วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

การคัดเลือกและปรับปรุงประชากรแบบ S1RS โดยไม่ทดสอบรุ่นลูกในข้าวโพดพื้นเมืองกะเหรี่ยงอุทัย

Selection and population improvement on S1 non-progeny recurrent selection in Kareing Uthai native small-ear waxy corn variety

สุภาพร สุขโต[1]*, สมบัติ บวรพรเมธี[1], อรนี อินทร์ทอง[1], ฉลอง เกิดศรี[2], สงัด ดวงแก้ว[3], ดาวรุ่ง คงเทียน[1] และ เครือวัลย์ บุญเงิน[4]

Supaporn Sukto[1]*, Sombut Bowonpornmatee[1], Oranee Inthong[1,] Chalong Kerdsri[2], Sangad Duangkeaw[3], Daorung Kongtien[1] and Kreawan Boonngoen[4]

[1] *ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี ต.เขากวางทอง อ.หนองฉาง จ.อุทัยธานี 61110*
[1] *Uthaithani Agricultural Research and Development Center, Khaowkwangtong, Nongchang district, Uthaithani 61110*
[2] *ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ต.บางหลวง อ.สรรพยา จ.ชัยนาท 17150*
[2] *Chai Nat Field Crops Research Center, Banglaung, Sappaya district, Chai Nat 17150*
[3] *ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี ต.หนองหญ้า อ.เมืองกาญจนบุรี จ.กาญจนบุรี 71000*
[3] *Kanchanaburi Agricultural Research and Development Center, Nongya, Meong district, Kanchanaburi 71000*
[4] *สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 ต.บางหลวง อ.สรรพยา จ.ชัยนาท 17150*
[4] *Office of Agricultural Research and Development Region 5, Banglaung, Sappaya district, Chaina 17150*

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประชากรข้าวโพดพื้นเมืองให้มีความสม่ำเสมอ ฝักดก ผลผลิตสูง คุณภาพดี คัดเลือกและปรับปรุงประชากรปี 2561-2565 ด้วยวิธี S1 non-progeny recurrent selection 3 รอบการคัดเลือก แต่ละรอบการคัดเลือกประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1) ผสมตัวเองภายในประชากร 2) ผสมแบบ bulk-full sib ในประชากร 3) ผสมแบบสุ่มในประชากร ได้จำนวน 4 ประชากร เพื่อประเมินความก้าวหน้าทางการคัดเลือก วางแผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) มี 3 ซ้ำ โดยเปรียบเทียบประชากรพื้นฐาน (C0) ประชากรที่ผ่านการคัดเลือก C1, C2 และ C3 ร่วมกับพันธุ์การค้า ได้แก่ เทียนน้ำผึ้ง เทียนขาว เทียนลาย-52 และเทียนเหลืองขอนแก่น ระยะปลูก 0.75 x 0.25 เมตร แปลงย่อยละ 6 แถว แถวยาว 5 เมตร มีจำนวน 120 ต้น/แปลงย่อย ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี ในฤดูฝน ปี 2565 พบว่า ประชากร C3 ลักษณะผลผลิตก่อนปอกเปลือกและหลังปอกเปลือกตอบสนองต่อการคัดเลือก โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก C0 เท่ากับ 691 และ 397 กก./ไร่ ตามลำดับ คิดเป็น 74.9% และ 55.4% ตามลำดับ ประชากร C3 มีจำนวนฝักทั้งหมด จำนวนฝักที่ 1 และจำนวนฝักที่ 2 เพิ่มขึ้นจาก C0 เท่ากับ 5,417 4,233 และ 1,185 ฝัก/ไร่ ตามลำดับ คิดเป็น 59.6% 113.6% และ 22.1% ตามลำดับ และยังพบว่าประชากร C3 มีจำนวนฝักทั้งหมดสูงกว่าพันธุ์การค้าทุกพันธุ์ คือเทียนน้ำผึ้ง เทียนขาว เทียนลาย-52 และเทียนเหลืองขอนแก่น จำนวน 338 112 3,386 และ 451 ฝัก/ไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้จำนวนฝักทั้ง 3 ลักษณะ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 0.99 0.98 และ 0.77 ตามลำดับ ดังนั้น ประชากร C3 สามารถเผยแพร่เป็นข้าวโพดเทียนพันธุ์ใหม่ ที่ชื่อว่า กะเหรี่ยงอุทัย เป็นพันธุ์ผสมเปิด มีเมล็ดสีขาวอมเหลือง และสามารถใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการสกัดสายพันธุ์แท้ และสร้างพันธุ์ลูกผสมข้าวโพดเทียนต่อไปได้

คำสำคัญ: ข้าวโพดพื้นเมือง; การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด; การตอบสนองต่อการคัดเลือก; ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิน

* Corresponding author: supaporn.suk@gmail.com

Received: date; October 19, 2023 Revised: date; December 27, 2023

Accepted: date; February 12, 2024 Published: date;

ABSTRACT: Our research endeavors to enhance the population of the Kareing Uthai native small-ear waxy corn variety, aiming for uniformity, increased ear abundance, higher yields, and superior quality. Selection and improvement of the population were conducted between 2018 and 2019 through three cycles of S1 non-progeny recurrent selection. This process resulted in the enhancement of four populations, each derived from three cycles. Each cycle involved three selection steps: 1) selfing pollination of the population, 2) bulk-full sib pollination of the population, and 3) open pollination of the population. In total, 24 plots were utilized, each comprising six rows, 5 m in length, with a spacing of 0.75 m between rows and 0.25 m between plants, resulting in 120 plants/plot. The base population (C0) and three improved populations (C1, C2, and C3), alongside four commercial check varieties (Tein Nampueng, Tein Khaow, Tein Lai-52, and Tein Leang Khonkaen), were evaluated using a randomized complete block design (RCBD) with three replications during the rainy season of 2022 at the Uthai Thani Agriculture Research and Development Center. Our findings indicate significant improvements in both unhusked and husked yield of the C3 population compared to the C0 population, with increases of 691 and 397 kg/rai, respectively, representing a 74.9% and 55.4% enhancement, respectively. Additionally, the C3 population demonstrated notable increases in total ear number, ear number at the first ear position, and ear number at the second ear position compared to the C0 population, showing increases of 5,417, 4,233, and 1,185 ears/rai, respectively, corresponding to enhancements of 59.6%, 113.6%, and 22.1%, respectively. Furthermore, the C3 population exhibited a higher total number of ears compared to all commercial varieties, namely Tein Namphoung, Tein Kaow, Tein Lai-52, and Tein Leang Khon Kaen, with respective ear counts of 338, 112, 3,386, and 451 ears/rai. Moreover, the coefficients of determination for the three ear number traits were notably high, with values of 0.99, 0.98, and 0.77, respectively. Based on these results, the C3 population shows promise as an open-pollinated cultivar, specifically named Kareing Uthai, characterized by its white-yellow kernel color. Additionally, it serves as a valuable genetic resource for the extraction of inbred lines, facilitating the development of prolific small-ear waxy corn hybrid varieties."
Keywords: native corn variety; waxy corn improvement; response to selection; coefficient of determination

บทนำ

ข้าวโพดเทียน (small-ear waxy corn) จัดอยู่ในกลุ่มข้าวโพดข้าวเหนียวฝักเล็ก ติดฝัก 1-3 ฝัก/ต้น เมล็ดเหนียวนุ่มหวานเล็กน้อย มีความหลากหลายของรูปทรงฝัก และสีของเมล็ด เมล็ดมีแป้งอะไมโลเพ็คตินเป็นองค์ประกอบ 95-100 เปอร์เซ็นต์ มีความเหนียวนุ่ม รสชาติอร่อย (Zhou et al., 2016) เป็นที่นิยมบริโภค (Xiaoyang et al., 2017) และยังเป็นพืชอายุสั้น ดูแลง่าย ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์พื้นเมืองหรือพันธุ์ผสมเปิด เช่นเดียวกับข้าวโพดพื้นเมืองจังหวัดอุทัยธานี (อุดม และคณะ, 2564) ซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นที่สำคัญ มีหลายพันธุ์และนิยมปลูกในเขตอำเภอบ้านไร่ แต่ในปัจจุบันเหลือ 1-2 พันธุ์เท่านั้น เช่น เทียนกะเหรี่ยง เป็นต้น

ข้าวโพดเทียนกะเหรี่ยง เมล็ดมีสีขาว มีความเหนียว นุ่ม หวานเล็กน้อย เป็นที่นิยมบริโภค ปัจจุบันพื้นที่ปลูกลดลงเนื่องจากมีปัญหาการเก็บรักษาพันธุ์ พันธุ์ที่เกษตรกรใช้เกิดการปนเปื้อนหรือผสมข้ามกับพันธุ์อื่นๆ ทำให้ข้าวโพดเทียนกะเหรี่ยงมีการเปลี่ยนแปลงทั้งลักษณะเชิงปริมาณและคุณภาพ เช่น ความเหนียวนุ่มของเมล็ด และผลผลิตลดลง เป็นต้น (อุดม และคณะ, 2564) ดังนั้นจึงควรปรับปรุงประชากรข้าวโพดเทียนกะเหรี่ยงให้มีความสม่ำเสมอ และเพื่อรักษาพันธุ์ไม่ให้สูญหาย ทั้งนี้การปรับปรุงประชากรเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากต่อการปรับปรุงพันธุ์พืช ซึ่งประชากรที่ผ่านการปรับปรุงจะสามารถใช้เป็นพันธุ์ผสมเปิด และเป็นแหล่งพันธุกรรมที่ใช้สร้างสายพันธุ์แท้และลูกผสมได้ อย่างไรก็ตามการปรับปรุงประชากรมีหลายวิธีที่ประสบความสำเร็จ ได้แก่ การคัดเลือกแบบวงจร S1, reciprocal recurrent selection, modified reciprocal recurrent selection, half-sib recurrent selection, recurrent S1 selection และ simple recurrent selection ซึ่งสามารถลดระดับความเป็นโรคและเพิ่มผลผลิต ความสูงต้น ความสูงฝัก และจำนวนฝักดกได้ (Ajala et al., 2003; Koirala et al., 2014; Jenweerawat et al., 2010; Khamkoh et al., 2019) จากข้อมูลที่กล่าวมานี้แม้ว่าการปรับปรุงประชากรด้วยวิธี S1 recurrent selection (S1RS) เป็นวิธีที่นิยมเพื่อเพิ่มผลผลิต ปริมาณแคโรทีนอยด์ จำนวนฝักดก และความต้านทานโรคนั้น (Dhliwayo et al., 2014; Jenweerawat et al., 2009; Horne et al, 2016; Kolawole et al., 2017; Kolawole et al., 2019; Sajjad et al., 2020; Ruiz de Galarreta and Alvarez, 2007) อย่างไรก็ตามการใช้ S1RS มีขั้นตอนในการทดสอบรุ่นลูกซึ่งต้องใช้งบประมาณและแรงงานมาก ดังนั้นจึงประยุกต์ใช้วิธีการดังกล่าวโดยไม่มีการทดสอบรุ่นลูก หรือ S1 non-progeny recurrent selection เพื่อใช้ในการคัดเลือกและปรับปรุงประชากรข้าวโพดพื้นเมืองเทียนกะเหรี่ยง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุง

ประชากรข้าวโพดเทียนกะเหรี่ยงให้ลักษณะทางการเกษตรมีความสม่ำเสมอ ผลผลิตและคุณภาพสูง มีรสชาติดี เหนียวนุ่ม ตรงตามความต้องการของตลาด และเพื่อการอนุรักษ์พันธุ์พืชท้องถิ่นไม่ให้สูญหายไป

วิธีการศึกษา

การดำเนินงานวิจัย ณ แปลงทดลองของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี ตำบลเขากวางทอง อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี ปี 2561-2565 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การคัดเลือกและปรับปรุงประชากร และ 2) การประเมินความก้าวหน้าทางการคัดเลือก โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. การคัดเลือกและปรับปรุงประชากร

1.1 การปลูกและดูแลรักษา เตรียมแปลงปลูก ไถผานสาม 1 ครั้ง ผานเจ็ด 1 ครั้ง และย่อยดินด้วยจอบหมุน 1 ครั้ง นำเมล็ดข้าวโพดเทียนกะเหรี่ยงพื้นเมืองจากแหล่งปลูก 5 แหล่ง มารวมกันเป็น 1 ประชากร และปลูกข้าวโพดพื้นที่ 1 ไร่ ระยะปลูก 0.75x0.25 เมตร หยอดเมล็ด 2-3 เมล็ด/หลุม ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น/หลุม เมื่ออายุ 10-15 วัน ปรับปรุงดินก่อนปลูกด้วยปุ๋ยคอกมูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 18-46-0, 0-0-60 และ 46-0-0 ตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 18-46-0 และ 0-0-60 เป็นปุ๋ยรองพื้น ส่วน 46-0-0 แบ่งใส่ 2 ครั้งเมื่ออายุ 10 วันหลังปลูก และ 30 วันหลังปลูก ป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช เช่น โรคราน้ำค้างด้วยไดเมทโทมอร์ฟ 50% ดับเบิ้ลยูพี อัตรา 30 กรัม/เมล็ด 1 กก. เป็นต้น และป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด ด้วยการใช้ไซแอนทรานิลิโพรล 20% SC อัตรา 20 มล./เมล็ดพันธุ์ 1 กก. ตามลำดับ และพ่นสารเคมีกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดด้วยสไปนีโทแรม 12% SC อัตรา 20 มล./น้ำ 20 ลิตร อิมาเมกตินเบนโซเอท 1.92% EC อัตรา 20 มล./น้ำ 20 ลิตร คลอร์ฟีนาเพอร์ 10% SC อัตรา 30 มล./น้ำ 20 ลิตร และฟลูเบนไดอะไมด์ 20% WG อัตรา 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร โดยการพ่นสลับกลุ่มสาร หลังผสมเกสร 18-20 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2562)

1.2 การคัดเลือกและปรับปรุงประชากร คัดเลือกแบบ S1 non-progeny recurrent selection ดำเนินการคัดเลือกทั้งหมดจำนวน 3 รอบ แต่ละรอบมี 3 ขั้นตอนหรือ 3 ฤดูปลูก ได้แก่ 1) ผสมตัวเองภายในประชากร 2) การผสมแบบ bulk-full sib ในประชากร 3) ผสมแบบสุ่ม (ผสมเปิด) ภายในประชากรและอยู่ในเขต isolate block การผสมและคัดเลือกพันธุ์ **(Figure 1)** ลักษณะที่คัดเลือกได้แก่ ความสูงต้น ความสูงฝัก การออกไหม การปล่อยละอองเกสร จำนวนฝักต่อต้น ขนาดฝัก และสีของเมล็ด เป็นต้น โดยคัดเลือกต้นให้มีความสม่ำเสมอในทุกลักษณะทั้งประชากร แบ่งออกเป็น 2 ระยะของการบันทึกข้อมูลดังนี้

1) ระยะดอกบาน คัดเลือกและบันทึกลักษณะต่างๆ ในช่วงระยะดอกข้าวโพดบาน ได้แก่ ความสูงต้น ความสูงฝัก การออกไหม และการปล่อยละอองเกสร โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ความสูง คัดเลือกต้นที่มีความสูงสม่ำเสมอทั้งประชากร โดยวัดความสูงต้นจากโคนต้นถึงใบธง ส่วนความสูงฝักคัดเลือกต้นที่มีความสูงฝักสม่ำเสมอทั้งประชากร โดยวัดความสูงฝักจากโคนต้นถึงตำแหน่งฝักแรก
- การออกไหม คัดเลือกต้นที่มีอายุออกไหมใกล้เคียงกันทั้งประชากร โดยคัดเลือกต้นที่ออกไหมพร้อมกันทั้งตำแหน่งฝักที่ 1 และฝักที่ 2
- การปล่อยละอองเกสร คัดเลือกต้นที่มีการปล่อยละอองเกสรพร้อมๆ กัน ทั้งประชากร หากพบว่ามีต้นใดที่มีช่อดอกออกก่อนควรคัดออก

2) ระยะหลังติดฝักถึงเก็บเกี่ยว คัดเลือกและบันทึกลักษณะต่างๆ ในระยะหลังติดฝักจนถึงเก็บเกี่ยว ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น ขนาดฝัก จำนวนแถว และสีของเมล็ด มีรายละเอียดดังนี้

- จำนวนฝัก/ต้น คัดเลือกต้นที่มีจำนวน 2 ฝักขึ้นไปและออกไหมพร้อมกันทุกฝักของต้นที่คัดเลือก
- ขนาดฝัก คัดเลือกฝักที่มีความยาวฝักประมาณ 10-15 ซม. เมล็ดมี 8-12 แถว/ฝัก เมล็ดเรียงแถวตรง
- สีเมล็ด คัดเลือกฝักที่เมล็ดมีสีขาวขุ่นสม่ำเสมอทั้งฝัก

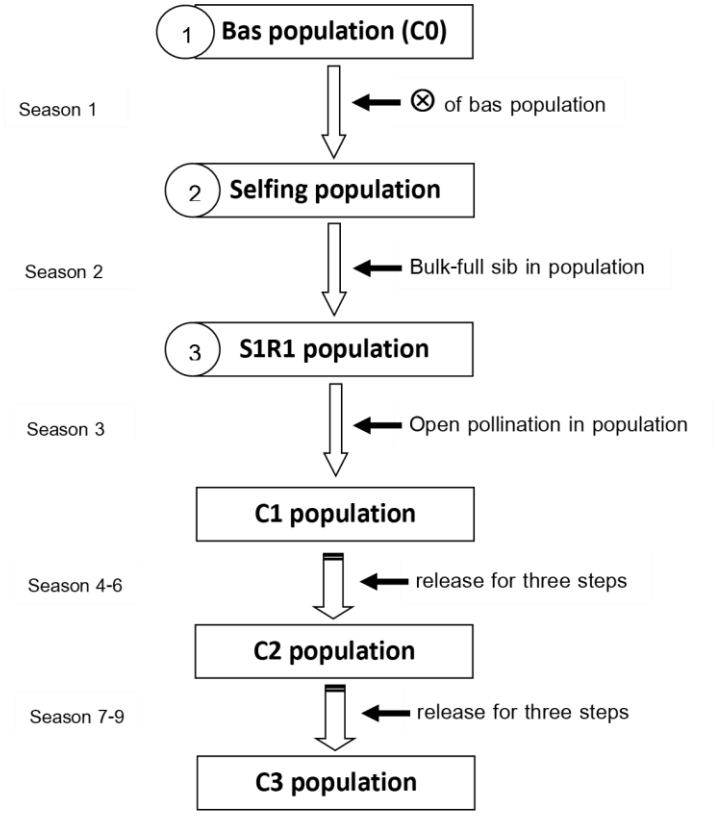

Figure 1 Schemes of population improvement in Kareing Native small-ear waxy corn

2. การประเมินความก้าวหน้าทางการคัดเลือก

2.1 แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) มี 3 ซ้ำ เปรียบเทียบประชากรข้าวโพดเทียนกะเหรี่ยงที่ผ่านการปรับปรุงในแต่ละรอบการคัดเลือก C0 C1 C2 และ C3 กับพันธุ์การค้า 4 พันธุ์ ได้แก่ เทียนน้ำผึ้ง เทียนเหลือง เทียนลาย-52 และเทียนขาวขอนแก่น ทำการปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ในฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน 2565 แต่ละหน่วยทดลองปลูก 6 แถว ยาวแถวละ 5 เมตร ระยะปลูก 0.75 x 0.25 เมตร หยอดเมล็ด 2-3 เมล็ดต่อหลุม ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม เมื่ออายุ 10-15 วัน คลุกเมล็ดป้องกันกำจัดโรคราน้ำค้างและหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (2562)

2.2 การบันทึกข้อมูล

1) ลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ ความสูงต้น ความสูงฝัก อายุออกไหม อายุปล่อยละอองเกสร และอายุเก็บเกี่ยว มีรายละเอียดดังนี้

- ความสูงต้น วัดความสูงต้นจากโคนต้นถึงใบธง เมื่อข้าวโพดออกไหม 50%
- ความสูงฝัก วัดความสูงฝักจากโคนต้นถึงตำแหน่งฝักแรก เมื่อข้าวโพดออกไหม 50%
- อายุออกไหม บันทึกวันออกไหม 50% เมื่อไหมโผล่พ้นเปลือกหุ้มฝักความยาว 1 ซม.
- อายุปล่อยละอองเกสร บันทึกวันปล่อยละอองเกสร 50% ของทุกต้น เมื่อข้าวโพดปล่อยละอองเกสรมากกว่าครึ่งช่อดอกตัวผู้
- อายุเก็บเกี่ยว บันทึกวันเก็บเกี่ยวหลังวันออกไหม 18-20 วัน

2) องค์ประกอบผลผลิต บันทึกข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตในช่วงเก็บเกี่ยวฝักสดหลังวันออกไหม 18-20 วัน ได้แก่ จำนวนฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝักหลังปอกเปลือก ความยาวฝักหลังปอกเปลือก จำนวนแถว จำนวนเมล็ด/แถว ความลึกเมล็ด ความกว้างซัง และน้ำหนักซังสด เป็นต้น

3) ผลผลิต เก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักสดหลังออกไหม 18-20 วัน และบันทึกข้อมูลผลผลิต ได้แก่ ผลผลิตทั้งเปลือก และผลผลิตปอกเปลือก เป็นต้น

2.3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ของลักษณะที่ศึกษาตามแผนการทดลอง RCBD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression) (Gomez and Gomez, 1984) และ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของลักษณะ ผลผลิตทั้งเปลือก ผลผลิตปอกเปลือก จำนวนฝัก จำนวนฝักแรก จำนวนฝักที่ 2 ความสูงต้น ความสูงฝัก และวันออกไหม เป็นต้น ในการประเมินความก้าวหน้าของการคัดเลือกพันธุ์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการคัดเลือกและปรับปรุงประชากรด้วยวิธี S1 non-progeny recurrence selection จำนวน 3 รอบการคัดเลือก และนำประชากรแต่ละรอบการคัดเลือกมาศึกษาความแปรปรวนของลักษณะ ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร รวมทั้งนำมาประเมินความก้าวหน้าทางการคัดเลือก พบว่า รอบการคัดเลือกมีอิทธิพลต่อลักษณะผลผลิตก่อนปอกเปลือก ผลผลิตหลังปอกเปลือก จำนวนฝักทั้งหมด จำนวนฝักที่ 1 และจำนวนฝักที่ 2 มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนลักษณะอื่นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ กล่าวคือ รอบการคัดเลือกไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะอื่นๆ ได้แก่ น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก จำนวนแถว จำนวนเมล็ดต่อแถว น้ำหนักซัง ความยาวฝัก ความกว้างฝัก ความสูงต้น ความสูงฝัก และวันออกไหม เป็นต้น **(Table 1)**

ลักษณะผลผลิต ได้แก่ ผลผลิตก่อนปอกเปลือกและผลผลิตหลังปอก พบว่าประชากร C3 มีผลผลิตก่อนปอกเปลือกสูงที่สุด 1,614 กก./ไร่ และยังพบว่าประชากรรอบการคัดเลือก C3 และ C2 มีลักษณะผลผลิตหลังปอกเปลือก ที่มีค่าสูงที่สุด 1,113 และ 1,021 กก./ไร่ ตามลำดับ **(Table 2)** แม้ว่าประชากรที่ผ่านการคัดเลือกในรอบสุดท้าย C3 มีผลผลิตก่อนปอกเปลือกต่ำกว่าพันธุ์เทียนน้ำผึ้ง และเทียนขาว แต่สูงกว่าพันธุ์เทียนลาย-52 และเทียนเหลืองขอนแก่น ซึ่งเป็นพันธุ์การค้า นอกจากนี้ ประชากร C3 ยังมีผลผลิตก่อนปอกเปลือกและหลังปอกเปลือกสูงกว่าพันธุ์เทียนลาย-52 และแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีผลผลิตก่อนปอกเปลือก และหลังปอกเปลือกอยู่ในระดับใกล้เคียงกับพันธุ์การค้าทั้ง 3 พันธุ์และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ พันธุ์เทียนน้ำผึ้ง เทียนขาวขอนแก่น และเทียนเหลือง **(Table 2)** จากการคัดเลือกและปรับปรุงประชากรด้วยวิธี S1 non-progeny recurrent selection ชี้ให้เห็นว่าลักษณะผลผลิตตอบสนองต่อการคัดเลือกและมีความก้าวหน้าทางการคัดเลือก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านได้แก่ de Galarreta and Álvarez (2007) ที่รายงานว่า การคัดเลือกพันธุ์แบบ S1 progeny recurrent selection จำนวน 6 รอบ สามารถเพิ่มผลผลิตของประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 2 ประชากร ได้แก่ EZS1 และ EZS2 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากประชากร C0 ที่มีผลผลิต 571 และ 522 กิโลกรัมต่อไร่ เพิ่มขึ้นในประชากร C6 เป็น 1,363 และ 1,494 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นคิดเป็น 138.9 และ 186.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีการคัดเลือกแบบ simple recurrent selection จำนวน 2 รอบ ที่สามารถเพิ่มผลผลิตทั้งหมดและผลผลิตปอกเปลือกของข้าวโพดข้าวเหนียวสีส้มได้ 23.2% และ 15.0% ตามลำดับ (Khamkoh et al., 2019) ในทำนองเดียวกันการคัดเลือกแบบ recurrent selection จำนวน 2 รอบ ยังทำให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประชากร C2 เพิ่มขึ้นจากประชากร C0 จำนวน 248 กก./ไร่ (Sajjad et al., 2020) เช่นเดียวกันกับการใช้ S1 recurrent selection ในการปรับปรุงประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตได้ในรอบการคัดเลือกที่ 4 จำนวน 67.2 กก./ไร่ คิดเป็น 10.9% ต่อรอบการคัดเลือก (Peng et al., 2007)

ลักษณะจำนวนฝัก การตอบสนองต่อการคัดเลือกพันธุ์ของลักษณะจำนวนฝัก หรือความดก ในประชากรข้าวโพดเทียนกะเหรี่ยงที่ผ่านการคัดเลือก 4 ประชากร พบว่า ลักษณะจำนวนฝักทั้งหมด จำนวนฝักที่ 1 และจำนวนฝักที่ 2 มีความก้าวหน้าทางการคัดเลือกและมีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าประชากร C3 มีความก้าวหน้าทางการคัดเลือกค่อนข้างสูง โดยมีค่า b เท่ากับ 1,817.3 1,354.5 และ 462.8 ตามลำดับ และยังพบว่าประชากร C3 มีจำนวนฝักทั้งหมด จำนวนฝักที่ 1 และจำนวนฝักที่ 2 เพิ่มขึ้น 59.6% 113.6% และ 22.1% จากประชากร C0 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามประชากร C3 มีลักษณะจำนวนฝักทั้งหมด และจำนวนฝักที่ 1 ที่มีค่าสูงที่สุด และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (14,504 และ 7,958 ฝัก/ไร่ ตามลำดับ) และจำนวนฝักที่

2 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (6,547 ฝัก/ไร่) นอกจากนี้ยังพบว่า ประชากร C3 มีจำนวนฝักทั้งหมด สูงกว่าพันธุ์การค้าทุกพันธุ์ โดยมีจำนวนฝัก 14,504 ฝัก/ไร่ **(Table 2)** ลักษณะจำนวนฝักเป็นลักษณะที่เชื่อมโยงกับความดกของข้าวโพด (Sukto et al., 20) เช่น จำนวนฝักทั้งหมด จำนวนฝักแรกและจำนวนฝักที่ 2 เป็นต้น ลักษณะจำนวนฝักดังกล่าวตอบสนองต่อการคัดเลือกและมีความก้าวหน้าทางการคัดเลือกค่อนข้างสูง เมื่อคัดเลือกด้วยวิธี S1 non-progeny recurrent selection เนื่องจากการคัดเลือกด้วยวิธีการดังกล่าวนี้เป็นการคัดเลือกทั้งต้นแม่และต้นพ่อ ประกอบกับลักษณะจำนวนฝักต่อต้นเป็นลักษณะที่คัดเลือกโดยตรง แสดงให้เห็นว่า ประชากร C3 มีจำนวนฝักเพิ่มขึ้นหรือมีความดกเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการปรับปรุงประชากรข้าวโพดด้วยวิธี Modified mass selection จำนวน 4 รอบ สามารถเพิ่มจำนวนฝักคูในข้าวโพดหวานได้ (ทัศนีย์, 2553) อย่างไรก็ตามเนื่องจากลักษณะจำนวนฝักนั้นถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ (polygene) และสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกค่อนข้างสูง ประกอบกับมีการถ่ายทอดแบบเชิงปริมาณแต่แสดงออกแบบเชิงคุณภาพ ทำให้ยากต่อการคัดเลือกพันธุ์ (Hallauer, 1974) ดังนั้นจึงทำให้ผลงานวิจัยในครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับการปรับปรุงประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยวิธี recurrent selection จำนวน 2 รอบ ที่ลักษณะจำนวนฝักไม่ตอบสนองต่อการคัดเลือก โดยมีผลทำให้มีจำนวนฝักและความดกลดลง (Sajjad et al., 2020) นอกจากนี้ยังให้ผลไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภราดร และคณะ (2560) ที่ลักษณะดังกล่าวไม่ตอบสนองต่อการคัดเลือก และมีความก้าวหน้าทางการคัดเลือกค่อนข้างต่ำ เมื่อคัดเลือกด้วยวิธี Modified mass selection เนื่องจากการคัดเลือกด้วยวิธีนี้ไม่สามารถคัดเลือกต้นแม่และต้นพ่อได้ 100%

องค์ประกอบผลผลิต พบว่าลักษณะ น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก ไม่ตอบสนองต่อการคัดเลือก ยกเว้นจำนวนฝักทั้งหมด จำนวนฝักแรก และจำนวนฝักที่ 2 โดยประชากรที่ผ่านการคัดเลือกในรอบสุดท้าย (C3) ให้องค์ประกอบผลผลิตไม่แตกต่างกันกับ C0 C1 และ C2 ได้แก่ ขนาดฝัก จำนวนแถว/ฝัก จำนวนเมล็ด/แถว ความกว้างฝัก ความยาวฝัก **(Table 2 และ 3)** นอกจากนี้น้ำหนักฝักก่อนปอกและหลังปอกตอบสนองต่อการคัดเลือกเพิ่มขึ้นจากประชากรพื้นฐานเพียงเล็กน้อย 5.3% และ 11.2% ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ลักษณะความสูงฝักและความสูงต้น เป็นลักษณะที่ไม่ตอบสนองต่อการคัดเลือก โดยมีค่า b เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ชี้ให้เห็นว่าหากต้นข้าวโพดไม่สูงมากจนเกินไปจะช่วยลดความเสียหายจากการหักล้มของต้นได้ สอดคล้องกับการปรับปรุงประชากรข้าวโพดคั่วด้วยวิธี S1 recurrent selection จำนวน 2 รอบ มีผลทำให้ความสูงต้น ความสูงฝัก และการหักล้มของต้นลดลง (Bedada and Jifar, 2010)

ลักษณะทางการเกษตร ประกอบด้วย ความสูงฝัก ความสูงต้น วันออกไหม จำนวนแถว จำนวนเมล็ด/ฝัก น้ำหนักฝัก ความยาวฝัก และเส้นผ่านศูนย์กลางฝัก ไม่มีการตอบสนองต่อการคัดเลือก และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในประชากรที่ผ่านการคัดเลือกรอบสุดท้าย พบว่า ลักษณะความสูงต้น ความสูงฝัก และ วันออกไหม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยประชากรในรอบ C3 มีความสูงฝักเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนความสูงต้นและวันออกไหมมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยหรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง **(Table 3)** ลักษณะความสูงฝักและความสูงต้น เป็นลักษณะที่ไม่ตอบสนองต่อการคัดเลือก โดยมีค่า b เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ชี้ให้เห็นว่าหากต้นข้าวโพดไม่สูงมากจนเกินไปจะช่วยลดความเสียหายจากการหักล้มของต้นได้ สอดคล้องกับการปรับปรุงประชากรข้าวโพดคั่วด้วยวิธี S1 recurrent selection จำนวน 2 รอบ ที่มีผลทำให้ความสูงต้น ความสูงฝัก และการหักล้มของต้นลดลง (Bedada and Jifar, 2010) ส่วนลักษณะจำนวนวันออกไหมที่มีค่า b เท่ากับ -0.53 **(Figure 2)** แสดงให้เห็นว่าจำนวนวันออกไหมมีค่าลดลง ซึ่งเป็นแนวทางที่ดีที่จะทำให้พันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกดังกล่าวสามารถเก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับการปรับปรุงประชากรข้าวโพดคั่วของ Bedada and Jifar (2010) ด้วยวิธี S1 recurrent selection จำนวน 2 รอบ ที่มีผลทำให้จำนวนวันออกไหมลดลง นอกจากนี้การปรับปรุงประชากรของลักษณะจำนวนวันออกไหมดังกล่าวยังสามารถคัดเลือกได้หลายวิธีที่ให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ เช่น การคัดเลือกพันธุ์แบบ modified mass selection จำนวน 4 รอบ ช่วยลดอายุวันออกไหมและลดอายุวันเก็บเกี่ยวในข้าวโพดข้าวเทียนสีม่วง (ภราดร และคณะ, 2560) และข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (Hussanun et al., 2014) ได้

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของสมการอย่างง่าย (simple linear regression) พบว่าการคัดเลือกด้วยวิธี S1 non-progeny recurrent selection ทุกๆ รอบการคัดเลือก ลักษณะผลผลิตก่อนปอกเปลือก และผลผลิตหลังปอกเปลือก มีค่า b เท่ากับ 231.8 และ 139.5 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าผลผลิตก่อนปอกเปลือก และผลผลิตหลังปอกเปลือก จะ

เพิ่มขึ้นในแต่ละรอบของการคัดเลือกเท่ากับ 231.8 และ 139.5 กก./ไร่ ตามลำดับ และยังมีผลทำให้จำนวนฝักทั้งหมด จำนวนฝักแรก และจำนวนฝักที่ 2 มีค่า b เท่ากับ 1,817.3 1,354.5 และ 462.8 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าในแต่ละรอบของการคัดเลือกจำนวนฝักทั้งหมด จำนวนฝักที่ 1 และจำนวนฝักที่ 2 มีจำนวนฝักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1,817.3 1,354.5 และ 462.8 ฝัก/ไร่ ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนลักษณะความสูงฝัก ความสูงต้น ที่มีค่า b เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม จำนวนวันออกไหมมีค่า b เท่ากับ -0.53 **(Figure 2)** นอกจากนี้ลักษณะผลผลิตก่อนปอกเปลือก ผลผลิตหลังปอกเปลือก จำนวนฝักทั้งหมด จำนวนฝักแรก และจำนวนฝักที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination, R^2) ค่อนข้างสูง ได้แก่ 0.99 0.98 0.99 0.98 และ 0.77 ตามลำดับ **(Figure 2)** ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกด้วยวิธีดังกล่าวนี้เป็นไปได้สูงมากที่จะประสบผลสำเร็จทางการคัดเลือก และจำนวนฝักยังตอบสนองต่อการคัดเลือก โดยสามารถเพิ่มผลผลิต และฝักดก ให้แก่ประชากรข้าวโพดเทียนได้ ดังนั้นการใช้วิธีการคัดเลือกแบบ S1 non-progeny recurrent selection ไม่สามารถปรับปรุงหรือเพิ่มลักษณะองค์ประกอบผลผลิตดังกล่าวเหล่านี้ อย่างไรก็ตามถือเป็นสัญญาณที่ดีที่บ่งบอกถึงขนาดฝัก และองค์ประกอบผลผลิตด้านอื่นๆนั้นมีความสม่ำเสมอ และคงลักษณะประจำพันธุ์ดั้งเดิมจึงไม่มีความแตกต่างจากประชากรพื้นฐาน ทำให้ได้ข้าวโพดเทียนพันธุ์ใหม่ที่มีเมล็ดของฝักสดมีสีขาว และเมล็ดแห้งมีสีขาวอมเหลือง **(Figure 3)** เพื่อประโยชน์ทางด้านปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

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

Source	Replications	Cycle	Error	C.V. (%)
DF	2	3	6	
Yield				
Unhusked yield (kg/rai)	11,936	268,817**	10,650	8.11
Husked yield (kg/rai)	11,609	99,830**	10,036	10.9
Unhusked ear weight (g/ear)	396	36	211	10.9
Husked ear weight (g/ear)	109	74	126	12.8
Yield components				
Ear number (ear/rai)	523,353	16,670,000**	666,609	7.04
1st ear number (ear/rai)	74,093	9,321,022**	230,212	8.25
2nd ear number (ear/rai)	317,848	1,391,757*	247,525	8.6
Row number (row/ear)	9.3	9.9ns	12.7	25.1
Seed number (Seed/row)	0.3	2.3ns	3.8	7.5
Cob weight (g)	0.0	0.1ns	0.1	18.8
Ear length (cm)	1.5	1.7ns	1.3	8.4
Ear diameter (mm)	4.7	5.3ns	7.0	7.7
Agronomic traits				
Ear height (cm)	11.1	46.0ns	68.4	5.2
Plant height (cm)	1.7	87.1ns	126	4.6
Silking date (day)	0.3	2.3ns	1.3	1.8

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

Table 2 Means of yield and agronomic traits of three cycles by the S1 recurrent selection in native small ear waxy corn population

Cycles	UY	HY	UHEW	HEW	TEN	1st EN	2nd EN
Population improved							
C0	923 d	716 b	131	83.2	9,087 c	3,725 c	5,362 bc
C1	1,152 c	816 b	130	84.0	10,441 c	5,361 b	5,079 c
C2	1,398 b	1,021 a	134	91.8	12,360 b	6,208 b	6,152 ab
C3	1,614 a	1,113 a	138	92.5	14,504 a	7,958 a	6,547 a
Grand mean	1,272	916	133	87.9	11,598	5,813	5,785
F-test	**	**	ns	ns	**	**	*
LSD 0.05	206	200	33	22	1,631	959	994
b-value	231.8**	139.5**	6.1^{ns}	3.6^{ns}	1,817.3**	1,354.5**	462.8*
Increase (%)	74.9	55.4	5.3	11.2	59.6	113.6	22.1
C.V. (%)	8.11	10.9	10.9	12.8	7.04	8.25	8.6
Commercial check varieties							
Tein Namphoung	1,793 a	1,168 a	156	97.8	14,166	10,497	3,668
Tein Kaow[1]	1,789 a	1,052 a	111	74.3	14,392	7,788	6,603
Tein Lai-52[1]	1,250 b	704 b	108	71.9	11,118	5,926	5,192
Tein Leang[1]	1,545 ab	1,140 a	93	63.7	14,053	7,280	6,772

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

UY=unhusked yield (kg/rai), HY=husked yield (kg/rai), UHEW=unhusked ear weight (g), HEW=husked ear weight (g), TEN= total ear number (ear/rai), 1st EN= 1st position ear number (ear/rai), 2nd position ear number (ear/rai)

Table 3 Means of yield component of three cycles by the S1 recurrent selection in native small ear waxy corn population

Cycles	EH	PH	SD	RN	SR	CW	EL	ED
Population improved								
C0	159	245	65.0	16.8	26.4	43.6	12.7	35.0
C1	153	234	64.0	13.0	24.5	46.5	13.2	34.9
C2	162	246	64.7	13.1	25.9	47.4	13.7	32.4
C3	160	241	63.0	13.6	26.2	46.6	14.5	35.1
Grand mean	158	242	64.2	14.1	25.7	46.0	13.5	34.4
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD 0.05	16.5	22.5	2.3	7.1	0.2	0.5	2.3	5.3
b-value	0.98^{ns}	0.05^{ns}	-0.53^{ns}	0.44^{ns}	0.01^{ns}	-0.09^{ns}	0.57^{ns}	0.21^{ns}
Increase (%)	0.6	-1.6	-3.1	-19.0	-0.6	6.9	13.6	0.3
C.V. (%)	5.2	4.6	1.8	25.1	7.5	18.8	8.4	7.7
Commercial check varieties								
Tein Namphoung	127	236	45.7	16.6	27.1	42.7	19.2	36.8
Tein Kaow	133	236	44.3	10.6	34.3	32.4	13.1	32.5
Tein Lai52	120	222	44.0	10.1	29.9	30.6	27.4	31.9
Tein Leang	116	215	43.3	9.5	24.8	27.7	12.2	31.1

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

EH=ear height (cm), PH=plant height (cm), SD=silking date (day), RN=row number (row/ear), SR=seed per row (seed), CW=cob weight (g), EL=ear length (cm), ED=ear diameter (mm)

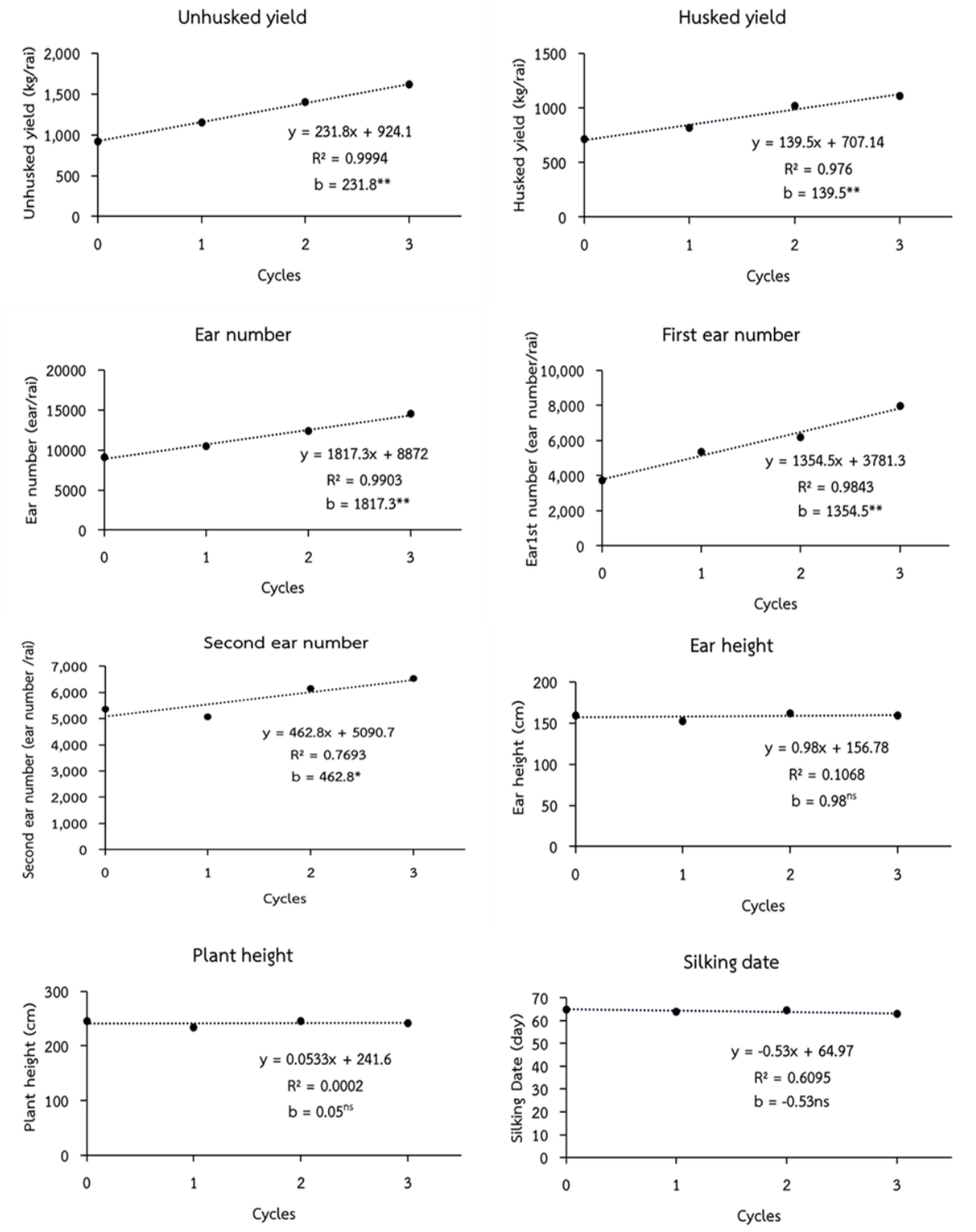

Figure 2 Simple liner regression of yield, yield component and agronomic traits of three cycles by the S1 recurrent selection in native small ear waxy corn population

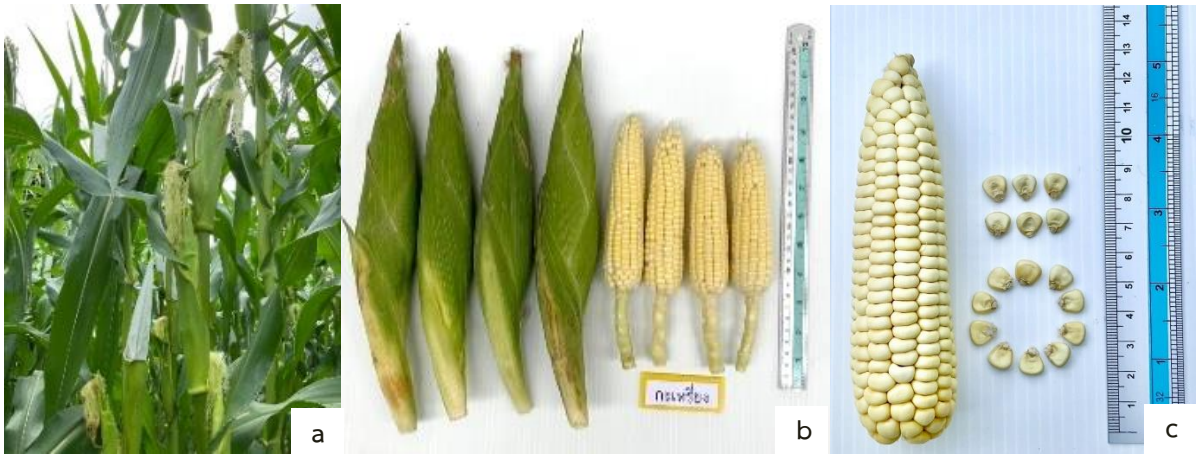

Figure 3 The C3 population improved or Kareing Uthai native small-ear waxy corn variety
a) C3 population plant, b) fresh ears of C3 population, c) dry ear and dry kernel of C3 population

สรุป

การคัดเลือกและปรับปรุงประชากรแบบ S1 non-progeny recurrent selection จำนวน 3 รอบการคัดเลือก สามารถเพิ่มผลผลิต ความดกหรือจำนวนฝักของประชากรข้าวโพดเทียนกะเหรี่ยงได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงต่อรอบการคัดเลือกค่อนข้างสูง ดังนั้นวิธีการดังกล่าวนี้จึงเป็นวิธีแนะนำสำหรับผู้ที่จะปรับปรุงประชากรข้าวโพดเพื่อเพิ่มฝักดกและผลผลิตได้ ประชากรที่ผ่านการคัดเลือกในครั้งนี้ ได้ข้าวโพดเทียนกะเหรี่ยงพันธุ์ใหม่ที่มีเมล็ดของฝักสดมีสีขาว และเมล็ดแห้งมีสีขาวอมเหลือง แม้ว่าจะสามารถนำไปเผยแพร่เป็นพันธุ์ผสมเปิด หรือใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมเพื่อพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเทียนได้ อย่างไรก็ตามเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วนควรศึกษาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการตอบสนองของข้าวโพดเทียนกะเหรี่ยงอุทัย ให้สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปแนะนำเกษตรกรต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดพื้นเมืองในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก ภายใต้แผนงานวิจัยและพัฒนาการผลิตพืชที่มีศักยภาพในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร ได้รับสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2562. การป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด. แผ่นพับวิชาการ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ธำรงศิลป์ โพธิสูง, อำไพ เรืองฤทธิ์ และสำราญ ศรีชมพร. 2556. การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว ลูกผสม. น. 49- 56. ในการประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 36 วันที่ 5-7 มิถุนายน 2556 หนองคาย: กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

ภราดร อุปพงษ์, กมล เลิศรัตน์ และพลัง สุริหาร. 2560. การคัดเลือกพันธุ์แบบหมู่ประยุกต์จำนวน 4 รอบ เพื่อเพิ่มลักษณะฝักดกในประชากรข้าวโพดเทียนสีม่วง. แก่นเกษตร. 45(1): 143-152.

อุดม วงศ์ชนะภัย, เพ็ญลักษณ์ ชูดี, และสุภาพร สุขโต. 2564. ความสำคัญของข้าวโพดฝักสดในภาคกลางและภาคตะวันตก. น. 1-17. ในการจัดการความรู้ เทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดฝักสดที่เหมาะสมในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

Ajala, S.O., J.G. Kling, S.K. Kim, and A.O. Obajimi. 2003. Improvement of maize population for resistance to downy mildew. Plant Breeding. 122: 328-333.

Bedada, L.T. and H. Jifar. 2010. Maize (*Zea mays* L.) genetic advances through S1 recurrent selection in Ethiopia. Journal of Environmental Issues and Agriculture in Developing Countries. 2(1): 154-169.

de Galarreta, J. I. R., and A. Álvarez. 2007. Six cycles of S1 recurrent selection in two Spanish maize synthetics. Spanish Journal of Agricultural Research. 5(2): 193-198.

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 Science. 54: 2449-2460.

Gomez, K.A., A.A. Gomez. 1984. Statistical Procedure for Agricultural Research. John Wiley and Sons: Singapore.

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

Horne, D.W., M.S. Eller, and J.B. Holland. 2016. Responses to recurrent index selection for reduced Fusarium ear rot and lodging and for increased yield in maize. Crop Sciences. 56: 85-94.

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 Journal Field Crops. 19: 84–89.

Jenweerawat, S., C. Aekatasanawan, P. Laosuwan, and A. R. Hallauer. 2010. Potential lines and hybrids developed from modified reciprocal recurrent selection in maize. Kasetsart Journal Natural Science. 44: 517–522.

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

Khamkoh W., D. Ketthaisong, K. Lomthaisong, K. Lertrat, and B. Suriharn. 2019. Recurrent selection method for improvement of lutein and zeaxanthin in orange waxy corn populations. Australian Journal Crop Sciences. 13: 566–573.

Kist, V., V. S. Albino, M. Maraschin, and J. B. Ogliari. 2015. Genetic variability for carotenoid content of grains in a composite maize population. Scientia Agricola. 71(6): 480-487.

Koirala, K.B., D.B. Gurung, B. Bhandari, and J.B. Chhetri. 2014. Population improvement of yellow and white maize through reciprocal recurrent selection. Nepal Agricultural Research Council. 2: 130-132.

Kolawole, A.O., A. Menkir, M. Gedil, E. Blay, K. Ofori, and J.G. Kling. 2017. Genetic divergence in two tropical maize composites after four cycles of reciprocal recurrent selection. Plant Breeding. 136: 41-49.

Kolawole. A.O., A. Menkir, E. Blay, K. Ofori, and J.G. Kling. 2019. Changes in heterosis of maize (*Zea mays* L.) varietal cross hybrids after four cycles of reciprocal recurrent selection. Cereal Research Communications. 47(1): 145-156.

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

Peng, Z.B, M.S. Li, and X.Z Liu and J.Q. Li. 2007. Comparisons of three recurrent selection methods in the improvement of maize populations. Agricultural Sciences in China. 6(6): 657-664.

Ruiz de Galarreta, J.I., and A. Alvarez. 2007. Six cycles of S1 recurrent selection in two Spanish maize synthetics. Spanish Journal of Agricultural Research. 5(2): 193-198.

Sajjad, M., N.U. Khan, S. Gul, S.U. Khan, I.H. Khalil, S.A. Khan, S. Ali, N. Ali, I. Tahir, Z. Bibi, S.M. Khan, and I. Hussain. 2020. Maize cyclical populations (PSEV3-C0, C1 and C2) response over diverse environments. International Journal of Agriculture and Biology. 24(6): 1656-1664.

Sukto, S., K. Lomthaisong, J. Sanitchon, S. Chankaew, M.P. Scott, T. Lubberstedt, K. Lertrat, and B. Suriharn. 2020. Variability in prolificacy, total carotenoids, lutein, and zeaxanthin of yellow small-ear waxy corn germplasm. International Journal of Agronomy. 2020: 8818768.

Sukto S., K. Lomthaisong, J. Sanitchon, S. Chankaew, S. Falab, T. Lübberstedt, K. Lertrat, and K. Suriharn. 2021. Breeding for prolificacy, total carotenoids and resistance to downy mildew in small-ear waxy corn by modified mass selection. Agronomy. 11: 1793.

Xiaoyang, W., C. Dan, L. Yuqing, L. Weihua, Y. Xinming, L. Xiuquan, D. Juan, and L. Lihui. 2017. Molecular characteristics of two new waxy mutations in China waxy maize. Molecular Breeding. 37: 27.

Zhou, Z., L. Song, X. Zhang, X. Li, N. Yan, R. Xia, H. Zhu, J. Weng, Z. Hao, D. Zhang, H. Yong, M. Li, and S. Zhang. 2016. Introgression of opaque2 into waxy maize causes extensive biochemical and proteomic changes in endosperm. Public Library of Science. 8: 1-16.