

การวิเคราะห์ทางพันธุกรรมของลักษณะบางประการที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตในถั่วเหลืองฝักสด (*Glycine max* (L.) Merrill)

Genetic analysis of some characters related to yield in vegetable soybean (*Glycine max* (L.) Merrill)

ศรัณยู ถาวร^{1*} เรืองชัย จุวัฒน์สำราญ² สุมิตรา คงชื่นสิน¹ และ วราลักษณ์ เกษตรานันท์¹

Saranyu Thaworn^{1*}, Ruangchai Juwattanasomran², Sumitra Kongchuensin¹ and Waraluk Kasettranun¹

¹ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

²คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

²Faculty of Agricultural Product, Maejo University, Changmai 50290

*Corresponding author: sarayuu_kog@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ทางพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ ในประชากรลูกผสมชั่วรุ่นที่ 7 จำนวน 96 RILs ที่ได้จากคู่ผสมพันธุ์เชียงใหม่ 60 กับ พันธุ์ Kaori ได้แก่ ลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น วันออกดอก น้ำหนักแห้งของใบ น้ำหนักแห้งของลำต้น น้ำหนักแห้งของราก น้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น ความสูงของต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก ผลผลิตต่อต้น และน้ำหนักหนึ่งเมล็ด พบว่าทุกลักษณะมีการแปรผันเป็นแบบต่อเนื่อง มีค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบตั้งแต่ 0.30 ถึง 0.74 และบางลักษณะมีการแสดงออกแบบ transgressive segregation ลักษณะผลผลิตต่อต้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับทุกลักษณะที่กล่าวมา ยกเว้นลักษณะน้ำหนักหนึ่งเมล็ด อย่างไรก็ตามมีเพียงลักษณะจำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้นเท่านั้น ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดคือมีค่า r เท่ากับ 0.939 และ 0.927 ตามลำดับ และทั้งสองลักษณะมีค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบสูงที่สุดเท่ากับ 0.72 และ 0.74 ตามลำดับ ดังนั้นลักษณะทั้งสองนี้จึงควรนำไปใช้ในการคัดเลือกถั่วเหลืองฝักสดที่มีผลผลิตสูง

ABSTRACT

Genetic analysis of twelve agronomic characters in 96 F_7 recombinant inbred lines (RILs)

derived from soybean Changmai 60 $\times$ Kaori namely, leaf area, first flowering date, leaf dry weight, stem dry weight, root dry weight, total dry weight, plant height, pod numbers per plant, seed numbers per plant, seed numbers per pod, total seed weight per plant, and single seed weight, indicated that all characters were continuous variation with narrow-sense heritability between 0.30 and 0.74, and that some characters exhibited transgressive segregation. All but single-seed-weight character were statistically correlated with total-seed-weight-per-plant character. However, only pod-numbers-per-plant, and seed-numbers-per-plant characters had the highest correlation coefficients with total-seeds-weight-per-plant character having r 's of 0.939 and 0.927, respectively. In addition, both characters had the highest narrow-sense heritability of 0.72 and 0.74, respectively. Therefore, these two characters should be employed in the vegetable soybean breeding program for high yield.

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยส่งออกถั่วเหลืองฝักสด (*Glycine max* (L.) Merrill) เป็นสินค้าออกไปยังต่างประเทศเป็น

จำนวนมาก โดยมีตลาดต่างประเทศที่สำคัญได้แก่ ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา พันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่ปลูกเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศส่วนใหญ่ คือ พันธุ์ 'AGS 292' พันธุ์ 'No.75' พันธุ์ 'Tzurunoko Ryokkoh' พันธุ์ 'Kaohsiung No.1' และ พันธุ์ 'No.2808' การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดในประเทศไทย ส่วนใหญ่ผลิตโดยภาคเอกชน ซึ่งไม่เพียงพอต่อการใช้ปลูกภายในประเทศ จึงมีการนำเข้าเมล็ดพันธุ์เพิ่มเติมจากไต้หวัน โดยข้อมูลช่วงปี พ.ศ. 2543-2545 มีการนำเข้าเฉลี่ยปีละ 50 ตัน มูลค่าประมาณ 11 ล้านบาท (สมศักดิ์, 2547) แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2550-2553 เกษตรกรได้ลดพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองลงเพราะปัญหาด้านเมล็ดพันธุ์ที่ขาดแคลน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554)

การนำสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดจากต่างประเทศเข้ามาปลูกในประเทศไทย นอกจากจะเป็นสายพันธุ์ที่มีคุณภาพดีและเป็นที่ต้องการของตลาดแล้ว ยังต้องสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้และให้ผลผลิตสูงอีกด้วย งานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาพันธุกรรมของถั่วเหลืองฝักสดภายในประเทศ จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนาสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่มีคุณภาพดีและมีผลผลิตสูง เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกร โดย Pooprompan *et al.* (2006) ได้ปรับปรุงพันธุ์จากคู่ผสม AGS 292 × 'K3' เพื่อใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกให้ได้ถั่วเหลืองฝักสด ที่มีวันออกดอกที่เหมาะสม นอกจากนี้ Juwattanasomran *et al.* (2011; 2012) ได้วิเคราะห์หาแอลลีลที่ควบคุมความหอมของถั่วเหลืองฝักสด เพื่อใช้ในการคัดเลือกถั่วเหลืองฝักสดที่มีกลิ่นหอมจากพันธุ์ 'Chamame' และ 'Kaori' งานวิจัยเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก ส่วนมากเป็นโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาพันธุ์ของบริษัทเอกชน ซึ่งมักจะไม่มีเผยแพร่สู่สาธารณะ ดังนั้น การศึกษาพันธุกรรมของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสด จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ ในการศึกษาพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรครั้งนี้ ใช้สายพันธุ์ RILs จาก คู่ผสม CM60 ('เชียงใหม่ 60') × Kaori (Juwattanasomran *et al.*, 2012) ถั่วเหลืองพันธุ์ CM60 เป็นถั่วเหลืองไร่ที่ให้ผลผลิตดีทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ต้านทานต่อโรคราสนิม และถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ Kaori เมล็ดมีขนาดใหญ่ มีกลิ่นหอม และมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีงานวิจัยที่

เคยศึกษาเกี่ยวกับค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ของลักษณะทางการเกษตรกับลักษณะผลผลิต และศึกษาค่าอัตราพันธุกรรม (heritability) ของลักษณะเหล่านั้น ซึ่งใช้เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ จากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูก โดย Specht *et al.* (1999) รายงานว่า การที่จะเพิ่มผลผลิตของพืชให้สูงขึ้นได้นั้น ต้องอาศัยหลักพื้นฐานสองด้าน คือ การเพิ่มดัชนีเก็บเกี่ยว และการเพิ่มการสะสมน้ำหนักแห้ง ส่วน Orf *et al.* (1999) พบว่า ผลผลิตของถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์กับวันออกดอก ความสูงของต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และ น้ำหนักเมล็ด ในถั่วเหลืองชั่วรุ่นที่ 7 ที่ได้จากคู่ผสม 'Minsoy' × 'Archer' พบว่า มีค่าอัตราพันธุกรรมของ ผลผลิต วันออกดอก ความสูงของต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนักเมล็ด เท่ากับ 0.70, 0.95, 0.94, 0.81 และ 0.89 ตามลำดับ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น วันออกดอก ความสูงของต้น น้ำหนักแห้งของใบ น้ำหนักแห้งของลำต้น น้ำหนักแห้งของราก น้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก ผลผลิตต่อต้น และน้ำหนักหนึ่งเมล็ด และศึกษาอัตราพันธุกรรมแบบแคบของทุกลักษณะ เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม จากรุ่นพ่อแม่สู่รุ่นลูก และอิทธิพลของยีนที่ควบคุมการแสดงออกของลักษณะเหล่านั้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือกให้ได้พันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด ที่มีผลผลิตสูงและเหมาะสมสำหรับการปลูกในประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกสายพันธุ์ RILs (recombinant inbred lines) ชั่วรุ่นที่ 7 จำนวน 96 สายพันธุ์ ที่ได้จากคู่ผสม CM60 × Kaori ร่วมกับพันธุ์พ่อแม่ โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ในเดือนสิงหาคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2552 ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ เก็บข้อมูลลักษณะทางการเกษตร 6 ลักษณะ ได้แก่ พื้นที่ใบต่อต้น (LA) วันออกดอก (FD) น้ำหนักแห้งของใบ (LDW) น้ำหนักแห้งของลำต้น (SDW)

น้ำหนักแห้งของราก (RDW) และน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น (TDW) และปลูกในเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม พ.ศ. 2553 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา เพื่อเก็บข้อมูลลักษณะทางการเกษตรอีก 6 ลักษณะ ได้แก่ ความสูงของต้น (H) จำนวนฝักต่อต้น (NP) จำนวนเมล็ดต่อต้น (NS) จำนวนเมล็ดต่อฝัก (NS/P) ผลผลิตต่อต้น (yield) และน้ำหนักหนึ่งเมล็ด (SSW) โดยสุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลสายพันธุ์ละ 5 ต้น

Table 1 Analysis of variance (ANOVA) of F_7 families.

Source	df	MS	ems
Block	r-1	MS_{block}	
Between F_2 families	n-1	MS_1	$\sigma_6^2 + r\sigma_5^2 + r\sigma_4^2 + r\sigma_3^2 + r\sigma_2^2 + r\sigma_1^2$
Between F_7 individual Within F_6 families	n(r-1)	MS_6	σ_6^2

n คือ จำนวนสายพันธุ์ของประชากร RILs

r คือ จำนวนซ้ำ

การคำนวณค่า ความแปรปรวนทางพันธุกรรมแบบบวก (additive genetic variance, V_A) และ ความ

$$\sigma_6^2 = \frac{1}{2^5} V_A + \frac{1}{2^5} V_D + V_E = MS_6$$

$$\sigma_6^2 + r(\sigma_5^2 + \sigma_4^2 + \sigma_3^2 + \sigma_2^2 + \sigma_1^2) = MS_1$$

$$\sigma_5^2 + \sigma_4^2 + \sigma_3^2 + \sigma_2^2 + \sigma_1^2 = (MS_1 + MS_6)/r$$

$$\frac{31}{16} V_A + \frac{31}{1024} V_D = (MS_1 + MS_6)/r$$

จากสมการที่ (3) จะเห็นได้ว่า V_D มีค่าน้อยมากเข้าใกล้ศูนย์ และประชากร RILs เป็นสายพันธุ์แท้ที่อยู่ในสภาพฮอมอไซกัส (homozygous) แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของลักษณะเป็นผลมาจากพันธุกรรมแบบบวก (V_A) โดยไม่มีผลมาจากความแปรปรวนทางพันธุกรรมแบบข่ม (V_D) (พรพันธ์ และสุระกะกาญจน์, 2553) ดังนั้นการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบจึงกำหนดให้ค่า $V_D = 0$

จากสมการเมื่อ $V_D = 0$ จะได้

$$V_A = \frac{16}{31r} (MS_1 - MS_6)$$

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดย 1) วิเคราะห์การกระจายตัวของลักษณะทางการเกษตรในประชากร RILs 2) วิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) 3) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) โดยใช้วิธี nested design ตาม Kearsey and Pooni (1996) (Table 1) และ 4) ประมาณค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ (narrow-sense heritability, h^2)

แปรปรวนเนื่องจากสิ่งแวดล้อม (environmental variance, V_E) ใช้สมการ

$$\text{-----(1)}$$

$$\text{-----(2)}$$

แทนค่า $MS_6 = \sigma_6^2$

$$\text{-----(3)}$$

$$V_E = MS_6 - \frac{1}{2^5} V_A$$

ประมาณค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบได้จากสมการ

$$h^2 = V_A / (V_A + V_E)$$

ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิเคราะห์การกระจายตัวของลักษณะทางการเกษตรในประชากร RILs

จากข้อมูลลักษณะทางการเกษตรที่ศึกษาในประชากรพ่อแม่ พบว่าเกือบทุกลักษณะของพันธุ์ CM60 มีค่าสูงกว่าพันธุ์ Kaori ยกเว้นลักษณะน้ำหนักหนึ่งเมล็ดของพันธุ์ Kaori ที่มีน้ำหนักเท่ากับ 0.35 ± 0.009 สูงกว่า CM60 ที่มีน้ำหนักเท่ากับ 0.14 ± 0.020 แสดงว่าถึงแม้พันธุ์ Kaori มีเมล็ดใหญ่กว่าพันธุ์ CM60 แต่มีต้นที่เล็กกว่า และให้ผลผลิตต่อต้นน้อยกว่าพันธุ์ CM60 (Table 2)

การกระจายตัวของประชากร RILs ทุกลักษณะเป็นแบบต่อเนื่อง (Figure 1) แสดงว่า ทุกลักษณะแสดงการถ่ายทอดเชิงปริมาณ (quantitative inheritance) ซึ่งเป็นผลมาจากการมียีนควบคุมหลายตำแหน่ง (polygenes) (Cho *et al.*, 2002) ประชากร RILs มีค่าการแสดงออกเกินขอบเขตของพ่อแม่ (transgressive segregation) ได้แก่ ลักษณะวันออกดอก น้ำหนักแห้งของใบ น้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น พื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักแห้งของลำต้น และผลผลิตต่อต้น (Table 2) แสดงว่า เกิดการจัดกลุ่มกันใหม่ของยีนในประชากร RILs (Sriphadat *et al.*, 2007)

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์

ลักษณะผลผลิตต่อต้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% กับลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น วันออกดอก น้ำหนักแห้งของใบ น้ำหนักแห้งของลำต้น น้ำหนักแห้งของราก น้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น ความสูงของต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และจำนวนเมล็ดต่อต้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.299, 0.400, 0.313, 0.278, 0.322, 0.277, 0.418, 0.939, 0.927 และ 0.363 ตามลำดับ (Table 3) แสดงว่าลักษณะผลผลิตต่อต้นในประชากร RILs ขึ้นกับลักษณะที่สัมพันธ์กับการเจริญเติบโต และลักษณะองค์ประกอบผลผลิตบางลักษณะ ส่วนลักษณะน้ำหนักหนึ่งเมล็ดไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตต่อต้น ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.172 (Table 3) Rao *et al.* (2002) พบว่า ผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์จากประเทศญี่ปุ่น จีน และสหรัฐอเมริกา ที่ระยะเก็บเกี่ยว (R6) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้น ส่วน Aditya *et al.* (2011) พบว่าน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้นจะมีความสัมพันธ์กับผลผลิต

ลักษณะน้ำหนักหนึ่งเมล็ดมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99% กับลักษณะความสูงของต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝัก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.487, -0.454, -0.487 และ -0.451 ตามลำดับ แสดงว่าในประชากร RILs สายพันธุ์ที่มีลักษณะเมล็ดขนาดใหญ่ จะเป็นสายพันธุ์ที่มีลำต้นเตี้ย จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝักน้อย และนอกจากลักษณะขนาดเมล็ดจะไม่ขึ้นกับลักษณะผลผลิตต่อต้นแล้วยังไม่ขึ้นกับลักษณะพื้นที่ใบ วันออกดอก น้ำหนักแห้งของใบ น้ำหนักแห้งของลำต้น น้ำหนักแห้งของราก และน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น (Table 3) Ikeda *et al.* (2009) พบว่า น้ำหนักหนึ่งเมล็ดของถั่วเหลืองผสมชั่วรุ่นที่ 6 จำนวน 192 สายพันธุ์ จากคู่ผสมถั่วเหลืองพันธุ์ 'Toyomusume' กับ 'Toyoharuka' มีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนฝักต่อต้น และ Ramteke *et al.* (2010) พบว่า ในถั่วเหลือง 92 พันธุ์ ที่ปลูกในประเทศอินเดีย นั้น ลักษณะน้ำหนักหนึ่งเมล็ดไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิต แต่มีความสัมพันธ์กับความสูงของต้น

ลักษณะน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น น้ำหนักแห้งของลำต้น น้ำหนักแห้งของใบ มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% กับพื้นที่ใบต่อต้นสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.967, 0.734 และ 0.826 ตามลำดับ แสดงว่า ในระยะการเจริญเติบโตหากมีต้นขนาดใหญ่ ก็จะมีการสะสมของมวลชีวภาพที่ใบสูงด้วย ทำให้มีจำนวนใบมากและพื้นที่ใบต่อต้นมาก ส่วนลักษณะน้ำหนักแห้งของราก และวันออกดอก มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% กับพื้นที่ใบต่อต้นปานกลาง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.580 และ 0.656 ตามลำดับ เนื่องจากถั่วเหลืองพันธุ์พ่อแม่ เป็นถั่วเหลืองที่มีการเจริญเติบโตแบบไม่ทอดยอด (determinate habit) ทำให้เมื่อถึงระยะที่พืชออกดอกเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอด จะพัฒนาไปเป็นดอก ทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นหยุดลง (Bernard, 1972) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ที่ออกดอกช้า จะมีเวลาในการสร้างและสะสมมวลชีวภาพที่ใบนานกว่าสายพันธุ์ที่ออกดอกเร็ว ทำให้มีพื้นที่ใบต่อต้นมาก ลักษณะผลผลิตต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความ

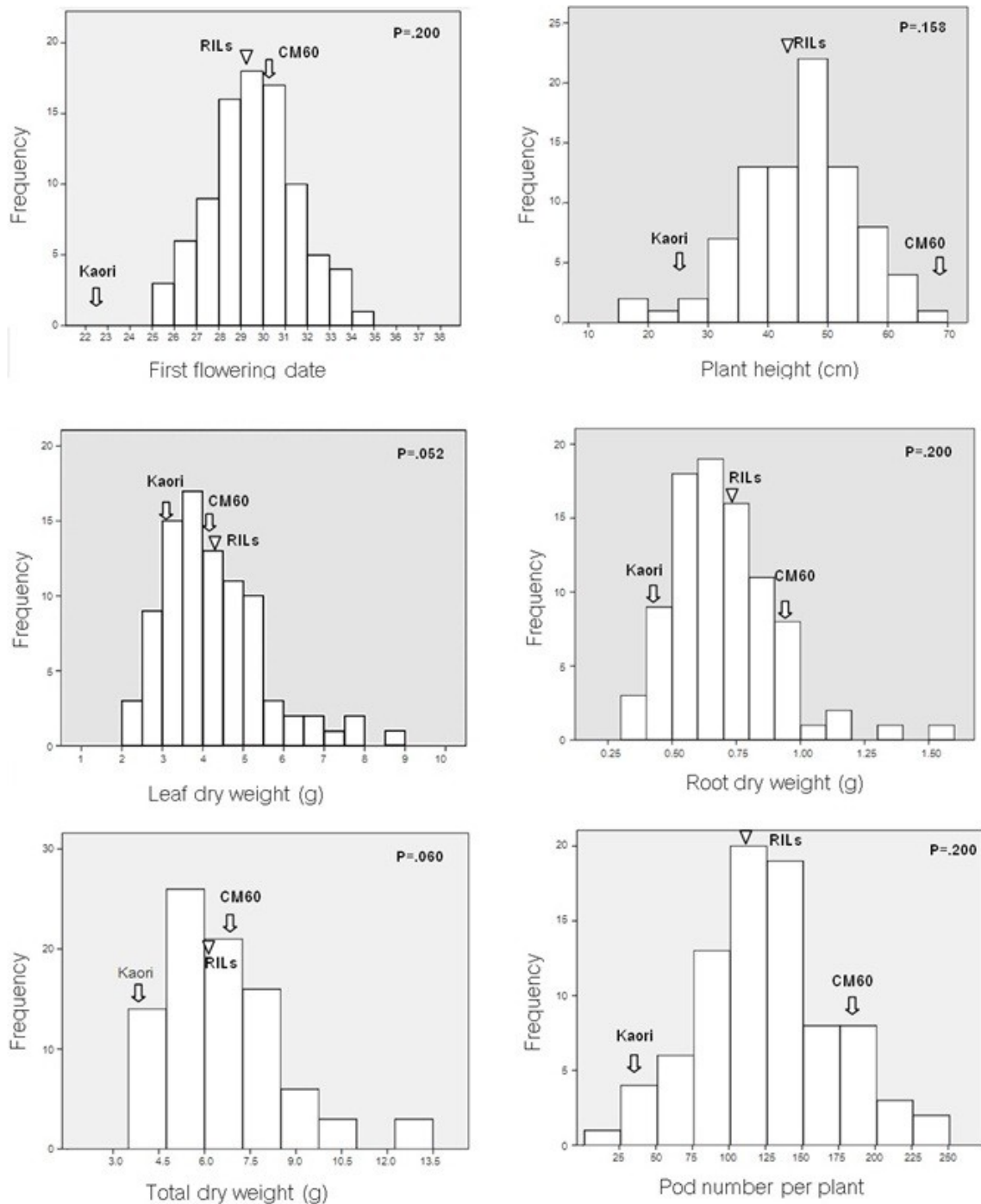


Figure 1 Frequency distribution of 12 characters, namely first flowering date, plant height, leaf dry weight, root dry weight, total dry weight, pod number per plant, seed number per plant, seed number per pod, leaf area, stem dry weight, yield and single seed weight of RILs. Downward arrows are mean of respective character of parents and RILs.

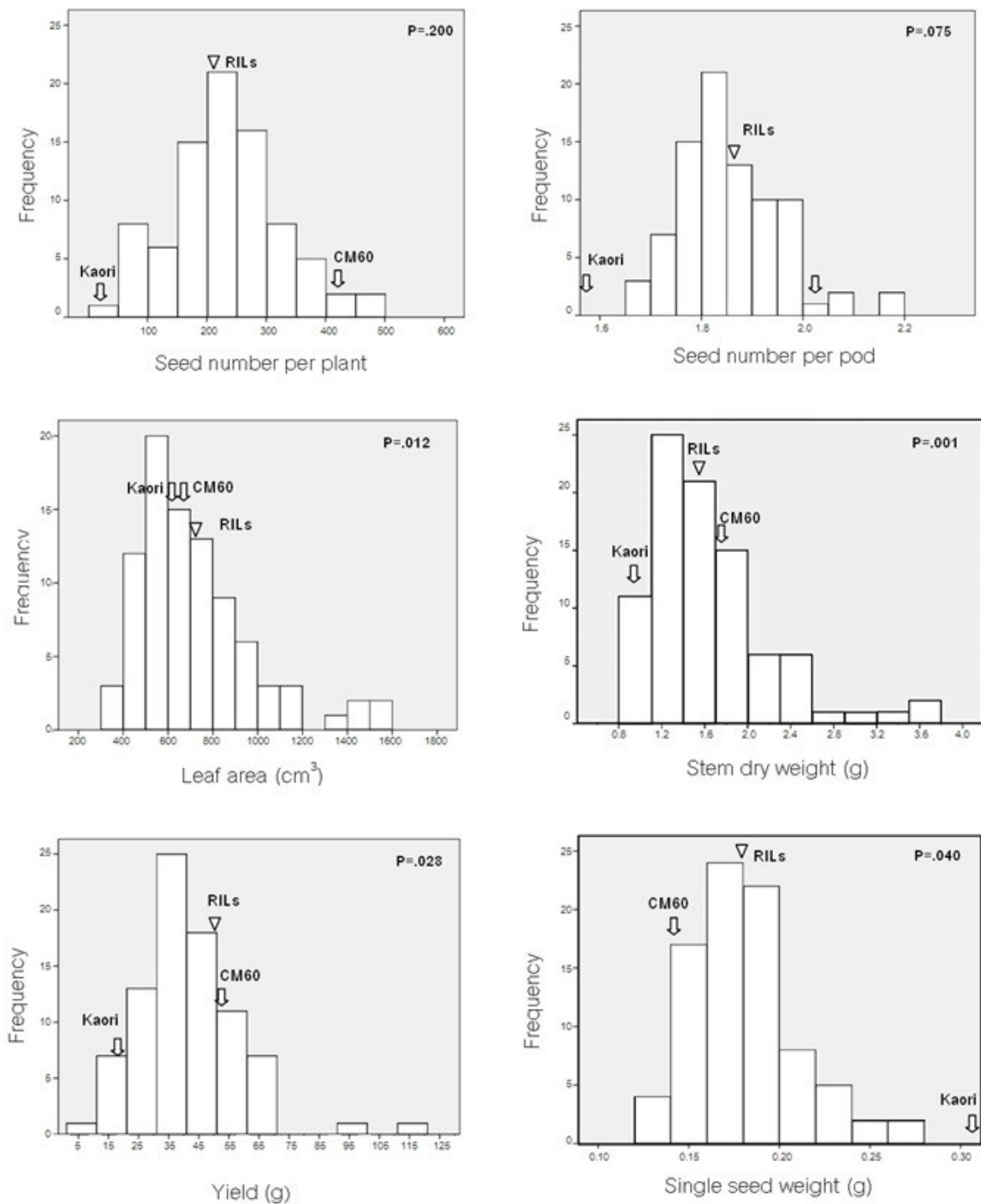


Figure 1 (continued)

เชื่อมั่น 95% กับพื้นที่ใบต่อต้นเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.299, 0.280 และ 0.295 ตามลำดับ แสดงว่าแม้จะมีการสะสมมวลชีวภาพมากที่ใบ แต่มีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยกับผลผลิตต่อต้น (Table 3) Orf et

al. (1999) พบว่า พื้นที่ใบต่อต้นในถั่วเหลืองลูกผสมชั่วรุ่นที่ 7 จาก 3 คู่ผสมได้แก่ Minsoy กับ 'Noir 1' Archer กับ Noir 1 และ Minsoy กับ Archer มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตน้อยกว่า 0.41

Table 2 Mean $\pm$ standard error and range of some characters in parents (CM60 and Kaori) and 96 RILs, including additive genetic variance (V_A), environmental variance (V_E) and narrow-sense heritability (h^2).

Characters	Mean $\pm$ SE			Range			V_A	V_E	h^2
	Kaori	CM60	RILs	Kaori	CM60	RILs			
LA	612.44 $\pm$ 172.60	650.98 $\pm$ 69.21	717.91 $\pm$ 27.32	210.57-	260.15-	336.58-	26083.99	43223.00	0.38
FD	22.50 $\pm$ 0.25	30.5 $\pm$ 0.52	29.58 $\pm$ 0.21	21-23	29-32	25.00-34.92	1.80	0.88	0.67
LDW	3.22 $\pm$ 0.71	4.18 $\pm$ 0.32	4.26 $\pm$ 0.13	1.29-5.85	2.97-6.08	2.28-8.57	0.64	1.12	0.36
SDW	0.90 $\pm$ 0.15	1.72 $\pm$ 0.19	1.64 $\pm$ 0.06	0.28-1.64	1.11-2.280	0.89-3.56	0.13	0.17	0.43
RDW	0.47 $\pm$ 0.06	0.93 $\pm$ 0.03	0.70 $\pm$ 0.02	0.21-0.74	0.71-1.09	0.37-1.54	0.0182	0.0242	0.43
TDW	4.59 $\pm$ 0.92	6.83 $\pm$ 0.50	6.60 $\pm$ 0.21	1.87-8.27	5.10-9.45	3.59-12.99	1.60	2.38	0.40
H	26.08 $\pm$ 3.28	71.33 $\pm$ 3.84	45.25 $\pm$ 1.11	27-35	55-85	15.00-71.67	49.16	26.98	0.65
NP	32.64 $\pm$ 3.47	193.53 $\pm$ 19.34	124.44 $\pm$ 5.02	19-49	105-273	21.22-247.33	1042.06	398.86	0.72
NS	52.27 $\pm$ 7.28	400.93 $\pm$ 41.08	235.40 $\pm$ 9.76	23-84	224-577	37.22-480.50	4128.18	1458.36	0.74
NS/P	1.59 $\pm$ 0.08	2.07 $\pm$ 0.01	1.86 $\pm$ 0.01	1.21-1.84	1.91-2.15	1.67-2.20	0.005	0.007	0.42
Yield	18.53 $\pm$ 2.86	53.35 $\pm$ 5.08	40.91 $\pm$ 1.78	7.43-29.26	28.58-76.65	8.37-111.22	125.93	67.90	0.65
SSW	0.35 $\pm$ 0.009	0.14 $\pm$ 0.020	0.18 $\pm$ 0.0032	0.302-0.380	0.068-0.185	0.13-0.27	0.0003	0.0007	0.30

Table 3 Correlation coefficient between each character of 96 RILs.

Characters	SSW	Yield	NS/P	NS	NP	H	TDW	RDW	SDW	LDW	FD
LA	-0.060 ^{ns}	0.299 ^{**}	0.199 ^{ns}	0.295 ^{**}	0.280 [*]	0.071 ^{ns}	0.967 ^{**}	0.580 ^{**}	0.734 ^{**}	0.826 ^{**}	0.656 ^{**}
FD	0.044 ^{ns}	0.400 ^{**}	0.247 [*]	0.343 ^{**}	0.334 ^{**}	0.029 ^{ns}	0.641 ^{**}	0.469 ^{**}	0.597 ^{**}	0.598 ^{**}	
LDW	-0.011 ^{ns}	0.313 ^{**}	0.079 ^{ns}	0.271 [*]	0.279 [*]	0.127 ^{ns}	0.777 ^{**}	0.810 ^{**}	0.937 ^{**}		
SDW	0.027 ^{ns}	0.278 [*]	0.095 ^{ns}	0.222 ^{ns}	0.225 [*]	0.119 ^{ns}	0.718 ^{**}	0.865 ^{**}			
RDW	-0.110 ^{ns}	0.322 ^{**}	0.167 ^{ns}	0.304 [*]	0.306 ^{**}	0.287 [*]	0.543 ^{**}				
TDW	-0.035 ^{ns}	0.277 [*]	0.159 ^{ns}	0.266 [*]	0.255 [*]	0.059 ^{ns}					
H	-0.487 ^{**}	0.418 ^{**}	0.324 ^{**}	0.526 ^{**}	0.525 ^{**}						
NP	-0.454 ^{**}	0.939 ^{**}	0.383 ^{**}	0.986 ^{**}							
NS	-0.487 ^{**}	0.927 ^{**}	0.524 [*]								
NS/P	-0.451 ^{**}	0.363 ^{**}									
Yield	-0.172 ^{ns}										

ns = not statistically significance , * = $p < 0.05$, and ** $p < 0.01$.

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ

ลักษณะวันออกดอก ความสูงของต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และผลผลิตต่อต้น มีค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบเท่ากับ 0.67, 0.65, 0.72, 0.74 และ 0.65 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการแปรผันของลักษณะดังกล่าวเป็นผลของพันธุกรรมแบบบวกที่มีค่าประมาณ 60% ถึง 70% ส่วนลักษณะพื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักแห้งของใบ น้ำหนักแห้งของลำต้น น้ำหนักแห้งของราก น้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักหนึ่งเมล็ด มีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.38, 0.36, 0.43, 0.43, 0.40, 0.42 และ 0.30 ตามลำดับ แสดงว่า การแปรผันของลักษณะดังกล่าวเป็นผลของพันธุกรรมแบบบวกที่มีค่าประมาณ 30% ถึง 40% (Table 2) แสดงว่าในทุกลักษณะที่ศึกษาลูกที่เกิดขึ้นในช่วงต่อมา มีโอกาสที่ลูกจะคล้ายคลึงกับพ่อแม่อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง

Wannows *et al.* (2010) กล่าวว่า การคัดเลือกเพื่อเพิ่มลักษณะหนึ่ง จะทำให้อีกลักษณะหนึ่งเพิ่มขึ้นด้วย หากทั้งสองลักษณะมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก และมีค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบสูง ซึ่งการตอบสนองต่อการคัดเลือก เพื่อพัฒนาประชากรไปในทิศทางที่ต้องการ ขึ้นอยู่กับผลของพันธุกรรมแบบบวก และค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ (Anderson *et al.*, 1991) ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบของลักษณะที่ศึกษา พบว่าลักษณะที่ควรนำมาใช้ในการคัดเลือกถั่วเหลืองฝักสด เพื่อให้ได้ผลผลิตต่อต้นสูงขึ้น คือ จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้น เนื่องจากทั้งสองลักษณะ มีค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบที่สูง และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับผลผลิตสูง ส่วนลักษณะวันออกดอก และความสูงของต้น แม้ว่าจะมีค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบสูง แต่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับผลผลิตต่อต้นต่ำ ดังนั้นในการคัดเลือกสายพันธุ์ให้ได้ผลผลิตต่อต้นสูงต้องคำนึงถึงลักษณะอื่นๆ ประกอบด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2553 และ 2554 ภายใต้แผนงานวิจัยอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพ และศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

- พรพันธ์ ภูพร้อมพันธุ์ และ ศุภระกาญจน์ ศรีบุญ. 2553. การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดของไทยโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลแบบเอสเอสอาร์. รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- สมศักดิ์ ศรีสมบุญ. 2547. การพัฒนาการผลิตถั่วเหลืองฝักสด. เอกสารประกอบการบรรยาย ในการประชุมทางวิชาการ เรื่อง การวิจัยและพัฒนาถั่วเหลืองฝักสด: บทบาทของรัฐและเอกชน. วันที่ 14-16 ตุลาคม 2547 ณ. โรงแรมริมกก รีสอร์ท จ. เชียงใหม่. 11 หน้า
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2553. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Aditya, J.P., Bhartiya, P. and Bhartiya, A. 2011. Genetic variability, heritability and character association for yield and component characters in soybean (*G. max* (L.) Merrill). *J cent Eur Agric* 12: 27–34.
- Anderson, W.F., Holbrook, C.C. and Wynne, J.C. 1991. Heritability and early-generation selection for resistance to early and late leafspot in peanut. *Crop Sci* 31: 588–593.
- Bernard, R.L. 1972. Two genes affecting stem termination in soybeans. *Crop Sci* 12: 235–239.
- Cho, Y., Njiti, V.N., Chen, X., Triwatayakorn, K., Kassem, M.A., Meksem, K., Lightfoot, D.A. and Wood, A.J. 2002. Quantitative trait loci associated with foliar trigonelline accumulation in *Glycine Max* L. *J Biomed Biotechnol* 2: 151–157.

- Ikeda, T., Ohnishi, S., Senda, M., Miyoshi, T., Ishimoto, M., Kitamura, K. and Funatsuki, H. 2009. A novel major quantitative trait locus controlling seed development at low temperature in soybean (*Glycine max*). *Theor Appl Genet* 118: 1477–1488.
- Juwattanasomran, R., Somta, P., Chankaew, S., Shimizu, T., Wongpornchai, S., Kaga, A. and Srinives, P. 2011. A SNP in *GmBADH2* gene associates with fragrance in vegetable soybean variety “Kaori” and SNAP marker development for the fragrance. *Theor Appl Genet* 122: 533–541.
- Juwattanasomran, R., Somta, P., Kaga, A., Chankaew, S., Shimizu, T., Sorajjapinun, W. and Srinives, P. 2012. Identification of a new fragrance allele in soybean and development of its functional marker. *Mol Breed* 29: 13–21.
- Kearsey, M.L. and Pooni, H.S. 1996. *The Genetical Analysis of Quantitative Traits*. Chapman & Hall, London.
- Pooprompan, P., Wasee, S., Toorinda, T., Abe, J., Chanprame, S. and Srinives P. 2006. Molecular marker analysis of days to flowering in vegetable soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Kasetsart J (Nat Sci)* 40: 573–581.
- Orf, J.H., Chase, K., Jarvik, T., Mansur, L.M., Cregan, P.B., Adler, F.R. and Lark, K.G. 1999. Genetic of soybean agronomic traits: I. comparison of three related recombinant inbred populations. *Crop Sci* 39: 1642–1651.
- Rao, M.S.S., Bhagsari, A.S. and Mohamed A.I. 2002. Fresh green seed yield and seed nutritional traits of vegetable soybean genotypes. *Crop Sci* 42: 1950–1958.
- Ramteke, R., Kumar, V., Murlidharan, P. and Agarwal, D.K. 2010. Study on genetic variability and traits interrelationship among released soybean varieties of India [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Electron J Plant Breed* 1: 1483–1487.
- Specht, J.E., Hume, D.J. and Kumudini, S.V. 1999. Soybean yield potential-a genetic and physiological perspective. *Crop Sci* 39: 1560–1570.
- Sriphadet, S., Lambrides, C. J. and Srinives, P. 2007. Inheritance of agronomic traits and their interrelationship in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *J Crop Sci Biotech* 10: 123–132.
- Wannows, A.A., Azzam, H.K. and Al-Ahmad, S.A. 2010. Genetic variances, heritability, correlation and path coefficient analysis in yellow maize crosses (*Zea mays* L.). *Agric Biol J N Am* 1: 630–637.