

การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นและสีเปลือกหุ้มเมล็ดในคู่ผสมระหว่าง ถั่วฝักยาวกับถั่วพุ่ม

Genetic Inheritance of Plant Growth Habit and Seed Coat Color in Crosses between Yardlong Bean (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*) and Cowpea (*Vigna unguiculata*)

อาทิตย์ นันทวงศ์¹, แสงเดือน อินชนบท¹, เทตศักดิ์ โทณลักษณ์²,
ทวีป เสนคำวงศ์¹ และสุเทพ วัชรเวชศฤงคาร^{1*}

Arthit Nantawong¹, Sangduan Inchonbot¹, Therdsak Thonnalak²,
Thaveep Senkhamwong¹ and Suthep Watcharawetsaringkharn^{1*}

Received date: 12 ก.ย. 68 Revised date: 17 ธ.ค. 68 Accepted date: 20 ธ.ค. 68

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2026.269076>

บทคัดย่อ

พันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่มในปัจจุบันมีจำนวนน้อย และมีบางลักษณะที่ยังไม่เป็นที่ต้องการของตลาดและผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นและสีเปลือกหุ้มเมล็ด เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่มให้ได้ผลผลิต และคุณภาพฝักตามความต้องการของตลาด ทำการศึกษาในคู่ผสมระหว่างถั่วฝักยาวใช้เป็นสายพันธุ์แม่ กับถั่วพุ่มใช้เป็นสายพันธุ์พ่อ จำนวน 3 คู่ผสม ได้แก่ YSd16×Ysd01, YSd07×Ysd08 และ YSd46×Ysd01 และใช้หลักการทดสอบทางสถิติไคสแควร์ (χ^2) สำหรับทดสอบสมมติฐานค่าการกระจายตัวในชั่วต่าง ๆ ได้แก่ แม่ (P_1), พ่อ (P_2), ลูกชั่วที่ 1 (F_1), ลูกชั่วที่ 2 (F_2), ลูกผสมกลับหาแม่ (BCP₁) และลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP₂) ผลการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะเดี่ยว (monohybrid cross) ในลูกชั่วที่ 2 (F_2) พบว่าลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นมีการกระจายตัวในอัตราส่วน 3:1 (เลื้อย : พุ่ม) และลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดมีการกระจายตัวในอัตราส่วน 3:1 (สีดำ : สีน้ำตาล) แสดงว่าถูกควบคุมโดยยีนหนึ่งตำแหน่ง เช่นเดียวกับลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้น ซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่ 1 ของเมนเดล นอกจากนี้ ทำการศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรม 2 ลักษณะพร้อมกัน (dihybrid cross) พบว่ามีการกระจายตัวของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นและสีเปลือกหุ้มเมล็ด เท่ากับ 9 ลำต้นแบบเลื้อย - เปลือกหุ้มเมล็ดสีดำ : 3 ลำต้นแบบเลื้อย - เปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล : 3 ลำต้นแบบพุ่ม - เปลือกหุ้มเมล็ดสีดำ : 1 ลำต้นแบบพุ่ม - เปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล เป็นไปตามอัตราส่วนทางทฤษฎี แสดงให้เห็นว่าลักษณะทั้งสองถูกควบคุมโดยยีนที่ตั้งอยู่บนโครโมโซมต่างคู่ และมีการถ่ายทอดเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่ 2 ของเมนเดล ผลการศึกษานี้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่มที่มีลักษณะการเจริญเติบโตและคุณภาพเมล็ดตรงตามความต้องการของตลาด

คำสำคัญ: กฎของเมนเดล การกระจายตัว ถั่วฝักยาว ถั่วพุ่ม ไคสแควร์

Abstract

Nowadays, determinate-type yardlong bean cultivars are limited in number and still exhibit some traits that do not meet market demand and consumer preference. The objective of this study was to investigate the genetic inheritance of plant growth habit and seed coat color as a foundation for selecting determinate-type yardlong bean lines with improved yield and pod quality that meet market demand. Three crosses were conducted using yardlong bean as the female parent and cowpea as the male parent, namely YSd16×Ysd01, YSd07×Ysd08, and YSd46×Ysd01. Segregating populations including P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , BCP₁, and BCP₂ were analyzed using the chi-square (χ^2) tests to verify the expected segregation ratios. The outcomes showed that for plant growth habit, segregation was observed in the ratio of 3 indeterminate : 1 determinate, while seed coat color segregated in a 3 black : 1 brown ratio. These results indicate that both plant growth habit and seed coat color are controlled by a single dominant gene, with segregation in the F_2 generation in accordance with Mendel's First Law. Furthermore, the dihybrid cross analysis of both traits revealed segregation in a 9 indeterminate-black

¹ สาขาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² สาขาวิชาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹ Division of Vegetable Technology, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

² Medicinal Plant Science Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: suthep_mju@hotmail.com

seed coat : 3 indeterminate-brown seed coat : 3 determinate-black seed coat : 1 determinate-brown seed coat ratio, which is in accordance with the theoretical expectation. This finding demonstrates that the two traits are controlled by genes located on different chromosomes and assort independently, consistent with Mendel's Second Law. The findings of this study provide essential baseline information for the selection and breeding of determinate-type yardlong bean cultivars with growth characteristics and seed quality that are good for market.

Keywords: Mendel's law, segregation, yardlong bean, cowpea, chi-square

คำนำ

ถั่วฝักยาว (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) เป็นพืชในวงศ์ Leguminosae มีจำนวนโครโมโซม เท่ากับ $2n = 2x = 22$ (Kongjaimun et al., 2012) มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะในประเทศไทย ซึ่งเป็นแหล่งผลิตและบริโภคหลัก เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งการบริโภคฝักสด แปรรูป และการแช่แข็งเพื่อส่งออก ในปี พ.ศ.2564 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาวรวม 92,646 ไร่ ให้ผลผลิตรวม 113,643 ตัน หรือเฉลี่ย 1,220 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดราชบุรี เพชรบุรี สุราษฎร์ธานี ปทุมธานี กาญจนบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี สงขลา และพิจิตร (Department of Agricultural Extension, 2022) นอกจากนี้ ประเทศไทยยังมีการส่งออกเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวในปี พ.ศ.2566 ปริมาณ 150.29 ตัน คิดเป็นมูลค่า 60.46 ล้านบาท (Office of Agricultural Economics, 2024) จัดเป็นพืชที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรได้เป็นอย่างดี การเพาะปลูกถั่วฝักยาวในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ นิยมปลูกถั่วฝักยาวพันธุ์เดี่ยว ที่ต้องอาศัยไม้ค้ำในการพยุงลำต้น ส่งผลให้มีต้นทุนในการเพาะปลูกสูง และก่อให้เกิดเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลังฤดูเก็บเกี่ยว ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการพัฒนาสายพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่ม ซึ่งมีข้อดีคือไม่ต้องอาศัยไม้ค้ำ สะดวกต่อการจัดการแปลงปลูก เก็บเกี่ยวง่าย ช่วยลดต้นทุน และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจตลาดพบว่าถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่มที่มีการปลูกเพื่อการค้าในปัจจุบันมีสายพันธุ์อยู่จำนวนน้อย และมีบางลักษณะที่ยังไม่เป็นไปตามความต้องการของตลาดและผู้บริโภค เช่น ฝักสั้น เนื้อแข็ง หรือเหนียว นอกจากนี้ เกษตรกรบางพื้นที่เลือกปลูกสายพันธุ์ถั่วฝักยาวโดยพิจารณาจากสีเปลือกหุ้มเมล็ด เช่น เกษตรกรในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนิยมปลูกถั่วฝักยาวที่มีสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีขาว อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะการเจริญเติบโตและสีเปลือกหุ้มเมล็ดในถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่ม ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการคัดเลือกและพัฒนาสายพันธุ์ใหม่

จากการทดลองของเมนเดลที่ทำการศึกษากายภาพถั่วลันเตา จำนวน 7 ลักษณะที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน (monohybrid cross) พบว่าในลูกชั่วที่ 2 (F_2) ของทั้ง 7 ลักษณะมีการกระจายตัวของลักษณะแบบ 3:1 ซึ่งเป็นกฎข้อที่ 1 ของเมนเดล เรียกว่า “กฎการแยกตัวของยีน” ต่อมาได้ทำการศึกษากายภาพถั่ว 2 ลักษณะพร้อมกัน (dihybrid cross) พบว่าในลูกชั่วที่ 2 (F_2) มีการกระจายตัวของลักษณะแบบ 9:3:3:1 ซึ่งเป็นกฎข้อที่ 2 ของเมนเดล เรียกว่า “กฎการรวมตัวกันอย่างอิสระ” (Pongthongkham, 2007) เนื่องจากในถั่วลันเตาและถั่วฝักยาวจัดเป็นพืชวงศ์เดียวกัน จึงมีวิธีการปรับปรุงพันธุ์ใกล้เคียงกัน Kongjaimun et al. (2012) ทำการศึกษาแผนที่พันธุกรรมระหว่างคู่ผสมถั่วฝักยาว และถั่วพุ่ม พบยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความยาวเถาของถั่วฝักยาวอยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 10 ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับลักษณะอายุวันออกดอก และการศึกษาของ Krylova et al. (2020) และ Ohm et al. (2025) พบว่ายีน *Dt1* ในถั่วเหลือง และยีน *TFL1* ในถั่วลันเตา ที่มีส่วนในการควบคุมลักษณะการเติบโตแบบต้นสูง และแบบพุ่มเช่นเดียวกัน นอกจากนี้มีรายงานว่า ในถั่วพุ่มมียีนที่สามารถต้านทานเพลี้ยอ่อนได้ดี จึงเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ (Benchasri and Nualsri, 2009) ส่วนลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ด พบว่าเป็นลักษณะเชิงคุณภาพ มีการทำงานของยีนแบบข่ม (Kongjaimun et al., 2012) และพบยีนที่ควบคุมลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดอยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 8 มีความเชื่อมโยงกับยีนที่ควบคุมลักษณะสีดอก (Xu et al., 2011) และ Kumari et al. (2021) รายงานว่าสีเปลือกหุ้มเมล็ดมีผลต่อการต้านทานเชื้อไวรัส Mungbean Yellow Mosaic India Virus (MYMIV) อีกด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษากายภาพถั่วทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโต และสีเปลือกหุ้มเมล็ดในคู่ผสมระหว่างถั่วฝักยาวกับถั่วพุ่ม เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์พุ่มที่มีลักษณะการเจริญเติบโตและคุณภาพเมล็ดตรงตามความต้องการของตลาด และเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับเกษตรกรในการปลูกถั่วฝักยาวเพื่อการค้า

วิธีการศึกษา

สายพันธุ์ถั่วฝักยาว และการสร้างประชากรชั่วต่าง ๆ เพื่อใช้ในการศึกษา

จากการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วฝักยาวที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดีจำนวน 3 สายพันธุ์ เพื่อใช้เป็นพันธุ์แม่ ได้แก่ YSd07, YSd16 และ Ysd46 ซึ่งถั่วฝักยาวทั้ง 3 สายพันธุ์มีสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล และคัดเลือกถั่วพุ่มที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดีจำนวน 2 สายพันธุ์ เพื่อใช้เป็นพันธุ์พ่อ ได้แก่ Ysd01 ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำ และ Ysd08 ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล ทำการผสมข้ามระหว่างถั่วฝักยาวกับถั่วพุ่ม เพื่อสร้างลูกชั่วที่ 1 (F_1) จำนวน 3 คู่ผสม ได้แก่ YSd16xYsd01, YSd07xYsd08 และ YSd46xYsd01 หลังจากนั้นทำการผสมกลับไปหาแม่ เพื่อสร้างลูกผสมกลับหาแม่ (BCP_1) และผสมกลับไปหาพ่อ เพื่อสร้างลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP_2) ของทั้ง 3 คู่ผสม นอกจากนี้ทำการผสมตัวเองของลูกชั่วที่ 1 (F_1) ในแต่ละคู่ผสม เพื่อสร้างลูกชั่วที่ 2 (F_2) ไว้สำหรับการใช้ในการศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นและสีเปลือกหุ้มเมล็ดในคู่ผสมระหว่างถั่วฝักยาวกับถั่วพุ่ม ดำเนินการสร้างประชากรชั่วต่าง ๆ ณ แปลงทดลองสาขาพืชผัก มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2566 ถึงเมษายน พ.ศ.2567

การปลูกศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นและสีเปลือกหุ้มเมล็ด

ปลูกถั่วฝักยาวจำนวน 6 ชั่ว ได้แก่ พันธุ์แม่ (P_1), พันธุ์พ่อ (P_2), ลูกชั่วที่ 1 (F_1), ลูกชั่วที่ 2 (F_2), ลูกผสมกลับหาแม่ (BCP_1), และลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP_2) ของทั้ง 3 คู่ผสม โดยปลูกจำนวนชั่วละ 20, 20, 60, 160, 120 และ 120 ต้น ตามลำดับ ณ แปลงทดลอง ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม พ.ศ.2567 พื้นที่ปลูกเป็นดินร่วนปนทราย ใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 50 เซนติเมตร และระยะระหว่างแถว 70 เซนติเมตร ปักไม้ค้ำเมื่อถั่วฝักยาวมีอายุ 7 วัน การดูแลรักษาปฏิบัติเช่นเดียวกับการปลูกถั่วฝักยาวในระบบเกษตรเคมีทั่วไป ได้รับน้ำจากระบบชลประทาน ให้น้ำตามร่อง ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ (Pornsuriya et al., 2021) และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (Nooprom and Santipracha, 2016) สับดาห้ละหนึ่งครั้งพ่นสารเคมีป้องกัน และกำจัดแมลงศัตรูพืชที่พบในแปลงปลูกสับดาห้ละหนึ่งครั้ง และควบคุมวัชพืชอบอย่างสม่ำเสมอ ทำการบันทึกข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นและสีเปลือกหุ้มเมล็ด เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณค่าไคสแควร์ (χ^2) สำหรับทดสอบสมมติฐานค่าการกระจายตัวที่ได้จากงานทดลองนั้นเป็นไปตามค่าคาดหวังทางทฤษฎีหรือไม่

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการกระจายตัวของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นและสีเปลือกหุ้มเมล็ดของถั่วฝักยาว จำนวน 6 ชั่ว ได้แก่ พันธุ์แม่ (P_1), พันธุ์พ่อ (P_2), ลูกชั่วที่ 1 (F_1), ลูกชั่วที่ 2 (F_2), ลูกผสมกลับหาแม่ (BCP_1), และลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP_2) มาคำนวณโดยใช้หลักการทดสอบทางสถิติไคสแควร์ (χ^2) เป็นตัวทดสอบโดยการตั้งสมมติฐานว่าค่าการกระจายตัวที่ได้จากงานทดลองนั้นเป็นไปตามค่าคาดหวังทางทฤษฎี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้สูตรดังนี้ และคำนวณค่า P-value ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2021

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

O_i = ค่าที่ได้จากการทดลอง (observed value)

E_i = ค่าที่ได้ตามทฤษฎี (expected value)

k = แทนจำนวนกลุ่ม

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการปลูกศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นและสีเปลือกหุ้มเมล็ดในถั่วฝักยาว ที่ได้จากการผสมระหว่างถั่วฝักยาวกับถั่วพุ่ม ผลการทดลองพบว่า

การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้น

จากการปลูกลูกชั่วที่ 1 (F_1) ของทั้ง 3 คู่ผสม ที่ได้จากการผสมระหว่างถั่วฝักยาว (แม่) กับถั่วพุ่ม (พ่อ) พบว่าทุกต้นมีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อยเหมือนกับสายพันธุ์แม่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Benchasri (2011) ที่รายงานว่าลูกชั่วที่ 1 ระหว่างถั่วฝักยาวกับถั่วพุ่ม 4 คู่ผสม มีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อยทั้งหมด ในคู่ผสม YSd16xYsd01

ในลูกชั่วที่ 2 (F_2) จำนวน 160 ต้น พบว่ามีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อย 122 ต้น และแบบพุ่ม 38 ต้น เมื่อทำการทดสอบค่าไคสแควร์ มีค่าไคสแควร์เท่ากับ 0.133 ($p = 0.715$) ผลการกระจายตัวของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อยต่อแบบพุ่มตามค่าคาดหวัง 3:1 เป็นไปตามกฎของเมนเดล ในลูกผสมกลับหาแม่ (BCP_1) จำนวน 120 ต้น พบว่ามีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อยทั้งหมด และในลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP_2) จำนวน 120 ต้น พบว่ามีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อย 66 ต้น และแบบพุ่ม 54 ต้น เมื่อทำการทดสอบค่าไคสแควร์ มีค่าไคสแควร์เท่ากับ 1.20 ($p = 0.273$) ผลการกระจายตัวของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อยต่อแบบพุ่มตามค่าคาดหวัง 1:1 เป็นไปตามกฎของเมนเดล (Figure 1)

ส่วนคู่ผสม YSd07×YSd08 ในลูกชั่วที่ 2 (F_2) จำนวน 160 ต้น พบว่ามีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อย 118 ต้น และแบบพุ่ม 42 ต้น เมื่อทำการทดสอบค่าไคสแควร์ มีค่าไคสแควร์เท่ากับ 0.133 ($p = 0.715$) ผลการกระจายตัวของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อยต่อแบบพุ่มตามค่าคาดหวัง 3:1 เป็นไปตามกฎของเมนเดล ในลูกผสมกลับหาแม่ (BCP_1) จำนวน 120 ต้น พบว่ามีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อยทั้งหมด และในลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP_2) จำนวน 120 ต้น พบว่ามีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อย 59 ต้น และแบบพุ่ม 61 ต้น เมื่อทำการทดสอบค่าไคสแควร์ มีค่าไคสแควร์เท่ากับ 0.033 ($p = 0.855$) ผลการกระจายตัวของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อยต่อแบบพุ่มตามค่าคาดหวัง 1:1 เป็นไปตามกฎของเมนเดล (Figure 2) และคู่ผสม YSd46×YSd01 ในลูกชั่วที่ 2 (F_2) จำนวน 160 ต้น พบว่ามีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อย 111 ต้น และแบบพุ่ม 49 ต้น เมื่อทำการทดสอบค่าไคสแควร์ มีค่าไคสแควร์เท่ากับ 2.70 ($p = 0.715$) ผลการกระจายตัวของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อยต่อแบบพุ่มตามค่าคาดหวัง 3:1 เป็นไปตามกฎของเมนเดล ในลูกผสมกลับหาแม่ (BCP_1) จำนวน 120 ต้น พบว่ามีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อยทั้งหมด และในลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP_2) จำนวน 120 ต้น พบว่ามีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อย 70 ต้น และแบบพุ่ม 50 ต้น เมื่อทำการทดสอบค่าไคสแควร์ มีค่าไคสแควร์เท่ากับ 3.333 ($p = 0.068$) ผลการกระจายตัวของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อยต่อแบบพุ่มตามค่าคาดหวัง 1:1 เป็นไปตามกฎของเมนเดล (Figure 3)

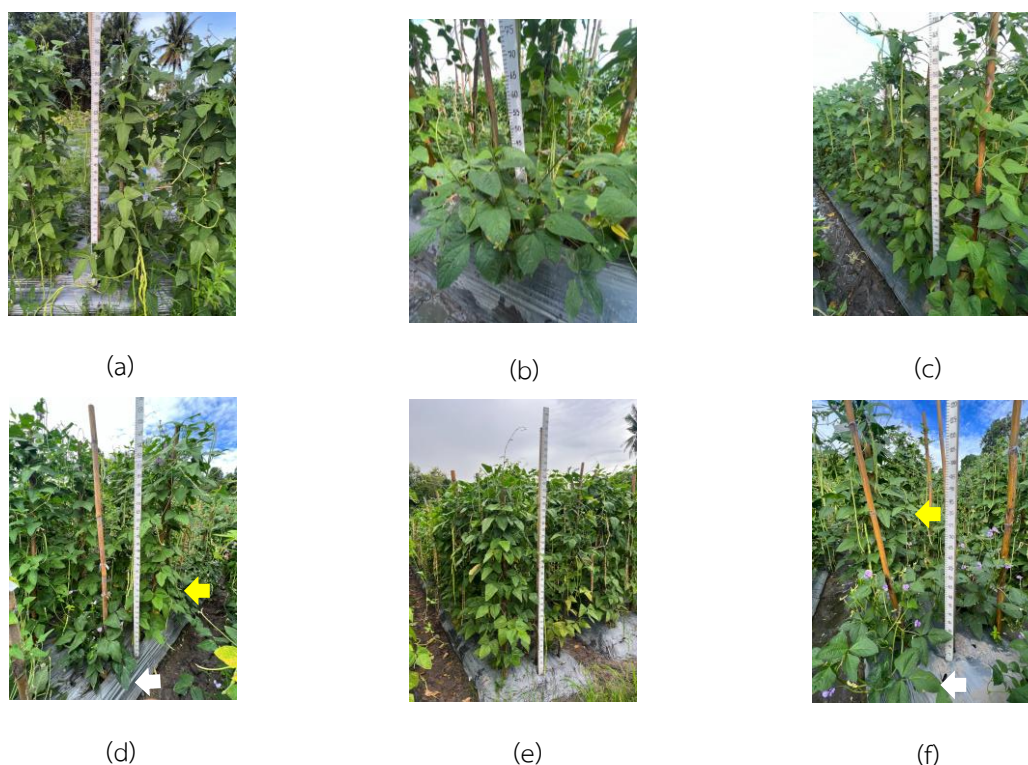


Figure 1 The segregation pattern of plant growth habit traits in the yardlong bean cross YSd16×YSd01 a: P_1 (YSd16), b: P_2 (YSd01), c: F_1 (YSd16×YSd01), d: F_2 (segregation ratio indeterminate 3 : determinate 1), e: BCP_1 and f: BCP_2 (segregation ratio indeterminate 1 : determinate 1)



Figure 2 The segregation pattern of plant growth habit traits in the yardlong bean cross YSd07×YSd08 a: P_1 (YSd07), b: P_2 (YSd08), c: F_1 (YSd07×YSd08), d: F_2 (segregation ratio indeterminate 3 : determinate 1), e: BCP_1 and f: BCP_2 (segregation ratio indeterminate 1 : determinate 1)

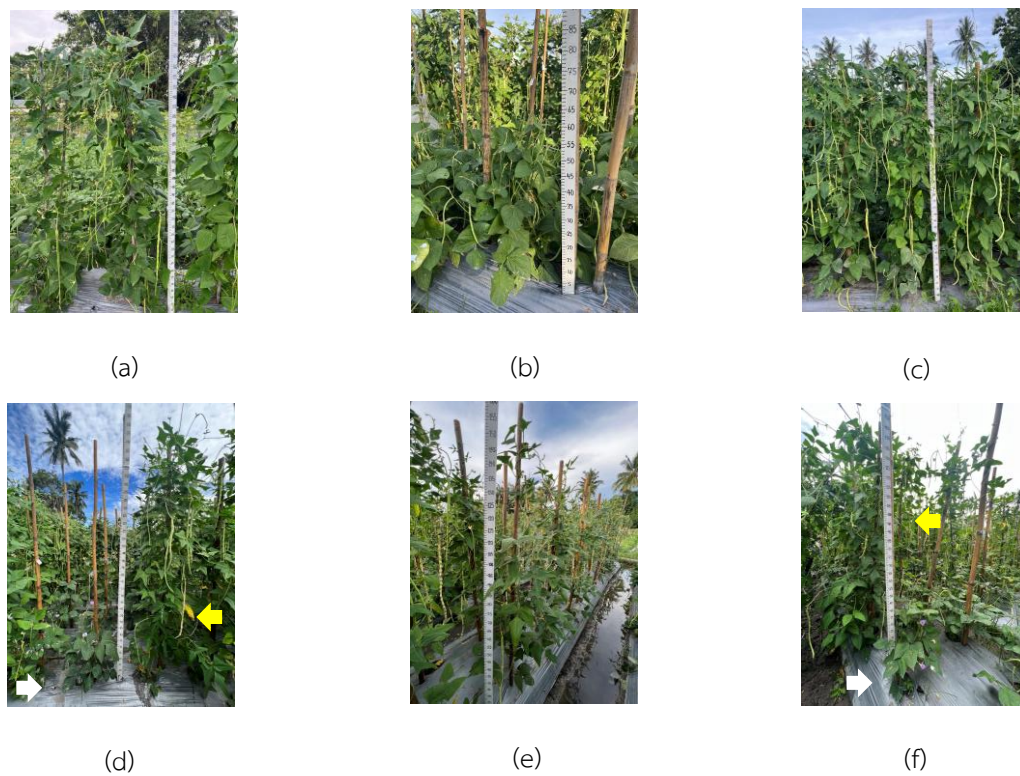


Figure 3 The segregation pattern of plant growth habit traits in the yardlong bean cross YSd16×YSd01 a: P_1 (YSd46), b: P_2 (YSd01), c: F_1 (YSd46×YSd01), d: F_2 (segregation ratio indeterminate 3 : determinate 1), e: BCP_1 and f: BCP_2 (segregation ratio indeterminate 1 : determinate 1)

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าในลูกชั่วที่ 2 (F_2) ของทั้ง 3 คู่ผสม มีผลการกระจายตัวของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อยต่อแบบพุ่มในอัตราส่วน 3:1 ไม่แตกต่างจากอัตราส่วนทฤษฎีของเมนเดลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับในลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP₂) ที่มีการกระจายตัวในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งผลการศึกษาสนับสนุนสมมติฐานว่าลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นของถั่วฝักยาวถูกควบคุมด้วยยีนหนึ่งตำแหน่ง และมีการถ่ายทอดแบบเด่นสมบูรณ์ สำหรับในลูกผสมกลับหาแม่ (BCP₁) ของทั้ง 3 คู่ผสม พบว่ามีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแบบเลื้อยทั้งหมดโดยไม่ปรากฏต้นที่มีการเจริญเติบโตแบบพุ่ม ซึ่งเป็นไปตามผลที่คาดหมาย เนื่องจากการผสมกลับไปหาพันธุ์แม่ที่เป็นพันธุ์เลื้อย ซึ่งมีจีโนไทป์แบบ homozygous dominant (Table 1) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานของ Hughes et al. (2020) ที่ศึกษาพันธุกรรมของลักษณะความสูงต้นในถั่วปากอ้า ในลูกชั่วที่ 2 (F_2) โดยพบว่าลักษณะต้นสูงเป็นลักษณะเด่น และลักษณะต้นพุ่มเป็นลักษณะด้อย มีการกระจายตัวในอัตราส่วน 3:1 เช่นเดียวกัน และมีการศึกษาเพิ่มเติมจากการศึกษาของ Kongjaimun et al. (2012) ที่ทำการผสมระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์การค้าและถั่วพุ่มพันธุ์ป่าเพื่อศึกษาแผนที่ทางพันธุกรรม ในลูกชั่วที่ 2 (F_2) และประชากร BC₁F₁ พบยีน *Stlw10.1* บนโครโมโซมแท่งที่ 10 เป็นยีนหลักที่ควบคุมความยาวเถาของถั่วฝักยาว

การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ด

คู่ผสม YSd16×YSd01 ลูกชั่วที่ 1 (F_1) จำนวน 60 ต้น พบว่ามีลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำทั้งหมด ในลูกชั่วที่ 2 (F_2) จำนวน 160 ต้น พบว่ามีลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำ 117 ต้น และสีน้ำตาล 43 ต้น เมื่อทำการทดสอบค่าไคสแควร์ มีค่าไคสแควร์เท่ากับ 0.30 ($p = 0.584$) ผลการกระจายตัวของลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำต่อสีน้ำตาลตามค่าคาดหมาย 3:1 เป็นไปตามกฎของเมนเดล ในลูกผสมกลับหาแม่ (BCP₁) จำนวน 120 ต้น พบว่ามีลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำ 67 ต้น และสีน้ำตาล 53 ต้น เมื่อทำการทดสอบค่าไคสแควร์ มีค่าไคสแควร์เท่ากับ 1.633 ($p = 0.201$) ผลการกระจายตัวของลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำต่อสีน้ำตาลตามค่าคาดหมาย 1:1 เป็นไปตามกฎของเมนเดล และในลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP₂) จำนวน 120 ต้น พบว่ามีลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำทั้งหมด (Figure 4)

Table 1 Observed offspring segregation ratios, value of Chi-square test (χ^2) and the corresponding p -value for indeterminate and determinate plant growth habit for F_1 , F_2 , BCP₁ and BCP₂ generations of Yardlong bean

Lines/Crosses	Plant Growth Habit			χ^2	P-value
	Indeterminate	Determinate	Total		
Recurrent Parents					
YSd07 (P ₁)	20	-	20	-	-
YSd16 (P ₁)	20	-	20	-	-
YSd46 (P ₁)	20	-	20	-	-
Donor Parents					
Ysd01 (P ₂)	-	20	20	-	-
Ysd08 (P ₂)	-	20	20	-	-
Crosses 1 : YSd16×Ysd01					
F ₁	60	0	60	-	-
F ₂	122	38	160	0.133 ^{ns}	0.715
BCP ₁	120	0	120	-	-
BCP ₂	66	54	120	1.20 ^{ns}	0.273
Crosses 2 : YSd07×Ysd08					
F ₁	60	0	60	-	-
F ₂	118	42	160	0.133 ^{ns}	0.715
BCP ₁	120	0	120	-	-
BCP ₂	59	61	120	0.033 ^{ns}	0.855
Crosses 3 : YSd46×Ysd01					
F ₁	60	0	60	-	-
F ₂	111	49	160	2.70 ^{ns}	0.100
BCP ₁	120	0	120	-	-
BCP ₂	70	50	120	3.333 ^{ns}	0.068

ns = non-significant at 0.05 probability levels

ส่วนคู่ผสม YSd46×YSd01 ลูกชั่วที่ 1 (F_1) จำนวน 60 ต้น พบว่ามีลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำทั้งหมด ในลูกชั่วที่ 2 (F_2) จำนวน 160 ต้น พบว่ามีลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำ 117 ต้น และสีน้ำตาล 43 ต้น เมื่อทำการทดสอบค่าไคสแควร์ มีค่าไคสแควร์เท่ากับ 0.30 ($p = 0.584$) ผลการกระจายตัวของลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำต่อน้ำตาลตามค่าคาดหวัง 3:1 เป็นไปตามกฎของเมนเดล ในลูกผสมกลับหาแม่ (BCP_1) จำนวน 120 ต้น พบว่ามีลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำ 55 ต้น และสีน้ำตาล 65 ต้น เมื่อทำการทดสอบค่าไคสแควร์ มีค่าไคสแควร์เท่ากับ 0.833 ($p = 0.361$) ผลการกระจายตัวของลักษณะ สีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำต่อน้ำตาลตามค่าคาดหวัง 1:1 เป็นไปตามกฎของเมนเดล และในลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP_2) จำนวน 120 ต้น พบว่ามีลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำทั้งหมด (Figure 5) และคู่ผสม YSd07×YSd08 ทุกประชากรมีลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลทั้งหมด เนื่องจากพันธุ์แม่และพันธุ์พ่อก็มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลไม่แตกต่างกัน (Table 2) จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าในลูกชั่วที่ 2 (F_2) ของทั้ง 2 คู่ผสม มีผลการกระจายตัวของลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำต่อน้ำตาลในอัตรา 3:1 ไม่แตกต่างจากอัตราส่วนทฤษฎีของเมนเดลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับในลูกผสมกลับหาแม่ (BCP_1) มีอัตราส่วน 1:1 ซึ่งผลการศึกษาสนับสนุนสมมติฐานว่าลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดถูกควบคุมด้วยยีนหนึ่งตำแหน่ง และมีการถ่ายทอดแบบเด่นสมบูรณ์ สำหรับในลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP_2) ของทั้ง 2 คู่ผสม พบว่ามีลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำทั้งหมด โดยไม่ปรากฏต้นที่มีสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล ซึ่งเป็นไปตามผลที่คาดหวัง เนื่องจากการผสมกลับไปหาพันธุ์พ่อก็มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำ ซึ่งมีจีโนไทป์แบบ homozygous dominant สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kongjaimun et al. (2012) ที่ทำการผสมระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์การค้าและถั่วพุ่มพันธุ์ป่าเพื่อศึกษาแผนที่ทางพันธุกรรม ในลูกชั่วที่ 2 (F_2) และประชากร BC_1F_1 พบว่ามีอัตราส่วนของสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำต่อน้ำตาล 3:1 และในประชากร BC_1F_1 มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำทั้งหมด และแผนที่ทางพันธุกรรมยังสนับสนุนว่าลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดถูกควบคุมด้วยยีนหนึ่งตำแหน่งอีกด้วย และสอดคล้องกับ Benchasri (2011) ที่ทำการผสมระหว่างถั่วฝักยาว และถั่วพุ่มที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีขาวและสีดำ พบว่าลูกชั่วที่ 1 (F_1) มีเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นสีดำ สอดคล้องกับ Xu et al. (2011) ที่ทำการศึกษาแผนที่ทางพันธุกรรมของถั่วฝักยาวโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล SNP และ SSR พบว่าลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดถูกควบคุมด้วยยีนหนึ่งตำแหน่ง ซึ่งอยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 8 และมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับยีนที่ควบคุมลักษณะสีดอก นอกจากนี้ พบว่าสีเปลือกหุ้มเมล็ดมีผลต่อการต้านทานเชื้อไวรัส Mungbean Yellow Mosaic India Virus (MYMIV) จากงานวิจัยของ Kumari et al. (2021) ที่หาความสัมพันธ์ของสีเปลือกหุ้มเมล็ดต่อลักษณะต่าง ๆ โดยทดสอบจากสายพันธุ์มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำ สีน้ำตาล และเปลือกหุ้มเมล็ดสองสี พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดสองสีสามารถต้านทานการระบาดของเชื้อไวรัส Mungbean Yellow Mosaic India Virus (MYMIV) ได้ดีที่สุด

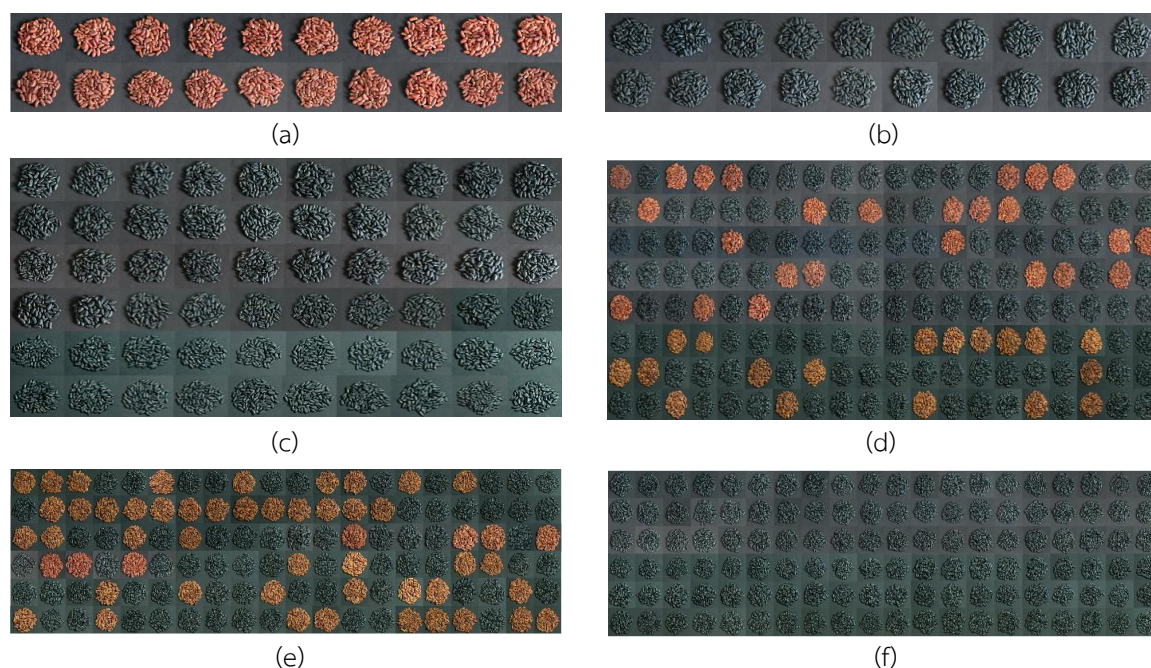


Figure 4 The segregation pattern of seed coat color traits in the yardlong bean cross YSd16×YSd01 a: P_1 (YSd16), b: P_2 (YSd01), c: F_1 (YSd16×YSd01), d: F_2 (segregation ratio black 3 : brown 1), e: BCP_1 and f: BCP_2 (segregation ratio black 1 : brown 1)

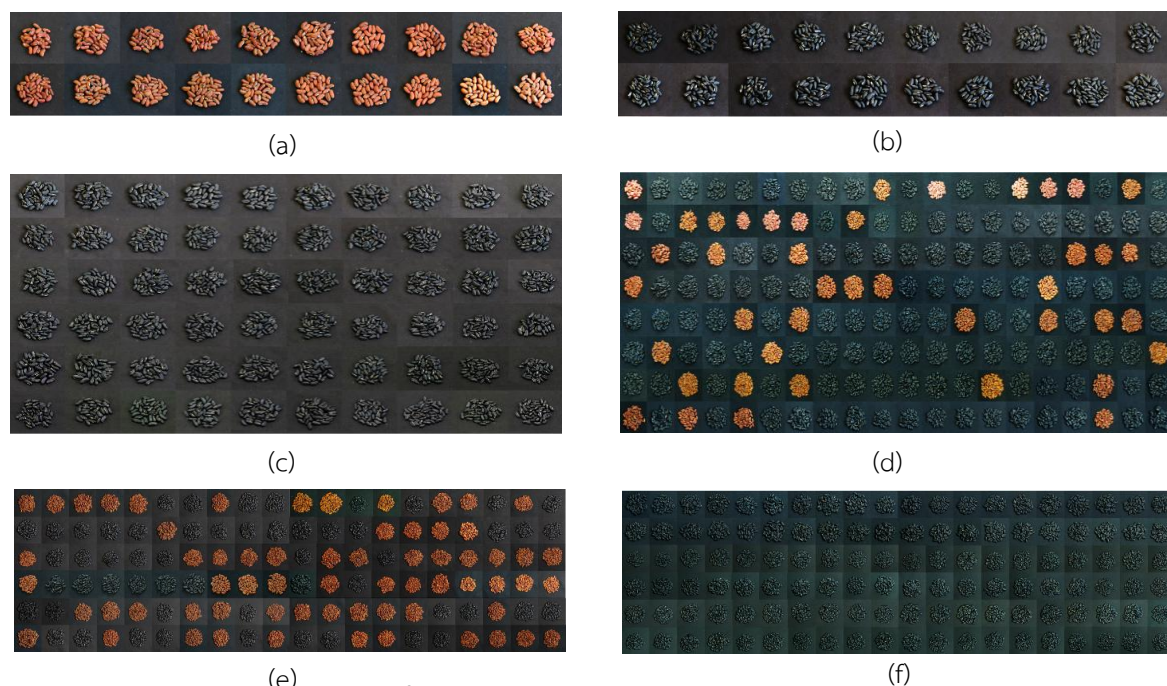


Figure 5 The segregation pattern of seed coat color traits in the yardlong bean cross YSd46xYsd01
a: P₁ (YSd46), b: P₂ (Ysd01), c: F₁ (YSd46xYsd01), d: F₂ (segregation ratio black 3 : brown 1), e: BCP₁ and f: BCP₂ (segregation ratio black 1 : brown 1)

Table 2 Observed offspring segregation ratios, value of Chi-square test (χ^2) and the corresponding *p*-value for black and brown seed coat for F₁, F₂, BCP₁ and BCP₂ generations of Yardlong bean

Lines/Crosses	Seed Coat Colors			χ^2	P-value
	Black	Brown	Total		
Recurrent Parents					
YSd16 (P ₁)	-	20	20	-	-
YSd46 (P ₁)	-	20	20	-	-
Donor Parents					
Ysd01 (P ₂)	20	-	20	-	-
Crosses 1 : YSd16×YSd01					
F ₁	60	0	60	-	-
F ₂	117	43	160	0.30 ^{ns}	0.584
BCP ₁	67	53	120	1.633 ^{ns}	0.201
BCP ₂	120	0	120	-	-
Crosses 2 : YSd46×YSd01					
F ₁	60	0	60	-	-
F ₂	117	43	160	0.30 ^{ns}	0.584
BCP ₁	55	65	120	0.833 ^{ns}	0.361
BCP ₂	120	0	120	-	-

ns = non-significant at 0.05 probability levels

การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้น และสีเปลือกหุ้มเมล็ด (diybrid cross)

จากการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นแสดงให้เห็นว่าลักษณะเลื้อยเป็นลักษณะเด่น ส่วนลักษณะพุ่มเป็นลักษณะด้อย ขณะที่ลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำเป็นลักษณะเด่น และสีน้ำตาลเป็นลักษณะด้อย เมื่อศึกษาการถ่ายทอดลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นและสีเปลือกหุ้มเมล็ดพร้อมกัน (diybrid cross) ในคู่ผสม YSd16xYsd01 ลูกชั่วที่ 1 (F₁)

Table 3 Observed offspring segregation ratios, value of Chi-square test (χ^2) and the corresponding *p*-value for indeterminate and black seed, indeterminate and brown seed, determinate and black seed and determinate and brown seed of phenotypes for F_1 , F_2 , BCP_1 and BCP_2 generations of Yardlong bean

Lines/ Crosses	Phenotype				Total	χ^2	<i>P</i> - value
	Indeter-minate and black seed coat	Indeter-minate and brown seed coat	Determinate and black seed coat	Determinate and brown seed coat			
Recurrent Parents							
YSd16 (P ₁)	-	20	-	-	20	-	-
YSd46 (P ₁)	-	20	-	-	20	-	-
Donor Parents							
Ysd01 (P ₂)	-	-	20	-	20	-	-
Population 1 : YSd16×YSd01							
F ₁	60	0	0	0	60	-	-
F ₂	89	33	28	10	160	0.444 ^{ns}	0.931
BCP ₁	67	53	0	0	120	1.633 ^{ns}	0.201
BCP ₂	66	0	54	0	120	1.20 ^{ns}	0.273
Population 2 : YSd46×YSd01							
F ₁	60	0	0	0	60	-	-
F ₂	78	33	39	10	160	4.60 ^{ns}	0.203
BCP ₁	55	65	0	0	120	0.833 ^{ns}	0.361
BCP ₂	70	0	50	0	120	3.333 ^{ns}	0.068

ns = non-significant at 0.05 probability levels

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้น และสีเปลือกหุ้มเมล็ดในคู่ผสมระหว่าง ถั่วฝักยาวกับถั่วพุ่มของทั้ง 3 คู่ผสม ได้แก่ YSd16xYsd01, YSd07xYsd08 และ YSd46xYsd01 และใช้หลักการทดสอบทางสถิติ ไคสแควร์ (χ^2) สำหรับทดสอบสมมติฐานค่าการกระจายตัวในชั่วต่าง ๆ ได้แก่ แม่ (P_1), พ่อ (P_2), ลูกชั่วที่ 1 (F_1), ลูกชั่วที่ 2 (F_2), ลูกผสมกลับหาแม่ (BCP_1) และลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP_2) จากผลการวิเคราะห์ค่าไคสแควร์ของการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของ ลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้น ผลการวิเคราะห์ค่าไคสแควร์ในลูกชั่วที่ 2 (F_2) ของคู่ผสม YSd16xYsd01 ค่า χ^2 เท่ากับ 0.133 ($P = 0.715$), คู่ผสม YSd07xYsd08 ค่า χ^2 เท่ากับ 0.133 ($P = 0.715$) และ คู่ผสม YSd46xYsd01 ค่า χ^2 เท่ากับ 2.70 ($P = 0.10$) ผลการกระจายตัวของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นในอัตราส่วน 3:1 (เลื้อย : พุ่ม) และในลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP_2) ของคู่ผสม YSd16xYsd01 ค่า χ^2 เท่ากับ 1.20 ($P = 0.273$), คู่ผสม YSd07xYsd08 ค่า χ^2 เท่ากับ 0.033 ($P = 0.855$) และ คู่ผสม YSd46xYsd01 ค่า χ^2 เท่ากับ 3.333 ($P = 0.068$) ผลการกระจายตัวของลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นในอัตราส่วน 1:1 (เลื้อย : พุ่ม) ไม่แตกต่างจากอัตราส่วนทฤษฎีของเมนเดลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นถูกควบคุมด้วยยีนหนึ่งตำแหน่ง ที่มีการถ่ายทอดแบบเด่นสมบูรณ์

การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ด ผลการวิเคราะห์ค่าไคสแควร์ในลูกชั่วที่ 2 (F_2) ของคู่ผสม YSd16xYsd01 ค่า χ^2 เท่ากับ 0.30 ($P = 0.584$) และ คู่ผสม YSd46xYsd01 ค่า χ^2 เท่ากับ 0.30 ($P = 0.584$) ผลการกระจายตัว ลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดในอัตราส่วน 3:1 (สีดำ : สีน้ำตาล) และลูกผสมกลับหาแม่ (BCP_1) ของคู่ผสม YSd16xYsd01 ค่า χ^2 เท่ากับ 1.633 ($P = 0.201$) และ คู่ผสม YSd46xYsd01 ค่า χ^2 เท่ากับ 0.833 ($P = 0.361$) ผลการกระจายตัวลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดในอัตราส่วน 1:1 (สีดำ : สีน้ำตาล) ไม่แตกต่างจากอัตราส่วนทฤษฎีของเมนเดลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่า ลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดถูกควบคุมด้วยยีนหนึ่งตำแหน่ง ที่มีการถ่ายทอดแบบเด่นสมบูรณ์

การถ่ายทอดลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้น และลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดพร้อมกัน (dihybrid cross) พบว่าในลูกชั่ว ที่ 2 (F_2) มีการกระจายตัวในอัตราส่วน 9:3:3:1 (ลำต้นแบบเลื้อย - เปลือกหุ้มเมล็ดสีดำ : ลำต้นแบบเลื้อย - เปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล : ลำต้นแบบพุ่ม - เปลือกหุ้มเมล็ดสีดำ : ลำต้นแบบพุ่ม - เปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล) แสดงให้เห็นว่าลักษณะทั้งสองถูกควบคุมโดยยีนที่ตั้งอยู่บนโครโมโซมต่างคู่ มีการถ่ายทอดเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่ 2 ของเมนเดล เช่นเดียวกับลูกผสมกลับหาแม่ (BCP_1) และลูกผสมกลับหาพ่อ (BCP_2) ที่พบว่ากระจายตัวของลักษณะทั้งสองเป็นไปตามอัตราส่วนคาดหวัง 1:1 ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับนักปรับปรุงพันธุ์เพื่อใช้ในการวางแผนการคัดเลือกสายพันธุ์ผู้ฝักยาวพันธุ์พุ่มที่มีสีเปลือกหุ้มเมล็ดตรงตามความต้องการของตลาด นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการประยุกต์ใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ (DNA marker) ในการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคตได้อีกด้วย

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนศึกษากันจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณสาขาพืชผัก มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ใช้พื้นที่ในการเพาะปลูก และเก็บข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมติฐาน: สุเทพ วัชรเวชศฤงคาร, อาทิตย์ นันทาวงค์. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: สุเทพ วัชรเวชศฤงคาร, อาทิตย์ นันทาวงค์. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: สุเทพ วัชรเวชศฤงคาร, อาทิตย์ นันทาวงค์. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดงการเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: สุเทพ วัชรเวชศฤงคาร, แสงเดือน อินชนบท, เทิดศักดิ์ โทณลักษณ์, ทวีป เสนคำวงศ์, อาทิตย์ นันทาวงค์. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: สุเทพ วัชรเวชศฤงคาร, อาทิตย์ นันทาวงค์. การให้การสนับสนุนเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ และครุภัณฑ์: สุเทพ วัชรเวชศฤงคาร.

เอกสารอ้างอิง

- Benchasri, S., & Nualsri, C. (2009). Study of resistant genes and distribution of cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch.) resistance in yardlong bean and cowpea. *Khon Kaen Agricultural Journal*, 37(3), 201-208. (in Thai).
- Benchasri, S. (2011). Study of heterosis on yardlong bean and cowpea hybrids. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 21(2), 329-336. (in Thai).
- Department of Agricultural Extension. (2022). *Agricultural Statistics Report 2020*. Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).
- Hughes, J., Khazaei, H., & Vandenberg, A. (2020). Genetics of height and branching in faba bean (*Vicia faba*). *Agronomy*, 10(1), 1191. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081191>.
- Kongjaimun, A., Kaga, A., Tomooka, N., Somta, P., Vaughan, D., & Srinives, P. (2012). The genetics of domestication of yardlong bean, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *unguiculata* cv.-gr. *sesquipedalis*. *Annals of botany*, 109(6), 1185-1200. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs048>.
- Krylova, E., Khlestkina, E., Burlyaeva, M., & Vishnyakova, M. (2020). Determinate growth habit of grain legumes: role in domestication and selection, genetic control. *Ecological Genetics*, 18(1), 43-58. <https://doi.org/10.17816/ecogen16141>.
- Kumari, S., Choudhary, A., Eram, A., Mukherjee, A., Kumar, U., & Dubey, A. (2021). *The Relationship Between Seed Coat Colour, Seed Quality and Yield Related Traits in Yardlong Bean (Vigna Unguiculata (L.) Walp.ssp. Unguiculata cv.-gr. Sesquipedalis)*. Research Square. Retrieved from: <https://www.researchsquare.com/article/rs-1191552/v1>
- Nooprom, K., & Santiprachha, Q. (2016). Evaluation of disease and pest infestations on 7 commercial varieties of yard long bean in Songkhla province. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 24(5), 744-752. (in Thai).
- Pongthongkham, P. (2007). *Genetics*. 4th Ed. Kasetsart University. (in Thai).
- Office of Agricultural Economics. (2024). *Seed Export Statistics, 2023*. Retrieved from: <https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2024/06/export-2566.pdf> (in Thai).

- Ohm, H., Mahmood, U., Östberg, J., Alverup, J., Grimberg, Å., & Hofvander, P. (2025). Comprehensive identification of the PEBP gene family in *Vicia faba* highlighting *VfTFL1a* variation and phenotypic insights into determinate growth. **Scientific Reports**, 15(1), 28687. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-12864-0>.
- Pornsuriya, P., Pornsuriya, P., Chittawanij, A., & Chinaworn, S. (2021). Comparison on the fifth-generation lines of yardlong bean. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 49(1), 1031-1037. (in Thai).
- Xu, P., Hu, T., Yang, Y., Wu, X., Wang, B., Liu, Y., Qin, D., Ehlers, J., Close, T., Lu, Z., & Li, G. (2011). Mapping genes governing flower and seedcoat color in asparagus bean (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*) based on single nucleotide polymorphism and simple sequence repeat markers. **HortScience**, 46(8), 1102-1104. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.8.1102>.