การคัดเลือกสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อลักษณะแอนโทไซยานินในเมล็ดสูงและไม่ไวต่อช่วงแสงในลูกผสมชั่วที่ 4 และชั่วที่ 5 ระหว่างข้าวพันธุ์ปิอิ๊ซู 1 และพันธุ์ปทุมธานี 1

Selection of Advanced Lines for High Grain Anthocyanin Content and Photoperiod Insensitivity in F_4 and F_5 Generations Between Pi-ei-su 1 and Pathum Thani 1 Rice Varieties

พีรดนย์ สุริยะธง[1] ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย[1,2]
ต่อนภา ผุสดี[1,2] และ ศันสนีย์ จำจด[1,2*]
Peeradon Suriyathong[1], Chanakan Thebault Prom-u-thai[1,2],
Tonapha Pusadee[1,2] and Sansanee Jamjod[1,2*]

[1]ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[1]Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2]ศูนย์วิจัยข้าวล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[2]Lanna Rice Research Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[*]Corresponding author: Email: sansanee.j@cmu.ac.th

(Received: 1 May 2024; Accepted: 29 May 2025)

Abstract: Pi-ei-su 1 (PES1) is a sticky purple rice variety, which was selected from an indigenous rice variety in the highland of northern Thailand with a black pericarp and high grain anthocyanin content. However, PES1 is a photoperiod sensitive and low yield variety. The growing season is limited to one a year. To improve these agronomic characters, PES1 was crossed to Pathum Thani 1 (PTT1), a modern variety with the photoperiod insensitivity trait and high yield. The objectives of this experiment were to evaluate and select advanced lines with a black pericarp, high anthocyanin content, and high grain yield in F_4 and F_5 generations. The initial trial was conducted during the off-season in experimental pots. All F_4 hybrid plants exhibited a black pericarp, flowering between 91-132 days. Fifteen plants that exhibited flowering closely to the PTT1 parent and higher yield than the PEZ1 parent were selected for evaluation of their characteristics in the F_5 generation. In the F_5 generation, fifteen plants were grown under field conditions. PES1 and PTT1 parents yielded at 11.5 and 41.0 g/plant, respectively, while fifteen hybrid lines yielded between parental boundaries. The hybrid lines flowered within 96 to 106 days, which was close to the PTT1 parent. Six advanced lines produced higher anthocyanin content and yield than the PES1 parent. The amylose content of non-glutinous advanced lines at 12.9% to 15.4%. These advanced lines will be used as a genetic material for further improvement of premium quality rice varieties.

Keywords: Selection, anthocyanin, photoperiod insensitivity

Copyright @ Journal of Agricultural Research and Communications. All rights reserved.

บทคัดย่อ: ข้าวเหนียวพันธุ์ปิอิ๊ซู 1 คัดเลือกจากข้าวพื้นเมืองคุณภาพพิเศษที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำจากพื้นที่สูงภาคเหนือของไทย มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง แต่ไวต่อช่วงแสงและผลผลิตต่ำ ปลูกได้ปีละครั้ง เพื่อปรับปรุงลักษณะด้อยจึงผสมพันธุ์กับข้าวพันธุ์พ่อ สมัยใหม่ปทุมธานี 1 ที่มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงและให้ผลผลิตสูง ปลูกได้มากกว่าหนึ่งครั้งในหนึ่งปี คัดเลือกในแต่ละชั่ว งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินลักษณะและคัดเลือกต้นในประชากรชั่วที่ 4 และ 5 ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ ปริมาณแอนโทไซยานินสูงและให้ผลผลิตสูง ในลูกผสมชั่วที่ 4 ที่ปลูกฤดูนาปรัง ในกระถางทดลอง พบว่าลูกผสมทุกต้นมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ อายุออกดอก 91-132 วัน คัดเลือกต้นที่ออกดอกใกล้เคียงกับพันธุ์พ่อ ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์แม่ได้ 15 ต้น ปลูกคัดเลือกลูกผสมชั่วที่ 5 ในแปลงสภาพข้าวนาสวน พบว่า ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดต่อต้น พันธุ์แม่และพันธุ์พ่อมีค่า 11.5 กรัม และ 41.0 กรัม ตามลำดับ ลูกผสม 15 สายพันธุ์ มี มีอายุออกดอก 96-106 วัน ใกล้เคียงพันธุ์พ่อ ได้ 6 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดและผลผลิตสูงกว่าพันธุ์แม่ เป็นข้าวเจ้าเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ ปริมาณอมิโลส 12.9-15.4 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นฐานพันธุกรรมในการคัดเลือกและขยายพันธุ์เพื่อปลูกทดสอบในแปลงเกษตรกร ต่อไป

คำสำคัญ: การคัดเลือก แอนโทไซยานิน ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง

คำนำ

ข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมืองของประเทศไทยมีสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ในปริมาณสูง แต่ให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ซึ่งสารแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Chang *et al*., 2010) สามารถต้านทานโรคต่าง ๆ เช่น ลดและยับยั้งการลุกลามการเข้าทำลายเซลล์มะเร็งท่อหายใจภายในปอด อีกทั้งการรับประทานอาหารที่มีสารสกัดแอนโทไซยานินช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ เนื่องจากช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด (Chen *et al.,* 2006)

กลุ่มวิจัยทรัพยากร พันธุกรรมและธาตุอาหารพืช มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้เก็บรวบรวมพันธุ์ข้าวท้องถิ่นจากที่สูง ตามแหล่งต่าง ๆ ใน 3 จังหวัดภาคเหนือ คือ เชียงใหม่ เชียงราย และแม่ฮ่องสอน นำมาวิเคราะห์ ประเมิน และจำแนกคุณภาพพิเศษในเมล็ดข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่อผู้บริโภค เทียบกับสายพันธุ์ตรวจสอบนิยมบริโภคทั่วไป คัดเลือกได้ประชากรข้าวเหนียวดำชนิดข้าวไร่ มีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง โดยวิธีการคัดเลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์ ได้แก่ ปิอิ๊ซู 1 (Jamjod *et al*., 2015; Tolumdab *et al*., 2020) อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์นี้คัดเลือกมาจากข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจึงไวต่อช่วงแสง ต้นสูง ปลูกได้เพียงปีละครั้งและให้ผลผลิตต่ำ เมื่อเทียบกับพันธุ์ปรับปรุงสมัยใหม่ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง จึงได้สร้างลูกผสมระหว่างข้าวพันธุ์คัดเลือกคุณภาพพิเศษสูงปิอิ๊ซู 1 กับข้าวชนิดไม่ไวแสงเพื่อปรับปรุงลักษณะด้อยของพันธุ์พื้นเมืองให้ได้ตรงตามลักษณะที่ต้องการ โดยใช้พันธุ์ข้าวขาวคุณภาพดีสมัยใหม่ไม่ไวต่อช่วงแสงและผลผลิตสูงคือพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีลักษณะเป็นข้าวเจ้า ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วัน ต้นค่อนข้างเตี้ย สูงประมาณ 104 – 133 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง และให้ผลผลิตสูง (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2022) และจากการศึกษาของ Buddhasri *et al.* (2021) ได้คัดเลือกข้าวสายพันธุ์ก้าวหน้าลูกผสมข้าวเหนียวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดกับข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 สามารถคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง และมีปริมาณผลผลิตสูง ดังนั้นคณะวิจัยได้คัดเลือกและขยายพันธุ์ลูกผสมในชั่วที่ 2 และปลูกขยายพันธุ์ชั่วที่ 3 ในงานวิจัยนี้ได้นำเมล็ดจากต้นลูกผสมชั่วที่ 3 นำมาประเมินและคัดเลือกสายพันธุ์ใน ชั่วที่ 4 และชั่วที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและคัดเลือกลูกผสมให้ได้สายพันธุ์ที่มีสารแอนโทไซยานินในเมล็ดสูง ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง และมีผลผลิตสูง ซึ่งผลที่ได้รับจากการศึกษานี้จะทำให้ได้สายพันธุ์ก้าวหน้าที่สามารถใช้เป็นประโยชน์ในการเป็นฐานพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ และใช้ในการเป็นแหล่ง

อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพื่อการดูแลรักษาสุขภาพ อีกทั้งเป็นทางเลือกในการผลิตข้าวพันธุ์ใหม่ออกสู่ตลาด

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุกรรม

ศึกษาในประชากรลูกผสมระหว่างข้าวพันธุ์ปิอิ๊ซู 1 (PES1) ซึ่งเป็นข้าวเหนียวเมล็ดป้อมเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำมีแอนโทไซยานินสูง เป็นข้าวไร่และไวต่อช่วงแสง (Tolumdab *et al*., 2020) กับข้าวเจ้าขาวเมล็ดเรียวพันธุ์ปรับปรุงสมัยใหม่ ไม่ไวต่อช่วงแสง พันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1) คัดเลือกลูกผสมชั่วที่ 2 ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำและออกดอกในฤดูนาปรัง ปี พ.ศ. 2561 และคัดเลือกลูกผสมชั่วที่ 3 ในฤดูนาปี พ.ศ. 2562 โดยคัดเลือกต้นที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ เมล็ดเรียว และมีแอนโทไซยานินในเมล็ดสูงได้ทั้งหมด 21 ต้น เป็นตัวแทนสายพันธุ์ชั่วที่ 4

การคัดเลือกลูกผสมชั่วที่ 4

ปลูกสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 4 และพันธุ์พ่อแม่ในกระถางทดลองสภาพนาสวน ในโรงเรือนทดลอง สาขาวิชาพืชไร่ ศูนย์วิจัย บูรณาการ สาธิตและฝึกอบรมนวัตกรรมการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในฤดูนาปรัง พ.ศ. 2563 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน เพาะเมล็ดลูกผสมและพันธุ์พ่อแม่ในถาดเพาะเมล็ด เมื่อต้นกล้าเจริญครบ 10 วัน ย้ายกล้าลงปลูกในกระถางบรรจุดิน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร โดยใส่ดินปลูกปริมาตร 10 กิโลกรัมต่อกระถาง ปลูกกระถางละ 5 ต้น โดยปลูก 10 ต้นต่อสายพันธุ์ ๆ ละ 2 กระถาง หลังย้ายกล้า 30 วันและ 60 วัน ให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และ 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ การป้องกันกำจัดศัตรูข้าวทำตามความเหมาะสมหากพบการเข้าทำลาย บันทึกวันออกดอกร้อยละ 50 เมื่อถึงระยะสุกแก่ บันทึกความสูงจากโคนต้นถึงคอรวง เก็บเกี่ยวผลผลิตแบบแยกต้น วัดผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต คัดเลือกต้นที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำที่มีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์แม่ จากต้นที่ปลูกจากตระกูลชั่วที่ 3 ที่มีค่าแอนโทไซยานินสูงและนำไปคัดเลือกในฤดูถัดไป

การคัดเลือกลูกผสมชั่วที่ 5

ปลูกลูกผสมชั่วที่ 5 และพ่อแม่พันธุ์ในแปลงทดลองสภาพนาสวน ที่ศูนย์วิจัย บูรณาการ สาธิตและฝึกอบรมนวัตกรรมการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในฤดูนาปี ปี พ.ศ. 2563 เพาะเมล็ดในถาดเพาะเมล็ด ย้ายกล้าปักดำในแปลงทดลองขนาด 20 x 20 เมตร เมื่ออายุ 30 วัน ใช้ระยะปลูก 25 x 25 เซนติเมตร ปลูกลูกผสมสายพันธุ์ละ 12 หลุม ๆ ละ 1 ต้น และปลูกพันธุ์พ่อแม่คั่นลูกผสม ทุก ๆ 10 สายพันธุ์ การดูแลรักษาและบันทึกลักษณะทางพืชไร่ทำเช่นเดียวกับลูกผสมชั่วที่ 4 เมื่อถึงระยะสุกแก่ ประเมินเบื้องต้นโดยการใช้เมล็ดรวมจากทุกต้นภายในสายพันธุ์ต้นละเท่า ๆ กัน นำมารวมกันเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ด คัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดสูงสุดจำนวน 3 สายพันธุ์ เก็บเกี่ยวแยกต้นสายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้ นำไปวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินแบบแยกต้น

การวัดปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ด

วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดโดยวิธี pH different ตามวิธีการของ Abdel-Aal and Hucl (1999) โดยแกะเปลือกเมล็ดข้าวลูกผสม 2.5 กรัม นำตัวอย่างข้าวลูกผสมใส่ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่นบริสุทธิ์ 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เขย่าทุก ๆ 5 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 จากนั้นดูดสารละลายที่กรองได้ จำนวน 2 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 25 มิลลิตร ทำการเจือจางด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ 2 ชนิด คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 0.025 M, pH 1.0 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร และสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตรต (CH_3COONa) 0.4 M, pH 4.5 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปอ่านค่าการดูดกลืนด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ระดับความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณตามสมการที่ 1 มีค่าในหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และคำนวณหาปริมาณโมโนเมอริกแอนโทไซยานินจากสมการที่ 2

$$A = (A_{520}-A_{700})_{pH1.0} - (A_{520}-A_{700})_{pH4.5} \quad (1)$$

โดย A_{520} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

A_{700}= ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร

ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) =

(A x MW x DF x 1000)/(E x 1) (2)

โดย A= ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้รับจากการคำนวณจากสมการ (1)

MW=มวลโมเลกุลของชนิดโมโนเมอริกแอนโทไซยานิน

1 = 1 cm

DF = Dilution factor

E = Molar absorptivity

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ช่วงของการกระจายตัว (range) ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variance) ของลูกผสมเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ โดยใช้โปรแกรม Statistix 10.0

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การคัดเลือกลูกผสมชั่วที่ 4

ในลักษณะอายุออกดอกและความสูงต้น พบว่าสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 4 มีการกระจายตัวของค่าเฉลี่ยแต่ละสายพันธุ์ 91-132 วัน มีอายุออกดอกช้ากว่าของพันธุ์แม่ปิอิ๊ซู 1 มีค่า 77-88 วัน และบางสายพันธุ์มีอายุการออกดอกมากกว่าพันธุ์พ่อปทุมธานี 1 ออกดอกระหว่าง 115-120 วัน พันธุ์พ่อแม่มีต้นสูงอยู่ในช่วง 60-80 และ 105-118 เซนติเมตร ตามลำดับ ลูกผสมมีค่าอยู่ในช่วง 57-109 เซนติเมตร สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนภายในตระกูล พบว่าทั้งสองลักษณะ ลูกผสมที่สร้างขึ้นมีค่าน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าระหว่าง 1-5 เปอร์เซ็นต์ ในลักษณะอายุออกดอก และ 2-9 เปอร์เซ็นต์ ในลักษณะความสูงต้น (Figure 1)

สำหรับผลผลิตเมล็ด พบว่า พันธุ์แม่ปิอิ๊ซู 1 และสายพันธุ์ลูกผสมเมื่อปลูกในฤดูนาปรังให้ผลผลิตเฉลี่ยระหว่าง 2-7 กรัมต่อต้น ในขณะที่พันธุ์พ่อให้ผลผลิตสูงถึง 14 กรัมต่อต้น พบการกระจายตัวระหว่างและภายในสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 4 ในลักษณะผลผลิต พันธุ์พ่อแม่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน ระหว่าง 11-14 เปอร์เซ็นต์ พบ 12 สายพันธุ์มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน ต่ำกว่าหรือเท่ากับพ่อแม่ ที่เหลือมีการกระจายตัวสูงระหว่าง 19-57 เปอร์เซ็นต์

เนื่องจากลูกผสมติดเมล็ดน้อยไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน ในชั่วนี้จึงคัดเลือกต้นภายในสายพันธุ์ พิจารณาจากกราฟการกระจายตัวระหว่างค่าแอนโทไซยานินในเมล็ดของต้นพ่อแม่จากเมล็ดชั่วที่ 3 ที่วิเคราะห์ก่อนปลูกชั่วที่ 4 กับผลผลิตของต้น F_4 แต่ละต้น โดยคัดต้นที่มาจากพ่อแม่ชั่วที่ 3 ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงและผลผลิตเมล็ดชั่วที่ 4 สูงกว่าพันธุ์แม่ ด้านมุมขวาบนของภาพได้ทั้งหมด 15 ต้น เป็นตัวแทนปลูกคัดเลือกในฤดูถัดไป (Figure 2)

การคัดเลือกลูกผสมชั่วที่ 5

<u>ลักษณะทางพืชไร่</u>

ในฤดูนาปีพันธุ์พ่อออกดอกเฉลี่ยที่อายุ 102 วัน และพันธุ์แม่ออกดอกเฉลี่ยที่อายุ 83 วัน สายพันธุ์คัดเลือกออกดอกใกล้เคียงพันธุ์พ่อมากกว่าพันธุ์แม่มีค่าระหว่าง 94-106 วัน พันธุ์พ่อแม่และสายพันธุ์คัดเลือกมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน ระหว่าง 1-6 เปอร์เซ็นต์ ในลักษณะความสูงต้น พันธุ์พ่อแม่สูงเฉลี่ย 103 และ 73 เซนติเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน เท่ากับ 4 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สายพันธุ์คัดเลือกมีค่าเฉลี่ยความสูงกระจายในช่วงของพ่อแม่ระหว่าง 76-114 เซนติเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนระหว่าง 3-11 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปลูกในฤดูนาปี พันธุ์พ่อให้ผลผลิตสูงสุดเฉลี่ย 41 กรัมต่อต้น ขณะที่พันธุ์แม่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12 กรัมต่อต้น สายพันธุ์คัดเลือกกระจายกว้างระหว่างสายพันธุ์ มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 7-37 กรัมต่อต้น ลูกผสม 5 สายพันธุ์ มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่ามีการประจายตัวที่ต่ำ ความแปรปรวนภายในสายพันธุ์ลดลง สายพันธุ์ที่คัดเลือกมีความคงตัวทางพันธุกรรมเพิ่มขึ้น พบว่าพันธุ์แม่และสายพันธุ์ที่เหลือมีการกระจายตัวของผลผลิตภายในสายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 11-25 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3)

ลักษณะอายุออกดอกได้ผ่านการคัดเลือกในลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงจากการปลูกฤดูนาปรังในชั่วที่ 2 และฤดูนาปีในการปลูกชั่วที่ 3 ในฤดูนาปี (Jamjod *et al*., 2017) เมื่อประเมินในชั่วที่ 4 ในฤดูนาปรัง สายพันธุ์

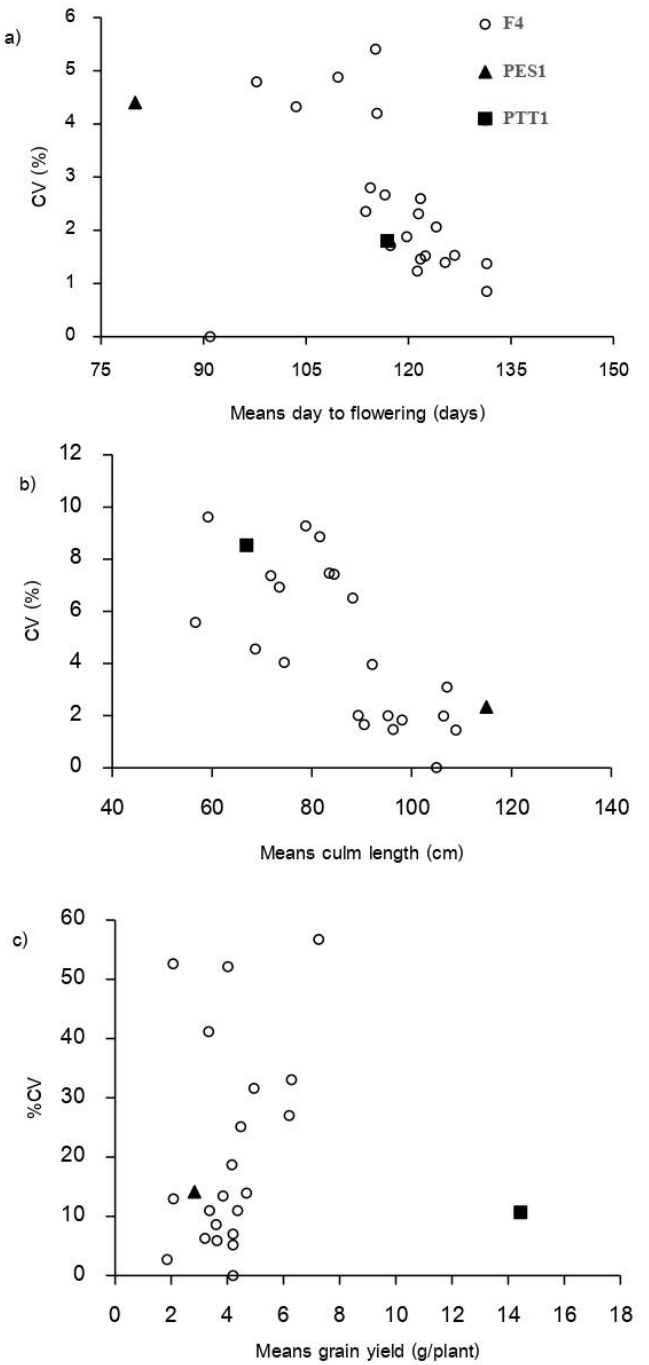

Figure 1. Means day to flowering (a), culm length (b), and grain yield (c) and cv within line of 21 F_4 lines and parents (PES1 and PTT1)

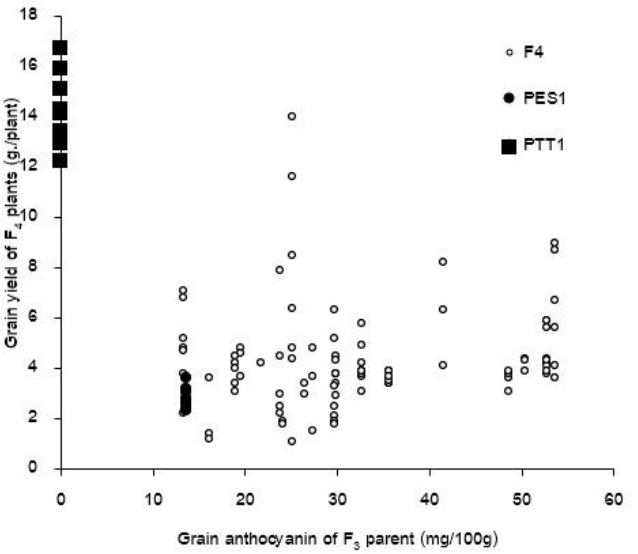

Figure 2. Distribution between grain anthocyanin of F_3 parents and grain yield of F_4 progenies

คัดเลือกเกือบทั้งหมดมีอายุออกดอกใกล้เคียงกับพันธุ์พ่อที่ไม่ไวแสง มีการกระจายภายในสายพันธุ์น้อยในช่วงพ่อแม่ แสดงว่า ในชั่วนี้มีจำนวนต้นที่ไม่ไวต่อช่วงแสงมากพอที่จะทำให้คัดเลือกต้นที่มีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์แม่เป็นตัวแทนสายพันธุ์ชั่วที่ 5 เพื่อคัดเลือกลักษณะปริมาณแอนโทไซยานินและลักษณะพืชไร่ที่ต้องการ พบการตอบสนองต่อการคัดเลือกโดยสายพันธุ์คัดเลือกชั่วที่ 5 ทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนภายในสายพันธุ์ของอายุออกดอกในช่วงเดียวกับพันธุ์ปทุมธานี 1 แสดงว่าลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงมีอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสูง จะเห็นได้ว่าลักษณะนี้เข้าใกล้ความคงตัวเมื่อผ่านการคัดเลือก สายพันธุ์ลูกผสมที่ได้มีการกระจายตัวอยู่รหว่างพันธุ์พ่อแม่ และมีการกระจายตัวอยู่ใกล้กับพันธุ์แม่ซึ่งมีลักษณะไม่ไวแสง (Figure 3, Table 1) ส่วนลักษณะความสูงและผลผลิต พบว่า ยังมีการกระจายตัวภายในสายพันธุ์สูงกว่าพ่อแม่ แสดงว่าในชั่วเหล่านี้ยังมีการกระจายตัวทางพันธุกรรมของผลผลิตจากการคัดเลือก จึงต้องพิจารณาเป็นรายต้นโดยจะพิจารณาคัดเลือกจากปริมาณแอนโทไซยานินร่วมกับลักษณะทางพืชไร่ที่สำคัญ เช่น ผลผลิต และปลูกทดสอบรุ่นลูกในชั่วถัดไป จนกว่าจะคงตัวภายในสายพันธุ์

<u>ปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ด</u>

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดแบบรวมตัวอย่างจากทุกต้นภายในสายพันธุ์ เทียบกับพันธุ์พ่อแม่ พบว่าพันธุ์แม่มีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 33.2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ไม่พบปริมาณแอนโทไซยานินในพันธุ์พ่อ ลูกผสม 15 สายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 16.9-55.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Figure 4) คัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด 3 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ที่ 5, 4 และ 1 มีแอนโทไซยานินสูงกว่าพันธุ์แม่ มีค่าระหว่าง 42.7-55.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม นำเมล็ดจากต้นเดี่ยวภายใน 3 สายพันธุ์วิเคราะห์แอนโทไซยานินแบบแยกต้น คัดเลือกต้นเดี่ยวโดยประเมินจากปริมาณแอนโทไซยานินและผลผลิตของแต่ละต้น พบว่าลูกผสมมีค่าแอนโทไซยานินระหว่าง 17.3-62.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม สามารถคัดเลือกต้นที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงและผลผลิตสูงได้ทั้งหมด 6 ต้น เป็นตัวแทนสายพันธุ์ชั่วที่ 6 ต้นที่คัดเลือกมีปริมาณแอนโทไซยานินนอกเหนือขอบเขตของพ่อแม่ มีความสูงต้นและอายุออกดอกใกล้เคียงพันธุ์พ่อ แต่ให้ผลผลิตระหว่าง 18.0-21.8 กรัมต่อต้น ซึ่งสูงกว่าพันธุ์แม่ แต่ต่ำกว่าพันธุ์พ่อที่มีค่าเท่ากับ 41 กรัมต่อต้น (Figure 5) ซึ่งต้นที่คัดเลือกเป็นข้าวเมล็ดเรียว มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ แป้งเป็นชนิดข้าวเจ้า มีปริมาณอมิโลสอยู่ระหว่าง 12.9-15.4 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

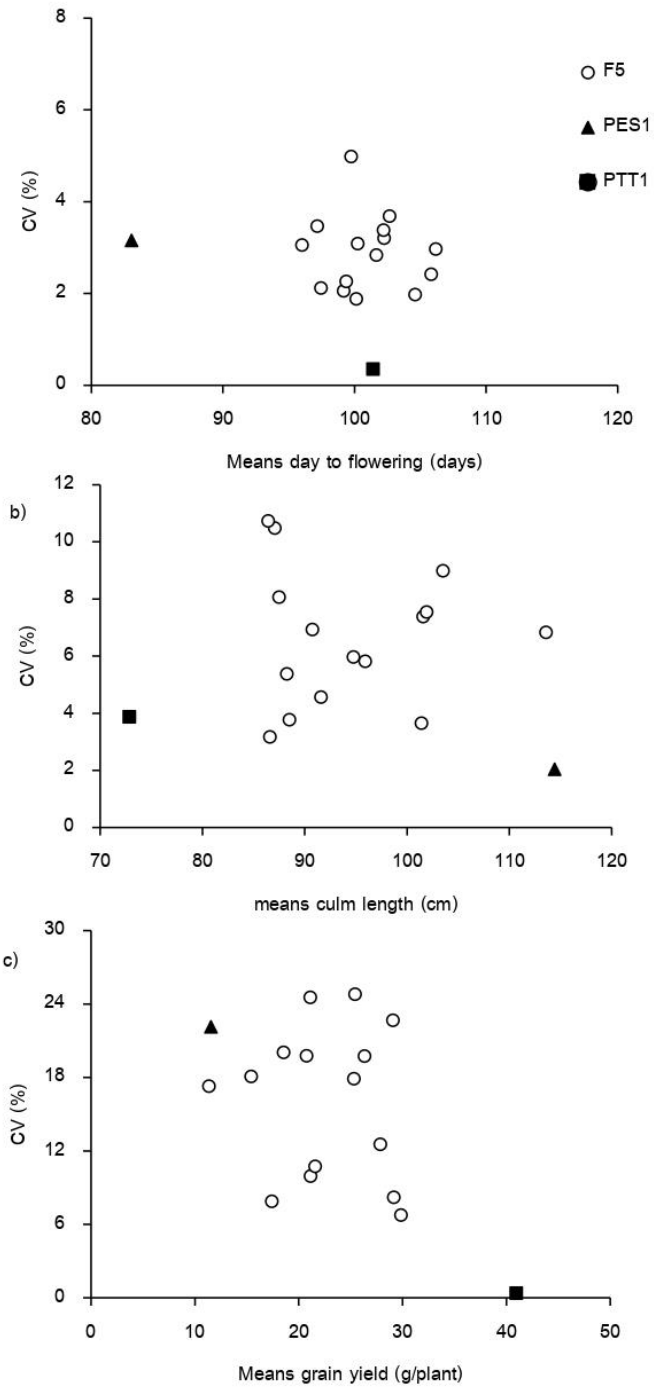

Figure 3. Means day to flowering (a), culm length (b), and grain yield (c), and cv within line of 15 F_5 lines and parents (PES1 and PTT1)

การศึกษาครั้งนี้ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวเจ้าเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำเป็นตัวแทนชั่วที่ 6 เป็นชนิดไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย อายุออกดอกประมาณ 96-107 วัน มีเมล็ดเรียวยาวเหมือนพันธุ์พ่อ มีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์แม่ แต่ต่ำกว่าประมาณครึ่งหนึ่งของพันธุ์พ่อหนึ่ง โดยจุดเด่นของสายพันธุ์คัดเลือก คือ มีค่าปริมาณแอนโทไซยานินสูง อยู่ระหว่าง 43-70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ในขณะที่พันธุ์พ่อไม่พบปริมาณแอนโทไซยานิน และพันธุ์แม่มีเพียง 19 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม สอดคล้องกับการศึกษาของ Buddhasri *et al.* (2021) ศึกษาในลูกผสมระหว่างข้าวก่ำนาพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดกับปทุมธานี 1 สามารถคัดเลือกข้าวก่ำเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสงมีผลผลิตระหว่าง 484.2-750.7 กิโลกรัมต่อไร่ และค่าแอนโทไซยานินระหว่าง 3.4-36.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม. ลูกผสมที่คัดเลือกจากการศึกษาครั้งนี้ให้ผลผลิตน้อยกว่าพันธุ์พ่อ เนื่องจากพันธุ์แม่เป็นข้าวไร่จากที่สูงเมื่อนำลงมาปลูกในที่ลุ่มออกดอกเร็วและให้ผลผลิตน้อย อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ที่คัดเลือกมีค่าแอนโทไซยานินสูงกว่าที่รายงานในข้าวก่ำนาไม่ไวแสง (Tolumdab *et al*., 2020) ประมาณ 2 เท่า จึงถือเป็นแหล่งพันธุกรรมที่สำคัญสำหรับการปลูกคัดเลือกในชั่วถัดไปหรือใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวต่อไป

Table 1. Grain characteristics, anthocyanin concentrations, and agronomic traits of 6 selected plants F6 lines.

Selection no.	Anthocyanin (mg/100g)	Grain weight (g/plant)	Days to flowering (days)	Culm length (cm)	Amylose (%)	Starch type	Grain size	Grain shape
1	70.7	18.8	97	86	13.7	NG	Extra long	Slender
2	57.9	18.2	107	88	15.4	NG	Long	Slender
3	53.3	18.0	102	94	12.9	NG	Extra long	Slender
4	52.1	21.8	101	85	14.1	NG	Extra long	Slender
5	51.7	20.4	96	87	15.7	NG	Extra long	Slender
6	43.4	19.8	101	95	14.2	NG	Extra long	Slender
Mean	54.9	19.5	101	89	14.3	-	-	-
SD	9.1	1.5	3.9	4.3	1.1	-	-	-
PES1	19.5 (0.6)[a]	11.5 (2.6)	82 (5.4)	115 (1.3)	4.7 (0.1)	G	Short	Bold
PTT1	0.0	41.0 (0.2)	101 (2.6)	73 (4.2)	17.7 (0.3)	NG	Extra long	Slender

[a]Mean and standard deviation from 3 plants, NG: non-glutinous, G: glutinous

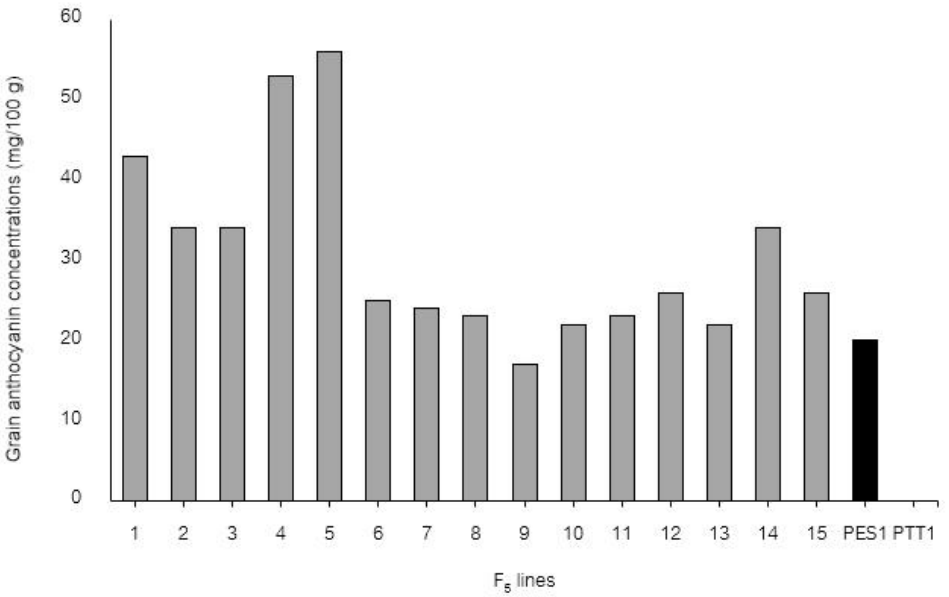

Figure 4. Bulk grain anthocyanin of 15 F_5 lines and parents (PES1 and PTT1)

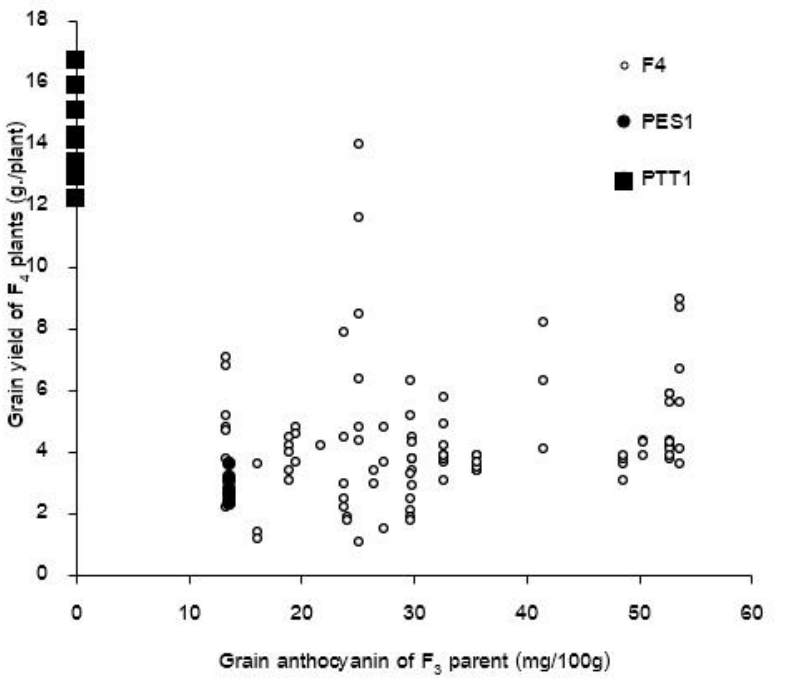

Figure 5. Distribution between single plant grain anthocyanin concentrations (mg/100g) and grain yield (g/plant)

สรุป

ลักษณะทางพืชไร่ ลักษณะทางสัณฐาน ปริมาณแอนโทไซยานินของประชากรลูกผสมชั่วที่ 4 และชั่วที่ 5 มีการกระจายตัวทั้งภายในสายพันธุ์ และระหว่างสายพันธุ์ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 3 มีการกระจายตัวของปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดตั้งแต่ 0.4-53.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม. มีการกระจายตัวนอกเหนือขอบเขตพันธุ์พ่อแม่ ในประชากรลูกผสมชั่วที่ 4 สามารถคัดเลือกข้าวลูกผสมได้จำนวน 15 สายพันธุ์ ที่มีลักษณะเป็นข้าวเจ้า มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงและมีอายุออกดอกใกล้เคียงกับพันธุ์พ่อ ในประชากรลูกผสมชั่วที่ 5 สามารถคัดเลือกข้าวลูกผสมมีปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดสูง และมีลักษณะข้าวเจ้า ได้ข้าวสายพันธุ์ก้าวหน้าทั้งหมด 6 ต้น ที่มีค่าปริมาณแอนโทไซยานินระหว่าง 70.7-43.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม มีค่ามากกว่าพันธุ์แม่ปิอิ๊ซู 1 มีลักษณะแป้งเป็นข้าวเจ้าทั้งหมด และไม่ไวต่อช่วงแสง ซึ่งมีอายุวันออกดอกใกล้เคียงกับพันธุ์พ่อปทุมธานี 1 และให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์แม่

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยแรกได้รับทุนสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย (TA/RA) และงานวิจัยส่วนหนึ่งได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.)

เอกสารอ้างอิง

Abdel-Aal, E-SM and P. A. Hucl. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. Cereal Chemistry 76: 350 - 354.

Buddhasri, G., C. Thebault Prom-u-thai, T. Pusadee and S. Jamjod. 2021. Evaluation of advanced purple rice lines with photoperiod insensitive from Kum Doi Saket and Pathum Thani 1 for yield and grain anthocyanin content. Khon Kaen Agriculture Journal 49(6):1450 - 1464. (in Thai)

Chang, H., B. Yu, X. Yum, L. Yi, C. Chen, M. Mi and W. Ling. 2010. Anticancer activities of an anthocyanin-rich extract from black rice against breast cancer cells in vitro and in vivo. Nutrition and Cancer 62:1128 - 1136.

Chen, P-N., W-H. Kuo, C-L. Chiang, H-L. Chiou, Y-S. Hsieh and S-C. Chu. 2006. Black rice anthocyanins inhibit cancer cells invasion via repression of MMPs and u-PA expression. Chemico-Biological Interactions 163(3): 218 - 229.

Jamjod, S., C. Thebault Prom-u-thai, N. Yimyam and S. Lordkaew. 2015. Collection, evaluation and characterization for special quality in Thai rice varieties from Chiang Mai, Chiang Rai and Mae Hong Son provinces. Final report. Lanna Rice Research Center. Chiang Mai University, Chiang Mai. 71 p. (in Thai)

Jamjod, S., N. Yimyam, S. Lordkaew, C. Thebault Prom-u-thai and B. Rerkasem. 2017. Characterization of on-farm rice germplasm in an area of crop's center of diversity. Chiang Mai University Journal of Natural Sciences 16(2): 85 - 97.

Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2022. Pathum Thani 1. (Online). Available: https://www.moac.go.th/royal_ploughing-ploughing_rice-files-451191791793 (November 8, 2022). (in Thai).

Tolumdab, A., C. Thebault Prom-u-thai, T. Pusadee and S. Jamjod. 2020. Pure line selection of purple glutinous rice with high anthocyanin in grain from local rice germplasm in northern Thailand. Khon Kaen Agriculture Journal 48(5): 1042 - 1055. (in Thai)