

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย วิจัยและพัฒนาพืชผัก เพื่อความมั่นคงทางเศรษฐกิจ

2. โครงการวิจัย การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวสีม่วง เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ
กิจกรรม การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวสีม่วงให้มีคุณภาพดีและอายุเก็บเกี่ยวสั้น

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) การผสมและคัดเลือกพันธุ์ถั่วฝักยาวสีม่วง
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) Hybridization and selection of purple yard-long bean
(*Vigna unguiculata* (L.) Subsp. *sesquipedalis* Verdc.)

4. คณะผู้ดำเนินงาน

| | | |
|-----------------|--------------------------|----------------------------------|
| หัวหน้าการทดลอง | นายอภิรักษ์ วงศ์คำจันทร์ | ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร |
| ผู้ร่วมงาน | นางสาวเกษร แซ่มชื่น | ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร |
| | นายวราพงษ์ ภิระบรรณ | ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร |
| | นายพินิจ เขียวพุ่มพวง | ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร |

5. บทคัดย่อ

ในการทดลองเริ่มจากการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์น่าน 1 (สายพันธุ์แม่) กับสายพันธุ์ YB15 (สายพันธุ์พ่อ) คัดเลือกพันธุ์แบบบันทึกประวัติ (Pedigree selection) ตั้งแต่ประชากรชั่วที่ 2 (F_2) จนถึงประชากรชั่วที่ 5 (F_5) ทำการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2561 ถึง เดือนมกราคม 2563 คัดเลือกสายพันธุ์ถั่วฝักยาวสีม่วงแดงคุณภาพดี เนื้อหนา พองตัวช้า อายุการวางตลาดนานขึ้น มีสารแอนโทไซยานินสูงและมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น พบว่า ได้ถั่วฝักยาวสีม่วงแดงสายพันธุ์แท้ที่ผ่านการคัดเลือก จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ F_5 -8-8-21-1, F_5 -9-7-15-13, F_5 -21-9-24-22, F_5 -30-4-28-1 และ F_5 -49-1-8-17 ซึ่งมีความหนาเนื้อเฉลี่ย เท่ากับ 2.012, 1.983, 2.030, 2.212 และ 2.250 มิลลิเมตร ตามลำดับ มากกว่าสายพันธุ์แม่ (1.531 มิลลิเมตร) ทุกสายพันธุ์ และมีปริมาณสารแอนโทไซยานินเฉลี่ย เท่ากับ 35.00, 36.18, 34.44, 28.14 และ 32.72 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ สูงกว่าสายพันธุ์แม่ (21.89 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ทุกสายพันธุ์ นอกจากนี้ทั้ง 5 สายพันธุ์ ยังออกดอกเร็ว มีจำนวนฝักต่อต้นสูง และมีอัตราการพองตัวช้ากว่าสายพันธุ์แม่ (น่าน 1) ทุกสายพันธุ์

Abstract: Cross hybridization between Nan1 and YB15. Selection by pedigree method in population 2 (F_2) to population 5 (F_5). Constructed in October 2018 to January 2020 in Phichit Agricultural Research and Development Center, Department of Agriculture, Thailand. Great quality of purple yard long bean was selected, thick texture of pod, slow swelling, extend of maintaining in the market, high anthocyanin and high product. Obtained five homogenous variety including variety F_5 -8-8-21-1, F_5 -9-7-15-13, F_5 -21-9-24-22, F_5 -30-4-28-1 and F_5 -49-1-8-17 that almost have thick texture of pod as 2.012, 1.983, 2.030, 2.212 and 2.250 millimeter respectively which thicker than Nan1 (1.531 millimeter). Total of them have very high of anthocyanin as 35.00, 36.18, 34.44, 28.14 and 32.72 milligram per 100 gram of fresh pod respectively which higher than Nan1 (21.89 milligram per 100 gram of fresh pod). In addition almost of varietal selection have slow swelling, highly of pod per plant and faster blooming than Nan1.

6. คำนำ

ในปัจจุบันการพัฒนาพันธุ์พืชเป็นสิ่งสำคัญและมีความจำเป็นเป็นอย่างมาก เนื่องจากสายพันธุ์ที่ดีเป็นปัจจัยหลักที่จะช่วยลดต้นทุนในการผลิต ซึ่งการใช้สายพันธุ์ดีร่วมกับการผลิตด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะช่วยให้เพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมาก แต่การพัฒนาพันธุ์พืชต้องมีวัตถุประสงค์ชัดเจน เพื่อให้ได้พันธุ์ที่สามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง มีความทนทานต่อศัตรูพืช สามารถตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกรและตอบสนองด้านการตลาด

ถั่วฝักยาวก็เช่นเดียวกันที่ต้องมีการพัฒนาพันธุ์เพื่อตอบสนองอย่างเหมาะสมกับสภาพที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ถั่วฝักยาว (yard-long bean) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Subsp. *sesquipedalis* Verdc. (Stephens, 2013) อยู่ในวงศ์ Fabaceae มีทั้งหมดประมาณ 100 ชนิด ส่วนใหญ่พบกระจายทั่วไปในทวีปแอฟริกาและทวีปเอเชีย ถั่วในสกุล *Vigna* มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ $2n = 2x = 22$ ซึ่งรวมทั้งถั่วฝักยาวด้วย (Alisa *et al.*, 2012) ถั่วฝักยาวมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ เช่น asparagus bean, string bean, snake bean และ sitao เป็นต้น เชื่อว่ามีการพัฒนาและวิวัฒนาการมาจากถั่วพุ่มสายพันธุ์ปลูกในทวีปเอเชีย มีการเพาะปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศจีน เอเชียใต้ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เขตร้อนของทวีปอเมริกาและบริเวณทะเลแคริบเบียน รวมถึงตอนกลางและตะวันออกของทวีปแอฟริกา (จรัสศรีและมณีรัตน์, 2556) ถั่วฝักยาวเป็นพืชผักที่สามารถปลูกได้ในพื้นที่ทุกภาคของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ 92,646 ไร่ ผลผลิตรวมทั้งหมด 113,643 ตัน ราคาเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 20 บาทต่อกิโลกรัม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) นอกจากนี้ยังพบว่าราคาในช่วงฤดูร้อนปี พ.ศ. 2559 ที่ผ่านมาสูงถึง 70-90 บาทต่อกิโลกรัม เนื่องจากสภาพอากาศที่ร้อนและแห้งแล้ง ทำให้ผลผลิตถั่วฝักยาวลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ผลผลิตขาดตลาด ถั่วฝักยาวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ สามารถรับประทานได้ทั้งฝักสดและนำไป

ประกอบอาหารได้หลากหลายเมนู นอกจากนี้ยังมีการผลิตผักสดเพื่อการส่งออก โดยตลาดที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศในแถบเอเชีย ยุโรปและตะวันออกกลาง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) อีกทั้งถั่วฝักยาวยังมีคุณค่าทางอาหารและมีสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายอยู่เป็นจำนวนมาก ในถั่วฝักยาวมีธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินที่ช่วยในการดูดซึมธาตุเหล็ก มีกากใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้ดี (สุทธิวัส, 2557) ช่วยลดคอเลสเตอรอล และมีวิตามินซีสูง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554) นอกจากนี้หากเป็นถั่วฝักยาวสีม่วงจะมีสารแอนโทไซยานินสูง ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ลดการเสื่อมโทรมของเซลล์ร่างกาย แต่ในปัจจุบันถั่วฝักยาวสีม่วงยังไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคเท่าที่ควร โดยจากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ผลิตถั่วฝักยาวในเขตพื้นที่อำเภอสามง่ามและอำเภอยางชุมน้อย ของจังหวัดพิบูลย์ พบว่าถั่วฝักยาวพันธุ์สีม่วงที่มีอยู่ในท้องตลาดมีจุดด้อยอยู่หลายประการไม่ว่าจะเป็นพองตัวเร็วทำให้อายุการวางขายในตลาดสั้น เนื้อบางและเหนียว อายุการเก็บเกี่ยวค่อนข้างยาว แต่ถั่วฝักยาวสีม่วงมีจุดเด่นตรงที่มีสารแอนโทไซยานินและสารออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง มากกว่าถั่วสีเขียวประมาณ 9 เท่า มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เหมาะสำหรับผู้ที่รักและใส่ใจในสุขภาพ ซึ่งหากมีการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวสีม่วงให้มีคุณภาพดี ผลผลิตสูง พร้อมกับการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตแบบปลอดสาร จะช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มมูลค่าของถั่วฝักยาวมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคและเกษตรกรด้วย

ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวสีม่วงเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลผลิต โดยพัฒนาพันธุ์ถั่วฝักยาวสีม่วงที่มีความหนาเนื้อมากขึ้น อายุการเก็บเกี่ยวสั้นลงและมีอัตราการพองตัวช้าลง มีอายุการวางตลาดนานขึ้น ในการทดลองมีการผสมและคัดเลือกพันธุ์ เปรียบเทียบและทดสอบพันธุ์ เพื่อให้ได้พันธุ์แท้ ที่เกษตรกรสามารถเก็บเมล็ดเพื่อปลูกในรุ่นต่อไปได้ แก้ไขปัญหาพันธุ์การค้าที่ส่วนใหญ่จะเป็นพันธุ์ลูกผสมที่ต้องซื้อเมล็ดพันธุ์ทุกปี ที่สำคัญเป็นการสร้างความมั่นคงด้านอาหารให้มากขึ้น

7. วิธีดำเนินการ

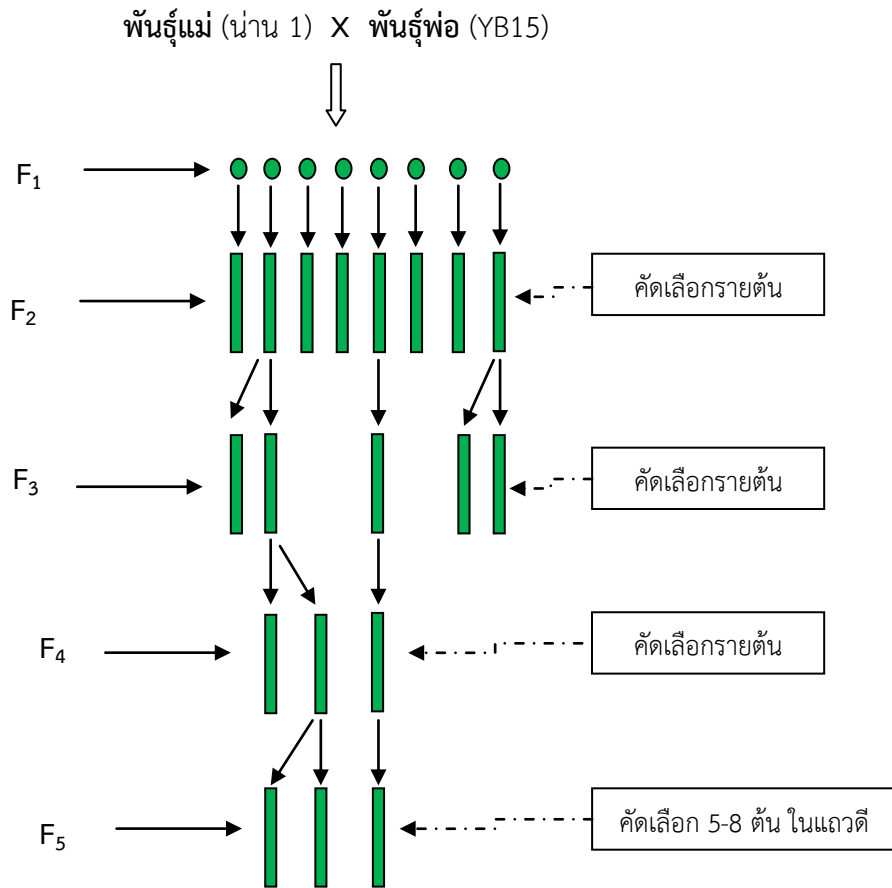
7.1 อุปกรณ์

- 1) ถั่วฝักยาวสีม่วงแดงนาน 1 สายพันธุ์แม่ และถั่วฝักยาวสีเขียว YB15 สายพันธุ์พ่อ
- 2) ไม้หลัก เชือกฟางและเชือกไนลอน สำหรับทำค้ำถั่วฝักยาว
- 3) ชุดทำระบบน้ำหยด ประกอบด้วย ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ชุดวาล์วจ่ายน้ำหยด เทปน้ำหยด วาล์วน้ำ ข้อต่อ และตัวกรองน้ำแบบดิส
- 4) ถังคลุมดอก โดยทำจากกระดาษว่าวเพื่อใช้ในการครอบดอกให้ผสมตัวเอง
- 5) tag label สำหรับเป็นป้ายในการผสมดอกและป้ายกำกับหน่วยทดลอง
- 6) ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี
- 7) สารป้องกันและกำจัดโรคและแมลงถั่วฝักยาว

7.2 วิธีการ

ในการทดลองครั้งนี้ ทำการผสมและคัดเลือกพันธุ์ถั่วฝักยาวสีม่วงแดงคุณภาพดี เนื้อหนา พองตัวช้า อายุการวางตลาดนานขึ้น มีสารแอนโทไซยานินสูงและมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น โดยจะใช้พันธุ์นาน 1 (ฝักสีม่วงแดง) เป็นสายพันธุ์แม่ ซึ่งมีลักษณะผลผลิตสูง ฝักยาว แต่ความหนาเนื้อน้อย ออกดอกช้า พองตัวเร็วและใช้

พันธุ์ YB15 (ฝักสีเขียว) เป็นสายพันธุ์พ่อ ซึ่งมีลักษณะผลผลิตสูง ความหนาเนื้อสูง ออกดอกเร็ว พองตัวช้า แต่ฝักสั้น จะเห็นได้ว่าในสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่ต่างมีลักษณะที่ดีอยู่ด้วยกันหลายลักษณะ ในการทดลองจึงเลือกใช้วิธีการคัดเลือกพันธุ์แบบบันทึกประวัติ (Pedigree selection) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะรวมลักษณะที่ดีหลายลักษณะในสายพันธุ์พ่อแม่ และเหมาะสมสำหรับพืชผสมตัวเองอย่างถั่วฝักยาว โดยทำการคัดเลือกตั้งแต่ประชากรชั่วที่ 2 (F₂) จนถึงประชากรชั่วที่ 5 (F₅) ในแต่ละประชากรคัดเลือกสายพันธุ์ดีตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หลังจากนั้นก็นำสายพันธุ์ดีที่ผ่านการคัดเลือกไปปลูกเปรียบเทียบและทดสอบพันธุ์ต่อไป (ภาพ 1)



ภาพ 1 ขั้นตอนการผสมและคัดเลือกพันธุ์ถั่วฝักยาวสีม่วง

ประชากรรุ่น พ่อ-แม่

ปลูกสายพันธุ์แม่ (น่าน 1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) ในกระถาง จำนวนสายพันธุ์ละ 6 ต้น ดินที่ใช้ปลูกใช้ดินร่วน ปุ๋ยหมักและแกลบคั่ว อัตราส่วน 2:2:1 โดยที่ต้นสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่ที่นำมาปลูกได้มาจากการปลูกและเก็บเมล็ดหลายชั่ว ทำให้ลักษณะของสายพันธุ์พ่อแม่ไม่มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมดูแลรักษาให้ต้นถั่วมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์ที่สุด เมื่อต้นถั่วออกดอกดำเนินการผสมพันธุ์ข้ามระหว่างสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่ ซึ่งมีขั้นตอน 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ทำหมันดอกสายพันธุ์แม่ (Emasculation) กำจัดเกสรเพศผู้ในดอกสายพันธุ์แม่ให้หมดทั้ง 10 อัน โดยไม่ให้กระทบกระเทือนเกสรตัวเมีย จากนั้นปิดดอกด้วยสำลี โดยขั้นตอนการทำหมันดอก ทำในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 18.00 น.

2. ผสมพันธุ์ข้าม (Cross hybridization) นำเอาละอองเกสรเพศผู้ของสายพันธุ์พ่อผสมกับเกสรเพศเมียของสายพันธุ์แม่ที่เตรียมไว้ โดยขั้นตอนการผสมข้าม ทำในช่วงเวลา 06.00 น. ถึง 10.00 น. ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ หากอากาศเย็นสามารถผสมข้ามได้จนถึงเวลา 12.00 น. จากนั้นใส่ป้ายกำกับกับการผสม ระบุสายพันธุ์พ่อแม่และวันที่ผสม หลังผสม 25-30 วัน เก็บเมล็ดจากฝักแห้ง ตากเมล็ดที่ได้เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นเก็บเมล็ดที่อุดมสมบูรณ์ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปปลูกเป็นประชากรชั่ว F_1 ต่อไป

บันทึกลักษณะที่สำคัญตามเกณฑ์การคัดเลือก ของสายพันธุ์พ่อแม่ ได้แก่ วันที่ดอกบาน 50% (day to 50% flowering) สีฝักสด (fresh pod color) และรูปร่างภาพตัดขวางของฝัก

ประชากรชั่วที่ 1 (F_1)

ปลูกประชากรชั่ว F_1 ร่วมกับสายพันธุ์พ่อแม่ จำนวนทั้งหมด 58 ต้น ไม่มีการออกแบบการทดลอง ปลูกระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน 2561 เริ่มจากเพาะกล้าถั่วฝักยาวในถาดหลุมพลาสติก ในดินผสม ประกอบด้วย ดินร่วน แกลบดำและปุ๋ยคอกมูลวัว อัตรา 3:1:1 เมื่อต้นกล้ามีอายุ 10 วัน หลังเพาะ ทำการย้ายต้นกล้าลงในหลุมปลูกที่เตรียมไว้ โดยรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกมูลวัว ปริมาณ 500 กรัมต่อหลุม ย้ายกล้าปลูกหลุมละ 1 ต้น ระยะระหว่างแถว 1.3 เมตร ระยะระหว่างต้น 1 เมตร คลุมด้วยฟางข้าวแห้งและรดน้ำทันทีหลังการย้ายปลูก หลังจากปลูกได้ 2 สัปดาห์ จึงทำค้ำให้ถั่วฝักยาว หลังย้ายปลูก 20 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 18 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ และหลังย้ายปลูก 40 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่

บันทึกลักษณะที่สำคัญตามเกณฑ์การคัดเลือก ระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ กับประชากรชั่ว F_1 ได้แก่ วันที่ดอกแรกบาน สีฝักสด รูปร่างภาพตัดขวางของฝัก ความยาวฝัก ความหนาฝัก และความหนาเนื้อ บันทึกข้อมูลจากการเก็บจำนวน 20 ฝักต่อสายพันธุ์ แล้วหาค่าเฉลี่ยของประชากรชั่ว F_1 เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่ จากนั้นเก็บเมล็ดพันธุ์ในต้น F_1 ที่เกิดจากการผสมตัวเองทุกต้น โดยการใช้ถุงกระดาษคลุมดอกที่ต้องการให้ผสมตัวเอง ก่อนที่ดอกจะบาน 1 วัน หลังจากคลุมดอกเป็นเวลา 2 วัน ก็นำถุงกระดาษที่คลุมออก และใส่ป้ายกำกับ ระบุ หมายเลขต้น วันที่คลุมดอก เก็บเมล็ดที่ได้เพื่อนำไปปลูกเป็นประชากรชั่ว F_2 ต่อไป

ประชากรชั่วที่ 2 (F_2)

นำเมล็ดจากประชากรชั่ว F_1 ทั้ง 58 ต้น มาปลูกเป็นต้นต่อแถวเพื่อสร้างประชากรชั่ว F_2 จำนวนทั้งหมด 550 ต้น ร่วมกับสายพันธุ์พ่อแม่ ไม่มีการออกแบบการทดลองปลูกระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน 2561 เริ่มจากเพาะกล้าถั่วฝักยาวในถาดหลุมพลาสติก เมื่อต้นกล้ามีอายุ 10 วัน หลังเพาะ ทำการย้ายต้นกล้าลงในหลุมปลูกที่เตรียมไว้ โดยรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกมูลวัว ปริมาณ 500 กรัมต่อหลุม ย้ายกล้าปลูกหลุมละ 1 ต้น ระยะระหว่างแถว 1.3 เมตร ระยะระหว่างต้น 1 เมตร รดน้ำทันทีหลังการย้ายปลูก หลังจากปลูกได้ 2 สัปดาห์ จึงทำค้ำให้ถั่วฝักยาว หลังย้ายปลูก 20 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 18 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ และหลังย้ายปลูก 40 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่

บันทึกลักษณะที่สำคัญตามเกณฑ์การคัดเลือกของสายพันธุ์พ่อแม่ กับสายพันธุ์ของประชากรชั่ว F_2 ได้แก่ วันที่ดอกแรกบาน สีฝักสด ความยาวฝัก ความหนาฝัก ความหนาเนื้อ และปริมาณสารแอนโทไซ

ยานิน บันทึกข้อมูลจากการเก็บจำนวน 20 ฝักต่อสายพันธุ์ แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละสายพันธุ์ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่ คัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะที่ดีตามเกณฑ์การคัดเลือก จากนั้นเก็บเมล็ดพันธุ์ในต้น F_2 ที่ผ่านการคัดเลือก โดยการใช้ถุงกระดาษคลุมดอกในสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกเพื่อให้ผสมตัวเอง ก่อนที่ดอกจะบาน 1 วัน หลังจากคลุมดอกเป็นเวลา 2 วัน ก็นำถุงกระดาษที่คลุมออก และใส่ป้ายกำกับ ระบุหมายเลขต้นวันที่คลุมดอก เก็บเมล็ดที่ได้เพื่อนำไปปลูกเพื่อสร้างประชากรชั่ว F_3 ต่อไป

ประชากรชั่วที่ 3 (F_3)

นำเมล็ดประชากรชั่ว F_2 ที่ผ่านการคัดเลือกมาปลูกเป็นต้นต่อแถวเพื่อสร้างประชากรชั่ว F_3 จำนวนทั้งหมด 454 ต้น ร่วมกับสายพันธุ์พ่อแม่ ไม่มีการออกแบบการทดลองปลูกระหว่างเดือนธันวาคม 2561 ถึงเดือนมีนาคม 2562 เริ่มจากเพาะกล้าถั่วฝักยาวในถาดหลุมพลาสติก เมื่อต้นกล้ามีอายุ 10 วัน หลังเพาะ ทำการย้ายต้นกล้าลงในหลุมปลูกที่เตรียมไว้ โดยรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกมูลวัว ปริมาณ 500 กรัมต่อหลุม ย้ายกล้าปลูกหลุมละ 1 ต้น ระยะระหว่างแถว 1.3 เมตร ระยะระหว่างต้น 1 เมตร รดน้ำทันทีหลังการย้ายปลูก หลังจากปลูกได้ 2 สัปดาห์ จึงทำค้างให้ถั่วฝักยาว หลังย้ายปลูก 20 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 18 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ และหลังย้ายปลูก 40 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่

บันทึกลักษณะที่สำคัญตามเกณฑ์การคัดเลือก ระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ กับสายพันธุ์ประชากรชั่ว F_3 ได้แก่ วันที่ดอกแรกบาน สีฝักสด ความย่นของผิวฝัก ภาควัดขวางฝัก ความยาวฝัก ความหนาฝัก ความหนาเนื้อ น้ำหนักฝัก และปริมาณสารแอนโทไซยานิน บันทึกข้อมูลจากการเก็บจำนวน 20 ฝักต่อสายพันธุ์ แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละสายพันธุ์ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่ คัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะที่ดีตามเกณฑ์การคัดเลือก จากนั้นเก็บเมล็ดพันธุ์ในต้น F_3 ที่ผ่านการคัดเลือก โดยการใช้ถุงกระดาษคลุมดอกในสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกเพื่อให้ผสมตัวเอง ก่อนที่ดอกจะบาน 1 วัน หลังจากคลุมดอกเป็นเวลา 2 วัน ก็นำถุงกระดาษที่คลุมออก และใส่ป้ายกำกับ ระบุหมายเลขต้น วันที่คลุมดอก เก็บเมล็ดที่ได้เพื่อนำไปปลูกเพื่อสร้างประชากรชั่ว F_4 ต่อไป

ประชากรชั่วที่ 4 (F_4)

นำเมล็ดประชากรชั่ว F_3 ที่ผ่านการคัดเลือกมาปลูกเป็นต้นต่อแถวเพื่อสร้างประชากรชั่ว F_4 จำนวนทั้งหมด 520 ต้น ร่วมกับสายพันธุ์พ่อแม่ ไม่มีการออกแบบการทดลองปลูกระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน 2562 เริ่มจากเพาะกล้าถั่วฝักยาวในถาดหลุมพลาสติก เมื่อต้นกล้ามีอายุ 10 วัน หลังเพาะ ทำการย้ายต้นกล้าลงในหลุมปลูกที่เตรียมไว้ โดยรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกมูลวัว ปริมาณ 500 กรัมต่อหลุม ย้ายกล้าปลูกหลุมละ 1 ต้น ระยะระหว่างแถว 1.3 เมตร ระยะระหว่างต้น 1 เมตร รดน้ำทันทีหลังการย้ายปลูก หลังจากปลูกได้ 2 สัปดาห์ จึงทำค้างให้ถั่วฝักยาว หลังย้ายปลูก 20 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 18 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ และหลังย้ายปลูก 40 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่

บันทึกลักษณะที่สำคัญตามเกณฑ์การคัดเลือก ระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ กับสายพันธุ์ของประชากรชั่ว F_4 ได้แก่ วันที่ดอกแรกบาน สีฝักสด ความย่นของผิวฝัก ภาควัดขวางของฝัก ความยาวฝัก ความหนาฝัก ความหนาเนื้อฝัก จำนวนฝักต่อต้น และน้ำหนักฝัก บันทึกข้อมูลจากการเก็บจำนวน 20 ฝักต่อสายพันธุ์ แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละสายพันธุ์ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่ คัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะที่ดีตามเกณฑ์การคัดเลือก จากนั้นเก็บเมล็ดพันธุ์ในต้น F_4 ที่ผ่านการคัดเลือก โดยการใช้ถุงกระดาษคลุมดอกในสาย

พันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกเพื่อให้ผสมตัวเอง ก่อนที่ดอกจะบาน 1 วัน หลังจากคลุมดอกเป็นเวลา 2 วัน ก็นำถุงกระดาษที่คลุมออก และใส่ป้ายกำกับ ระบุหมายเลขต้น วันที่คลุมดอก เก็บเมล็ดที่ได้เพื่อนำไปปลูกเพื่อสร้างประชากรชั่ว F_5 ต่อไป

ประชากรชั่วที่ 5 (F_5)

นำเมล็ดประชากรชั่ว F_4 ที่ผ่านการคัดเลือกมาปลูกเป็นต้นต่อแถวเพื่อสร้างประชากรชั่ว F_5 จำนวนทั้งหมด 540 ต้น ร่วมกับสายพันธุ์พ่อแม่ ไม่มีการออกแบบการทดลองปลูกระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2562 ถึงเดือนมกราคม 2563 เริ่มจากเพาะกล้าถั่วฝักยาวในถาดหลุมพลาสติก เมื่อต้นกล้ามีอายุ 10 วัน หลังเพาะ ทำการย้ายต้นกล้าลงในหลุมปลูกที่เตรียมไว้ โดยรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกมูลวัว ปริมาณ 500 กรัมต่อหลุม ย้ายกล้าปลูกหลุมละ 1 ต้น ระยะระหว่างแถว 1.3 เมตร ระยะระหว่างต้น 1 เมตร รดน้ำทันทีหลังการย้ายปลูก หลังจากปลูกได้ 2 สัปดาห์ จึงทำค้างให้ถั่วฝักยาว หลังย้ายปลูก 20 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 18-46-0 อัตรา 18 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ และหลังย้ายปลูก 40 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเกรด 0-0-60 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ กำจัดวัชพืช ให้น้ำและกำจัดโรคและแมลงตามความเหมาะสม เพื่อให้หน่วยทดลองมีความสมบูรณ์มากที่สุด

บันทึกลักษณะที่สำคัญตามเกณฑ์การคัดเลือก ระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ กับสายพันธุ์ของประชากรชั่ว F_5 ได้แก่ วันที่ดอกบาน 50% สีฝักสด ความย่นของผิวฝัก ภาควัสดุของฝัก ความยาวฝัก ความหนาฝัก ความหนาเนื้อ จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝัก อัตราการสูญเสียน้ำของฝักและปริมาณสารแอนโทไซยานิน บันทึกข้อมูลจากการเก็บจำนวน 40 ฝักต่อสายพันธุ์ (สายพันธุ์ละ 5-8 ต้น) แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละสายพันธุ์ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่ คัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะที่ดีตามเกณฑ์การคัดเลือก จากนั้นเก็บเมล็ดพันธุ์รวมในแต่และสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก โดยการใช้ถุงกระดาษคลุมดอกในสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกเพื่อให้ผสมตัวเอง ก่อนที่ดอกจะบาน 1 วัน หลังจากคลุมดอกเป็นเวลา 2 วัน ก็นำถุงกระดาษที่คลุมออก และใส่ป้ายกำกับ ระบุหมายเลขต้น วันที่คลุมดอก เก็บเมล็ดที่ได้เพื่อนำไปปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ต่อไป

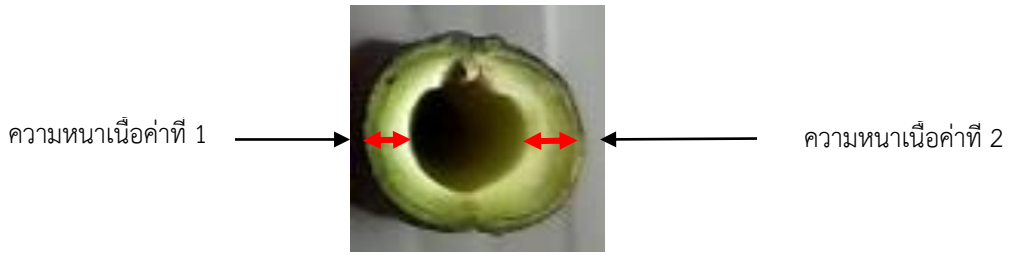
การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

ลักษณะสีฝัก

บันทึกลักษณะสีฝักสด เป็นสีม่วงแดงสม่ำเสมอตลอดทั้งฝัก ความเข้มไม่ต่ำกว่าพันธุ์น่าน 1 โดยใช้แผ่นเทียบสี RHS color chart (sixth edition 2015)

ลักษณะความหนาเนื้อ

บันทึกความหนาเนื้อฝักสดของแต่ละสายพันธุ์ จำนวน 20 ฝักต่อสายพันธุ์ในประชากรชั่ว F_2 ถึง F_4 และจำนวน 40 ฝักต่อสายพันธุ์ในประชากรชั่ว F_5 โดยวิธีการวัด คือ ใช้มีดตัดตามขวางฝักสดตรงบริเวณที่มีเมล็ด จากนั้นแกะเมล็ดออกแล้วใช้เวอร์เนียร์วัดความหนาเนื้อทั้งสองด้านของฝัก นำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยของแต่ละสายพันธุ์ (ภาพ 2)



ภาพ 2 วิธีการวัดค่าความหนาเนื้อของถั่วฝักยาว

ลักษณะความยาวฝัก

บันทึกความยาวฝักสดของแต่ละสายพันธุ์ จำนวน 20 ฝักต่อสายพันธุ์ในประชากรชั่ว F₂ ถึง F₄ และจำนวน 40 ฝักต่อสายพันธุ์ในประชากรชั่ว F₅ โดยวัดจากขั้วฝักจนถึงปลายฝัก นำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยของแต่ละสายพันธุ์ คัดเลือกสายพันธุ์ที่มีความยาวฝักไม่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร

อัตราการสูญเสียน้ำของฝักสด

บันทึกการสูญเสียน้ำของฝักสดของแต่ละสายพันธุ์ โดยนำฝักสดของแต่ละสายพันธุ์มาวางไว้ในอุณหภูมิต้อง ซึ่งน้ำหนักฝักทุกวันเป็นเวลา 5 วัน วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศและอุณหภูมิทุกวัน วันละ 3 ครั้ง คือ ณ เวลา 09.00 น. 12.00 น. และ 15.00 น. เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงในการบันทึกข้อมูลการสูญเสียน้ำของฝักสด โดยในแต่ละสายพันธุ์บันทึกค่าทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ฝัก นำค่าที่ได้ไปคำนวณอัตราการสูญเสียน้ำของฝักสด เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่

$$\text{อัตราการสูญเสียน้ำของฝักสด} = \frac{\text{น้ำหนักฝักสดที่หายไป}}{\text{น้ำหนักฝักสดในวันที่ 0}} \times 100$$

ปริมาณสารแอนโทไซยานิน

บันทึกปริมาณสารแอนโทไซยานินในฝักสดของแต่ละสายพันธุ์ โดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมตริกวิเคราะห์สายพันธุ์ละ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย คัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารแอนโทไซยานินในฝักสดไม่น้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด โดยวิธีการวิเคราะห์สารแอนโทไซยานิน มีดังนี้

1. การเตรียมตัวอย่างสด

นำตัวอย่างถั่วฝักสด ซึ่งหั่นเป็นชิ้นขนาด 0.2 เซนติเมตร ไปซังให้ได้น้ำหนัก 0.2 กรัม นำใส่หลอด ทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย ethanol-0.1%TFA (trifluoroacetic acid) ปริมาตร 10 มิลลิลิตรลงในหลอดตัวอย่าง ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำสารสกัดเทลงใน glass syringe ขนาด 10 มิลลิลิตรที่ติดตั้ง nylon membrane filter ขนาด 4.5 ไมครอน เพื่อทำการกรองสารสกัดตัวอย่าง ซึ่งดัดแปลงจาก

2. การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

นำสารสกัดที่ผ่านการกรอง ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานิน ชนิด cyanidin-3-glucoside โดยใช้วิธี ซึ่งดัดแปลงจาก Ryu et al. (2003) อ่านผลวิเคราะห์ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร และทำการคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในตัวอย่างด้วยสมการ ดังนี้

$$T_{Acy} = OD \times DV \times 100 / SV \times TEV / SW \times 1 / \left[E_{1cm}^{1\%} / 10 \right]$$

โดยที่ T_{Acy} คือ ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (มิลลิกรัมแอนโทไซยานินต่อวัตต์ดูบ 100 กรัม)

OD คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากสารละลายสกัดที่เจือจางแล้ว

DV คือ ปริมาณของสารละลายที่สกัดที่เจือจางแล้ว (มิลลิลิตร)

SV คือ ปริมาณของสารละลายสกัดที่เตรียมสำหรับเจือจาง (มิลลิลิตร)

TEV คือ ปริมาณทั้งหมดของสารละลายที่สกัดได้ (มิลลิลิตร)

SW คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้สกัด (กรัม)

$E_{1cm}^{1\%}$ คือ ค่า Extinction coefficient ซึ่งได้จากค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนักโมเลกุลของแอนโทไซยานินทุกตัวที่มีอยู่ในพืชตัวอย่างนั้นๆ

หมายเหตุ: ค่า Extinction coefficient ของ cyanidin-3-glucoside คือ 449.2

เวลาและสถานที่ การทดลองเริ่มต้นปี 2561 สิ้นสุดปี 2562 ดำเนินการในแปลงทดลองของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ประชากรรุ่น พ่อ-แม่

ในประชากรรุ่น พ่อ-แม่ ทำการบันทึกลักษณะประจำพันธุ์ที่สำคัญของสายพันธุ์พ่อแม่ พบว่าลักษณะสีฝักของสายพันธุ์แม่เป็นสีม่วงแดง ผิวฝักเรียบ รูปร่างใบเป็นรูปหอก ความยาวปล้องค่อนข้างยาว ภาคตัดขวางฝักเป็นรูปแปดเหลี่ยม จำนวนวันที่ดอกบาน 50% คือ 31 วัน หลังงอก ส่วนสายพันธุ์พ่อเป็นสีเขียวอ่อน ผิวฝักย่นปานกลาง รูปร่างใบคล้ายสามเหลี่ยม ปล้องสั้น ภาคตัดขวางฝักเป็นรูปรีค่อนข้างกลม จำนวนวันที่ดอกบาน 50% คือ 30 วัน หลังงอก (ตาราง 1)

ตาราง 1 ลักษณะที่สำคัญบางลักษณะของสายพันธุ์พ่อแม่

| ลักษณะประจำพันธุ์ | สายพันธุ์แม่ (นางาน1) | สายพันธุ์พ่อ (YB15) | หมายเหตุ |
|---|--------------------------------------|--|----------|
| รูปร่างแผ่นใบ (leaf shape) | รูปใบหอกแกมไข่ (ovate-lanceolate) | รูปคล้ายสามเหลี่ยม (deltoid) | * |
| จำนวนวันที่ดอกบาน 50% (day to 50% flowering) | 31 วัน | 30 วัน | * |
| ผิวฝัก (pod surface texture) | เรียบ | ปานกลาง | * |
| สีฝักสด (fresh pod color) | ม่วงแดง (Deep purplish red) | เขียวอ่อน (Brilliant yellowish green) | ** |
| รูปร่างภาคตัดขวางของฝัก (Pod cross section) | รูปผลแปดเหลี่ยม | รูปกลม | * |

หมายเหตุ: * รายละเอียดในการตรวจสอบลักษณะของพันธุ์พืชที่ข้อจดทะเบียนเป็นพันธุ์พืชใหม่ ชนิดพืช ถั่วฝักยาว (Yard long bean or *Vigna sesquipedalis*)

** ใช้แผ่นเทียบสี RHS colour chart (sixth edition 2015)

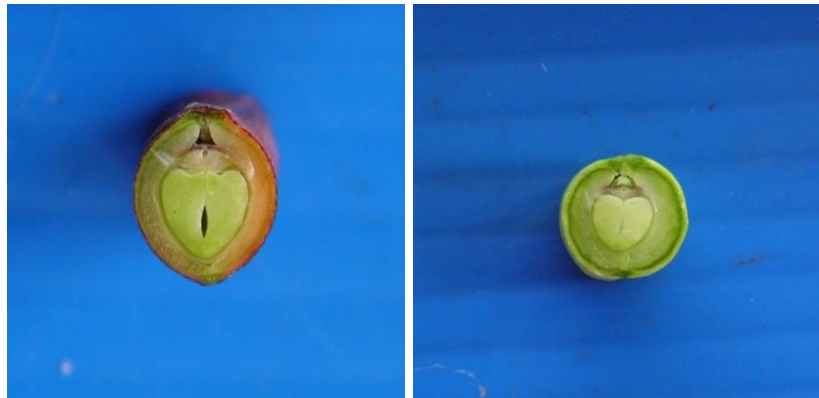


(ก)



(ข)

ภาพ 3 ลักษณะรูปร่างแผ่นใบของสายพันธุ์แม่ รูปร่างใบหอกแกมไข่ (ovate-lanceolate) (ก) และสายพันธุ์พ่อ ซึ่งมีรูปร่างคล้ายสามเหลี่ยม (deltoid) (ข)



ภาพ 4 รูปร่างภาพตัดขวางของฝัก (Pod cross section) ของสายพันธุ์แม่ (ก) รูปผลแพระ และสายพันธุ์พ่อ (ข) รูปกลม

จากลักษณะต่างๆ ที่บันทึกในรุ่นพ่อแม่ จะเห็นได้ว่าลักษณะหลายลักษณะมีความแตกต่างกันมาก ระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ ไม่ว่าจะเป็นลักษณะสีฝักที่ต่างกัน ลักษณะทรงต้นที่แตกต่างกัน ลักษณะฝัก ความหนาเนื้อฝักที่ต่างกันมาก ซึ่งเป็นสิ่งที่เป็ประโยชน์ต่อการสร้างประชากรที่มีความแปรปรวนในลักษณะที่ต้องการ โอกาสสำเร็จในการคัดเลือกได้ลักษณะที่ต้องการมีมากขึ้นกว่าการใช้สายพันธุ์พ่อแม่ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่ใกล้เคียงกัน ที่เมื่อผสมและสร้างประชากรมีโอกาสที่จะได้ประชากรที่มีความแปรปรวนในลักษณะที่ต้องการน้อย ส่งผลให้โอกาสสำเร็จในการคัดเลือกมีน้อยลง

หลังจากผสมพันธุ์ข้ามระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ เก็บฝักแห้งหลังผสม 25-30 วัน เก็บเมล็ดจากฝักแห้ง ตากเมล็ดที่ได้เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นเก็บเมล็ดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปปลูกเป็นประชากรชั่ว F_1 ต่อไป

ประชากรชั่วที่ 1 (F₁)

ปลูกประชากรชั่ว F₁ ทั้งหมด 58 ต้น ร่วมกับสายพันธุ์พ่อแม่ เพื่อเปรียบเทียบและเก็บข้อมูลลักษณะที่สำคัญตามเกณฑ์การคัดเลือก ผลการทดลองพบว่า ลักษณะสีฝักของประชากรชั่ว F₁ ทั้ง 58 ต้น มีสีม่วงเข้มทั้งหมด แสดงให้เห็นว่า ลักษณะฝักสีม่วงเข้มลักษณะฝักสีเขียว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Mustapha and Singh (2008) ที่ศึกษาลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะสีฝักในถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* (L.) WALP โดยการผสมข้ามระหว่างถั่วพุ่มฝักสีม่วงทั้งฝักผสมกับถั่วพุ่มฝักสีเขียว พบว่าในประชากร F₁ จะปรากฏฝักเป็นสีม่วงทั้งหมด และลักษณะสีม่วงเข้มลักษณะสีเขียว

ลักษณะของจำนวนวันที่ดอกบาน 50% หลังย้ายปลูก ของสายพันธุ์แม่ (นานา1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) เท่ากับ 39 วัน และ 34 วันตามลำดับ ส่วนของประชากรชั่ว F₁ เท่ากับ 36 วัน ซึ่งอยู่ตรงกลางระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ และเก็บเกี่ยวฝักสดหลังดอกบาน 9-10 วัน ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สอดคล้องกับการศึกษาของกรมวิชาการเกษตรที่ทำการคัดเลือกแบบสายพันธุ์บริสุทธิ์ทดสอบสายพันธุ์จนได้พันธุ์ YBR 8-1 หรือพันธุ์นานา 1 มีลักษณะฝักม่วงแดง ออกดอก 50% หลังจากเมล็ดงอก 43 วัน เริ่มเก็บเกี่ยวหลังจากเมล็ดงอก 55 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2549) และพันธุ์ YB15 มีลักษณะทางพันธุกรรมที่สำคัญ ได้แก่ ระยะเวลาดอกแรกบาน 32-37 วัน เริ่มเก็บเกี่ยวฝักสดได้หลังเมล็ดงอกและหลังดอกบาน เท่ากับ 41 วัน และ 10 วัน ตามลำดับ เก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายหลังเมล็ดงอก 79 วัน (เจริญ, 2540) ในประชากรชั่ว F₁ ออกดอกเร็วกว่าสายพันธุ์แม่ และสามารถเก็บเกี่ยวฝักสดเร็วกว่าสายพันธุ์แม่ ซึ่งเป็นลักษณะดีที่ปรากฏตามเกณฑ์การคัดเลือก (ตาราง 2)

ตาราง 2 ลักษณะคุณภาพที่สำคัญของประชากรชั่ว F₁ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่

| ลักษณะที่บันทึก | สายพันธุ์แม่ | สายพันธุ์พ่อ | ประชากรชั่ว F ₁ |
|------------------|--------------------------------|--|----------------------------|
| ภาคตัดขวางฝัก | รูปแปด | รูปรีค่อนข้างกลม | รูปแปด |
| ลายบนเมล็ด | น้อย | ปานกลาง | ปานกลาง |
| จน.วันดอกบาน 50% | 39 วัน | 34 วัน | 36 วัน |
| สีฝัก | ม่วงแดง (Deep purplish red) | เขียวอ่อน (Brillant) yellowish green) | สีม่วงเข้ม (dark red) |

ลักษณะความยาวฝักเฉลี่ยของสายพันธุ์แม่ (นานา1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) เท่ากับ 53 เซนติเมตร และ 38.11 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนของประชากรชั่ว F₁ เท่ากับ 45.37 เซนติเมตร ซึ่งมีความยาวฝักอยู่ตรงกลางระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ และเป็นความยาวที่ตรงตามเกณฑ์การคัดเลือกที่ต้องมากกว่า 40 เซนติเมตร ซึ่งลักษณะความยาวฝักสอดคล้องกับการศึกษาของกรมวิชาการเกษตรที่ทำการคัดเลือกแบบสายพันธุ์บริสุทธิ์ทดสอบสายพันธุ์จนได้พันธุ์ YBR 8-1 หรือพันธุ์นานา 1 มีลักษณะฝักม่วงแดง ขนาดฝักกว้าง 0.98 เซนติเมตร ความยาวฝัก 50.8 เซนติเมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2549) แต่ลักษณะความยาวฝักของสายพันธุ์พ่อไม่สอดคล้องกับที่เคยมีการศึกษาไว้ ซึ่งความยาวฝัก เท่ากับ 49 เซนติเมตร ขนาดฝักกว้าง 0.81

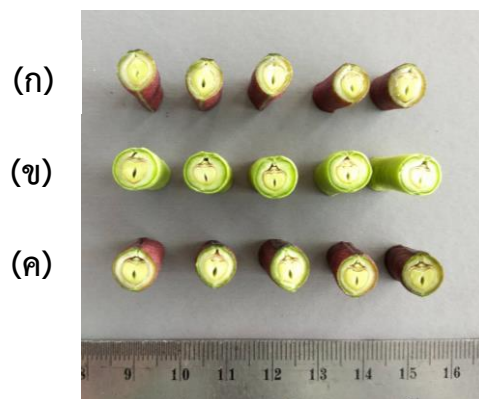
เซนติเมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2540) แต่ในการทดลองครั้งนี้มีพันธุ์ YB15 มีความยาวเฉลี่ยเพียง 38.11 เซนติเมตร เท่านั้น

ลักษณะความหนาเนื้อเฉลี่ยของสายพันธุ์แม่ (น่าน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) เท่ากับ 1.41 มิลลิเมตร และ 2.04 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งลักษณะความหนาเนื้อไม่สอดคล้องกับที่กรมวิชาการเกษตรเคยศึกษาไว้ คือ พันธุ์แม่ (น่าน1) มีความหนาเนื้อ เท่ากับ 2.16 มิลลิเมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2549) และ พันธุ์พ่อ (YB15) มีความหนาเนื้อ เท่ากับ 2.4 มิลลิเมตร (จรัญ, 2540) อาจเนื่องจากความแตกต่างของแหล่งปลูก สภาพอากาศ การจัดการดูแลรักษา และฤดูปลูกในขณะที่ทำการทดลองที่แตกต่างกัน ส่วนของ ประชากรชั่ว F_1 เท่ากับ 1.76 มิลลิเมตร ซึ่งมีความหนาเนื้อเฉลี่ยอยู่ตรงกลางระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่และ มากกว่าสายพันธุ์แม่ (น่าน1) แสดงให้เห็นว่าลักษณะความหนาเนื้อเป็นลักษณะปริมาณที่มียีนควบคุมแบบ ผลบวก (additive gene) (ตาราง 3)

ตาราง 3 ลักษณะความยาวฝัก ความหนาฝักและความหนาเนื้อของประชากรชั่ว F_1 เปรียบเทียบกับสายพันธุ์ พ่อแม่

| สายพันธุ์ | ความยาวฝัก (ซม.) | ความหนาฝัก (มม.) | ความหนาเนื้อ (มม.) |
|---------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| น่าน1 | 53.18 | 7.48 | 1.41 |
| YB15 | 38.11 | 9.34 | 2.04 |
| ประชากร F_1 | 45.37 | 8.62 | 1.76 |

ในประชากรชั่ว F_1 ทุกต้นได้รับพันธุกรรมมาจากพ่อแม่เท่ากันทุกต้น ทำให้มีลักษณะทาง พันธุกรรมที่เหมือนกันทุกต้น ลักษณะการเจริญเติบโตค่อนข้างสม่ำเสมอ ลักษณะต่างๆ เหมือนกัน จึงไม่มีการ คัดเลือกในประชากรชั่ว F_1 ดังนั้นจึงเก็บเมล็ดจากทุกต้นโดยไม่มีการคัดเลือก เพื่อนำไปปลูกเป็นต้นต่อแถวใน การสร้างประชากรชั่ว F_2 ต่อไป



ภาพ 5 ลักษณะภาคตัดขวางฝักและความหนาเนื้อ ของสายพันธุ์แม่ (ก) สายพันธุ์พ่อ (ข) ประชากรชั่ว F_1 (ค)



ภาพ 6 ลักษณะฝักของสายพันธุ์แม่ (ก) สายพันธุ์พ่อ (ข) ประชากรชั่ว F₁ (ค)

ประชากรชั่วที่ 2 (F₂)

ปลูกประชากรชั่ว F₂ ทั้งหมด 550 ต้น พบว่า มีการกระจายตัวของประชากรในลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏชัดเจนได้แก่ ลักษณะของสีฝัก ซึ่งมีทั้งลักษณะสีม่วงและสีเขียว โดยที่อัตราส่วนระหว่างฝักสีม่วงต่อฝักสีเขียวเท่ากับ 2.82 : 1 แสดงให้เห็นว่า ยีนที่ควบคุมลักษณะของสีฝักมีความเป็นไปได้อย่างสูงที่จะเป็นยีนเดี่ยว นอกจากนี้ยังพบว่า ลักษณะสีฝักยังมีความแปรปรวนในประชากร ทั้งฝักสีม่วงและสีเขียว โดยที่มีการกระจายตัวของลักษณะสีฝักตั้งแต่สีฝักม่วงแดงถึงม่วงเข้มและสีเขียวอ่อนจนถึงเขียวเข้ม (ภาพที่ 1) ซึ่งฝักสีม่วงในประชากร F₂ มีการกระจายตัวออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ 1) Deep Red (colour code: 60A) 2) Deep Red (colour code: 185A) 3) Dark Red (colour code: 183A) 4) Dark Red (colour code: 187A) 5) Greyish Purple (colour code: N77A) 6) Dark Greyish Reddish Brown (colour code: 200A) สอดคล้องกับการศึกษาของ Kuswanto and Hardiningsih (2013) ที่ได้ศึกษาการกระจายตัวและการผันแปรของลักษณะฝักสีม่วงในถั่วฝักยาวสีม่วงสายพันธุ์ UBPU1, UBPU2 และ UBPU พบการกระจายตัวของลักษณะฝักสีม่วงทั้งหมด 6 ระดับ ดังนี้ 1) Deep Purplish Red (colour code: 95B) 2) Dark Purple (colour code: 79A) 3) Dark Purple Green Strip (colour code: 79B) 4) Strong Red (colour code: 46A) 5) Deep Red (colour code: 53A) และ 6) Dark Red (colour code: 59A) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประชากรชั่ว F₂ มีการกระจายตัวและมีความแปรปรวนในลักษณะของสีฝักสูงมาก เป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือก เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่ดีที่สุดที่ต้องการ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการกระจายตัวของประชากรที่ว่าประชากรชั่ว F₂ มีการกระจายตัวมากที่สุด ซึ่งต้องใช้ความชำนาญและความละเอียดรอบคอบในการคัดเลือกเป็นอย่างมาก เพื่อเพิ่มโอกาสความสำเร็จในขั้นตอนการคัดเลือกให้มากที่สุด



ภาพ 7 ลักษณะสีฝักที่มีการกระจายตัวในประชากรชั่ว F₂

ส่วนในลักษณะของความยาวฝัก ความหนาเนื้อ ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และจำนวนวันที่ดอกแรกบาน พบว่า ลักษณะจำนวนวันที่ดอกแรกบานหลังย้ายปลูก สายพันธุ์ส่วนใหญ่มีอายุการออกดอกเร็วกว่าสายพันธุ์แม่ (นาน 1) โดยสายพันธุ์ F₂-56-7 ออกดอกเร็วที่สุด คือ 28 วัน ส่วนสายพันธุ์ที่ไม่มีข้อมูลของจำนวนวันที่ดอกแรกบาน แสดงว่าเป็นสายพันธุ์ที่มีจำนวนวันที่ดอกแรกบานมากกว่า 35 วัน แต่ที่คัดเลือกไว้ เพราะสายพันธุ์ดังกล่าวมีลักษณะดีอื่นๆ ได้แก่ สายพันธุ์ F₂-40-4, F₂-47-3 และ F₂-50-4 เป็นสายพันธุ์ที่ฝักค่อนข้างยาว มีความหนาเนื้อสูง และปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงกว่าสายพันธุ์นาน 1 ส่วนสายพันธุ์ F₂-49-1 มีความหนาเนื้อสูงและมีการแสดงอาการต้านทานต่อโรคราสนิมสูง นอกจากนี้ในการทดลองยังพบว่า ลักษณะดอกแรกบานมีความแปรปรวนในประชากรชั่ว F₂ เป็นอย่างมาก โดยพบว่าบางสายพันธุ์ออกดอกช้ามากประมาณ 60-70 วันหลังย้ายปลูก แสดงให้เห็นว่าในประชากรชั่ว F₂ มีความแปรปรวนในลักษณะต่างๆ เป็นอย่างมาก จึงต้องมีความเข้มข้นและมีความละเอียดรอบคอบในการคัดเลือกให้มากที่สุด

ลักษณะความหนาเนื้อทุกสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีความหนาเนื้อมากกว่าสายพันธุ์นาน 1 (1.709 มิลลิเมตร) แต่น้อยกว่าสายพันธุ์ YB15 (2.149 มิลลิเมตร) โดยสายพันธุ์ F₂-21-9 มีความหนาเนื้อเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 2.051 มิลลิเมตร ส่วนสายพันธุ์ F₂-47-4 มีความหนาเนื้อเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 1.729 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าความหนาเนื้อของสายพันธุ์ที่คัดเลือกมีค่าอยู่ระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ แสดงให้เห็นว่ามีโอกาสเป็นไปได้อย่างมากว่าลักษณะความหนาเนื้อของถั่วฝักยาวถูกควบคุมด้วยยีนหลายยีนแบบ additive gene

ปริมาณสารแอนโทไซยานิน พบว่า สายพันธุ์ F₂-58-8 มีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงสุด เมื่อใช้วิธีการสกัดแบบตัวอย่างสด คือ 53.08 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด มากกว่าสายพันธุ์นาน 1 ซึ่งมี 27.94 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ส่วนสายพันธุ์ F₂-47-3 มีปริมาณสารแอนโทไซยานินต่ำสุด คือ 8.53 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนัก ส่วนในสายพันธุ์ F₂-21-4 และ F₂-49-1 ไม่มีข้อมูลปริมาณสารแอนโทไซยานิน เนื่องจากช่วงเวลาที่ต้องส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ทั้งสองสายพันธุ์ไม่มีฝัก ทำให้ส่งตัวอย่างไม่ครบตามจำนวน นอกจากนี้ ยังมีการเก็บเมล็ดจากสายพันธุ์ที่ให้ฝักสีเขียว โดยการประเมินในเรื่องของปริมาณดอก ความยาวฝัก ความหนาฝัก เพื่อใช้ประโยชน์จากเชื้อพันธุ์กรรมต่อไปในอนาคต จากผลการคัดเลือกได้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกในประชากรชั่ว F₂ ทั้งหมด 18 สายพันธุ์ (ตาราง 4)

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยความยาวฝัก ความหนาฝัก ความหนาเนื้อ ปริมาณสารแอนโทไซยานินและจำนวนวันที่ดอก
แรกบานของสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกในประชากรชั่ว F₂ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่

| สายพันธุ์ | จำนวนวันที่ ดอกแรกบาน* | ความหนาฝัก (มม.) | ความยาวฝัก (ซม.) | ความหนาเนื้อ (มม.) | ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100g น้ำหนักสด) |
|----------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---|
| F ₂ -3-4 | 31 วัน | 8.26 | 52.47 | 1.915 | 31.02 |
| F ₂ -4-5 | 31 วัน | 8.51 | 45.26 | 2.015 | 17.6 |
| F ₂ -8-8 | 31 วัน | 8.17 | 50.72 | 2.018 | 35.69 |
| F ₂ -9-7 | 32 วัน | 8.00 | 45.29 | 1.889 | 27.45 |
| F ₂ -12-9 | 27 วัน | 8.88 | 48.60 | 2.103 | 14.74 |
| F ₂ -21-4 | 30 วัน | 8.17 | 45.20 | 2.004 | - |
| F ₂ -21-9 | 30 วัน | 8.55 | 48.73 | 2.051 | 13.26 |
| F ₂ -30-4 | 30 วัน | 8.10 | 45.25 | 1.979 | 27.06 |
| F ₂ -38-1 | 32 วัน | 7.65 | 45.77 | 1.915 | 40.7 |
| F ₂ -40-4 | - | 8.14 | 49.52 | 1.902 | 42.68 |
| F ₂ -47-3 | - | 7.80 | 49.26 | 1.824 | 8.53 |
| F ₂ -47-4 | 33 วัน | 7.57 | 40.39 | 1.729 | 41.53 |
| F ₂ -49-1 | - | 7.98 | 46.78 | 1.971 | - |
| F ₂ -50-4 | - | 8.33 | 46.98 | 1.969 | 41.36 |
| F ₂ -52-5 | 31 วัน | 8.10 | 53.86 | 1.887 | 27.12 |
| F ₂ -53-9 | 31 วัน | 8.29 | 41.18 | 1.812 | 28.71 |
| F ₂ -56-7 | 28 วัน | 7.95 | 43.58 | 1.954 | 29.04 |
| F ₂ -58-8 | 33 วัน | 8.22 | 42.81 | 1.741 | 53.08 |
| น่าน1 | 32 วัน | 8.05 | 52.51 | 1.709 | 27.94 |
| YB15 | 32 วัน | 9.40 | 39.53 | 2.149 | - |
| control** | - | - | - | - | 3.08 |

หมายเหตุ: *นับจากวันที่ย้ายปลูกจนถึงวันที่ดอกแรกบาน **ค่าปริมาณสารแอนโทไซยานินจากถั่วฝักยาวสีเขียว

จากผลการคัดเลือก พบว่า มีสายพันธุ์ดีที่ผ่านการคัดเลือกของประชากรชั่ว F₂ ทั้งหมด 18 สายพันธุ์ จากประชากรทั้งหมด 550 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ F₂-3-4, F₂-4-5, F₂-8-8, F₂-9-7, F₂-12-9, F₂-21-4, F₂-21-9, F₂-30-4, F₂-38-1, F₂-40-4, F₂-47-3, F₂-47-4, F₂-49-1, F₂-50-4, F₂-52-5, F₂-53-9, F₂-56-7 และ F₂-58-8 ซึ่งทั้ง 18 สายพันธุ์ มีลักษณะดีเด่นที่แตกต่างกันออกไป เก็บเมล็ดจากทั้ง 18 สายพันธุ์เพื่อนำไปปลูกเป็นต้นต่อแถว ในการสร้างประชากรชั่ว F₃ ต่อไป

ประชากรชั่วที่ 3 (F₃)

นำเมล็ด F₃ จำนวน 18 สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมาปลูกเป็นต้นต่อแถว เพื่อสร้างประชากรชั่ว F₃ จำนวนทั้งหมด 454 ต้น ในประชากรชั่ว F₃ พบว่ามีหลายลักษณะที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นที่น่าสนใจ ทั้งลักษณะคุณภาพและลักษณะปริมาณ ผลการทดลองพบว่า ลักษณะสีฝักของสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมี

การกระจายตัว 5 ระดับ คือ 1) สีม่วงแดง (185A) (เหมือนสายพันธุ์แม่) 2) สีม่วงเข้ม (183A) 3) สีม่วงเข้ม (187A) 4) สีม่วงเทา (N77A) และ 5) สีม่วงดำ (200A) ลักษณะของสีฝักของถั่วฝักยาวมีความแปรปรวนอยู่พอสมควร ซึ่งสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีทั้งสีฝักที่ใกล้เคียงและเข้มกว่าพันธุ์นาน 1 ในส่วนของลักษณะความย่นฝัก พบว่าสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกส่วนใหญ่แสดงลักษณะย่นปานกลางเหมือนสายพันธุ์พ่อ (YB15) และพบว่าในบางสายพันธุ์มีลักษณะการย่นของฝักมากกว่าสายพันธุ์พ่อ (YB15) จำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ F₃-8-8-21, F₃-12-9-2 F₃-21-9-30, F₃-30-4-29, F₃-47-4-6 และ F₃-58-8-9 ส่วนลักษณะภาพตัดขวางของฝัก พบว่าทุกสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีลักษณะกลมทั้งหมด ซึ่งเหมือนกับสายพันธุ์พ่อ (YB15) (ตาราง 5)

ตาราง 5 ลักษณะสีฝัก ความย่นฝักและภาพตัดขวางฝักของประชากรถั่วฝักยาวชั่ว F₃ เทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่

| สายพันธุ์ | สีฝัก | ความย่นฝัก | ภาคตัดขวางฝัก |
|-------------------------|------------------|------------|---------------|
| F ₃ -4-5-13 | ม่วงเทา (N77A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -8-8-14 | ม่วงเข้ม (187A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -8-8-21 | ม่วงเข้ม (187A) | มาก | กลม |
| F ₃ -8-8-23 | ม่วงเข้ม (187A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -9-7-3 | ม่วงเทา (N77A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -9-7-15 | ม่วงดำ (200A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -12-9-2 | ม่วงเข้ม (183A) | มาก | กลม |
| F ₃ -12-9-11 | ม่วงเข้ม (183A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -21-4-11 | ม่วงแดง (185A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -21-4-15 | ม่วงเข้ม(183A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -21-9-24 | ม่วงเข้ม (183A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -21-9-30 | ม่วงเข้ม (183A) | มาก | กลม |
| F ₃ -30-4-28 | ม่วงเข้ม (187A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -30-4-29 | ม่วงเข้ม (187A) | มาก | กลม |
| F ₃ -38-1-1 | ม่วงเข้ม (187A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -40-4-6 | ม่วงเทา (N77A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -47-4-6 | ม่วงดำ (200A) | มาก | กลม |
| F ₃ -49-1-3 | ม่วงเทา (N77A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -49-1-6 | ม่วงเทา (N77A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -49-1-8 | ม่วงเข้ม (187A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -52-5-13 | ม่วงเทา (N77A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -56-7-11 | ม่วงเทา (N77A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -56-7-12 | ม่วงดำ (200A) | ปานกลาง | กลม |
| F ₃ -58-8-9 | ม่วงดำ (200A) | มาก | กลม |
| นาน1 | ม่วงแดง (185A) | น้อย | รูปแปรร |
| YB15 | เขียวอ่อน (143C) | ปานกลาง | กลม |

หมายเหตุ: * ใช้แผ่นเทียบสี RHS colour chart (sixth edition 2015) สีม่วงแดง รหัส 185A สีม่วงเข้ม รหัส 183A และ 187A สีม่วงเทา รหัส N77A สีม่วงดำ รหัส 200A

นอกจากนี้ยังพบว่า ลักษณะของสีฝักในประชากรชั่ว F_3 มีการกระจายตัวของลักษณะสีฝักสีม่วงกับสีเขียวในอัตราส่วน 9:1 ซึ่งแตกต่างจากอัตราส่วนในประชากรชั่ว F_2 ที่มีอัตราส่วนสีม่วงแดงต่อฝักสีเขียว เท่ากับ 3:1 แสดงให้เห็นว่า ความแปรปรวนของลักษณะสีฝักน้อยลง ซึ่งหมายความว่ามีความเป็นพันธุ์แท้ของสายพันธุ์มีมากขึ้นและมีความเป็นพันธุ์แท้มากขึ้นกว่าในประชากรชั่ว F_2

ลักษณะดอกแรกบาน พบว่า สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกส่วนใหญ่ดอกแรกบานเร็วกว่าสายพันธุ์พ่อแม่ ซึ่งอยู่ระหว่าง 29-35 วัน โดยสายพันธุ์ที่ดอกแรกบานเร็วที่สุด คือ F_3 -8-8-14 ซึ่งดอกแรกบานใช้เวลา 29 วันหลังย้ายปลูก ส่วนสายพันธุ์ที่บานช้าที่สุด คือ F_3 -4-5-13 และ F_3 -8-8-23 ซึ่งดอกแรกบานใช้เวลา 35 วันหลังย้ายปลูก ในขณะที่สายพันธุ์แม่ (นาน1) ดอกแรกบาน 38 วันหลังย้ายปลูก ส่วนสายพันธุ์พ่อ (YB15) ดอกแรกบาน 35 วันหลังย้ายปลูก

ลักษณะความยาวฝัก พบว่า สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีความยาวฝักเฉลี่ยตั้งแต่ 42.71 ถึง 59.60 เซนติเมตร โดยสายพันธุ์ F_3 -21-4-11 มีความยาวฝักมากที่สุดเท่ากับ 59.60 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าสายพันธุ์แม่ (นาน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) ซึ่งมีความยาวฝักเท่ากับ 56.92 เซนติเมตรและ 37.73 เซนติเมตรตามลำดับ

ลักษณะความหนาเนื้อ ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญของการคัดเลือก พบว่า ทุกสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีความหนาเนื้อเฉลี่ยอยู่ระหว่างสายพันธุ์แม่ (นาน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) ซึ่งมีความหนาเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 1.567 มิลลิเมตร และ 2.130 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยสายพันธุ์ F_3 -49-1-6 มีความหนาเนื้อฝักเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 2.117 มิลลิเมตร

ลักษณะความหนาฝัก พบว่า สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีความหนาฝักเฉลี่ยตั้งแต่ 7.879 ถึง 8.567 มิลลิเมตร โดยสายพันธุ์ F_3 -52-5-13 มีความหนาฝักเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 8.567 มิลลิเมตร โดยที่สายพันธุ์แม่ (นาน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) มีความหนาฝักเฉลี่ยเท่ากับ 7.551 และ 8.836 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ลักษณะปริมาณสารแอนโทไซยานิน พบว่า สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีปริมาณสารแอนโทไซยานินอยู่ระหว่าง 8.177 ถึง 56.54 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงสุด คือ F_3 -58-8-9 เท่ากับ 56.54 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ส่วนสายพันธุ์แม่ (นาน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) มีปริมาณสารแอนโทไซยานิน เท่ากับ 36.23 และ 2.457 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ (ตาราง 6)

ผลการคัดเลือกในประชากรชั่ว F_3 สามารถคัดเลือกได้ทั้งหมด 24 สายพันธุ์ จากทั้งหมด 454 สายพันธุ์ที่ปลูก ซึ่งทั้ง 24 สายพันธุ์ มีลักษณะเด่นที่แตกต่างกันออกไป (ตาราง 7) เก็บเมล็ดจากทั้ง 24 สายพันธุ์ ไปปลูกเป็นต้นต่อแถว เพื่อสร้างประชากรชั่ว F_4 ต่อไป

ตาราง 6 ค่าเฉลี่ยความยาวฝัก ความหนาฝัก ความหนาเนื้อ จำนวนฝักต่อต้น ปริมาณสารแอนโทไซยานินและจำนวนวันที่ดอกแรกบานของสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกในประชากรชั่ว F₃ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่

| สายพันธุ์ | จำนวนวันที่ดอกแรกบาน | ความหนาฝัก (มม.) | ความยาวฝัก (ซม.) | ความหนาเนื้อ (มม.) | ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100g)* |
|-------------------------|----------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|
| F ₃ -4-5-13 | 35 | 8.254 | 47.20 | 2.063 | 28.34 |
| F ₃ -8-8-14 | 29 | 8.013 | 42.71 | 1.785 | - |
| F ₃ -8-8-21 | 32 | 8.151 | 50.87 | 1.993 | 16.39 |
| F ₃ -8-8-23 | 35 | 8.492 | 49.81 | 1.936 | 18.55 |
| F ₃ -9-7-3 | 33 | 8.106 | 51.55 | 1.878 | 23.10 |
| F ₃ -9-7-15 | 33 | 8.105 | 51.56 | 1.924 | 34.13 |
| F ₃ -12-9-2 | 32 | 8.133 | 52.91 | 1.902 | 12.14 |
| F ₃ -12-9-11 | 32 | 8.372 | 47.60 | 1.974 | 13.16 |
| F ₃ -21-4-11 | 33 | 7.879 | 59.60 | 1.895 | 8.177 |
| F ₃ -21-4-15 | 34 | 8.265 | 52.21 | 2.025 | 12.58 |
| F ₃ -21-9-24 | 33 | 8.191 | 46.38 | 1.910 | 15.68 |
| F ₃ -21-9-30 | 32 | 8.485 | 49.96 | 1.982 | 20.53 |
| F ₃ -30-4-28 | 31 | 8.227 | 47.34 | 1.998 | 26.22 |
| F ₃ -30-4-29 | 32 | 8.279 | 48.57 | 2.011 | 27.28 |
| F ₃ -38-1-1 | 33 | 7.968 | 47.43 | 1.921 | 28.20 |
| F ₃ -40-4-6 | 34 | 8.163 | 46.77 | 1.914 | 32.23 |
| F ₃ -47-4-6 | 32 | 8.480 | 48.34 | 1.873 | 27.21 |
| F ₃ -49-1-3 | 32 | 8.163 | 44.40 | 2.049 | 15.66 |
| F ₃ -49-1-6 | 33 | 7.962 | 51.19 | 2.117 | 29.00 |
| F ₃ -49-1-8 | 34 | 8.188 | 44.14 | 2.083 | 27.13 |
| F ₃ -52-5-13 | 33 | 8.567 | 51.20 | 1.870 | 35.35 |
| F ₃ -56-7-11 | 33 | 8.373 | 49.09 | 1.933 | 39.49 |
| F ₃ -56-7-12 | 33 | 7.991 | 52.36 | 2.071 | 46.38 |
| F ₃ -58-8-9 | 33 | 8.137 | 44.70 | 1.826 | 56.54 |
| น่าน1 | 38 | 7.551 | 56.92 | 1.567 | 36.23 |
| YB15 | 35 | 8.836 | 37.73 | 2.130 | 2.457 |

หมายเหตุ: * เก็บวิเคราะห์ตัวอย่างในช่วงที่ต้นถั่วกระทบแล้ง ส่งผลให้สีฝักของบางสายพันธุ์จางลง ซึ่งน่าจะมีผลต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินที่วิเคราะห์ ทำให้ได้ค่าที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับสายพันธุ์แม่ (น่าน1)

ตาราง 7 ลักษณะเด่นของสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 24 สายพันธุ์ของประชากรชั่ว F₃

| สายพันธุ์ | ลักษณะเด่นของสายพันธุ์ตามเกณฑ์การคัดเลือก |
|-------------------------|--|
| F ₃ -4-5-13 | มีความหนาเนื้อสูงและปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -8-8-14 | ออกดอกเร็วที่สุด (29 วันหลังย้ายปลูก) |
| F ₃ -8-8-21 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความยาวฝักเกิน 50 ซม. และมีความหนาเนื้อสูง |
| F ₃ -8-8-23 | มีความหนาเนื้อสูง |
| F ₃ -9-7-3 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความยาวฝักเกิน 50 ซม. มีจำนวนฝักต่อต้นสูงที่สุด และมีสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -9-7-15 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความยาวฝักเกิน 50 ซม. มีความหนาเนื้อและมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -12-9-2 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความยาวฝักเกิน 50 ซม. มีความหนาเนื้อสูง |
| F ₃ -12-9-11 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความหนาเนื้อสูง |
| F ₃ -21-4-11 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความยาวฝักเกินเฉลี่ยมากที่สุด 59.60 ซม. |
| F ₃ -21-4-15 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความยาวฝักเกิน 50 ซม. มีความหนาเนื้อสูง |
| F ₃ -21-9-24 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความหนาเนื้อสูง |
| F ₃ -21-9-30 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความหนาเนื้อและมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -30-4-28 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความหนาเนื้อและมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -30-4-29 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความหนาเนื้อและมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -38-1-1 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความหนาเนื้อและมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -40-4-6 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความหนาเนื้อและมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -47-4-6 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ และมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -49-1-3 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความหนาเนื้อสูง |
| F ₃ -49-1-6 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความยาวฝักเกิน 50 ซม. มีความหนาเนื้อเฉลี่ยสูงที่สุด (2.117 มม.) และมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -49-1-8 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความหนาเนื้อและมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -52-5-13 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความยาวฝักเกิน 50 ซม. และมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -56-7-11 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความหนาเนื้อและมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -56-7-12 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความยาวฝักเกิน 50 ซม. มีความหนาเนื้อและมีแอนโทไซยานินสูง |
| F ₃ -58-8-9 | ออกดอกเร็วกว่าพ่อแม่ มีความหนาเนื้อและมีแอนโทไซยานินสูงที่สุด |

ประชากรชั่วที่ 4 (F₄)

นำเมล็ดจากทั้ง 24 สายพันธุ์ ของประชากรชั่ว F₃ มาปลูกเป็นต้นต่อแถว เพื่อสร้างประชากรชั่ว F₄ ได้จำนวนทั้งหมด 520 ต้น ในประชากรชั่ว F₄ พบว่ามีหลายลักษณะยังมีความแปรปรวนในแต่ละสายพันธุ์ ทั้งลักษณะคุณภาพและลักษณะปริมาณ ผลการทดลองพบว่า ลักษณะสีฝักของสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีการกระจายตัว 5 ระดับ คือ 1) สีม่วงแดง (185A) (เหมือนสายพันธุ์แม่) 2) สีม่วงเข้ม (183A) 3) สีม่วงเข้ม (187A) 4) สีม่วงเทา (N77A) และ 5) สีม่วงดำ (200A) ซึ่งลักษณะสีฝักของถั่วฝักยาวยังมีความแปรปรวนอยู่พอสมควร นอกจากนี้ยังพบว่าสภาพแวดล้อมมีผลต่อลักษณะสีฝักค่อนข้างสูง เนื่องจากเมื่อกระทบแล้งและอากาศร้อนสีฝักจะจางลง ซึ่งการตอบสนองจะแตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์ ในส่วนของลักษณะความย่นฝัก พบว่าสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกส่วนใหญ่แสดงลักษณะย่นปานกลางเหมือนสายพันธุ์พ่อ (YB15) ยกเว้นสายพันธุ์ F₄-49-1-6-10 และ F₄-49-1-8-17 มีลักษณะการย่นของฝักมากกว่าสายพันธุ์พ่อ (YB15) ซึ่งลักษณะความย่นพบว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกน้อยมาก ในส่วนลักษณะภาพตัดขวางของฝัก พบว่า สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีทั้งลักษณะรูปแปรรและกลม ซึ่งลักษณะลักษณะภาพตัดขวางของฝัก สภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกพอสมควร บางครั้งในฝักเดียวกันก็พบทั้งสองลักษณะ

นอกจากนี้ยังพบว่า ลักษณะของสีฝักในประชากรชั่ว F₄ มีการกระจายตัวของลักษณะสีฝักสีม่วงแดงกับฝักสีเขียวในอัตราส่วน 8:1 ซึ่งมีอัตราส่วนใกล้เคียงกับประชากรชั่ว F₃ ที่มีอัตราส่วนฝักสีม่วงแดงต่อฝักสีเขียว เท่ากับ 9:1 แสดงให้เห็นว่า ความแปรปรวนของลักษณะสีฝักในประชากรชั่ว F₄ ยังมีมากพอสมควร แต่พบว่า สายพันธุ์ F₄-8-8-14, F₄-8-8-21, F₄-30-4-28, F₄-30-4-29, และ F₄-49-1-8-8 มีลักษณะฝักสีม่วงทั้งหมดและมีลักษณะการเจริญเติบโตคล้ายกันทุกต้นในสายพันธุ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีพันธุกรรมเข้าใกล้สายพันธุ์แท้สูงมาก (ตาราง 8)

ลักษณะการออกดอก พบว่า สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกส่วนใหญ่ดอกแรกจะบานเร็วกว่าสายพันธุ์พ่อแม่ ซึ่งอยู่ระหว่าง 25-33 วัน โดยสายพันธุ์ที่ดอกแรกบานเร็วที่สุด มี 4 สายพันธุ์คือ F₄-12-9-2-4, F₄-12-9-11-6, F₄-12-9-24-5, F₄-12-9-24-13 ซึ่งดอกแรกบานใช้เวลา 25 วันหลังย้ายปลูก ส่วนสายพันธุ์ที่บานช้าที่สุด คือ F₄-8-8-14-3 และ F₄-8-8-14-5 ซึ่งดอกแรกบานใช้เวลา 33 วันหลังย้ายปลูก เท่ากับสายพันธุ์แม่ (น่าน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) ดอกแรกบาน 33 วันหลังย้ายปลูก

ลักษณะความหนาเนื้อ ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญของการคัดเลือก พบว่า ทุกสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีความหนาเนื้อเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.806 ถึง 2.099 มิลลิเมตร โดยสายพันธุ์ F₄-21-9-24-13 มีความหนาเนื้อฝักเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 2.099 มิลลิเมตร ส่วนสายพันธุ์แม่ (น่าน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) มีความหนาเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 1.522 มิลลิเมตร และ 1.894 มิลลิเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า มี 17 สายพันธุ์ จากทั้งหมด 21 สายพันธุ์ ที่ผ่านการคัดเลือก มีความหนาเนื้อฝักมากกว่าสายพันธุ์พ่อ (YB15)

ลักษณะความยาวฝัก พบว่า สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีความยาวฝักเฉลี่ยตั้งแต่ 40.86 ถึง 48.45 เซนติเมตร โดยสายพันธุ์ F₄-8-8-21-1 มีความยาวฝักเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 48.45 เซนติเมตร ส่วนสายพันธุ์แม่ (น่าน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) ซึ่งมีความยาวฝักเท่ากับ 50.60 เซนติเมตร และ 35.67 เซนติเมตร ตามลำดับ

ตาราง 8 ลักษณะสีฝัก ความย่นฝักและภาพตัดขวางฝักของประชากรถั่วฝักยาวชั่ว F₄ เทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่

| สายพันธุ์ | สีฝัก* | ความย่นฝัก | ภาคตัดขวางฝัก |
|----------------------------|------------------|------------|---------------|
| F ₄ -8-8-14-3 | ม่วงเข้ม (187A) | ย่นกลาง | รูปแพรง |
| F ₄ -8-8-14-5 | ม่วงเข้ม (187A) | ย่นกลาง | รูปแพรง |
| F ₄ -8-8-21-1 | ม่วงเข้ม (187A) | ย่นกลาง | รูปแพรง |
| F ₄ -9-7-15-13 | ม่วงดำ (200A) | ย่นกลาง | รูปแพรง |
| F ₄ -12-9-2-4 | ม่วงแดง (185A) | ย่นกลาง | กลม |
| F ₄ -12-9-2-5 | ม่วงแดง (185A) | ย่นกลาง | กลม |
| F ₄ -12-9-11-6 | ม่วงแดง (185A) | ย่นกลาง | กลม |
| F ₄ -12-9-11-11 | ม่วงแดง (185A) | ย่นกลาง | กลม |
| F ₄ -21-4-15-20 | ม่วงเทา (N77A) | ย่นกลาง | รูปแพรง |
| F ₄ -21-9-24-5 | ม่วงแดง (185A) | ย่นกลาง | รูปแพรง |
| F ₄ -21-9-24-13 | ม่วงเข้ม (183A) | ย่นกลาง | กลม |
| F ₄ -21-9-24-22 | ม่วงเข้ม (183A) | ย่นกลาง | กลม |
| F ₄ -30-4-28-1 | ม่วงเข้ม (187A) | ย่นกลาง | กลม |
| F ₄ -30-4-29-11 | ม่วงเข้ม (187A) | ย่นกลาง | กลม |
| F ₄ -49-1-8-8 | ม่วงเข้ม (183A) | ย่นกลาง | รูปแพรง |
| F ₄ -49-1-8-17 | ม่วงดำ (200A) | ย่นมาก | กลม |
| F ₄ -56-7-11-1 | ม่วงเทา (N77A) | ย่นกลาง | กลม |
| F ₄ -56-7-11-13 | ม่วงเทา (N77A) | ย่นกลาง | กลม |
| น่าน1 | ม่วงแดง (185A) | ย่นน้อย | รูปแพรง |
| YB15 | เขียวอ่อน (143C) | ย่นกลาง | กลม |

ลักษณะความหนาฝัก พบว่า สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีความหนาฝักเฉลี่ยตั้งแต่ 8.177 ถึง 8.802 มิลลิเมตร โดยสายพันธุ์ F₄-9-7-15-13 มีความหนาฝักเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 8.802 มิลลิเมตร โดยที่สายพันธุ์แม่ (น่าน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) มีความหนาฝักเฉลี่ยเท่ากับ 7.478 และ 8.863 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตาราง 9)

ลักษณะจำนวนฝักต่อต้น ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญขององค์ประกอบผลผลิต พบว่า ในสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก มีจำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 67-143 ฝักต่อต้น ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวประมาณ 56 วัน ซึ่งเปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่แล้วพบว่าจำนวนฝักใกล้เคียงกัน โดยที่สายพันธุ์แม่ (น่าน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) มีจำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 103 และ 130 ฝักต่อต้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลงานวิจัยที่มีอยู่ก่อนแล้วของกรมวิชาการเกษตร พบว่ามีจำนวนฝักใกล้เคียงกัน โดยที่สายพันธุ์แม่ (น่าน 1) มีจำนวนผลผลิตประมาณ 48 ฝักต่อต้น ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวประมาณ 29 วัน และจำนวนฝักต่อต้นของสายพันธุ์พ่อ (YB15) เท่ากับ 67 ฝัก ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวประมาณ 38 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2549)

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยความยาวฝัก ความหนาฝัก ความหนาเนื้อ จำนวนฝักต่อต้น ปริมาณสารแอนโทไซยานินและจำนวนวันที่ดอกแรกบานของสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกในประชากรชั่ว F₄ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่

| สายพันธุ์ | จำนวนวันที่ดอกแรกบาน | ความหนาฝัก (มม.) | ความยาวฝัก (ซม.) | ความหนาเนื้อ (มม.) | จำนวนฝักต่อต้น |
|----------------------------|----------------------|------------------|------------------|--------------------|----------------|
| F ₄ -4-5-13-8 | 28 | 8.738 | 43.66 | 1.939 | 67 |
| F ₄ -8-8-14-3 | 33 | 8.395 | 46.20 | 1.885 | 143 |
| F ₄ -8-8-14-5 | 33 | 8.177 | 45.90 | 1.899 | 128 |
| F ₄ -8-8-21-1 | 31 | 8.656 | 48.45 | 1.865 | 87 |
| F ₄ -9-7-15-13 | 28 | 8.802 | 46.47 | 1.956 | 115 |
| F ₄ -12-9-2-4 | 25 | 8.585 | 46.76 | 1.886 | 96 |
| F ₄ -12-9-2-5 | 27 | 8.466 | 47.64 | 2.012 | 124 |
| F ₄ -12-9-11-6 | 25 | 8.600 | 44.22 | 1.941 | 113 |
| F ₄ -12-9-11-11 | 26 | 8.661 | 42.95 | 1.996 | 119 |
| F ₄ -21-4-15-20 | 28 | 8.488 | 45.34 | 1.895 | 96 |
| F ₄ -21-9-24-5 | 25 | 8.730 | 42.98 | 2.000 | 84 |
| F ₄ -21-9-24-13 | 25 | 8.697 | 43.76 | 2.099 | 76 |
| F ₄ -21-9-24-22 | 28 | 8.638 | 42.43 | 1.993 | 113 |
| F ₄ -30-4-28-1 | 26 | 8.554 | 42.67 | 1.955 | 71 |
| F ₄ -30-4-29-11 | 27 | 8.770 | 44.74 | 2.037 | 79 |
| F ₄ -49-1-8-8 | 28 | 8.596 | 40.86 | 1.806 | 94 |
| F ₄ -49-1-8-17 | 29 | 8.529 | 41.47 | 1.847 | 124 |
| F ₄ -56-7-11-1 | 28 | 8.681 | 44.68 | 1.857 | 87 |
| F ₄ -56-7-11-13 | 29 | 8.709 | 45.17 | 1.919 | 80 |
| น่าน1 | 33 | 7.478 | 50.60 | 1.522 | 103 |
| YB15 | 33 | 8.863 | 35.67 | 1.894 | 130 |

ผลการคัดเลือกในประชากรชั่ว F₄ สามารถคัดเลือกได้ทั้งหมด 19 สายพันธุ์ จากทั้งหมด 454 สายพันธุ์ที่ปลูก ซึ่งทั้ง 19 สายพันธุ์ มีลักษณะเด่นที่แตกต่างกันออกไป (ตาราง 10) เก็บเมล็ดจากทั้ง 19 สายพันธุ์ ไปปลูกเป็นต้นต่อแถว เพื่อสร้างประชากรชั่ว F₅ ต่อไป

ตาราง 10 ลักษณะเด่นของสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 21 สายพันธุ์ของประชากรชั่ว F₄

| สายพันธุ์ | ลักษณะเด่นของสายพันธุ์ตามเกณฑ์การคัดเลือก |
|----------------------------|---|
| F ₄ -4-5-13-8 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ความหนาเนื้อสูง |
| F ₄ -8-8-14-3 | ฝักยาว ความหนาเนื้อสูงและจำนวนฝักต่อต้นสูง |
| F ₄ -8-8-14-5 | ฝักยาว ความหนาเนื้อสูงและจำนวนฝักต่อต้นสูง |
| F ₄ -8-8-21-1 | ฝักยาว ความหนาเนื้อสูง |
| F ₄ -9-7-15-13 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ฝักยาว ความหนาเนื้อสูงและจำนวนฝักต่อต้นสูง |
| F ₄ -12-9-2-4 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ฝักยาว ความหนาเนื้อสูง |
| F ₄ -12-9-2-5 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ฝักยาว ความหนาเนื้อสูงและจำนวนฝักต่อต้นสูง |
| F ₄ -12-9-11-6 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ความหนาเนื้อสูงและจำนวนฝักต่อต้นสูง |
| F ₄ -12-9-11-11 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ความหนาเนื้อสูงและจำนวนฝักต่อต้นสูง |
| F ₄ -21-4-15-20 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ฝักยาว ความหนาเนื้อสูง |
| F ₄ -21-9-24-5 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ความหนาเนื้อสูง |
| F ₄ -21-9-24-13 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ความหนาเนื้อสูง |
| F ₄ -21-9-24-22 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ความหนาเนื้อสูงและจำนวนฝักต่อต้นสูง |
| F ₄ -30-4-28-1 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ความหนาเนื้อสูง |
| F ₄ -30-4-29-11 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ฝักยาว ความหนาเนื้อสูงและจำนวนฝักต่อต้นสูง |
| F ₄ -49-1-8-8 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ความหนาเนื้อสูง |
| F ₄ -49-1-8-17 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ความหนาเนื้อสูงและจำนวนฝักต่อต้นสูง |
| F ₄ -56-7-11-1 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ความหนาเนื้อสูง |
| F ₄ -56-7-11-13 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ฝักยาว ความหนาเนื้อสูง |

ประชากรชั่ว F₅

นำเมล็ดจากสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 19 สายพันธุ์ของประชากรชั่ว F₄ มาปลูกเป็นต้นต่อแถว เพื่อสร้างประชากรชั่ว F₅ ได้ทั้งหมด 540 ต้น จากการทดลองพบว่า มีสายพันธุ์ที่ไม่มีความแปรปรวนทั้งหมด 9 สายพันธุ์ จากทั้งหมด 19 สายพันธุ์ ซึ่งประเมินจากลักษณะสีฝักและลักษณะการเจริญเติบโตของแต่ละสายพันธุ์เป็นเกณฑ์ ทำการบันทึกลักษณะการเจริญเติบโตตามเกณฑ์การคัดเลือกของทั้ง 9 สายพันธุ์ พบว่า ลักษณะสีฝักมีการกระจายตัว 3 ระดับ คือ สีม่วงเข้ม (183A) สีม่วงเข้ม (187A) และสีม่วงดำ (200A) นอกจากนี้ยังพบว่าสภาพแวดล้อมมีผลต่อลักษณะสีฝักค่อนข้างสูง เนื่องจากเมื่อกระทบแล้งและอากาศร้อนสีฝักจะจางลง ซึ่งการตอบสนองจะแตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์ จะเห็นได้ว่าลักษณะสีฝักจะมีความแปรปรวนน้อยลงเมื่อเทียบกับประชากรชั่ว F₂ เนื่องจากการคัดเลือกจะคัดเอาสายพันธุ์ที่มีสีฝักเข้มกว่าสายพันธุ์แม่ ส่งผลให้การกระจายตัวของลักษณะสีฝักน้อยลง

ในส่วนของลักษณะความย่นฝัก พบว่า สายพันธุ์ส่วนใหญ่แสดงลักษณะย่นปานกลางเหมือนสายพันธุ์พ่อ (YB15) ยกเว้น สายพันธุ์ F₅-30-4-28-1, F₅-30-4-29-11, F₅-49-1-8-8 และ F₅-49-1-8-17 ที่มีลักษณะการย่นของฝักมากกว่าสายพันธุ์พ่อ (YB15) ซึ่งลักษณะความย่นพบว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกน้อย เพราะเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงก็จะแสดงออกจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ในส่วนลักษณะภาพตัดขวางของฝัก พบว่า สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีทั้งลักษณะรูปแปดและกลม ซึ่งลักษณะลักษณะ

ภาพตัดขวางของฝัก สภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกพอลิเมอร์ เพราะเมื่อกระทบสภาพอากาศร้อนในบางสายพันธุ์ก็จะมีเปลี่ยนแปลงและในบางครั้งในฝักเดียวกันก็พบทั้งสองลักษณะ (ตาราง 11)

ตาราง 11 ลักษณะสีฝัก ความย่นฝัก ภาพตัดขวางฝักและจำนวนแฉวต่อต้นเมื่อดอกแรกบาน ของประชากรถั่วฝักยาวชั่ว F₅ เทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่

| สายพันธุ์ | สีฝัก* | ความย่น | ภาพตัดขวาง | จน.แฉวต่อต้น |
|----------------------------|-----------------|---------|------------|--------------|
| F ₅ -8-8-14-5 | ม่วงเข้ม (187A) | ย่นกลาง | กลม/รูปแปด | 3.233 |
| F ₅ -8-8-21-1 | ม่วงเข้ม (187A) | ย่นกลาง | กลม | 3.464 |
| F ₅ -9-7-15-13 | ม่วงดำ (200A) | ย่นกลาง | กลม | 3.286 |
| F ₅ -21-9-24-22 | ม่วงเข้ม (183A) | ย่นกลาง | กลม | 3.533 |
| F ₅ -30-4-28-1 | ม่วงเข้ม (187A) | ย่นมาก | กลม | 2.923 |
| F ₅ -30-4-29-11 | ม่วงเข้ม (187A) | ย่นมาก | กลม | 2.929 |
| F ₅ -49-1-8-8 | ม่วงเข้ม (183A) | ย่นมาก | กลม | 2.519 |
| F ₅ -49-1-8-17 | ม่วงเข้ม (187A) | ย่นมาก | กลม | 3.357 |
| น่าน1 | ม่วงแดง (185A) | ย่นน้อย | รูปแปด | 4.172 |
| YB15 | เขียว (143C) | ย่นกลาง | กลม | 3.933 |

หมายเหตุ: * ใช้แผ่นเทียบสี RHS colour chart (sixth edition 2015) คือ 183A (dark red) 187A (dark red) N77A (greyish purple) 200A (dark greyish reddish brown) 143C (strong yellow green)

ลักษณะการจำนวนวันที่ดอกบาน 50% พบว่า ทุกสายพันธุ์ดอกบาน 50% เร็วกว่าสายพันธุ์แม่ (น่าน1) ซึ่งอยู่ระหว่าง 31-40 วัน ยกเว้น สายพันธุ์ F₅-49-1-8-17 (40 วัน) ที่ดอกบานช้ากว่าสายพันธุ์แม่ 1 วัน อาจเป็นผลมาจากขณะทำการทดลองมีระบบน้ำรั่วและท่วมซึ่งบริเวณร่องของสายพันธุ์ F₅-49-1-8-17 ส่งผลให้การออกดอกหยุดชะงักการเจริญเติบโตอย่างเห็นได้ชัด ทำให้ออกดอกช้ามากกว่าที่ควรจะเป็น โดยสายพันธุ์ที่ดอกแรกบานเร็วที่สุด คือ F₅-21-9-24-22 ซึ่งดอกบาน 50% ใช้เวลา 31 วันหลังย้ายปลูก เมื่อเทียบกับสายพันธุ์แม่ (น่าน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) ที่ดอกบาน 50% เท่ากับ 39 วัน และ 35 วัน หลังย้ายปลูกตามลำดับ

ลักษณะความหนาเนื้อ ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญของการคัดเลือก พบว่า ทุกสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีความหนาเนื้อเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.975 ถึง 2.250 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าสายพันธุ์แม่ทุกสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ F₅-49-1-8-17 มีความหนาเนื้อฝักเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 2.250 มิลลิเมตร ส่วนสายพันธุ์แม่ (น่าน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) มีความหนาเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 1.531 มิลลิเมตร และ 2.134 มิลลิเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ในประชากรชั่ว F₅ มี 3 สายพันธุ์ มีความหนาเนื้อฝักมากกว่าสายพันธุ์พ่อ (YB15) ได้แก่ สายพันธุ์ F₅-49-1-8-17, F₅-30-4-28-1, F₅-30-4-29-11 ซึ่งมีความหนาเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 2.250 มิลลิเมตร 2.220 มิลลิเมตร และ 2.212 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ลักษณะความยาวฝัก พบว่า สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีความยาวฝักเฉลี่ยตั้งแต่ 41.13 เซนติเมตร ถึง 51.92 เซนติเมตร โดยสายพันธุ์ F₅-9-7-15-13 มีความยาวฝักเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 51.92 เซนติเมตร ส่วนสายพันธุ์แม่ (น่าน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) ซึ่งมีความยาวฝักเท่ากับ 49.92 เซนติเมตร และ 36.80 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตาราง 12)

ลักษณะจำนวนฝักต่อต้น ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญขององค์ประกอบผลผลิต พบว่า ในสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก มีจำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 60.71- 91.50 ฝักต่อต้น ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว 40 วัน

ซึ่งเปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่แล้วพบว่าส่วนใหญ่มีจำนวนฝักมากกว่าสายพันธุ์พ่อแม่ โดยที่สายพันธุ์แม่ (น่าน1) และสายพันธุ์พ่อ (YB15) มีจำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 65.60 และ 73.20 ฝักต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมาของกรมวิชาการเกษตร พบว่ามีจำนวนฝักใกล้เคียงกัน โดยที่สายพันธุ์แม่ (น่าน1) มีจำนวนผลผลิตประมาณ 48 ฝักต่อต้น ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวประมาณ 29 วัน และจำนวนฝักต่อต้นของสายพันธุ์พ่อ (YB15) เท่ากับ 67 ฝัก ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวประมาณ 38 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2549)

ตาราง 12 ค่าเฉลี่ยความยาวฝัก ความหนาฝัก ความหนาเนื้อ จำนวนฝักต่อต้น ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และจำนวนวันที่ดอกแรกบานของสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกในประชากรชั่ว F₅ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่

| สายพันธุ์ | จำนวนวันที่ดอกแรกบาน | ความยาวฝัก (ซม.) | ความหนาเนื้อ (มม.) | จำนวนฝักต่อต้น | แอนโทไซยานิน (mg/100g) |
|----------------------------|----------------------|------------------|--------------------|----------------|------------------------|
| F ₅ -8-8-14-5 | 32 วัน | 48.12 | 1.975 | 85.57 | 35.37 |
| F ₅ -8-8-21-1 | 35 วัน | 49.17 | 2.012 | 91.50 | 35.00 |
| F ₅ -9-7-15-13 | 39 วัน | 51.92 | 1.983 | 84.29 | 36.18 |
| F ₅ -21-9-24-22 | 31 วัน | 47.27 | 2.030 | 73.13 | 34.44 |
| F ₅ -30-4-28-1 | 36 วัน | 48.64 | 2.212 | 75.67 | 28.14 |
| F ₅ -30-4-29-11 | 36 วัน | 47.66 | 2.220 | 60.71 | 28.14 |
| F ₅ -49-1-8-8 | 32 วัน | 41.13 | 2.112 | 68.00 | 32.81 |
| F ₅ -49-1-8-17 | 40 วัน | 43.01 | 2.250 | 90.80 | 32.72 |
| น่าน1 | 39 วัน | 49.92 | 1.531 | 65.60 | 21.89 |
| YB15 | 35 วัน | 36.80 | 2.134 | 73.20 | 1.415 |

ผลการคัดเลือกในประชากรชั่ว F₅ สามารถคัดเลือกได้ทั้งหมด 5 สายพันธุ์ จากทั้งหมด 19 สายพันธุ์ที่ปลูก ได้แก่ สายพันธุ์ F₅-8-8-21-1, F₅-9-7-15-13, F₅-21-9-24-22, F₅-30-4-28-1 และ F₅-49-1-8-17 ซึ่งทั้ง 5 สายพันธุ์ มีลักษณะเด่นที่แตกต่างกันออกไป เก็บเมล็ดจากต้นดี 3-5 ต้น ในแต่ละสายพันธุ์ เพื่อนำไปปลูกเปรียบเทียบต่อไป (ตาราง 13)

ตาราง 13 ลักษณะเด่นของสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 5 สายพันธุ์ของประชากรชั่ว F₅

| สายพันธุ์ | ลักษณะเด่นของสายพันธุ์ตามเกณฑ์การคัดเลือก |
|----------------------------|--|
| F ₅ -8-8-21-1 | ฝักยาว ความหนาเนื้อ ปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงและจำนวนฝักต่อต้นสูง |
| F ₅ -9-7-15-13 | ฝักยาว ปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงและจำนวนฝักต่อต้นสูง |
| F ₅ -21-9-24-22 | อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ความหนาเนื้อสูงและปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₅ -30-4-28-1 | ฝักค่อนข้างยาว ความหนาเนื้อสูงและปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง |
| F ₅ -49-1-8-17 | ความหนาเนื้อสูงมาก ปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงและจำนวนฝักต่อต้นสูง |



F₅-8-8-21-1



F₅-9-7-15-13



F₅-21-9-24-22



F₅-30-4-28-1



F₅-49-1-8-17



น่าน1

ภาพ 8 ลักษณะฝักของสายพันธุ์ที่ผ่านคัดเลือก ทั้ง 5 สายพันธุ์ของประชากรชั่ว F₅ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์แม่ (น่าน1)



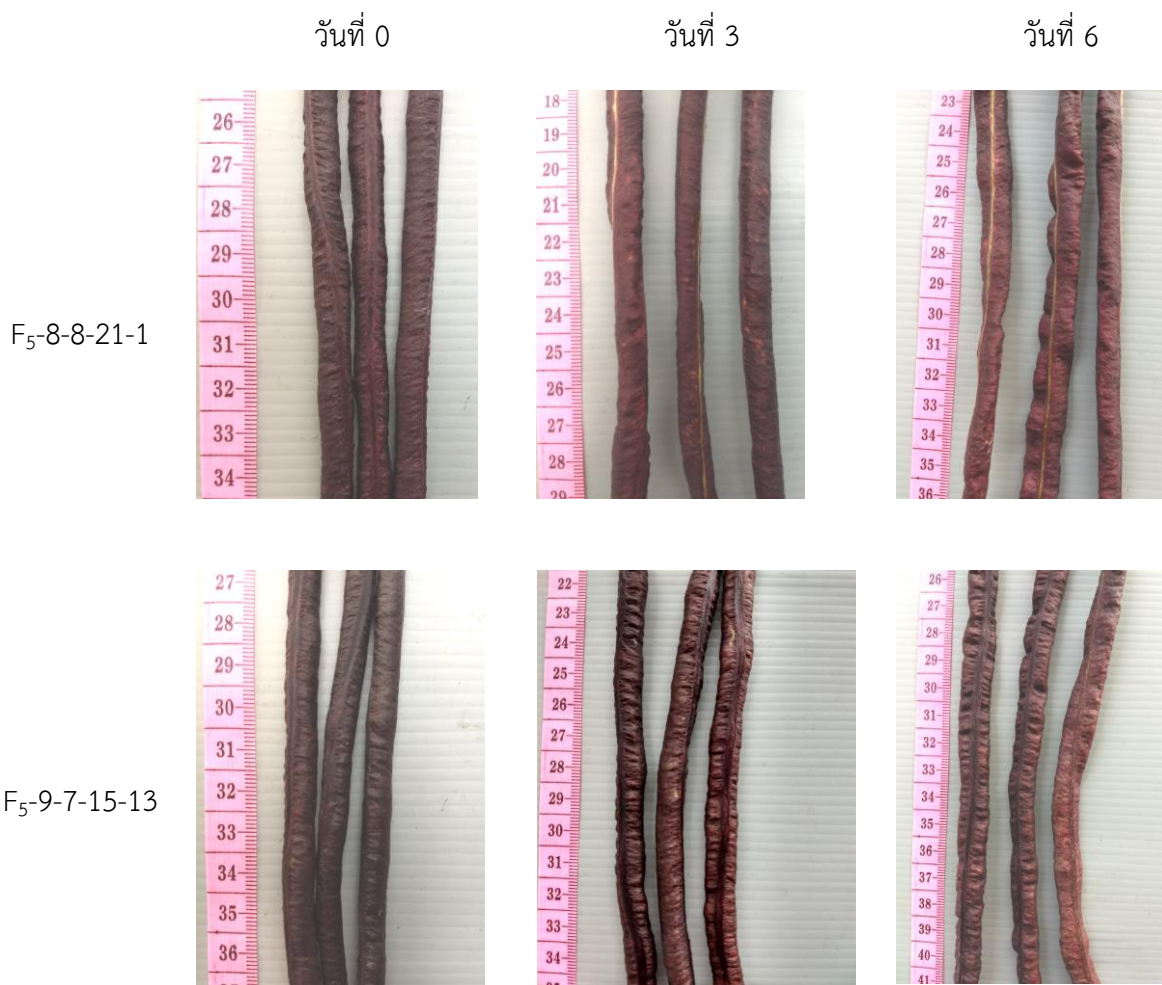
ภาพ 9 ลักษณะฝักและภาคตัดขวางของสายพันธุ์ที่ผ่านคัดเลือก ทั้ง 5 สายพันธุ์ของประชากรชั่ว F₅ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์แม่ (รุ่น 1)

เมื่อนำทั้ง 5 สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมาหาค่าอัตราการสูญเสีย น้ำของฝัก พบว่า ทุกสายพันธุ์มีอัตราการสูญเสีย น้ำของฝักไม่แตกต่างกันกับสายพันธุ์พ่อแม่ โดยที่สายพันธุ์ F₅-21-9-24-22 มีอัตราการสูญเสีย น้ำของฝักน้อยที่สุด เท่ากับ 35.25% สายพันธุ์ F₅-49-1-8-17 มีอัตราการสูญเสีย น้ำของฝักสูงที่สุด เท่ากับ 44.55% เมื่อเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีอัตราการสูญเสีย น้ำของฝัก เท่ากับ 37.37% และ 42.40% ตามลำดับ (ตาราง 14) นอกจากนี้ยังพบว่าสายพันธุ์แม่ลักษณะการพองตัวและการเหี่ยวในวันที่ 3 จะแสดงลักษณะการพองตัวและเหี่ยวมากกว่าสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกอย่างชัดเจน (ภาพ 10)

ตาราง 14 น้ำหนักที่หายไป และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไปของทั้ง 5 สายพันธุ์ ที่ผ่านการคัดเลือกในประชากร
 ชั่ว F₅ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่

| สายพันธุ์ | น้ำหนักฝักเฉลี่ยของวันที่ | | | | | น้ำหนักที่ หายไป (กรัม) | % น้ำหนัก ที่หายไป | |
|----------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|----------------------------|-----------------------|-------|
| | วันที่ 0 | วันที่1 | วันที่2 | วันที่3 | วันที่4 | | | |
| F ₅ -8-8-14-5 | 66.02 | 62.68 | 53.92 | 48.56 | 44.11 | 39.72 | 26.31 | 39.84 |
| F ₅ -8-8-21-1 | 66.38 | 63.15 | 54.56 | 49.00 | 44.37 | 40.03 | 26.35 | 39.69 |
| F ₅ -9-7-15-13 | 69.89 | 66.15 | 56.30 | 51.34 | 46.63 | 42.10 | 27.79 | 39.76 |
| F ₅ -21-9-24-22 | 67.30 | 64.89 | 58.38 | 54.19 | 50.29 | 43.58 | 23.72 | 35.25 |
| F ₅ -30-4-28-1 | 69.27 | 65.67 | 55.72 | 50.00 | 45.70 | 40.65 | 28.62 | 41.32 |
| F ₅ -49-1-8-17 | 65.84 | 62.47 | 52.68 | 46.61 | 41.96 | 36.51 | 29.33 | 44.55 |
| น่าน1 | 57.28 | 54.51 | 46.00 | 41.87 | 38.03 | 32.99 | 24.28 | 42.40 |
| YB15 | 55.84 | 53.28 | 45.87 | 42.43 | 39.15 | 34.97 | 20.87 | 37.37 |

หมายเหตุ: อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างวันของวันที่ 0, 1, 2, 3, 4, และ 5 เท่ากับ 29.67, 30.33, 30.00, 30.33 และ 30.33 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างวันของวันที่ 0, 1, 2, 3, 4, และ 5 เท่ากับ 55.67%, 56.33%, 64.00%, 65.67%, 64.33% และ 66.00% ตามลำดับ



F₅-21-9-24-22



F₅-30-4-28-1



F₅-49-1-8-17



ผ่าน



YB15



ภาพ 10 ลักษณะการพองตัวและการเหี่ยวของผัก ในวันที่ 0 วันที่ 3 และวันที่ 6 ที่ประเมินในอุณหภูมิห้องของสายพันธุ์ที่ผ่านคัดเลือก ทั้ง 5 สายพันธุ์ ในของประชากรชั่ว F_5 เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่

นอกจากนี้ในการทดลองยังมีการประเมินการพองตัวของผักในแต่ละสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก โดยการสุ่มผักสดมาสายพันธุ์ละ 10 ผัก มาวางที่อุณหภูมิห้อง แล้วประเมินการพองตัวของผัก โดยการบีบที่ผักหากมีการพองตัวเมื่อบีบผักจะมีเสียงและผักไม่แน่น เกิดจากการที่เนื้อผักพองตัวแล้วมีช่องว่างระหว่างเนื้อผักกับเมล็ดทำให้เกิดแรงดันอากาศและเกิดเสียงขึ้นขณะบีบ จากการประเมินพบว่า ทุกสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าเฉลี่ยการพองตัวช้ากว่าสายพันธุ์แม่ (นาน 1) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.4-2.1 วัน ในขณะที่สายพันธุ์แม่ (นาน 1) มีค่าเฉลี่ยการพองตัว เท่ากับ 1.2 วัน ส่วนสายพันธุ์พ่อ (YB15) เท่ากับ 2.1 วัน ที่อุณหภูมิเฉลี่ยกลางวัน เท่ากับ 30.22 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศกลางวัน เฉลี่ย 65.33% จะเห็นได้ว่าสภาพอากาศขณะทำการประเมิน มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ส่งผลต่อการพองตัวของผักถั่วเป็นอย่างมาก หากมีการเพิ่มความชื้นและลดอุณหภูมิลง ก็จะทำให้อัตราการพองตัวช้าลง สามารถเพิ่มการเก็บรักษาได้มากกว่า 3 วัน ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ความแปรปรวนและความก้าวหน้าของการคัดเลือกในแต่ละประชากร

ในการทดลองทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนและความก้าวหน้าในที่สำคัญที่เป็นเกณฑ์การคัดเลือก เพื่อสรุปความสำเร็จในการคัดเลือกของแต่ละลักษณะ พบว่า ลักษณะจำนวนวันที่ดอกบาน 50% ของแต่ละประชากร พบว่า ทุกประชากรออกดอกเร็วกว่าสายพันธุ์แม่ (นาน 1) และมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงในแต่ละประชากร โดยมีจำนวนวันที่ดอกบาน 50% เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 28-36 วัน โดยที่ประชากร F_4 จำนวนวันที่ดอกบาน 50% เฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 28 วัน และ ประชากร F_1 จำนวนวันที่ดอกบาน 50% เฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 36 วัน นอกจากนี้แนวโน้มการออกดอกของถั่วฝักยาวมีความสัมพันธ์กับฤดูปลูก โดยที่ประชากร F_2 และประชากร F_4 ซึ่งปลูกในฤดูฝนมีแนวโน้มการออกดอกที่เร็วกว่าในประชากร F_3 และประชากร F_5 ซึ่งปลูกในปลายฤดูหนาวถึงต้นฤดูร้อน ลักษณะความยาวผักของแต่ละประชากร พบว่า มีความแปรปรวนค่อนข้างน้อย มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 44.64 – 49.08 เซนติเมตร โดยที่ประชากร F_3 มีค่าเฉลี่ยความยาวผักมากที่สุด เท่ากับ 49.08 เซนติเมตร และประชากร F_4 มีค่าเฉลี่ยความยาวผักน้อยที่สุด เท่ากับ 44.64.12 เซนติเมตร ซึ่งความ

ยาวฝักของทุกประชากรมีค่าอยู่ระหว่างความยาวฝักเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ประชากรที่คัดเลือกมีความยาวฝักค่อนข้างน้อย ซึ่งเกิดจากการที่ใช้สายพันธุ์พ่อที่มีความยาวฝักสั้นเกินไป

ปริมาณแอนโทไซยานินในแต่ละประชากรมีค่าค่อนข้างคงที่ และมีค่ามากกว่าสายพันธุ์แม่ ซึ่งตรงตามเกณฑ์การคัดเลือกที่ตั้งไว้ คือ ไม่ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณสารแอนโทไซยานิน มีความสัมพันธ์กับความเข้มของสีฝัก คือ เมื่อสีฝักเป็นสีม่วงเข้มมากขึ้นปริมาณสารแอนโทไซยานินจะสูงตามไปด้วย

ลักษณะความหนาเนื้อของแต่ละประชากร พบว่า มีค่าเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นจากประชากร F₁ จนถึงประชากร F₅ โดยที่ประชากรชั่ว F₅ มีค่าเฉลี่ยความหนาเนื้อมากที่สุด เท่ากับ 2.099 มิลลิเมตร และประชากร F₁ มีค่าเฉลี่ยความหนาเนื้อน้อยที่สุด เท่ากับ 1.760 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยความหนาเนื้อ มีค่ามากกว่าของสายพันธุ์แม่ (1.548 มิลลิเมตร) ในทุกประชากร และในประชากร F₅ พบว่าค่าเฉลี่ยความหนาเนื้อ มีค่ามากกว่าของสายพันธุ์พ่อ (2.069 มิลลิเมตร) อีกด้วย แสดงให้เห็นว่าในลักษณะความหนาเนื้อ มีความสำเร็จในการคัดเลือกเป็นอย่างมาก (ตาราง 15)

ตาราง 15 ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ดอกบาน 50% ความยาวฝัก ความหนาเนื้อ และปริมาณสารแอนโทไซยานินในแต่ละประชากร เทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่

| ประชากร | จำนวนวันที่ดอกบาน 50%* | ความยาวฝัก (ซม.) | ความหนาเนื้อ (มม.) | ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100g) |
|------------------------|------------------------|------------------|--------------------|------------------------------|
| ประชากร F ₁ | 36 | 45.37 | 1.760 | - |
| ประชากร F ₂ | 31 | 46.69 | 1.907 | 31.35 |
| ประชากร F ₃ | 33 | 49.08 | 1.956 | 25.80 |
| ประชากร F ₄ | 28 | 44.64 | 1.935 | - |
| ประชากร F ₅ | 35 | 47.12 | 2.099 | 32.85 |
| น่าน 1 | 36 | 52.63 | 1.548 | 28.69 |
| YB15 | 34 | 37.57 | 2.069 | 1.94 |

หมายเหตุ: *ในประชากร F₂ ประชากร F₃ และประชากร F₄ เป็นจำนวนวันที่ดอกแรกบาน ซึ่งจะเร็วกว่าจำนวนวันที่ดอกบาน 50% เล็กน้อย

9.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์น่าน 1 (สายพันธุ์แม่) กับสายพันธุ์ YB15 (สายพันธุ์พ่อ) คัดเลือกพันธุ์แบบบันทึกประวัติ (Pedigree selection) ตั้งแต่ประชากรชั่วที่ 2 (F₂) จนถึงประชากรชั่วที่ 5 (F₅) ได้สายพันธุ์แท้ที่ผ่านการคัดเลือก เพื่อนำไปปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ในปี 2563 จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ F₅-8-8-21-1, F₅-9-7-15-13, F₅-21-9-24-22, F₅-30-4-28-1 และ F₅-49-1-8-17 ซึ่งทั้งมีความหนาเนื้อเฉลี่ย เท่ากับ 2.012, 1.983, 2.030, 2.212 และ 2.250 เซนติเมตร ตามลำดับ มากกว่าสายพันธุ์แม่ (1.531 เซนติเมตร) ทุกสายพันธุ์ และมีปริมาณสารแอนโทไซยานินเฉลี่ย เท่ากับ 35.00, 36.18, 34.44, 28.14 และ 32.72 มิลลิกรัม

ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด มากกว่าสายพันธุ์แม่ (21.89 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ทุกสายพันธุ์ นอกจากนี้ทั้ง 5 สายพันธุ์ ยังออกดอกเร็ว พองตัวช้า และมีจำนวนฝักต่อต้นสูง ทุกสายพันธุ์

ข้อเสนอแนะ

1) สายพันธุ์พ่อ (YB15) มีฝักสั้น ส่งผลให้สายพันธุ์ลูกที่คัดเลือกมีความยาวฝักไม่ยาวมากนัก ซึ่งหากใช้สายพันธุ์พ่อที่มีฝักยาวมากกว่านี้ จะมีโอกาสที่สายพันธุ์คัดเลือกมีความยาวฝักได้มากกว่านี้

2) สายพันธุ์พ่อ (YB15) เป็นสายพันธุ์ที่สภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตและการแสดงออกของลักษณะต่างๆ มากพอสมควร โดยเฉพาะการแสดงอาการทางหนู ฝักไม่สมบูรณ์ เมื่อกระทบสภาพอากาศที่ร้อนแห้งแล้งหรืออากาศเย็น ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีการถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้ในบางสายพันธุ์ ซึ่งในการคัดเลือกต้องคัดทิ้งหากสายพันธุ์มีการแสดงออกในลักษณะดังกล่าว (ภาพ 11)



ภาพ 11 ลักษณะอาการทางหนูของสายพันธุ์พ่อ (YB15) เมื่อกระทบสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

3) ลักษณะสีฝัก มีความแปรปรวนต่อสภาพแวดล้อมค่อนข้างสูง โดยสีฝักจะจางลงเมื่อกระทบสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งในขั้นตอนของการคัดเลือกต้องคัดเลือกลักษณะสีฝักในขณะที่หน่วยทดลองไม่กระทบกับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม มีการแสดงออกที่ตรงตามสายพันธุ์ (ภาพ 12)



ภาพ 12 การแสดงออกของสีฝักที่จางลงเมื่อกระทบสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในสายพันธุ์เดียวกัน

ภาพด้านขวามีลักษณะสีฝักสีม่วงเข้มกว่าภาพด้านซ้ายอย่างชัดเจน

4) การเก็บฝักสด ควรเก็บในระยะที่เหมาะสม ประมาณ 10-12 วันหลังดอกบาน หากเก็บฝักอ่อนเกินไป ฝักจะเขียวเร็วแต่ไม่แสดงอาการพองตัว (ในสภาพอุณหภูมิห้อง) แต่ถ้าหากเก็บฝักที่แก่เกินไปจะทำให้ฝักพองตัวเร็วเก็บรักษาได้ไม่นาน

5) ในประชากรชั่ว F_2 นอกจากจะมีการกระจายตัวของฝักสีม่วงแดงแล้ว ยังมีการกระจายตัวของฝักสีเขียวด้วย ซึ่งการคัดเลือกในประชากรชั่ว F_2 ควรมีความเข้มข้นในการคัดเลือก เพราะประชากรนี้อาจแสดงลักษณะที่ดี แต่ไม่ได้อยู่ในเกณฑ์การคัดเลือก นักปรับปรุงพันธุ์ก็ควรเก็บรักษาพันธุ์ดังกล่าวนี้ไว้ใช้ประโยชน์ของเชื้อพันธุกรรมในอนาคตต่อไป ซึ่งในการทดลองพบว่ามีมีการกระจายตัวของฝักสีเขียวและมีลักษณะการเจริญเติบโตที่ดี ซึ่งเกิดจากการที่ใช้สายพันธุ์พ่อแม่เป็นฝักสีเขียว จึงได้เก็บเมล็ดถั่วฝักยาวสีเขียวที่มีลักษณะดีเอาไว้ด้วย (ภาพ 13)



ภาพ 13 ลักษณะฝักสีเขียวที่พบการกระจายตัวในประชากรที่ทำการคัดเลือก

10.การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการคัดเลือกพันธุ์ถั่วฝักยาวสีม่วง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างดี ประการแรกคือนำสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกนี้ไปปลูกเปรียบเทียบและทดสอบพันธุ์ในหลายพื้นที่ เพื่อประเมินการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ และคัดเลือกสายพันธุ์ดีเพื่อนำมาให้กับเกษตรกรต่อไป ประการที่สอง คือ นำสายพันธุ์ที่มีลักษณะดีบางสายพันธุ์นำไปใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต

11.เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2549. พืชพันธุ์ใหม่ ปี 2549. **ผลลิใบ**. 9(9): 16 หน้า.

จรัญ ดิษฐไชยวงศ์. 2540. รายงานผลการวิจัยประจำปี. **ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร**. กรมวิชาการเกษตร.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2558. **ข้อมูลภาวะการผลิตพืช (รต.01) แบบรายปี กลุ่มพืชผัก ชนิดพืชถั่วฝักยาว**.

ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online. กรมส่งเสริมการเกษตร

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. ถั่วฝักยาว (คู่มือส่งเสริมการเกษตร). สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. กรมส่งเสริมการเกษตร.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2554. ถั่วฝักยาว. กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร. สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี. กรมส่งเสริมการเกษตร.
- จรัสศรี นวลศรี และ มณีรัตน์ คุณาพิทักษ์ธรรม. 2556. การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของ *Vigna unguiculata* และการประเมินการต้านทานโรคใบด่างเหลือง BICMV. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่.
- สุทิวส์ ธีญญะอุดร. 2557. การถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตถั่วฝักยาว โดยวิธีการตัดยอดในระบบเกษตรอินทรีย์ สำหรับเกษตรกรในอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. 7(1): หน้า 27-34.
- Alisa K., K. Akito, T. Norihiko, S. Prakrit, A.V. Duncan and S. Peerasak. 2012. The genetic of domestication of yardlong bean, *Vigna unguiculata*(L.) Walp. ssp. *unguiculata* cv.-*gr. sesquipedalis*. *Annals of botany*. 109: 1185-1200.
- Kuswanto B.W. and P. Hardiningsih. 2013. Segregation and selection of observed yardlong bean (*Vignasesquipedalis* L. Fruwirth) to get expected lines of purple pod. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*. 3(3): 88-92
- Mustapha Y. and B.B. Singh. 2008. Inheritance of pod color in cowpea (*Vigna unguiculata*(L.) Walp). *Science World Journal*. 3(2): 39-42.
- Stephens, J.M. 2013. Bean yardlong *Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*(L.) Verdc. *University of Florida IFAS Extension, Publication #HS562*. Available: <http://edis.ifas.ufl.edu/MV029>. Accessed Nov. 21, 2013.