึงสีส้มที่เป็นข้าวโพดข้าวเหนียว โดยใช้ potassium iodide หยดที่เมล็ด เมล็ดที่เป็นข้าวโพดข้าวเหนียวแป้งจะเป็นสีแดง หากเป็นเมล็ดข้าวโพดไร่แป้งในเมล็ดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม นำเมล็ดที่คัดเลือกนี้ไปผสมกันแบบสุ่มอีกหนึ่งฤดู เก็บเมล็ดพันธุ์รวมกัน เรียกประชากรนี้ว่า ประชากรพื้นฐาน (C0)

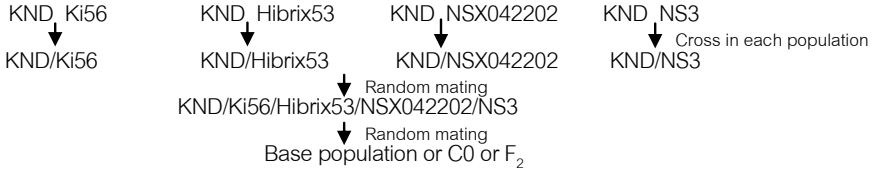

Figure 1 Base population development

การปรับปรุงประชากร

นำประชากร C0 ไปคัดเลือกต่อโดยวิธีการแบบวงจรพื้นฐาน (Simple Recurrent Selection; SRS) (**Figure 2**) โดยนำ C_0 ไปปลูกแบบฝักต่อแถว ในแต่ละรอบการคัดเลือกใช้เวลา 2 ฤดู โดยในแต่ละรอบเข้าคัดเลือก 4 ระยะ คือ ระยะก่อนออกดอก ระยะผสมเกสร ระยะเก็บเกี่ยว และระยะเมล็ดแห้ง ในฤดูที่ 1 ทำการผสมตัวเอง (self) ในต้นที่คัดเลือก จากนั้นนำไปเมล็ดไปปลูกในฤดูที่ 2 ปล่อยให้ผสมกันแบบสุ่ม เก็บเมล็ดพันธุ์รวมกันได้ประชากรที่ผ่านการคัดเลือกรอบที่ 1 (C1) ทำการคัดเช่นเดียวกันอีก 1 รอบ หรือ 2 ฤดู ได้ประชากรที่ผ่านการคัดเลือกรอบที่ 2 (C2) โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกต้นที่สำคัญ คือ เมล็ดสีส้มเข้ม เมล็ดมีการเรียงตัวของแถวดี ฝักใหญ่ ลำต้นแข็งแรง ใบสีเขียวเข้ม และมีลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ ที่ดี

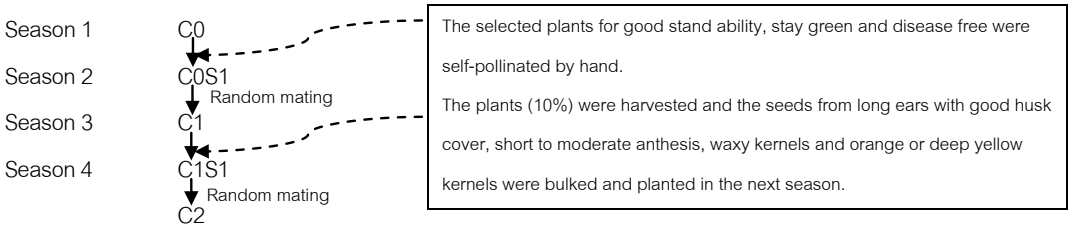

Figure 2 Population improvement of orange waxy corn

การทดลองเปรียบเทียบประชากร

นำประชากรพื้นฐาน (C0) และประชากรที่ผ่านการคัดเลือก 2 ประชากร (C1 และ C2) ทดสอบร่วมกับพันธุ์การค้า Sugar75 Hibrix3 และ Pacific 339 รวมเป็น 6 ทรีทเมนต์ ทดสอบใน 2 สถานที่ คือ จังหวัดขอนแก่น และอุทัยธานี วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละหน่วยทดลองปลูก 6 แถวๆ ละ 5 เมตร ระยะปลูก 75 × 25 เซนติเมตร หนึ่งแปลงย่อยมีประมาณ 120 ต้น เก็บเกี่ยวผลผลิตฝักสดหลังผสม

เกสร 18-20 วัน จากสองแถวกลาง ไม่รวมต้นหัวและท้าย เก็บเกี่ยว ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา 30 วันหลังผสมเกสร ในสองแถวถัดไป ไม่รวมต้นหัวและท้าย บันทึกข้อมูลลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร จำนวน 14 ลักษณะ ได้แก่ อายุออกไหม อายุออกดอก ความสูงต้น ความสูงฝักผลผลิตทั้งหมด น้ำหนักฝักก่อนปอก น้ำหนักฝักหลังปอกที่ระยะสดและแห้ง ความยาวฝัก ความกว้างฝัก และน้ำหนักเมล็ดที่ระยะสดและแห้ง

วิเคราะห์ความแปรปรวนของทุกลักษณะ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความก้าวหน้าของการคัดเลือกพันธุ์แต่ละวิธีการโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression) คำนวณหาความชัน (slope; b) และทดสอบค่า b แตกต่างกับศูนย์ โดยใช้ t-test (Gomez and Gomez, 1989)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สถานที่ที่แตกต่างกัน ทำให้ทุกลักษณะที่ศึกษามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) ยกเว้น เปอร์เซ็นต์กะเทาะระยะแห้ง และอายุออกไหม (**Table 1 and 2**)

พันธุกรรม (ประชากร C0, C1 และ C2 และพันธุ์ทดสอบ 3 พันธุ์) ที่ต่างกัน ทำให้ทุกลักษณะมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) ยกเว้นในเปอร์เซ็นต์กะเทาะระยะสด (**Table 1 and 2**)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสถานที่กับรอบการคัดเลือกและพันธุ์การค้ากับสถานที่ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) ในลักษณะผลผลิตสด น้ำหนักฝักก่อนปอกสด เปอร์เซ็นต์กะเทาะระยะสด (**Table 1**) ความกว้างฝัก วันออกดอก และวันออกไหม (**Table 2**) ส่วนลักษณะอื่นๆ ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน

การตอบสนองต่อการคัดเลือกพันธุ์ของลักษณะต่างๆ ในประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวสีส้มที่ผ่านการคัดเลือก 2 รอบ ในลักษณะผลผลิตฝักสด พบว่า การทดสอบที่จังหวัดอุทัยธานี มีความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์ เท่ากับ 143 กิโลกรัม/ไร่ (**Table 3**) ประชากร C2 ให้ผลผลิต (902 กิโลกรัม/ไร่) สูงกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับประชากร C0 (617 กิโลกรัม/ไร่) ไม่แตกต่างกับพันธุ์ Sugar75 (987 กิโลกรัม/ไร่) แต่ประชากร C2 ให้ผลผลิตต่ำและแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ Hibrix3 (1,458 กิโลกรัม/ไร่) และ PAC339 (1,628 กิโลกรัม/ไร่) ชี้ให้เห็นว่าวิธีการคัดเลือกพันธุ์แบบ SRS สามารถเพิ่มผลผลิตได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของภาณุพงษ์และคณะ (2556) ที่ใช้วิธีการคัดเลือกแบบ SRS เพื่อปรับปรุงประชากรข้าวโพดข้าวเหนียว 3 รอบ พบว่าสามารถใช้ในการเพิ่มผลผลิตได้ อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ทำการปรับปรุงประชากรเพียง 2 รอบ เท่านั้น ทำให้อัตราการเพิ่มไม่สูงมากนัก แต่มีแนวโน้มจะเพิ่มผลผลิตได้ในรอบที่ 3 ดังนั้นจึงควรมีการคัดเลือกเพิ่มอีก 1-2 รอบ และควรใช้วิธีการที่มีทดสอบลูก คือ S1 Recurrent Selection (S1RS) หรือวิธีการแบบ S2 progeny น่าจะสามารถทำให้มีความก้าวหน้าในการคัดเลือกเพิ่มมากยิ่งขึ้น โดย Dhliwayo et al. (2014) ใช้วิธีการคัดเลือกแบบ S1RS ในการปรับปรุงประชากรข้าวโพดไร่เพื่อผลผลิตและปริมาณแคโรทีนอยด์ใน 3 ประชากรๆ ละ 3 รอบ พบว่าวิธี S1RS สามารถเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ได้ทั้ง 3 ประชากร แต่เพิ่มผลผลิตได้ 2 ประชากร ส่วน Weyhrich et al. (1998) ได้แนะนำว่า วิธี S2 progeny selection สามารถเพิ่มผลผลิตเมล็ดข้าวโพดไร่ได้ 4.5 เปอร์เซ็นต์/รอบ

ส่วนการทดสอบที่จังหวัดขอนแก่นนั้น พบว่า ไม่มีความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์ โดยประชากร C2 มีผลผลิตฝักสด (1,297 กิโลกรัม/ไร่) ไม่แตกต่างทางสถิติกับประชากร C0 (1,182 กิโลกรัม/ไร่) (**Table 3**) และ ให้ผลผลิตเทียบเท่ากับพันธุ์ Sugar75 (1,414 กิโลกรัม/ไร่) และ Hibrix3 (1,411 กิโลกรัม/ไร่) แต่ ให้ผลผลิตต่ำกว่าและแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ PAC339 (1,917 กิโลกรัม/ไร่) จะเห็นได้ว่าการทดสอบที่จังหวัดขอนแก่น วิธีการ SRS ไม่มีความก้าวหน้าของการ

คัดเลือกพันธุ์ในลักษณะผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับประกาศิต และคณะ (2560) ที่ใช้วิธีการคัดเลือกแบบ SRS ปรับปรุงประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง จำนวน 2 รอบ พบว่า วิธีการดังกล่าวนี้ไม่สามารถเพื่อเพิ่มผลผลิตและขนาดเมล็ดได้ เห็นได้ว่าการทดสอบที่จังหวัดอุทัยธานีมีความก้าวหน้าของการคัดเลือกพันธุ์ แต่ที่จังหวัดขอนแก่นไม่มีความก้าวหน้า ถึงแม้ว่าจังหวัดขอนแก่นจะเป็นที่ปรับปรุงประชากรทั้ง 2 รอบ ซึ่งน่าจะอธิบายได้จากปฏิสัมพันธ์ระหว่างประชากรและสถานที่ นอกจากนี้ประชากรที่ศึกษามีการปรับปรุงประชากรเพียง 2 รอบเท่านั้น หากมี 3 หรือ 4 รอบ น่าจะเห็นความก้าวหน้าได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น แต่ประชากรที่ผ่านการคัดเลือกในรอบที่สองของการศึกษานี้ เมล็ดมีสีเหลืองส้มเข้ม มีความถี่ของต้นที่ฝักมีเมล็ดสีส้มมากกว่าประชากรเริ่มต้น และมีสีเมล็ดใกล้เคียงกันกับเมล็ดข้าวโพดหวานพิเศษและข้าวโพดไร่ (Data not showed)

ในลักษณะน้ำหนักฝักสดก่อนปอก การทดสอบที่จังหวัดอุทัยธานี มีความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์เท่ากับ 14 กรัม/ฝัก (Table 3) ประชากร C2 มีน้ำหนักฝักสด (235 กรัม/ฝัก) สูงกว่าและมีความแตกต่างทางสถิติกับประชากร C0 (208 กรัม/ฝัก) แต่ มีน้ำหนักฝักสดก่อนปอกต่ำกว่าและแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ PAC339 (350 กรัม/ฝัก) Hibrix3 (303 กรัม/ฝัก) และ Sugar75 (262 กรัม/ฝัก) ส่วนการทดสอบที่จังหวัดขอนแก่นนั้น พบว่า ไม่มีความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์ โดยประชากร C2 มีน้ำหนักฝักสดก่อนปอก (288 กรัม/ฝัก) ไม่แตกต่างทางสถิติกับประชากร C0 (294 กรัม/ฝัก) แต่ มีน้ำหนักฝักก่อนปอกต่ำกว่าพันธุ์ Hibrix3 (415 กรัม/ฝัก) PAC339 (347 กรัม/ฝัก) และพันธุ์ Sugar75 (332 กรัม/ฝัก) สำหรับน้ำหนักฝักสดของข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมของข้าวโพดไร่และข้าวโพดหวานที่สูงกว่าประชากรที่ผ่านการปรับปรุงนั้น สามารถอธิบายได้ด้วยปรากฏการณ์ของความดีเด่นของลูกผสมเหนือแม่และพ่อ หรือ hybrid vigor หรือ heterosis นั่นเอง

น้ำหนักฝักหลังปอกในระยะสดและแห้ง พบว่าไม่มีความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์ โดยประชากร C0 (Table 3) มีน้ำหนักฝักสดหลังปอก (177 กรัม/ฝัก) ไม่แตกต่างกับ C0 (154 กรัม/ฝัก) โดยมีน้ำหนักฝักสดหลังปอกเท่ากับพันธุ์ PAC339 (181 กรัม/ฝัก) แต่ต่ำกว่าพันธุ์ Hibrix3 (250 กรัม/ฝัก) และ Sugar75 (221 กรัม/ฝัก)

น้ำหนักฝักแห้งหลังปอก พบว่า ไม่มีความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์โดยประชากร C2 มีน้ำหนักฝักแห้งหลังปอก (138 กรัม/ฝัก) สูงกว่าประชากร C0 (118 กรัม/ฝัก) (Table 3) และมีน้ำหนักฝักแห้งหลังปอกมากกว่าพันธุ์ Sugar75 (65 กรัม/ฝัก) และ Hibrix3 (88 กรัม/ฝัก) แต่น้อยกว่าพันธุ์ PAC339 (174 กรัม/ฝัก)

ในลักษณะน้ำหนักเมล็ดสดพบว่า ไม่มีความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์ ประชากร C2 มีน้ำหนัก (101.9 กรัม/ฝัก) สูงกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับประชากร C0 (92.6 กรัม/ฝัก) (Table 3) และประชากร C2 มีน้ำหนักเมล็ดไม่แตกต่างกับ PAC339 (109.6 กรัม/ฝัก) แต่มีน้ำหนักเมล็ดน้อยกว่าพันธุ์ Hibrix3 (155.4 กรัม/ฝัก) และ Sugar75 (133.2 กรัม/ฝัก) น้ำหนักเมล็ดแห้ง พบว่าไม่มีความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์ โดยประชากร C2 มีน้ำหนักเมล็ดแห้ง (116.5 กรัม/ฝัก) สูงกว่าและแตกต่างทางสถิติกับประชากร C0 (101.0 กรัม/ฝัก) และมีน้ำหนักเมล็ดแห้งน้อยกว่าพันธุ์ PAC339 (152.8 กรัม/ฝัก) แต่มีน้ำหนักเมล็ดแห้งมากกว่าพันธุ์ Hibrix3 (69.4 กรัม/ฝัก) และพันธุ์ Sugar75 (42.9 กรัม/ฝัก)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะในระยะสด ที่ทดสอบณ จังหวัดขอนแก่น พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนที่จังหวัดอุทัยธานี ประชากร C2 มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดสดต่อซังสด (50%) ไม่แตกต่างทางสถิติกับประชากร C0 (51%) (Table 3) แต่ประชากร C2 มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะระยะสดน้อยกว่า พันธุ์ Hibrix3 (62%) พันธุ์ Sugar75 (56%) และ พันธุ์ PAC339 (56%)

น้ำหนักกะเทาะระยะแห้ง ประชากร C2 มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะในระยะแห้ง (85%)

ไม่แตกต่างทางสถิติกับประชากร C0 (85%) (**Table 3**) และประชากร C2 ยังมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดต่อซังแห้งมากกว่าพันธุ์ Sugar75 (66%) และ Hibrix3 (78%) และมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดต่อซังแห้งเท่ากับพันธุ์ PAC339 (87%)

ลักษณะความยาวฝัก พบว่ามีความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์ เท่ากับ 0.012 ซม. ต่อรอบการคัดเลือก (**Table 4**) โดยประชากร C2 มีความยาวฝัก (17.9 เซนติเมตร) มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับประชากร C0 (16.7 เซนติเมตร) แต่ มีความยาวฝักน้อยกว่าและแตกต่างทางสถิติพันธุ์ Hibrix3 (18.7 เซนติเมตร) และพันธุ์ Sugar75 (18.7 เซนติเมตร) มีความยาวฝักเท่ากับพันธุ์ PAC339 (17.8 เซนติเมตร) ส่วนลักษณะความกว้างฝักพบว่า การทดสอบที่จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดอุทัยธานีไม่มีความก้าวหน้าในการคักเลือกพันธุ์ การทดสอบที่จังหวัดขอนแก่น พบว่า ประชากร C2 มีความกว้างฝัก (4.6 เซนติเมตร) มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับประชากร C0 (4.2 เซนติเมตร) (**Table 4**) แต่มีความกว้างฝักน้อยกว่าและแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ Hibrix3 (5.4 เซนติเมตร) มีความกว้างฝักไม่แตกต่างกับพันธุ์ Sugar75 (4.7 เซนติเมตร) แต่มีความกว้างฝักมากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ PAC339 (4.1 เซนติเมตร) ส่วนการทดสอบที่จังหวัดอุทัยธานี พบว่าประชากร C2 มีความกว้างฝัก (4.3 เซนติเมตร) มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับประชากร C0 (3.9 เซนติเมตร) มีความกว้างฝักน้อยกว่าและแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ Hibrix3 (4.8 เซนติเมตร) และมีความกว้างฝักไม่แตกต่างกับพันธุ์ Sugar75 (4.3 เซนติเมตร) และ PAC339 (4.2 เซนติเมตร)

ในลักษณะความสูงต้น พบว่า ประชากร C2 มีความสูงต้น (229 เซนติเมตร) ไม่แตกต่างกับประชากร C0 (227 เซนติเมตร) (**Table 4**) แต่มีความสูงมากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ PAC339 (215 เซนติเมตร) Hibrix3 (209 เซนติเมตร) และ Sugar75 (201 เซนติเมตร) ส่วนลักษณะความสูงฝักพบว่า ประชากร C2 มีความสูงฝัก (131 เซนติเมตร) ไม่แตกต่างทางสถิติกับประชากร C0 (129 เซนติเมตร) (**Table 4**) แต่มีความสูงฝักมากกว่าและแตกต่างทางสถิติพันธุ์ Hibrix3 (128 เซนติเมตร) PAC339 (120 เซนติเมตร) และ Sugar75 (85 เซนติเมตร)

ในลักษณะอายุออกไหม ทำการทดสอบที่จังหวัดขอนแก่น พบว่า ประชากร C2 มีอายุออกไหม (46 วัน) น้อยกว่าประชากร C0 (49 วัน) และมีอายุการออกไหมยาวกว่าพันธุ์ Hibrix3 (45 วัน) มีอายุออกไหมเท่ากับพันธุ์ Sugar75 (47 วัน) และมีอายุออกไหมสั้นกว่าพันธุ์ PAC339 (47 วัน) ส่วนการทดสอบที่จังหวัดอุทัยธานี พบว่า ประชากร C2 มีอายุการออกไหม (46 วัน) ไม่แตกต่างกับประชากร C0 (47 วัน) และมีอายุออกไหมเท่ากับพันธุ์ PAC339 (47 วัน) และพันธุ์ Sugar75 (47 วัน) แต่มีอายุออกไหมยาวกว่าพันธุ์ Hibrix3 (45 วัน)

ส่วนลักษณะอายุการออกดอก การทดสอบที่จังหวัดขอนแก่น พบว่า ประชากร C2 มีอายุการออกดอก (47 วัน) สั้นกว่าและแตกต่างทางสถิติกับประชากร C0 (50 วัน) (**Table 4**) และยังมีอายุการออกดอกสั้นกว่าพันธุ์ PAC339 (49 วัน) มีอายุการออกดอกเท่ากันกับพันธุ์ Sugar75 (47 วัน) และมีอายุการออกดอกยาวกว่าพันธุ์ Hibrix3 (45 วัน) ส่วนที่จังหวัดอุทัยธานีพบว่า ประชากร C2 มีอายุการออกดอก (47 วัน) เท่ากับประชากร C0 (47 วัน) และมีอายุการออกดอกเท่ากับพันธุ์ Sugar75 (46 วัน) และพันธุ์ PAC339 (47 วัน) แต่มีอายุออกดอกยาวกว่าพันธุ์ Hibrix3 (45 วัน)

การศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิตทั้งหมด พบว่า มีสหสัมพันธ์เชิงบวกที่สูงกับลักษณะน้ำหนักฝักก่อนปอก (0.77**) มีสหสัมพันธ์ปานกลางกับลักษณะน้ำหนักฝักหลังปอก (0.49**) น้ำหนักเมล็ดสด (0.59**) เปอร์เซ็นต์กะเทาะฝักแห้ง (0.64**) (**Table 3**) และความยาวฝัก (0.54**) (**Table 4**)

Table 1 Mean squares for yields across two locations at Khon Kaen and Uthai Thani in the rainy season 2016.

SOV	d.f.	Yield (kg/rai)	Ear weight (g/ear)			Kernel weight (g/ear)		Shelling (%)	
			Un-	Husk					
		Fresh	Fresh	Fresh	Dry	Fresh	Dry	Fresh	Dry
Location	1	1,576,875**	49,730**	20,543**	2,523**	19,320**	1,850**	954**	7ns
Rep./L	6	13,028ns	268ns	121ns	70ns	58ns	65ns	22ns	13ns
Genotype	5	794,115**	18,436**	11,136**	11,830**	5,077**	11,653**	29ns	509**
G×L	5	100,930**	3,015**	486ns	366ns	121ns	234ns	91**	9ns
Error(b)	30	14,358	288	197	245	58	164	14	13
C.V. (a)		9.2	5.5	5.8	7.1	6.7	8.2	7.8	4.5
C.V. (b)		9.7	5.7	7.4	13.2	6.7	13.1	6.3	4.5

ns: non-significant, * significant at P ≤ 0.05, ** significant at P ≤ 0.01

Table 2 Mean squares for yield components and agronomic traits across two locations at Khon Kaen and Uthai Thani in the rainy season 2016.

SOV	Ear		Height		Days to	
	Length	Diameter	Plant	Ear	Silk	Tassel
Location (L)	33.2**	1.05**	16,800**	14,111**	0.1ns	13.0**
Replication (R)	0.4ns	0.01ns	498ns	487ns	2.0ns	1.8ns
Rep./L (a)	0.2	0.01	118	91	0.5	0.3
Genotype (G)	5.0**	1.15**	1,037**	2,598**	12.9**	12.4**
GxL	0.7ns	0.08**	22ns	61ns	2.6**	2.7**
Error (b)	0.3	0.02	23	25	0.4	0.5
C.V. (a) (%)	2.3	2.2	5.0	7.9	1.5	1.2
C.V. (b) (%)	3.3	3.1	2.2	4.1	1.4	1.5

ns: non-significant, * significant at P ≤ 0.05, ** significant at P ≤ 0.01

Table 3 Comparison yields of improved populations (C0 to C2) with commercial varieties.

	Yield (kg/rai)		Ear weight (g/ear)				Kernel weight (g/ear)		Shelling (%)		
			Un-husk		Husked						
	Fresh		Fresh		Fresh	Dry	Fresh	Dry	Fresh		Dry
	KK	UT	KK	UT					KK	UT	
Cycles											
C0	1,182 c	617 e	294 c	208 e	154 d	118 c	92.6 d	101.0 c	69	51 c	85 ab
C1	1,319 bc	774 d	290 c	222 de	162 de	128 bc	92.4 d	106.8 bc	58	56 b	83 b
C2	1,297 bc	902 cd	288 c	235 d	177 cd	138 b	101.9 c	116.5 b	64	50 c	85 ab
b	-	143*	-	14*	-	-	-	-	-	-0.13	-
Sugar75	1,414 b	987 c	332 b	262 c	221 b	65 e	133.2 b	42.9 e	64	56 b	66 d
Hibrix3	1,411 b	1,458 b	415 a	303 b	250 a	88 d	155.4 a	69.4 d	62	62 a	78 c
PAC339	1,917 a	1,628 a	347 b	350 a	181 c	174 a	109.6 c	152.8 a	65	56 b	87 a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**
C.V. (%)	9.6	9.5	6.0	5.3	8.1	13.65	7.17	13.4	7.2	4.8	4.4
r^2	-		0.77**		0.49**	0.33ns	0.59**	0.31ns	0.52**		0.64**

ns: non-significant, * significant at P ≤ 0.05, ** significant at P ≤ 0.01

KK is Khon Kaen and UT is Uthai Thani

b = response to selection

r^2 was calculated between yield vs other traits

Table 4 Comparison yield components and agronomic traits of simple recurrent selection (SRS) with commercial varieties.

	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)		Height (cm)		Day to silk		Day to tassel	
		KK	UT	Plant	Ear	KK	UT	KK	UT
Cycles									
C0	16.7 c	4.2 de	3.9 c	227 a	129 a	49 a	47 ab	50 a	47 a
C1	17.4 b	4.4 cd	4.2 b	227 a	130 a	47 bc	47 abc	48 bc	47 a
C2	17.9 b	4.6 bc	4.3 b	229 a	131 a	46 c	46 bc	47 c	47 a
b	0.012*	0.16	0.18	-	-	-1.5	-	-1.38	-
Sugar75	18.7 a	4.7 b	4.3 b	201 d	85 c	47 bc	46 c	47 c	46 b
Hibrix3	18.7 a	5.4 a	4.8 a	209 c	128 a	44 d	45 d	45 d	45 c
PAC339	17.8 b	4.1 e	4.2 b	215 b	120 b	47 b	47 a	49 ab	47 a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	3.6	3.3	3.0	2.18	4.6	1.7	1.1	1.8	1.0
r^2	0.54**	0.30ns		-0.59**	-0.44**	-0.08ns		0.12ns	

ns: non-significant, * significant at P ≤ 0.05, ** significant at P ≤ 0.01
KK is Khon Kaan and UT is Uthai thani
b = response to selection
r^2 was calculated between yield vs other traits

สรุป

การคัดเลือกพันธุ์แบบวงจรพื้นฐาน จำนวน 2 รอบ สามารถเพิ่มผลผลิตทั้งหมดและน้ำหนักฝักได้ในที่จังหวัดอุทัยธานี แต่ส่วนในจังหวัดขอนแก่นนั้นไม่มีการตอบสนองต่อการคัดเลือก ดังนั้นควรจะเพิ่มรอบของการคัดเลือกให้มากขึ้น หรือเลือกใช้วิธีการคัดเลือกแบบ S_1RS และ S_2 progeny selection เพื่อเพิ่มผลผลิตของประชากร อย่างไรก็ตามประชากรที่ผ่านการคัดเลือกนี้เป็นประชากรข้าวโพดข้าวสีส้มสามารถใช้ประโยชน์ในด้านอาหารสุขภาพ หรือเป็นแหล่งเชื้อพันธุกรรมการสกัดสายพันธุ์แท้เพื่อในการสร้างข้าวโพดข้าวเหนียวสีส้มลูกผสมได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นในการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กมล เลิศรัตน์. 2536. การปรับปรุงพันธุ์พืชผสมข้าม. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

เกรียงศักดิ์ สุวรรณธราดล. 2553. Seed business development and management. เอกสารประกอบสัมมนาวิชาการเรื่อง Plant breeding for commercial organization. ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ภานุพงษ์ ลาขันธ์, กมล เลิศรัตน์ และพลัง สุริหาร. 2551. การเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงประชากรข้าวโพดข้าวเหนียว. แก่นเกษตร. 36(ฉบับพิเศษ): 26-32.

ประกาศิต ดวงพาเพ็ง, พลัง สุริหาร และกมล เลิศรัตน์. 2560. การตอบสนองต่อการคัดเลือก 2 วิธีการของลักษณะขนาดเมล็ดในประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. แก่นเกษตร. 43(4): 635-642.

สมพงษ์ ไมล์หรือ. 2546. การตอบสนองต่อการคัดเลือกพันธุ์แบบ Simple Recurrent Selection จำนวน 3 รอบในการปรับปรุงเพื่อจำนวนต้นที่มีฝักดูในประชากรข้าวโพดหวานพิเศษพันธุ์ข้าวเหนียวหวานขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Andlauer, W. and P. Furst 1999. Does cereal reduce the risk of cancer?. Cereal Food World. 44: 76-78.

Dhliwayo, T., N. Palacios-Rojas, J. Crossa, and K. V. Pixley. 2014. Effects of S1 recurrent selection for provitamin a carotenoid content for three open-pollinated maize cultivars. Crop Sci. 54: 2449-2460.

Dwyer, J. H., M. Navab, K. M. Dwyer, K. Hassan, P. Sun, A. Shircore, S. Hama-Levy, G. Hough, X. Wang, T. Drake, N. B. Merz, and A. M. Fogelman. 2001. Oxygenated carotenoid lutein and progression of early atherosclerosis: The Los Angeles Atherosclerosis Study. Circulation. 103: 2922-7.

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

Palozza, P., and N. I. Krinsky. 1992. Antioxidant effects of carotenoids in vivo and in vitro: an overview. Meth. Enzymol. 213: 403-452.

Weyhrich, R. A., K. R. Lamkey, and A. R. Hallauer. 1998. Responses to seven methods of recurrent selection in the BS11 maize population. Crop Sci. 38: 308-321.

Yang, Z., and W. Zhai. 2010. Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L.). Innov. Food Sci. & Emerg. Technol. 11: 169-176.