การคัดเลือกพันธุ์แบบหมู่ประยุกต์จำนวน 4 รอบ เพื่อเพิ่มลักษณะฝักดกในประชากรข้าวโพดเทียนสีม่วง

Four cycles of modified mass selection for prolificacy in purple small ear waxy corn population

ภราดร อุปพงษ์[1], กมล เลิศรัตน์[1] และ พลัง สุริหาร[1*]

Paradorn Upapong[1], Kamol Lertrat[1] and Bhalang Suriharn[1*]

บทคัดย่อ: การปรับปรุงประชากรข้าวโพดเทียนสีม่วงเพื่อเพิ่มจำนวนฝัก/ต้น (2-3 ฝัก/ต้น) เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มผลผลิตและมูลค่าของพันธุ์พืช ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินการตอบสนองของการคัดเลือกพันธุ์แบบหมู่ประยุกต์ จำนวน 4 รอบ ในลักษณะฝักดกและผลผลิต ภายใต้ความหนาแน่นของประชากรสูง 16,000 ต้น/ไร่ โดยเปรียบเทียบประชากรพื้นฐาน (M_0) ประชากรที่ผ่านการคัดเลือก (M_1, M_2, M_3 และ M_4) ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ คือ พันธุ์เทียนเหลืองขอนแก่น เทียนลาย 52 และข้าวโพดข้าวเหนียวข้าวก่ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 2 สถานที่ ในฤดูแล้งปี 2558/2559 ณ หมวดพืชผัก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และแปลงเกษตรกร จังหวัดอุทัยธานี ผลการทดลอง พบว่า การทดสอบที่จังหวัดขอนแก่นและอุทัยธานี ไม่พบการตอบสนองต่อการคัดเลือกของลักษณะจำนวนฝัก/ต้น (b=0.02^{ns} และ 0.01^{ns} ฝัก/ต้น ตามลำดับ) แต่ประชากรในรอบ M_4 มีจำนวนฝัก/ต้นเพิ่มขึ้นจาก M_0 คิดเป็น 4.63 และ 0.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประชากรในรอบ M_4 มีค่าเฉลี่ยจำนวนฝัก/ต้น น้อยกว่าพันธุ์เทียนเหลืองขอนแก่น และเทียนลาย 52 แต่มีค่าเฉลี่ยของผลผลิตก่อนปอกเปลือก ผลผลิตหลังปอกเปลือก น้ำหนักฝักดีก่อนปอกเปลือก และน้ำหนักฝักดีหลังปอกเปลือกสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ ดังนั้น ประชากรที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์สามารถเผยแพร่เป็นข้าวโพดเทียนสีม่วงพันธุ์ใหม่ ที่มีเมล็ด ไหม และซังสีม่วง และสามารถใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการสกัดสายพันธุ์แท้ และสร้างพันธุ์ลูกผสมข้าวโพดเทียนสีม่วงต่อไปได้ นอกจากนี้ ประชากรที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์นี้ สามารถนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ

คำสำคัญ: *Zea mays* var. *certain*, แอนโทไซยานิน, การปรับปรุงประชากร, ความก้าวหน้าการคัดเลือก

ABSTRACT: Population improvement of purple small ear waxy corn for prolificacy is a method of strategy to increase yield and value per area. The objective of this study was to evaluate the response to four cycles of modified mass selection for prolificacy in a purple small ear waxy corn population at high population densities (16,000 plants rai^{-1}). Base population (M_0) and four improved populations (M_1,M_2,M_3 and M_4) and three commercial check varieties were evaluated in RCBD with four replications during the dry season 2015/16 at Vegetable Research Station, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University (KKU) and Farmer Field, Uthai Thani province (UT). The selection method was not significantly improve number of ears per plant at both locations (b=0.02^{ns} and 0.01^{ns}, respectively), nevertheless M_4 population gave 4.63 (KKU) and 0.79 (UT) percent increase compared to M_0 population. Although M_4 population showed lower number of ear per plant than commercial check v. they had the higher un-husked ear weight, husked ear weight, best un-husked ear weight, and best husked ear weight than commercial check v. Therefore, population improved in cycle 4 (M_4) can be used as open-pollinated cultivar and as genetic resources for extraction inbred lines for development of prolificacy purple small ear waxy corn hybrid varieties. Moreover, this improved population can be used for development of health food products.

Keywords: *Zea mays* var. *ceratina*, anthocyanin, improved population, response to selection

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Department of plant science and agricultural resource, Faculty of Agriculture, Khon Kaen university, Khon Kaen 40002, Thailand

* Corresponding author: bsuriharn@gmail.com

บทนำ

ข้าวโพดเทียน (small ear waxy corn) เป็นข้าวโพดรับประทานฝักสดที่จัดอยู่ในกลุ่มข้าวโพดข้าวเหนียว (กรมวิชาการเกษตร, 2539) ฝักมีขนาดเล็ก ติดฝัก 1-3 ฝัก/ต้น รสชาติดี เมล็ดมีความเหนียวนุ่มและหวานเล็กน้อย อายุเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 55-60 วันหลังปลูก นิยมผลิตและบริโภคในทวีปเอเชีย เช่น จีน เวียดนาม เกาหลี ไต้หวัน พม่า ลาว และไทย เป็นต้น เนื่องจากมีคุณภาพการรับประทานดี ฝักขนาดเล็กรับประทานง่าย สะดวกในการปรุงอาหารและบรรจุหีบห่อรวมทั้ง มีความหลากหลายของรูปทรงฝักและสีเมล็ด ได้แก่ สีเหลือง ขาว และม่วง สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี (ดนุพล และคณะ, 2552) ข้าวโพดสีม่วง เป็นพืชที่อุดมไปด้วยสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นสารพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ สะสมอยู่ในส่วนประกอบของเมล็ด ซัง เปลือก และไหมข้าวโพด มีประโยชน์สำคัญเกี่ยวกับการยับยั้งโรคที่เกิดขึ้นจากอนุมูลอิสระ เช่น โรคมะเร็ง โรคที่เกี่ยวกับการทำงานของหัวใจ (Wang and Stoner, 2008) ควบคุมระดับน้ำตาล (Zafra et al., 2007) ลดความดันเลือดสูงในภาวะเบาหวาน (Ranilla et al., 2009) ซึ่งสารพฤกษเคมีในองค์ประกอบของข้าวโพด น่าจะสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผู้บริโภค และมีศักยภาพที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร โดยนำเมล็ดมาใช้ประโยชน์ได้โดยตรง หรือนำองค์ประกอบต่างๆ ทั้งไหม เปลือก และซังมาแปรรูป หรือพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น ในประเทศเกาหลีใต้มีการใช้ไหมข้าวโพดแปรรูปเป็นชาไหมข้าวโพดและเครื่องสำอาง ซึ่งเป็นการพัฒนาและส่งออกในเชิงธุรกิจขนาดใหญ่ (Wan et al., 2010) ในปี 2011 เฉพาะบริษัท Kwang Dong Pharmaceutical ได้ส่งออกชาไหมข้าวโพดมีมูลค่าถึง 52.4 พันล้านวอน หรือเท่ากับ 46.0 ล้านเหรียญดอลลาร์สหรัฐ (Yi Whan-woo, 2012)

พันธุ์ข้าวโพดเทียนที่เกษตรกรใช้ในปัจจุบันส่วนมากเป็นพันธุ์พื้นเมือง เช่น พันธุ์เทียนเหลือง เทียนลาย ซึ่งมีเมล็ดสีขาว เหลือง และมีซังสีขาว เกษตรกรส่วนใหญ่เก็บเมล็ดพันธุ์เอง และใช้ปลูกต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน ทำให้ลักษณะต่างๆ มีความแปรปรวนสูง อ่อนแอต่อโรคและแมลง ระบบรากไม่ดี หักล้มง่าย ผลผลิตต่ำและไม่สม่ำเสมอ (Kesornkeaw et al., 2009) การพัฒนาข้าวโพดเทียนพันธุ์ใหม่ให้มีคุณภาพและคุณลักษณะทางการเกษตรที่ดี เช่น สามารถใช้ประโยชน์ด้านอาหารเพื่อสุขภาพ ทางศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดรับประทานฝักสด ซึ่งได้รับทุนสนับสนุน จาก สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ได้พัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเทียนสีม่วงพันธุ์ใหม่ที่มีทั้งเมล็ดและซังสีม่วงขึ้น เริ่มจากการสร้างประชากรพื้นฐาน โดยผสมข้ามระหว่างข้าวโพดเทียนซังสีขาวเมล็ดสีม่วงและข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงขึ้นมา และได้เริ่มงานปรับปรุงประชากร ซึ่งขั้นตอนการปรับปรุงประชากร (population improvement) มีความสำคัญในการยกระดับความสามารถหรือคุณลักษณะที่สำคัญของพืชให้ดียิ่งขึ้น เช่น ผลผลิตสูง คุณภาพดี และมีความต้านทานโรคแมลงดี เป็นต้น โดยประชากรที่ผ่านการปรับปรุงสามารถใช้เป็นพันธุ์ผสมเปิด และพันธุ์สังเคราะห์ ได้ (กมล, 2536) อย่างไรก็ตาม วิธีการปรับปรุงประชากรเพื่อเพิ่มความถี่ของยีนหรือยีโนไทป์ที่ควบคุมลักษณะดีให้มีค่าสูงขึ้นนั้น สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีการก็มีความยากง่ายแตกต่างกันออกไป โดยการคัดเลือกแบบหมู่ประยุกต์ (modified mass selection) เป็นวิธีการสามารถเพิ่มผลผลิตและจำนวนฝักดกในประชากรข้าวโพด Golden Glow (Maita and Coors, 1996) เพิ่มผลผลิตในข้าวโพดข้าวเหนียว (ภานุพงษ์ และคณะ, 2551) ลดอายุการเก็บเกี่ยว (Hussanun et al., 2014) และเพิ่มปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (สตางค์ และคณะ, 2555) จำนวนฝักดกในข้าวโพดเทียน (Kesornkeaw et al., 2009; ดนุพล และคณะ, 2552) จำนวนฝักคู่ในข้าวโพดหวานพิเศษ (สมพงษ์, 2546; ทัศนีย์ และคณะ, 2552) จำนวนฝักดกในข้าวโพดหวานพิเศษฝักเล็ก (ฐิรชญา, 2554) ความยาวฝักในข้าวโพดข้าวเหนียว (Senamountry et al., 2012)

จากข้อมูลดังกล่าว พบว่ายังไม่มีการศึกษาการเพิ่มจำนวนฝักดกในข้าวโพดเทียนสีม่วง ซังม่วง ดังนั้น

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการตอบสนองต่อการคัดเลือกของจำนวนฝัก/ต้น ของประชากรข้าวโพดเทียนสีม่วง ภายใต้การคัดเลือกแบบหมู่ประยุกต์ที่มีความหนาแน่นประชากรสูง จำนวน 4 รอบ

วิธีการศึกษา

การทดลองในครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) การสร้างประชากรพื้นฐาน 2) การปรับปรุงประชากร และ 3) การทดสอบเปรียบเทียบประชากร

การสร้างประชากรพื้นฐาน (M_0)

ดำเนินการสร้างประชากรพื้นฐาน ในฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2557 ณ หมวดพืชผัก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยใช้ประชากรข้าวโพดเทียนสีม่วงที่เกิดจากการผสมข้ามระหว่างข้าวโพดเทียนดำ ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง และข้าวโพดเทียนลาย จำนวน 6 ประชากร (TB1-TB6) (ชบา และคณะ, 2558) ซึ่งมีระบบรากดี ลำต้นสีม่วง ใบสีเขียว มีเมล็ด เปลือก ไหม และซังสีม่วง ติดฝักอย่างน้อย 2 ฝัก/ต้น โดยปลูกทั้ง 6 ประชากรๆ ละประมาณ 500 ต้น เมื่อถึงระยะผสมเกสร ทำการผสมข้ามระหว่างประชากรจะได้เมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 (F_1) เก็บเมล็ดแยกรายฝัก จากนั้นสุ่มเมล็ดจากชั่วรุ่นแรก (F_1) ทุกฝักในปริมาณเท่ากัน และปลูกเป็นประชากรประมาณ 2,500 ต้น ปล่อยให้ผสมแบบสุ่ม (Random mating) (**Figure 1**) เมื่อฝักถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาเก็บแยกรายฝัก จำนวน 240 ฝัก ได้เมล็ดลูกชั่วรุ่นที่ 2 (F_2) เมื่อเมล็ดแห้งคัดเมล็ดที่เป็นแป้งข้าวเหนียว โดยใช้โพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide) หยดที่เมล็ด คัดเลือกเมล็ดที่แป้งเปลี่ยนเป็นสีแดง ซึ่งเป็นชนิดแป้งข้าวเหนียวส่วนเมล็ดที่มีชนิดแป้งเป็นข้าวโพดไร่ แป้งในเมล็ดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน และรวมเฉพาะเมล็ดที่มีแป้งชนิดข้าวเหนียว เพื่อเป็นประชากรพื้นฐาน (M_0)

การปรับปรุงประชากร

คัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกแบบหมู่ประยุกต์ (modified mass selection) ที่ความเข้มข้นของการคัดเลือก (selection intensity) ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 โดยแบ่งประชากรพื้นฐาน (M_0) เป็น 3 ส่วน ซึ่ง 2 ส่วนแรกเก็บไว้สำหรับการทดสอบพันธุ์ ส่วนที่ 3 นำไปปลูกคัดเลือกภายใต้ความหนาแน่นประชากรสูง อัตรา 2 ต้น/หลุม หรือ 16,000 ต้น/ไร่ เนื่องจาก การศึกษาก่อนหน้านี้ พบว่า การคัดเลือกลักษณะฝักดกภายใต้ ความหนาแน่นสูงมีความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์สูงกว่าความหนาแน่นต่ำ โดยความหนาแน่นสูงทำให้พันธุกรรมแสดงผลออกมาได้เต็มที่นั่นเอง (Kesornkeaw et al, 2009) เข้าคัดเลือก 4 ระยะ คือ 1) ระยะก่อนออกดอก คัดเลือกต้นที่ออกไหมพร้อมกันอย่างน้อย 2 ฝัก สภาพต้นแข็งแรง ไม่หักล้ม ไม่เป็นโรค ครอบไหมด้วยซองกระดาษ เพื่อป้องกันการผสมข้ามจากต้นที่ไม่ได้รับการคัดเลือก 2) ระยะการผสมเกสร ทำการคัดเลือกต้นที่มีช่อดอกสีม่วง ปล่อยละอองมาก อายุการปล่อยละอองเร็วถึงปานกลาง ประมาณ 40 - 45 วันหลังปลูก ควบคุมการถ่ายละอองโดยใช้ถุงกระดาษคลุมดอกตัวผู้และผสมในกลุ่มที่ถูกคัดเลือกเท่านั้น 3)ระยะเก็บเกี่ยว คัดเลือกต้นในกลุ่มที่ถูกคัดเลือกในระยะการผสมเกสร โดยคัดเลือกต้นที่ติดฝักเต็ม 2 ฝัก สภาพแข็งแรง และไม่เป็นโรค และ 4) ระยะเมล็ดแห้ง คัดเลือกฝักที่มีสีเมล็ดม่วงเข้มด้วยสายตา แล้วนำไปเฉือนทดสอบชนิดแป้งด้วย โพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide) คัดเมล็ดที่ย้อมติดสีแดงที่เป็นแป้งข้าวเหนียว เก็บเมล็ดแยกรายฝัก เมื่อคัดเลือกทั้ง 4 ระยะแล้ว ได้เป็นประชากรที่ผ่านการคัดเลือกรอบที่ 1 (M_1) ทำการแบ่งเมล็ดเป็น 3 ส่วน โดย 2 ส่วนแรกเก็บไว้สำหรับทดสอบพันธุ์ และส่วนที่ 3 ใช้ปลูกเพื่อคัดเลือกต่อ ทำเช่นเดียวกันซ้ำอีก 3 รอบ จะได้ประชากรที่ผ่านการคัดเลือกทั้งสิ้น 4 ประชากร คือ M_1, M_2, M_3, และ M_4 (**Figure 1**)

การทดสอบเปรียบเทียบประชากร

ทดสอบเปรียบเทียบประชากรที่ผ่านการคัดเลือก 4 ประชากร (M_1, M_2, M_3, และ M_4) ร่วมกับประชากรพื้นฐาน (M_0) และพันธุ์เปรียบเทียบ 3 พันธุ์ คือ พันธุ์เทียนเหลืองขอนแก่น (TYK) พันธุ์เทียนลาย 52 (TL 52) และพันธุ์ข้าวโพดขาวเหนียวข้าวก่ำ (KND) ณ แปลง

ทดลองหมวดพืชผัก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และแปลงเกษตรกร ตำบลเกาะเทโพ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี ในฤดูแล้ง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 โดยทั้งสองสถานที่มีเนื้อดิน อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละหน่วยทดลองปลูก 6 แถว ยาวแถวละ 5 เมตร ระยะปลูก 80 x 25 เซนติเมตร อัตราปลูก 2 ต้น/หลุม หลังจากผสมเกสร 18-20 วัน และระยะเมล็ดพันธุ์ ทำการเก็บเกี่ยวและบันทึกข้อมูล ประกอบด้วยลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร รวม 15 ลักษณะ วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ของทุกลักษณะที่ศึกษาตามแผนการทดลองแบบ RCBD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression) (Gomez and Gomez, 1984) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแต่ละลักษณะในการประเมินความก้าวหน้าของการคัดเลือกพันธุ์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การทดสอบความเป็นเอกภาพของลักษณะต่างๆ จาก 2 สถานที่จากความแตกต่างของค่า error mean square ซึ่งแตกต่างกันไม่เกิน 3 เท่า ถือได้ว่าลักษณะนั้นมีเอกภาพ (Gomez and Gomez, 1984) จากการศึกษา พบว่า ทุกลักษณะมีความเป็นเอกภาพกัน ทั้ง 2 สถานที่ปลูก ยกเว้น ลักษณะจำนวนฝัก/ต้น ความลึกเมล็ด และน้ำหนักเนื้อ

การศึกษาความแปรปรวนรวมของลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร พบว่า อิทธิพลของสถานที่มีผลทำให้ ผลผลิตก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักดีหลังปอกเปลือก จำนวนเมล็ด/แถว น้ำหนักซังสด อายุปล่อยละอองเกสร และอายุออกไหม มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ลักษณะผลผลิตหลังปอกเปลือก ความสูงต้น และความสูงฝักมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอิทธิพลของรอบการการคัดเลือก พบว่า ลักษณะน้ำหนักฝักดีก่อนปอกเปลือก ความสูงต้น และความสูงฝักมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ลักษณะน้ำหนักซังแห้งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสถานที่กับรอบการคัดเลือก พบว่า มีลักษณะน้ำหนักฝักดีก่อนปอกเปลือกเพียงลักษณะเดียวเท่านั้นที่มีปฏิสัมพันธ์กัน แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองที่แตกต่างกันใน 2 สถานที่ (Table 1)

การตอบสนองต่อการคัดเลือกพันธุ์ของลักษณะต่างๆ ที่ทำการศึกษาในประชากรข้าวโพดเทียนสีม่วงที่ผ่านการคัดเลือก 5 ประชากร พบว่า ลักษณะจำนวนฝัก/ต้น ซึ่งเป็นลักษณะที่ทำการคัดเลือกโดยตรง เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแยกสถานที่ พบว่า ทั้ง 2 สถานที่ไม่มีความก้าวหน้าของการคัดเลือกพันธุ์ และมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ การทดสอบที่จังหวัดขอนแก่นไม่มีการตอบสนองต่อรอบการคัดเลือก โดยค่า b ไม่แตกต่างทางสถิติกับศูนย์ (0.02) แต่ประชากร M_4 มีจำนวนฝัก/ต้นเพิ่มขึ้นจากประชากร M_0 คิดเป็น 4.63 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประชากรในรอบ M_3 และ M_4 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (1.38 และ 1.36 ฝัก/ต้น ตามลำดับ) (Figure 2) ส่วนการทดสอบที่จังหวัดอุทัยธานี ไม่มีการตอบสนองต่อการคัดเลือก เช่นกัน โดยมีค่า b เท่ากับ 0.01 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับศูนย์ และประชากร M_4 มีจำนวนฝัก/ต้นเพิ่มขึ้นจากประชากร M_0 คิดเป็น 0.79 เปอร์เซ็นต์และมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (1.27 ฝัก/ต้น) สอดคล้องกับการศึกษาของ ประกาศิต และคณะ (2558) ที่รายงานว่า การคัดเลือกพันธุ์ด้วยวิธีแบบหมู่ประยุกต์ ไม่สามารถปรับปรุงประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงให้เพิ่มขนาดเมล็ดได้ แต่ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ ทัศนีย์ และคณะ (2552) และ ดนุพล และคณะ (2552) ที่รายงานว่า การคัดเลือกพันธุ์แบบหมู่ประยุกต์สามารถเพิ่มลักษณะฝักดกในประชากรข้าวโพดหวานพิเศษและข้าวโพดเทียนได้ ส่วนการคัดเลือกภายใต้ความหนาแน่นสูงที่ 20,000 ต้น/ไร่ มีลักษณะการติดฝักดกเพิ่มขึ้น และมีความก้าวหน้าในการคัดเลือกสูงกว่าความหนาแน่นต่ำ (Kesornkeaw

et al., 2009) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก การสร้างประชากรพื้นฐานได้มีการผสมข้ามกับพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง ที่มีเมล็ดและซังสีม่วง ซึ่งมีลักษณะฝักใหญ่ จึงทำให้การคัดเลือกลักษณะฝักเล็กและติดฝักดกเป็นไปได้ยาก และการนำสายพันธุ์แท้มาใช้เป็นประชากรพื้นฐานในการคัดเลือกลักษณะฝักดกภายใต้สภาพความหนาแน่นของประชากรที่สูง จะทำให้การตอบสนองของจำนวนฝัก/ต้นและผลผลิตลดลง (Jorge et al., 1998) รวมถึงลักษณะฝักดกนั้น ถูกควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง (polygene) และสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกสูง มีการถ่ายทอดแบบเชิงปริมาณแต่การแสดงออกแบบเชิงคุณภาพ ทำให้การคัดเลือกพันธุ์ค่อนข้างยาก (Hallauer, 1974) ประกอบกับ การใช้ความเข้มข้นของการคัดเลือกที่สูง และมีการคัดเลือกในหลายระยะการเจริญเติบโต รวมไปถึงเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ปลูกคัดเลือกซึ่งเกิดจากการสุ่มเมล็ดรวมกัน จึงอาจเกิดการสูญเสียของลักษณะที่ดีไป หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมทิศทางใดทิศทางหนึ่ง (genetic drift) นอกจากนี้ การปรับปรุงประชากรด้วยวิธีการแบบหมู่ประยุกต์ สามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว แต่ไม่สามารถคัดเลือกต้นพ่อที่มีฝักดกได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ควรจะเพิ่มรอบการคัดเลือกให้มากขึ้น หรือใช้วิธีการคัดเลือกแบบวงจรอย่างง่าย (simple recurrent selection) หรือวงจรแบบ S_1 (S_1 recurrent selection) ที่สามารถคัดเลือกได้ทั้งต้นแม่และพ่อ น่าจะเป็นวิธีการทางเลือกในการปรับปรุงประชากรเพื่อเพิ่มจำนวนฝักในข้าวโพดเทียนสีม่วงต่อไป และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนฝัก/ต้นกับพันธุ์ทดสอบ พบว่า พันธุ์เทียนเหลืองขอนแก่นมีค่าเฉลี่ยจำนวนฝักสูงที่สุดทั้ง 2 สถานที่ (1.57 และ 1.51 ฝัก/ต้น ตามลำดับ) (**Table 2**)

ลักษณะผลผลิต พบว่า ผลผลิตก่อนปอกเปลือก ผลผลิตหลังปอกเปลือก และน้ำหนักฝักดีหลังปอกเปลือก ไม่พบการตอบสนองต่อการคัดเลือก ($b = 45.18^{ns}$, 4.42^{ns} และ 0.80^{ns} ตามลำดับ) แต่เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่าง M_0 กับ M_4 พบว่า ผลผลิตก่อนปอกเปลือกเพิ่มขึ้น คิดเป็น 9 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหลังปอกเปลือกลดลง คิดเป็น -1 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักฝักดีหลังปอกเปลือกเพิ่มขึ้น คิดเป็น 8.7 เปอร์เซ็นต์ (**Table 2**) ส่วนน้ำหนักฝักดีก่อนปอกเปลือก พบว่า ไม่พบการตอบสนองต่อการคัดเลือกทั้ง 2 สถานที่ ($b = 0.93^{ns}$ และ 4.41^{ns} ตามลำดับ) การทดสอบที่จังหวัดขอนแก่นมีความแตกต่างในรอบการคัดเลือก โดยประชากรในรอบ M_1 และ M_4 มีค่าสูงสุด (172 และ 173 กรัม/ฝัก) และประชากร M_4 มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์จากประชากรพื้นฐาน ส่วนการทดสอบที่จังหวัดอุทัยธานี ประชากรในรอบ M_4 มีน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกเพิ่มขึ้น 17.8 เปอร์เซ็นต์ จากประชากรพื้นฐาน แต่มีผลผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติกับประชากร M_1, M_2 และ M_3 อย่างไรก็ตาม ประชากรที่ผ่านการคัดเลือกในรอบสุดท้าย (M_4) มีผลผลิตก่อนและหลังปอกเปลือก น้ำหนักฝักดีก่อนและหลังปอกเปลือก สูงกว่าพันธุ์เทียนเหลืองขอนแก่นเทียนลาย 52 ซึ่งเป็นพันธุ์การค้าเปรียบเทียบ (**Table 2**)

กลุ่มลักษณะองค์ประกอบผลผลิต พบว่า ทุกลักษณะไม่มีการตอบสนองต่อการคัดเลือก เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในประชากรที่ผ่านการคัดเลือก พบว่า น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนแถว จำนวนเมล็ด/แถว ความกว้างซัง ความยาวฝักหลังปอกเปลือก ความกว้างฝักหลังปอกเปลือก น้ำหนักซังสด และน้ำหนักไหม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนลักษณะน้ำหนักซังแห้งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยประชากรรอบ M_1, M_0 และ M_4 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด (13.5, 13.3 และ 12.7 กรัม ตามลำดับ) (**Table 3**)

กลุ่มลักษณะทางการเกษตร พบว่า ทุกลักษณะไม่มีการตอบสนองต่อการคัดเลือก แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในประชากรที่ผ่านการคัดเลือก พบว่า ลักษณะความสูงต้นและความสูงฝัก มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยประชากรในรอบ M_4 มีความสูงต้นและความสูงฝักเพิ่มขึ้นจากรอบ M_0 คิดเป็น 17.7 และ 24.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนอายุออกไหมและอายุปล่อยละอองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (**Table 4**)

Table 1 Mean squares for yields, yield components and agronomic traits of small ear purple waxy corn populations.

df	1		4		4		16	
Parameter	mean squares							C.V.(%)
	Location (L)		Cycle (C)		L x C		Error	
Yield								
Un-husked ear weight (kg rai-1)	2,287,489	**	74,210	ns	42,082	ns	35,251	11.0
Husked ear weight (kg rai-1)	388,969	*	19,822	ns	14,261	ns	19,600	12.8
Best un-husked ear weight (g/ear)	3,260.7	**	387.1	**	123.3	*	34.7	3.9
Best husked ear weight (g/ear)	0.3	ns	113.9	ns	102.1	ns	77.8	8.9
Yield components								
1,000 seeds weight (g)	87	ns	387	ns	141	ns	184	6.3
Number of row	1.03	ns	0.21	ns	0.61	ns	0.35	5.5
Seed per row (seeds)	38.94	**	6.14	ns	2.91	ns	5.66	9.0
Cob width (mm.)	0.11	ns	0.01	ns	0.06	ns	0.02	8.0
Ear length (cm.)	16.50	ns	0.23	ns	0.92	ns	1.17	8.2
Ear width (cm.)	0.17	ns	0.00	ns	0.03	ns	0.03	5.1
Cob fresh weight (g/ears)	243	**	38	ns	14	ns	17	12.2
Cob dry weight (g/ears)	11	ns	8	*	1	ns	2	12.5
Silk fresh weight (g/ears)	0.9	ns	0.5	ns	0.5	ns	0.2	20.1
Agronomic traits								
Plant height (cm.)	421.9	*	645.8	**	26.6	ns	82.4	5.4
Ear height (cm.)	1477.0	*	471.6	**	129.5	ns	46.6	6.7
Day to tasseling	40.8	**	1.1	ns	1.9	ns	0.9	1.8
Day to silking	45.6	**	2.0	ns	1.6	ns	1.0	2.1

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

Table 2 Means of yield of four cycles by the modified mass selection in small ear waxy corn population

Cycle	Ear per plant (ears)		Un-husked ear weight (kg rai^{-1})	Husked ear weight (kg rai^{-1})	Best un-husked ear weight (g)		Best husked ear weight (g)
	Khon kaen	Uthai thani			Khon kaen	Uthai thani	
M_0	1.30	1.26	1,572	1,051	158 bc	128 b	96
M_1	1.30	1.22	1,701	1,118	172 a	145 a	103
M_2	1.30	1.25	1,671	1,071	161 b	142 a	97
M_3	1.38	1.25	1,880	1,181	150 c	144 a	95
M_4	1.36	1.27	1,708	1,042	173 a	151 a	104
Grand mean	1.33	1.25	1,706	1,093	163	142	99
F-test	ns	ns	ns	ns	**	*	ns
LSD 0.05	0.09	0.17	230	171	10	12	11
b-value[1]	0.02^{ns}	0.01^{ns}	45.18^{ns}	4.42^{ns}	0.93^{ns}	4.41^{ns}	0.80^{ns}
Increase (%)	4.63	0.79	9	-1	10.0	17.8	8.7
C.V.%	3.6	7.1	11.0	12.8	3.3	4.5	8.9
TYK[2]	1.51	1.57	1,109	863	110	89	74
TL 52[2]	1.38	1.42	1,314	1,008	126	97	82
KND[2]	1.00	1.00	1,520	1,018	252	210	154

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

Means with common letter within the same column is not significant by LSD at P ≤ 0.05

Increase (%) were calculated from ((Population improvement-Base population) / Base population) x 100

[1] ns showed that b-values were non-significant from zero

[2] Commercial check varieties

Table 3 Means of yield components of four cycles by the modified mass selection in small ear waxy corn population

Cycle	1,000 seeds weight (g)	Number of row	Seed per row (seeds)	Cob width (mm.)	Ear length (cm.)	Ear width (cm.)	Cob fresh weight (g/ ears)	Cob dry weight (g/ ears)	Silk fresh weight (g/ ears)
M_0	211	11.1	26	1.8	12.9	3.4	33.8	13.3 a	2.0
M_1	228	10.8	28	1.9	13.3	3.4	36.9	13.5 a	1.9
M_2	216	10.7	27	1.8	13.4	3.4	32.0	11.4 b	1.9
M_3	220	10.7	26	1.8	13.2	3.4	31.5	11.0 b	2.3
M_4	207	11.0	25	1.9	13.0	3.5	36.6	12.7 ab	2.6
Grand mean	216	10.8	26	1.9	13.1	3.4	34.2	12.4	2.1
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
LSD 0.05	16.58	0.73	2.91	0.18	1.32	0.21	5.12	1.90	0.53
b-value[1]	-1.65^{ns}	-0.03^{ns}	-0.29^{ns}	0.01^{ns}	0.01^{ns}	0.00^{ns}	0.04^{ns}	-0.38^{ns}	0.14^{ns}
Increase (%)	-2.0	-0.7	-3.6	4.1	0.7	0.2	8.6	-4.6	27.0
C.V.%	6.3	5.5	9.0	8.0	8.2	5.1	12.2	12.5	20.1
TYK[2]	188	10.4	24.9	1.7	12.1	3.3	28.5	8.3	1.5
TL 52[2]	202	10.7	26.5	1.7	12.4	3.4	29.5	8.7	1.5
KND[2]	254	13.3	29.8	2.4	15.0	4.2	63.5	24.2	3.4

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

Means with common letter within the same column is not significant by LSD at P ≤ 0.05

Increase (%) were calculated from ((Population improvement-Base population) / Base population) x 100

[1] ns showed that b-values were non-significant from zero

[2] Commercial check varieties

Table 4 Means of agronomic traits of four cycles by the modified mass selection in small ear waxy corn population

Cycle	Plant height (cm.)	Ear height (cm.)	Day to silking	Day to tasseling
M_0	152 b	90 c	51	49
M_1	173 a	108 a	50	48
M_2	169 a	97 bc	51	48
M_3	175 a	104 ab	51	49
M_4	179 a	112 a	51	49
Grand mean	170	102	51	49
F-test	**	**	ns	ns
LSD 0.05	11	8	1	1
b-value[1]	5.62^{ns}	4.06^{ns}	0.07^{ns}	0.10^{ns}
Increase (%)	17.7	24.7	-0.3	-0.3
C.V.%	5.4	6.7	1.8	2.1
TYK[2]	156	88	46	46
TL 52[2]	167	96	46	46
KND[2]	181	108	52	50

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

Means with common letter within the same column is not significant by LSD at P ≤ 0.05

Increase (%) were calculated from ((Population improvement-Base population) / Base population) x 100

[1] ns showed that b-values were non-significant from zero

[2] Commercial check varieties

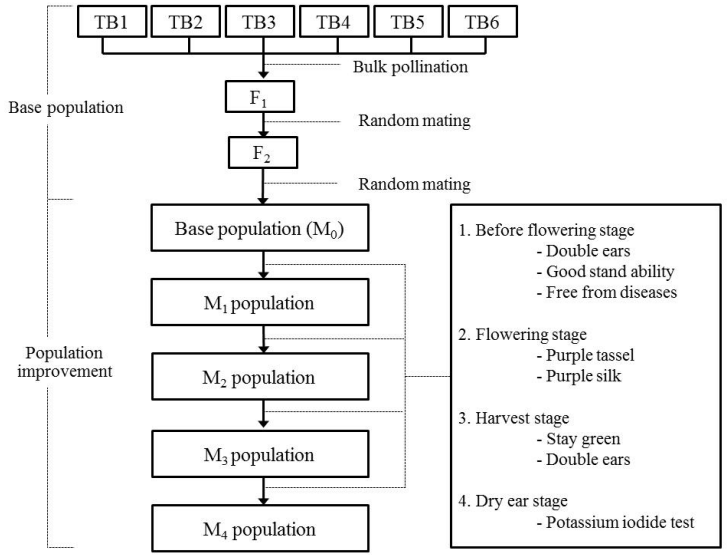


Figure 1 Breeding method for improved population



a b

Figure 2 Ears characteristics of base population (a) and improved population M_4 (b)

สรุป

การคัดเลือกพันธุ์แบบหมู่ประยุกต์จำนวน 4 รอบ ไม่สามารถเพิ่มจำนวนฝัก/ต้นในประชากรข้าวโพดเทียนสีม่วงได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงต่อรอบการคัดเลือกเพียงเล็กน้อย ดังนั้น การปรับปรุงประชากรควรจะเพิ่มรอบการคัดเลือกให้มากขึ้น หรือทำการผสมข้ามไปยังข้าวโพดที่มีลักษณะการติดฝักดกเพื่อสร้างความแปรปรวนใหม่ หรือเลือกใช้วิธีการคัดเลือกที่มีประสิทธิภาพที่สามารถคัดเลือกต้นพ่อและต้นแม่ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เช่น Simple recurrent selection S_1 recurrent selection และ S_2 progeny selection เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ประชากรที่ผ่านการปรับปรุงนี้ เป็นพันธุ์ใหม่ที่มีเมล็ดและซังสีม่วง สามารถใช้ประโยชน์ในด้านอาหารเพื่อสุขภาพได้หลากหลาย และเผยแพร่เป็นพันธุ์ผสมเปิด หรือใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการสร้างข้าวโพดเทียนสีม่วงลูกผสมต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กมล เลิศรัตน์. 2536. การปรับปรุงพันธุ์พืชผสมข้าม. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กรมวิชาการเกษตร. 2539. พันธุ์พืชไร่. โรงพิมพ์คุรุสภา, กรุงเทพฯ.

ชบา ทาดาวงษา, กมล เลิศรัตน์ และพลัง สุริหาร. 2558. สมรรถนะการรวมตัวของจำนวนฝักและน้ำหนักผลผลิตฝักสดในข้าวโพดเทียนสีม่วงสายพันธุ์แท้. แก่นเกษตร. 43(3): 557-564.

ฐิรชญา ศรีนาทม. 2554. การตอบสนองต่อการคัดเลือกพันธุ์แบบหมู่ประยุกต์จำนวน 3 รอบ ของลักษณะฝักดกและคุณภาพในประชากรข้าวโพดหวานพิเศษฝักเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ดนุพล เกษไธสง, กมล เลิศรัตน์ และพลัง สุริหาร. 2552. การคัดเลือกแบบหมู่ประยุกต์เพื่อเพิ่มลักษณะฝักดกในประชากรข้าวโพดเทียนขอนแก่นคอมโพสิต. แก่นเกษตร. 37(ฉบับพิเศษ): 33-36.

ทัศนีย์ จำรัสกุล, กมล เลิศรัตน์ และพลัง สุริหาร. 2552. การตอบสนองต่อการคัดเลือกพันธุ์แบบหมู่ประยุกต์เพื่อเพิ่มจำนวนฝักคู่ในประชากรข้าวโพดหวานพิเศษ. แก่นเกษตร. 37(ฉบับพิเศษ): 27-32.

ประกาศิต ดวงพาเพ็ง, พลัง สุริหาร และกมล เลิศรัตน์. 2558. การตอบสนองต่อการคัดเลือก 2 วิธีการของลักษณะขนาดเมล็ดในประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. แก่นเกษตร. 43(4): 635-642.

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

สตางค์ หัสนันท์, กมล เลิศรัตน์ และพลัง สุริหาร. 2555. การตอบสนองต่อการคัดเลือกแบบหมู่ประยุกต์จำนวน 4 รอบ เพื่อเพิ่มปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดของประชากรข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. แก่นเกษตร. 40(ฉบับพิเศษ): 65-71.

สมพงษ์ ไมล์หรือ. 2546. การตอบสนองต่อการคัดเลือกพันธุ์แบบ Simple Recurrent Selection จำนวน 3 รอบในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มจำนวนต้นที่มีฝักคู่ในประชากรข้าวโพดหวานพิเศษพันธุ์ข้าวเหนียวหวานขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

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

Hallauer, A. R. 1974. Heritability of prolificacy in maize. Crop Science. 24: 755-759.

Hussanun, S., B. Suriharn, and K. Lertrat. 2014. Yield and early maturity response to four cycles of modified mass selection in purple waxy corn. Turk. J. Field Crops. 19(1): 84-89.

Jorge I. S., H. Gonzalez, and J. R. Dunlap. 1998. Yield response of two cycles of selection from a semiprolific early maize (*Zea mays* L.) population to plant density, sucrose infusion and pollination control. Field Crop. Res. 55: 109-116.

Kesornkeaw, P., K. Lertrat, and B. Suriharn. 2009. Response to four cycles of mass selection for prolificacy at low and high population density in small ear waxy corn. Asian J. Plant Sci. 8: 425-432.

Maita, R., and J. G. Coors. 1996. Twenty cycles of biparental mass selection for prolificacy in the open-pollinated maize population Golden Glow. Crop Science. 36: 1527-1532.

Ranilla, L. G., E. Apostolidis, M. I. Genovese, F. M. Lajolo, and K. Shetty. 2009. Evaluation of indigenous grains from the Peruvian Andean region for anti-diabetes and anti-hypertension potential using in vitro methods. J. Med. Food. 12: 704-713.

Senamountry, K., K. Lertrat, and B. Suriharn. 2012. Progress of five cycles of modified mass selection for ear length in waxy corn. Khon Kaen Agriculture Journal. 40(Suppl.): 431-436.

Wan R., W. I., Nurhanan, A. R., Farid, C. Ghazali, and S. S. J. Mohsin. 2010. Effect of sodium hydroxide and sodium hypochlorite on morphology and mineral concentration of *Zea mays* hairs (cornsilk). Annals of Microscopy. 10: 1-10.

Wang, L.S., and G.D. Stoner. 2008. Anthocyanins and their role in cancer prevention. Cancer Letter. 269: 281-290.

Yi wan-woo. 2012. Corn silk tea popular among consumers. Available: http://goo.gl/Bk0yaT. Accessed Jul. 11, 2016.

Zafra-Stone S., T. Yasmin, M. Bagchi, A. Chatterjee, J. A. Vinson, and D. Bagchi. 2007. Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention. Molecular nutrition food research. 51: 675-683.