



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชสวน

พืชสวน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์และการแสดงออกของยีนในลักษณะทางการเกษตร
ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตบางประการของถั่วฝักยาว

Path Analysis and Estimation of Gene Action on Some Agricultural Characteristics,
Yield and Yield Components in Yard Long Bean (*Vigna unguiculata* ssp.
sesquipedalis)

นามผู้วิจัย ว่าที่ ร.ต. ธนพัฒน์ ศิริสัตย์ลักษณ์

ได้พิจารณาเห็นชอบ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมทย์ สฤษดิ์สินธุ์, Dr.Eng.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ชูศักดิ์ จอมพุท, Dr.sc.nat.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์กฤษณา กฤษณพุกต์, D.Agr.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่

เดือน

พ. ศ.

สิงสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์และการแสดงออกของยีนในลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต
และองค์ประกอบผลผลิตบางประการของถั่วฝักยาว

Path Analysis and Estimation of Gene Action on Some Agricultural Characteristics, Yield and Yield
Components in Yard Long Bean (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*)

โดย

ว่าที่ ร.ต. ธนพัฒน์ ศิริสัตยลักษณ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความบริบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2555

ว่าที่ ร.ต. ธนพัฒน์ ศิริสัญลักษณ์ 2555: การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์และการแสดงออกของยีนในลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตบางประการของถั่วฝักยาว ปริณญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมทย์ สฤกษ์นิรันดร์, Dr. Ing. 118 หน้า

การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์และการแสดงออกของยีนในลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตบางประการของถั่วฝักยาว ใช้สายพันธุ์แท้จำนวน 9 สายพันธุ์ สามารถสร้างกลุ่มผสมได้ทั้งหมด 7 กลุ่มผสม โดยแต่ละกลุ่มผสมประกอบด้วย 6 ชั่วรุ่น คือ พันธุ์แม่ (P_1), พันธุ์พ่อ (P_2), ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1), ลูกชั่วที่ 2 (F_2), ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับไปยังพันธุ์แม่ (BC_1-F_2/P_1), และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับไปยังพันธุ์พ่อ (BC_1-F_2/P_2) วางแผนการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรต่อผลผลิตพบว่า มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกในลักษณะพื้นที่ใบ ความยาวต้น ความยาวช่อดอก และวันออกดอก เท่ากับ 0.342 1.371 0.762 และ 0.077 ตามลำดับ ส่วนลักษณะองค์ประกอบผลผลิต พบว่า ลักษณะน้ำหนักฝัก และจำนวนฝักต่อต้น มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกต่อผลผลิต เท่ากับ 0.629 และ 1.342 โดยทุกลักษณะมีอิทธิพลรวมแบบบวกต่อผลผลิต ยกเว้นความยาวฝัก ซึ่งมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางพื้นที่ใบ ความยาวช่อดอก ความยาวต้น วันออกดอก น้ำหนักฝัก และจำนวนฝักต่อต้น ส่วนลักษณะพื้นที่ใบมีความสัมพันธ์ทางบวกสูงกับลักษณะความหนาใบ ความยาวต้น ความยาวช่อดอก และวันออกดอก เท่ากับ 0.888 0.849 0.752 และ 0.872 ตามลำดับ การประเมินลักษณะพันธุกรรมโดยวิธีผสมกลับ (Backcross design) พบว่า ลักษณะทางการเกษตรที่มีอิทธิพลของยีนแบบบวก คือ ลักษณะความหนาใบ ความกว้างใบ ความยาวช่อดอก และวันออกดอก ในลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต พบว่า ลักษณะความยาวฝัก น้ำหนักฝัก จำนวนฝักต่อช่อดอก และจำนวนช่อดอกต่อต้น มีอิทธิพลของยีนแบบบวก ส่วนลักษณะพื้นที่ใบ ความยาวต้น ระยะห่างระหว่างช่อดอก และผลผลิตต่อต้น มีอิทธิพลของยีนแบบข่ม สำหรับการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มผสม โดยลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างสูง ได้แก่ ลักษณะพื้นที่ใบ ความหนาใบ วันออกดอก และผลผลิตต่อต้น ส่วนลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมปานกลาง ได้แก่ ลักษณะความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวช่อดอก ระยะห่างระหว่างช่อดอก จำนวนช่อดอกต่อต้น ความยาวฝัก และจำนวนฝักต่อต้น ส่วนลักษณะน้ำหนักฝัก และจำนวนฝักต่อช่อดอก มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ

Acting Sub Lt. Tanapat Sirisanyaluk, 2012: Path Analysis and Estimation of Gene Action on Some Agricultural Characteristics, Yield and Yield Components in Yard Long Bean. Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Assistant Professor Pramote Saridnirun, Dr. Ing. 118 pages.

Some agricultural characteristics as yield and yield components of nine pure line yard long bean were analyzed using path analysis and genetic inheritance estimation. All cultivars were generated to be seven crosses that were P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , (BC_1-F_2/P_1) and (BC_1-F_2/P_2) . The experiments were conducted in RCBD with 4 replications. Path analysis on yield showed positive direct effects from leaf area, stem length, peduncle length and flowering (0.342 1.371 0.762 and 0.077, respectively). Yield component characteristics presented in pod weight and pod per stem with positive effect which were 0.629 and 1.342. Total effects on all characteristics had positive indirect effect except the pod length (negative) which was indirect effects between the leaf area, peduncle length, stem length, flowering date, pod weight and pod per stem. Leaf area was positive correlations with leaves thickness (0.888), stem length (0.849), peduncle length (0.752) and flowering (0.872). Genetic analysis using backcross design, indicated that 1) agricultural characteristics including of leaves thickness, wide leaf, peduncle length and flowering and 2) yield and yield component pod length, pod weight, pod per peduncle and peduncle per stem were significant additive gene effects. The dominance gene effects significant were found on leaf area, stem length, distance of peduncle and yield per stem. The estimated narrow-sense heritability was high value in leaf area, leaves thickness, flowering date and yield per stem, moderate value in wide leaf, leaf length, peduncle length, distance of peduncle, peduncle per stem, pod length and pod per stem and low value in pod weight and pod per peduncle. The narrow sense heritability was different in each cross.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ สฤณรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ จอมพัก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้การช่วยเหลือทางด้านการศึกษา การวางแผนงานวิจัย การทดลอง และทุนสนับสนุนงานวิจัย ตลอดจนให้คำปรึกษา แนะนำการทดลอง และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สนธิชัย จันทน์เปรม ประธานในการสอบ และ ดร. ประเสริฐ ก้องเกียรติงาม ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ต่างๆ และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคน ที่คอยช่วยเหลือแก้ปัญหายากๆ ในแปลง และให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี และคอยให้กำลังใจตลอดมา

ท้ายสุดข้าพเจ้าขอขอบคุณหรือประโยชน์แห่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แก่ผู้ที่นำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ไปใช้ประโยชน์ และขอขอบพระคุณ นางไพวรรณ ศิริสัญลักษณ์ ผู้เป็นมารดา และนายบุริม ศิริสัญลักษณ์ ผู้เป็นพี่ชาย ที่คอยให้กำลังใจข้าพเจ้าตลอดมา และคอยผลักดันให้มีความอดทน จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และให้การอบรมสั่งสอนมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ธนพัฒน์ ศิริสัญลักษณ์

กุมภาพันธ์ 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	17
อุปกรณ์	17
วิธีการ	18
สถานที่และระยะเวลาทดลอง	26
ผลและวิจารณ์	27
สรุปและข้อเสนอแนะ	98
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	100
ภาคผนวก	111
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	118

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะต่างๆ ของถั่วในสกุล <i>Vigna</i>	4
2	การศึกษาการทำงานของยีน (gene action) ในลักษณะหลักและลักษณะรองของถั่วฝักยาว 6 คู่ผสม	23
3	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จากแผนการทดลองกลุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized complete block design; RCBD)	23
4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนการผสมพันธุ์ Backcross design	25
5	การวัดระดับองศาการข้ามของยีน	25
6	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับในลักษณะความกว้างใบ ความยาวใบ พื้นที่ใบ ความหนาใบ และความยาวต้น	30
7	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับในลักษณะวันออกดอก ความยาวช่อดอก ระยะห่างระหว่างช่อดอก และจำนวนช่อดอกต่อต้น	33
8	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับในลักษณะน้ำหนักฝัก ความยาวฝัก และจำนวนฝักต่อช่อดอก	37
9	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับในลักษณะจำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้น	39
10	การวิเคราะห์แพทโคเอฟฟีเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของลักษณะพื้นที่ใบและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว	45
11	การวิเคราะห์แพทโคเอฟฟีเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของลักษณะความหนาใบและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว	46
12	การวิเคราะห์แพทโคเอฟฟีเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของลักษณะความยาวต้นและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของ ลักษณะความยาวช่อดอกและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว	47
14	การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของ ลักษณะวันออกดอกและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว	48
15	อิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของสัมประสิทธิ์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของ ลักษณะสัณฐานวิทยา และลักษณะทางการเกษตรต่อผลผลิตถั่วฝักยาว	49
16	การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของ ลักษณะน้ำหนักฝักและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว	51
17	การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของ ลักษณะความยาวฝักและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว	51
18	การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของ ลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางฝักและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว	52
19	การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของ ลักษณะจำนวนช่อดอกต่อต้นและลักษณะต่างๆ กับผลผลิตถั่วฝักยาว	53
20	การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของ ลักษณะจำนวนฝักต่อต้นและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว	53
21	อิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของสัมประสิทธิ์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของลักษณะ องค์ประกอบผลผลิตต่อผลผลิตถั่วฝักยาว	54
22	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะความกว้างใบ	59
23	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะความยาวใบ	60

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
24	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะพื้นที่ใบ	61
25	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะความหนาใบ	62
26	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะความยาวด้น	63
27	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะวันออกดอก	64
28	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะความยาวช่อดอก	67
29	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะระยะห่างระหว่างช่อดอก	68
30	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะจำนวนช่อดอกต่อต้น	69
31	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะน้ำหนักฝัก	74

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
32	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะความยาวฝัก	75
33	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะจำนวนฝักต่อช่อดอก	76
34	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะจำนวนฝักต่อต้น	77
35	ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวใน ลักษณะผลผลิตต่อต้น	78
36	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องศาการข่มของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะความหนาใบของถั่วฝักยาว 7 คู่ผสม	81
37	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องศาการข่มของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะวันออกดอกของถั่วฝักยาว 7 คู่ผสม	81
38	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องศาการข่มของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะความยาวช่อดอกของถั่วฝักยาว 7 คู่ผสม	82
39	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องศาการข่มของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะจำนวนฝักต่อช่อดอกของถั่วฝักยาว 7 คู่ผสม	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
40	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน ($\bar{a}$) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะพื้นที่ใบของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม	83
41	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน ($\bar{a}$) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะระยะห่างระหว่างช่อดอกของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม	84
42	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน ($\bar{a}$) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะจำนวนช่อดอกต่อต้นของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม	85
43	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน ($\bar{a}$) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะจำนวนฝักต่อต้นของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม	86
44	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน ($\bar{a}$) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะความยาวฝักของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม	87
45	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน ($\bar{a}$) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะความกว้างใบของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม	89
46	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน ($\bar{a}$) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะความยาวใบของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม	90
47	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน ($\bar{a}$) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะความยาวต้นของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม	90

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
48	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน ($\bar{a}$) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะน้ำหนักของฝักถั่วฝักยาว 7 คู่ผสม 91
49	ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน ($\bar{a}$) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะผลผลิตต่อต้นของถั่วฝักยาว 7 คู่ผสม 91
50	ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความกว้างใบ ความยาวใบ พื้นที่ใบ ความหนาใบ และความยาวด้น 95
51	ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะวันออกดอก ความยาวช่อดอก ระยะห่างระหว่างช่อดอก และจำนวนช่อดอกต่อต้น 96
52	ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักฝัก ความยาวฝัก จำนวนฝักต่อช่อดอก จำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้น 97

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แผนผังการผสมพันธุ์แบบผสมกลับ (Backcross design)	18
2 เส้นทางความสัมพันธ์แพทโคแอฟฟีเซียนท์ของลักษณะต้านทานวิทยา และ ลักษณะทางการเกษตรต่อผลผลิตถั่วฝักยาว	50
3 เส้นทางความสัมพันธ์แพทโคแอฟฟีเซียนท์ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิต ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว	55
 ภาพผนวกที่	
1 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ระหว่างปี พ.ศ. 2551- 2552	112
2 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ของอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2552	112
3 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวสายพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 9 พันธุ์	113
4 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 7 คู่ผสม	113
5 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม CO8 x KD #5	114
6 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม SKG x KD #5	114
7 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม MXG x LNS	115
8 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม NAN 1 x LNS	115
9 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม KPS-11 x KD #5	116

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
10 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม SKG x KD #5	116
11 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม SSK x KM-6	117
12 สภาพแปลงทดลอง	117

การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์และการแสดงออกของยีนในลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตบางประการของถั่วฝักยาว

Path Analysis and Estimation of Gene Action on Some Agricultural Characteristics, Yield and Yield Components in Yard Long Bean (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*)

คำนำ

พืชผักเป็นแหล่งอาหารที่มีความสำคัญต่อมนุษย์ จึงมีการพัฒนาสายพันธุ์ขึ้นมากมาย นอกจากความสำคัญในฐานะเป็นแหล่งอาหารของมนุษย์ พืชผักยังเป็นสินค้าที่สามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจได้อย่างมหาศาล ประเทศไทยสามารถส่งออกสินค้าประเภทพืชผักได้ปีละหลายพันล้านบาท แต่ก็มีพืชผักอีกหลายชนิดที่ยังผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ พืชผักที่ส่งออกไปแถบทวีปเอเชีย ยุโรป สหรัฐอเมริกา ได้แก่ ถั่วฝักยาว พริก ผักบุ้งจีน มะระ กระเจี๊ยบเขียว และข้าวโพดฝักอ่อน โดยเฉพาะประเทศแถบตะวันออกกลางที่นิยมบริโภคถั่วฝักยาว ถั่วลันเตา และถั่วธัญพืชต่างๆ เป็นอาหารหลัก

ถั่วฝักยาว (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*) เป็นพืชตระกูลถั่ว สามารถปลูกได้หลายพื้นที่ทั่วโลก เช่น เขตร้อนของทวีปอเมริกา คาริบเบียน ทวีปแอฟริกา นิยมปลูกทางตอนกลางและตะวันออกของทวีป (Coulibaly *et al.*, 2002) และบางประเทศของทวีปเอเชีย เช่น ประเทศฟิลิปปินส์ ไต้หวัน จีน เป็นต้น สำหรับประเทศไทยสามารถปลูกถั่วฝักยาวได้ตลอดปี เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมเหมาะสม (Splittstoesser, 1979; Tindall, 1983) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาว 130,836 ไร่ มีผลผลิตประมาณ 124,002 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2550) ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ และบางส่วนส่งออกจำหน่ายต่างประเทศประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ ในรูปผักสดแช่แข็ง และบรรจุกระป๋อง ไปยังประเทศ สหราชอาณาจักร สิงคโปร์ มาเลเซีย เยอรมัน ฝรั่งเศส ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา และประเทศแถบตะวันออกกลาง สามารถสร้างรายได้ให้แก่ประเทศปีละหลายล้านบาท นอกจากนี้พบว่า คนไทยนิยมบริโภคถั่วฝักยาวเป็นอันดับ 3 รองจากผักคะน้า และผักบุ้งจีน อีกทั้งเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการหลายอย่าง เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินบี 1 บี 2 และซี ในอาซีน ไทอามีน และใยอาหาร (Knott and

Deanon, 1967) จึงเป็นที่นิยมใช้ในการปลูกอาหารและบริโภคสดในชีวิตประจำวันอีกทั้งยังใช้เป็นวัตถุดิบในด้านอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋องและแช่แข็งอีกด้วย นอกจากนี้ การปลูกถั่วฝักยาวจะช่วยในการปรับปรุงและบำรุงดิน เพราะโดยธรรมชาติระบบรากของพืชตระกูลถั่วจะมีการตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาไว้ในดิน จึงนับได้ว่าถั่วฝักยาวเป็นพืชที่มีประโยชน์หลายด้าน

การผลิตถั่วฝักยาวในปัจจุบันประสบปัญหาหลายประการ เช่น ผลผลิตตกต่ำ เนื่องจากพันธุ์ปลูกไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม (Omongo *et al.*, 1998; Karungi *et al.*, 2000) ปัญหาการเข้าทำลายของโรค และแมลง (Bashir *et al.*, 2002) ที่สามารถระบาดทำความเสียหายตลอดอายุการเจริญเติบโต แมลงศัตรูที่สำคัญ ได้แก่ หนอนเจาะฝัก หนอนชอนใบ หนอนเจาะลำต้น เพลี้ยอ่อนถั่ว (Kareem and Taiwo, 2007) ทำให้ผลผลิตเสียหายเป็นจำนวนมากเฉลี่ยปีละ 732 ตัน (อริญและคณะ, 2546) การใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรค แมลงทำให้มีสารพิษตกค้างในสภาพแวดล้อม ระบบนิเวศ และมีสารพิษตกค้างในผลผลิต โดยเฉพาะถั่วฝักยาว พบว่า มีสารพิษตกค้างถึง 66 เปอร์เซ็นต์ (เกรียงไกร, 2544) ซึ่งสูงเป็นอันดับสามรองจากคะน้า และกะหล่ำปลี (พนิดา และคณะ, 2545; ร่วมจิตร, 2551) ดังนั้น ถั่วฝักยาวจึงเป็นพืชผักที่ค่อนข้างมีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนของสารพิษตกค้างสูง

ปัจจุบันผลจากสภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงส่งผลให้เกิดภัยพิบัติบ่อยครั้ง การแพร่ระบาดของโรค แมลงเปลี่ยนแปลงไม่เป็นไปตามฤดูกาล มีผลอย่างมากต่อการผลิตพืช ประกอบกับปัจจุบันผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจกับคุณภาพผลผลิต และคุณค่าทางอาหารมากยิ่งขึ้น มีการนำเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้ในการผลิตพืช เช่น การเขตกรรม การป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพให้ดียิ่งขึ้น เชื้อพันธุกรรมถั่วฝักยาวในปัจจุบันสามารถหาได้จากหน่วยงานรัฐบาล บริษัทเอกชน พันธุ์พื้นเมืองตามท้องถิ่นต่างๆ ทั้งถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม และพันธุ์ต่างประเทศ สำหรับใช้เป็นเชื้อพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ (ขวัญจิต และ วัลลภ, 2538) ดังนั้น การประเมินอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมที่มีต่อผลผลิต และการศึกษาอิทธิพลยีนที่ควบคุมลักษณะต่างๆ ของถั่วฝักยาวจึงเป็นประโยชน์ในการใช้เป็นแนวทางสำหรับการคัดเลือก และตัดสินใจเลือกวิธีการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเส้นทางความสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตร และลักษณะองค์ประกอบผลผลิตที่มีต่อผลผลิตถั่วฝักยาว
2. เพื่อศึกษาบทบาทการทำงานของยีน (gene action) ในลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญบางประการของถั่วฝักยาว
3. เพื่อประเมินค่าอัตราพันธุกรรม (heritability) ของลักษณะทางการเกษตร ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญบางประการของถั่วฝักยาว

การตรวจเอกสาร

ถั่วฝักยาวเป็นพืชตระกูลถั่วมีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบประเทศจีน และอินเดีย ถั่วฝักยาวจัดอยู่ในวงศ์ Fabaceae ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis* ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ เช่น yardlong bean, string bean, snake bean, asparagus bean และ bodie bean มีจำนวนโครโมโซม $2n = 22$ (จานุลักษณ์, 2536) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม (Herklots, 1972; Duke, 1981) ได้แก่

1. *Vigna unguiculata* ssp. *Sinensis* (common cultivated) มีลักษณะฝักสั้นจนถึงยาวปานกลาง ฝักห้อยลงตามแรงโน้มถ่วงของโลก เมล็ดคล้ายรูปไต เช่น ถั่วพุ่ม
2. *Vigna unguiculata* ssp. *Sesquipedalis* (yardlong bean) มีลักษณะฝักห้อยตามแรงโน้มถ่วงของโลก ฝักจะเต่งในขณะที่ยังอ่อน และเหี่ยวแห้งเมื่อแก่ เช่น ถั่วฝักยาว
3. *Vigna unguiculata* ssp. *cylindrica* หรือ *Vigna unguiculata* ssp. *Catjang* กลุ่มนี้มีลักษณะฝักสั้น ตั้งตรง เมล็ดมีลักษณะกลมรีขนาดเล็ก

เนื่องจากทั้ง 3 กลุ่มมีความคล้ายคลึงกัน สามารถผสมข้ามกันได้ง่าย จัดอยู่ใน species เดียวกันแต่ต่าง subspecies (Coulibaly *et al.*, 2002) อย่างไรก็ตาม Hancock (1992) รายงานว่าสามารถแบ่งแยกได้ 5 subspecies โดยมีลักษณะต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 1 ลักษณะต่างๆ ของถั่วในสกุล *Vigna*

Subspecies	ลักษณะ				
	พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)	ความกว้างดอก (เซนติเมตร)	น้ำหนักฝัก แห้ง (กรัม)	เมล็ดต่อฝัก (เมล็ด)	น้ำหนักเมล็ด (มิลลิกรัม)
<i>Mensensis</i>	50.0 – 130.0	1.20 – 2.30	6.0 – 20.0	25.0 – 41.0	2.1 – 3.10
<i>Dekindtiana</i>	3.3 – 4.2	2.3 – 3.0	2.0 – 2.5	3.0 – 3.2	2.3 – 3.2
<i>Cylindrica</i>	0.2 – 0.5	0.4 – 0.8	1.0	3.0 – 4.0	1.0 – 4.0
<i>Sasquipedalis</i>	16.0 – 19.0	14.0 – 17.0	-	-	13.0 – 20.0
<i>Unguiculata</i>	8.0 – 25.0	20.0 – 40.0	40.0 – 80.0	10.0 – 20.0	70.0 – 300.0

ที่มา: Hancock (1992)

วไลลักษณ์ (2522) ทำการศึกษาลักษณะทาง cytogenetic ของถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม พบว่าไม่สามารถแยกความแตกต่างของถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มออกได้ชัดเจนจึงจัดถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มอยู่ในกลุ่มเดียวกันแต่มีสายพันธุ์แตกต่างกัน โดยจำแนกความแตกต่างระหว่างถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม ไว้ดังนี้ ถั่วฝักยาวมีลำต้นแข็งแรงเลื้อยพันหลักในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ลำต้นยาว 2-4 เมตร (Acosta and Petrache, 1960) ฝักยาวอ่อนนุ่ม เมล็ดห่าง เมื่อฝักแก่จะพองและเหี่ยว อายุการเจริญเติบโตช้ากว่าถั่วพุ่ม เมล็ดรูปไตขนาด 10-12 มิลลิเมตร ส่วนถั่วพุ่มมีลำต้นตั้งตรงเป็นพุ่ม บางพันธุ์ส่วนของยอดเลื้อยพันหลักได้บ้างเล็กน้อย อายุสั้น ฝักยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร เมื่อแก่ฝักจะไม่พองเหี่ยวง่าย เมื่อเก็บฝักในระยะที่ไม่เหมาะสมฝักจะคุณภาพต่ำเนื่องจากมีเส้นใยมาก (Floresca *et al.*, 1960)

ถั่วฝักยาวเป็นพืชที่มีการปลูกตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เป็นพืชที่ต้องการน้ำอย่างสม่ำเสมอ ตั้งแต่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative growth) จนถึงระยะออกดอก (reproductive growth) เพราะถ้าหากขาดน้ำจะทำให้ดอกและฝักอ่อนร่วง แต่ในสภาพที่ฝนตกมากเกินไปก็สามารถทำให้ดอกร่วงอย่างรุนแรงได้เช่นกัน (กรุง, 2519) พืชตระกูลถั่วส่วนใหญ่เป็นพืชฤดูเดียว (annual crop) ถั่วฝักยาวเป็นพืชผสมตัวเอง (self pollination) มีโอกาสผสมข้ามประมาณ 1-5 เปอร์เซ็นต์ โดยมีแมลงเป็นพาหะในการผสม โอกาสการผสมข้ามจะมีเปอร์เซ็นต์สูงหรือต่ำแตกต่างกันไปตามฤดูกาล เช่น ฤดูฝนมีผึ้งช่วยในการผสมทำให้เปอร์เซ็นต์การผสมข้ามสูงถึง 10 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังจากนั้นปริมาณผึ้งลดลง ทำให้เปอร์เซ็นต์การผสมข้ามลดลงเหลือไม่ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ (Rachie, 1974) โดยปกติถั่วฝักยาวจะมีการผสมเกสรก่อนดอกบาน (cleistogamy) (จานุลักษณ์, 2536) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 27-30 องศาเซลเซียส เป็นพืชที่ต้องการแสงแดดตลอดการเจริญเติบโต และเติบโตได้ดีในดินร่วนปนทราย ความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ในช่วง 5.5-6.5 (Rubatzky and Yamaguchi, 1997)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

การเจริญเติบโตของถั่วฝักยาวมีรูปแบบการเจริญเติบโต (growth pattern) แบ่งได้ 2 ประเภท (Calub, 1991) คือ การเจริญเติบโตแบบทอดยอด (indeterminate growth) ปลายยอดจะเจริญเติบโตไปเรื่อยๆ ถ้ามีความชื้นและธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ สามารถเจริญเติบโตข้ามฤดูปลูก ลำต้นเลื้อยพันหลัก ดอกจะเกิดตามซอกมุมใบ ช่วงเวลาออกดอกค่อนข้างยาว ทำให้ฝักแก่ไม่พร้อมกัน และการเจริญเติบโตแบบไม่ทอดยอด (determinate growth) มีลำต้นตั้งตรง ปลายยอดเจริญ

เต็มที่แล้ว จึงจะออกดอกตามมุมใบและปลายยอดของลำต้น ทำให้ฝักแก่ใกล้เคียงกัน จึงสะดวกในการเก็บเกี่ยว ระบบรากมีทั้งรากแก้ว และรากแขนง (ถนอม, 2532) ทั้งรากแก้วและรากแขนงจะมีปมที่เกิดจากแบคทีเรียไรโซเบียมเข้าไปอาศัยสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศสะสมไว้และใช้ในรูปแบบไนเตรท ใบเป็นใบประกอบมีสามใบ (trifoliate) จะเกิดสลับบนต้นหรือกิ่ง ใบจริงคู่แรกที่เกิดเหนือใบเลี้ยงจะอยู่ตรงข้ามใบจริงคู่แรกเป็นใบเดี่ยว (simple leaf) และใบที่เกิดต่อไปเป็นแบบใบประกอบ ใบมีขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ลักษณะของใบค่อนข้างแหลมจนถึงกลมรี สีใบส่วนมากจะเขียวถึงเขียวเข้ม ก้านใบยาว ที่โคนใบมีหูใบอยู่ 2 อัน รูปร่างของใบเป็นรูปไข่ (ovate) ถึงรูปหอก (lanceolate) (ทศพร, 2531) เมล็ดถั่วฝักยาวมีรูปร่างคล้ายไตมีหลายสี เช่น สีขาว น้ำตาล ดำ และสีสลับน้ำตาล-ขาว ดำ-ขาว และแดง-ขาว การออกดอกของถั่วฝักยาวโดยส่วนใหญ่ไม่ขึ้นกับช่วงแสง ถั่วฝักยาวแต่ละพันธุ์จะมีอายุการออกดอกแตกต่างกันไป (นิพัช, 2530) สามารถแบ่งกลุ่มไว้ดังนี้ 1) พันธุ์เบาอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ 33-42 วัน 2) พันธุ์ปานกลางอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ 43-52 วัน 3) พันธุ์หนักอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ 53-60 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะดอกของเป็นแบบช่อกระจุก (raceme) แต่ละช่อดอกมี 1 ถึง 6 ดอกย่อย ลักษณะดอกย่อยเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ดอกมีขนาด 1 ถึง 3 เซนติเมตร กลีบเลี้ยงมีสีเขียวล้อมรอบกลีบดอก มีกลีบดอกขนาดใหญ่ 2 กลีบ อยู่ชั้นนอก เรียกว่า standards กลีบดอกชั้นในซึ่งเล็กกว่าชั้นนอกมี 2 กลีบ เรียกว่า wings กลีบดอกชั้นในสุดซึ่งหุ้มรอบเกสรตัวเมียและเกสรตัวผู้มีลักษณะเป็นกรวยหรือหลอด เรียกว่า keel เกสรตัวผู้มี 10 อับเรณู โดยอับละอองเกสรตัวผู้ 9 อับ เชื่อมติดกันล้อมรอบรังไข่ ส่วนอีก 1 อับ อยู่แยกออกมา เกสรตัวเมียประกอบด้วยรังไข่รูปร่างยาวมีสีเขียว มีก้านชูเกสรตัวเมีย และยอดเกสรตัวเมียตอนปลายมีขนฟูสีขาว เกสรตัวเมียพร้อมที่จะผสมเกสรก่อนดอกบาน 2 วัน ดอกจะบานในตอนเช้าและหุบในตอนบ่ายในวันเดียวกัน ละอองเกสรตัวผู้สามารถผสมได้ในวันที่ดอกบานหลังจากนั้นมีการพัฒนาของฝัก และกลีบดอกจะร่วงไป (จานุลักษณ์, 2536) ส่วนคุณภาพฝักสดของถั่วฝักยาวที่ดีจะอยู่ในช่วงอายุ 6-8 วัน หลังดอกบาน คือ จะมีขนาดและน้ำหนักดี ปริมาณ โปรตีน วิตามินซี และน้ำตาลสูง มีเส้นใยรวมน้อย เนื้อแน่นและฝักไม่พอง (อรนุช, 2521) ฝักมีความยาว 20 ถึง 60 เซนติเมตร สีเขียวอ่อนถึงสีเขียวเข้มและปลายฝักมีสีเขียวหรือสีม่วง (จานุลักษณ์, 2536) เกษม และ ชัยกฤษ (2537) ได้ทำการจัดกลุ่มความยาวของถั่วฝักยาวไว้สำหรับจัดกลุ่มสำหรับปรับปรุงพันธุ์ไว้ได้ดังนี้ 1) ความยาวฝักน้อยกว่า 29 เซนติเมตร 2) ความยาวฝักระหว่าง 30-39 เซนติเมตร 3) ความยาวฝัก 40-49 เซนติเมตร 4) ความยาวฝัก 50-59 เซนติเมตร 5) ความยาวฝัก ตั้งแต่ 60 เซนติเมตรขึ้นไป นอกจากนี้ รัตนา (2526) พบว่า ความยาวฝักมีความแปรผันไปตามฤดูกาล สำหรับจำนวนฝักจะขึ้นอยู่กับแต่ละสายพันธุ์

การผสมข้ามด้วยมือ

ถั่วฝักยาวมีดอกขนาดใหญ่สามารถผสมข้ามด้วยมือทำได้ง่าย โดยกลีบดอกจะบานในตอนเช้า เวลา 5.00-6.00 น. และหุบก่อนเที่ยงวัน และอาจร่วงในวันเดียวกันหรือวันรุ่งขึ้น การแตกของอับละอองเกสรตัวผู้จะเริ่มตั้งแต่เวลา 20.00 น. ในคืนก่อนดอกบาน (Sen and Bhowal 1960) ส่วนเกสรตัวเมียพร้อมรับการผสมในขณะที่ดอกบานตอนเช้า ดังนั้นการผสมเกสรจึงต้องมีการกำจัดเกสรตัวผู้ทิ้ง (emasculation) ตั้งแต่เวลา 15.00-17.00 น. ก่อนวันดอกบาน และควรทำ 1-2 ดอกต่อช่อ ดอกที่เหลือควรเด็ดทิ้ง การถ่ายละอองเกสรตัวผู้จะทำในช่วงเช้า ซึ่งเป็นช่วงที่เกสรตัวเมียพร้อมรับการผสม โดยนำเกสรตัวผู้ที่ต้องการผสมมาแกะกลีบดอกออกเหลือแต่ละอองเกสร และนำอับละอองเกสรตัวผู้ป้ายที่ยอดเกสรตัวเมียหลังจากนั้นภายในเวลา 12 ชั่วโมงจะมีการปฏิสนธิ (fertilization) และกลีบดอกจะร่วงไป และเกิดเป็นฝักอ่อนภายใน 24 ชั่วโมง ฝักจะมีการพัฒนาจนเป็นฝักแก่ และแห้งพอที่เก็บเกี่ยวเอาเมล็ดได้ภายใน 20-25 วันหลังจากผสม (Rachic, 1975) การเก็บเกี่ยวในพื้นที่ที่ไม่มีฝนสามารถเก็บเกี่ยวฝักแห้งสดได้ ส่วนในพื้นที่ที่มีอากาศชื้นอาจต้องเก็บเกี่ยวขณะฝักยังมีความชื้นแล้วจึงนำมาตากในร่มจนแห้งกรอบ การเก็บฝักควรเก็บในตอนเช้า เนื่องจากเวลาบ่ายฝักแห้งกรอบอาจทำให้หักเสียหายระหว่างเก็บเกี่ยว หลังจากเก็บเกี่ยวเสร็จจึงนำเมล็ดมานวดทำความสะอาดและนำเมล็ดมาตากแดด 2-3 แดด เมื่อเมล็ดแห้งสนิทจึงบรรจุในภาชนะต่อไป (จานุลักษณ์, 2541)

สหสัมพันธ์ และแพทโคแอฟฟิเซียนท์

สหสัมพันธ์พันธุกรรม (genetic correlation; r_G) คือ ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะสองลักษณะ โดยมีสาเหตุมาจากการที่ยีนที่ตำแหน่งหนึ่งมีผลในการควบคุมลักษณะมากกว่าหนึ่งลักษณะ (pleiotropy) (พีระศักดิ์, 2525; Falconer and Mackay, 1996) สมชัย และพีระศักดิ์ (2527) กล่าวว่า ลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของพืช และสัตว์ หลายๆ ลักษณะมีการแสดงออกไม่เป็นอิสระต่อกัน นั่นคือ การแสดงออกของลักษณะหนึ่งมีผลกระทบต่ออีกลักษณะหนึ่งซึ่งอาจเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อปรับปรุงลักษณะหนึ่งมีผลกระทบต่ออีกลักษณะหนึ่งดีขึ้นด้วย หรือในทางตรงกันข้าม คือ การปรับปรุงลักษณะหนึ่งให้ดีขึ้นมีผลทำให้อีกลักษณะหนึ่งลดลง ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสองลักษณะนี้เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของยีนหนึ่งมีผลในการควบคุมลักษณะมากกว่าหนึ่งลักษณะ และการที่ยีนหรือกลุ่มยีนที่ควบคุมลักษณะทั้งสองมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมเดียวกันถูกถ่ายทอดไปให้ลูกหลานด้วยจะแยกจากกันก็ต่อเมื่อเกิดการแลกเปลี่ยน

ชิ้นส่วนโครโมโซม (crossing over) การทราบความสัมพันธ์ร่วมทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะว่าเป็นไปในทิศทางใด และความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด จะช่วยให้การคัดเลือกและวางแผนปรับปรุงพันธุ์ได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏ (phenotypic correlation; r_p) คือ ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสองลักษณะที่สามารถเห็นได้ โดยการแสดงออกของลักษณะปรากฏเกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรมกับอิทธิพลของสภาพแวดล้อม แต่บางครั้งลักษณะปรากฏอาจไม่เท่ากับผลรวมของอิทธิพลของพันธุกรรม และอิทธิพลของสภาพแวดล้อม เพราะอิทธิพลของพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีปฏิกริยาร่วมกัน (interaction) ซึ่งอาจเป็นแบบเสริมกันหรือแบบหักล้างซึ่งกันและกัน (Falconer and Mackay, 1996)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ ศึกษาความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผลด้วยวิธีวิเคราะห์รีเกรสชัน (regression) และศึกษาความสัมพันธ์โดยไม่คำนึงถึงรูปแบบด้วยวิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation) แต่ทั้งสองวิธีอาจไม่สามารถวัดผลได้สมบูรณ์เท่าที่ควร เนื่องจากการวัดผลที่ได้บอกถึงอิทธิพลรวมมีความสัมพันธ์กันเพียงไร แต่ในความเป็นจริงมักมีปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ อิทธิพลทางตรง (direct effect) อิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ซึ่งทั้ง 2 วิธีข้างต้นไม่สามารถวัดอิทธิพลอื่นๆ ที่เกิดขึ้นได้ แพทโคเอฟฟีเซียนท์สามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะหรือปัจจัยต่างๆ ได้ดีขึ้นโดยเฉพาะอิทธิพลทางอ้อมบางครั้งมีบทบาทที่สำคัญมาก (สุรพล, 2536) Dewey and Lu (1959) ศึกษาร่วมกันระหว่างผลผลิตเมล็ดกับลักษณะต่างๆ ใน crested wheatgrass มีค่าสหสัมพันธ์ 0.005 แต่เมื่อวิเคราะห์แพทโคเอฟฟีเซียนท์ที่มีอิทธิพลทางตรงจากขนาดเมล็ดถึง 0.228 แต่มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำเนื่องจากอิทธิพลทางอ้อมผ่านการผสมติดเมล็ดถึง -0.790

Falconer and Mackay (1996) กล่าวถึงประโยชน์ของการทราบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะมี 3 ข้อ คือ 1) ทราบการทำงานของยีนที่ควบคุมการแสดงออกของลักษณะมากกว่าหนึ่งลักษณะ 2) ทราบวิธีการคัดเลือกที่เหมาะสมของลักษณะแต่ละลักษณะ และ 3) ทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการคัดเลือกตามธรรมชาติ (natural selection) ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการศึกษาพันธุศาสตร์ประชากรเพราะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของการคัดเลือกตามธรรมชาติระหว่างลักษณะปริมาณแบบ metric character และความแข็งแรง (fitness) ของพันธุกรรมที่ควบคุมการแสดงออกของลักษณะนั้นในประชากรธรรมชาติได้ การทราบวิธีการคัดเลือกที่เหมาะสมของแต่ละลักษณะมี

ประโยชน์อย่างมากต่อการปรับปรุงพันธุ์เนื่องจากสามารถกำหนดแผนการคัดเลือกลักษณะที่สามารถเพิ่มความก้าวหน้าทางพันธุกรรมต่อไปอีกลักษณะหนึ่งได้

Tyagi *et al.* (1987) พบสหสัมพันธ์ทางบวกในถั่วพุ่มของลักษณะอายุออกดอกกับน้ำหนักแห้งของต้น อัตราส่วนของใบต่อลำต้นกับจำนวนใบต่อต้น จำนวนกิ่ง ขนาดลำต้น และน้ำหนักแห้งของลำต้น Janoria and Ali (1970) พบสหสัมพันธ์ทางบวกของถั่วพุ่มระหว่างลักษณะผลผลิตจำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด และอายุออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Chikkadyavaiah (1985) พบสหสัมพันธ์ในทางบวกในถั่วพุ่มของลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้นกับจำนวนช่อที่ติดฝักต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักต่อ 100 เมล็ด

สาคร (2540) พบว่า ลักษณะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์ต่อการเติบโตและการเป็นอย่างมาก กล่าวคือ ถั่วเหลืองมีวันออกดอกที่เหมาะสมจะมีความสำคัญต่อการสร้างอาหารสะสมภายในต้นถั่วเหลืองทำให้มีอาหารเพียงพอในการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของฝัก

ผลผลิตฝักสดของถั่วเหลืองมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับความสูง จำนวนใบ จำนวนกิ่ง น้ำหนัก 100 เมล็ด จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนฝักต่อต้น และน้ำหนัก 100 ฝัก (Islam and Khan, 1996) ในทางกลับกัน Islam *et al.* (1991) พบสหสัมพันธ์ทางลบระหว่างลักษณะวันออกดอกกับจำนวนใบต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักฝักสดในถั่วเหลือง ส่วนในถั่วเขียว พบว่า ลักษณะจำนวนฝักต่อต้นและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีอิทธิพลทางตรงสูงกับผลผลิต และพบค่าสหสัมพันธ์ทางบวกของลักษณะจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนกิ่งต่อต้น และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด กับผลผลิต (Zubair and Srinives, 1986)

พันธุกรรมพื้นฐานสำหรับการปรับปรุงพันธุ์

ลักษณะทางคุณภาพ (qualitative character) คือ ลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนน้อยคู่ ถูกควบคุมด้วยยีนหลัก (major genes) ยีนแต่ละคู่มีความสามารถที่จะแสดงลักษณะที่ควบคุมอยู่ออกมาได้อย่างเด่นชัด ลักษณะการกระจายตัวของรุ่นลูกสามารถที่จะแยกออกได้เป็นกลุ่มอย่างชัดเจนมีการกระจายตัวอย่างไม่ต่อเนื่อง (discontinuous variation) สภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกน้อย จึงทำให้ความแปรปรวนของประชากรอยู่ในขอบเขตจำกัด เช่น สีดอก สีเมล็ด ความต้านทานโรค

ลักษณะทางปริมาณ (quantitative character) คือ ลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนมากคู่ (polygenes) แต่ละคู่มีผลต่อการแสดงออกต่อลักษณะนั้นได้น้อย และมักแสดงผลออกมาแบบสะสมบวก ลักษณะการกระจายตัวของรุ่นลูกเป็นแบบต่อเนื่อง (continuous variation) ไม่สามารถจะแบ่งเป็นกลุ่มได้อย่างชัดเจน มักต้องอาศัยการชั่ง ตวง วัด เข้ามาช่วยในการจัดหมวดหมู่ และสภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกของลักษณะเหล่านี้มาก เช่น ลักษณะผลผลิต ขนาดฝัก น้ำหนักฝัก

การปรับปรุงพันธุ์พืช นักปรับปรุงพันธุ์จำเป็นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานต่างๆ ของการทำงาน และการแสดงออกของยีน เพื่อใช้สำหรับวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งมีการแสดงออกของยีน 2 แบบ คือ

1. การทำงานร่วมกันของยีนในตำแหน่งเดียวกันแบบผลบวก (additive effect) คือ ลักษณะที่แสดงออกจะขึ้นอยู่กับจำนวนยีนที่ช่วยเสริมลักษณะนั้นๆ และยีนเด่นแต่ละตัวอาจจะเพิ่มหรือลดค่าได้เท่าๆ กันไม่ว่าจะอยู่ในรูปของ heterozygous หรือ homozygous ยีนตัวหนึ่งจะไปข่มการแสดงออกของยีนอีกตัวหนึ่ง ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการข่มของยีนออกเป็น 5 แบบ ดังนี้ (บุญหงษ์, 2548)

1.1 ปฏิกริยาการข่มสมบูรณ์ (complete dominance) หมายถึง ยีนเด่น (dominant allele) มีการข่มสมบูรณ์ต่อยีนด้อย (recessive allele) ทำให้สายพันธุ์แท้ (pure line) มีลักษณะเด่นทั้งหมด และสายพันธุ์ทาง (heterozygous) มีลักษณะปรากฏหรือฟีโนไทป์เหมือนสายพันธุ์แท้

1.2 ปฏิกริยาการข่มไม่สมบูรณ์ (incomplete or partial dominance) คือ ยีนเด่นมีการข่มอย่างไม่สมบูรณ์ต่อยีนด้อย ทำให้ลักษณะปรากฏของสายพันธุ์ทาง แสดงลักษณะค่อนข้างไปทางสายพันธุ์แท้ที่มียีนเด่น

1.3 ปฏิกริยาที่ไม่มีการข่มหรือแบบผลบวก (no dominance or intermediate) คือ การข่มกันไม่ลงของยีนทั้งสองคู่ ทำให้สายพันธุ์ทางมีลักษณะกึ่งกลางระหว่างสายพันธุ์แท้ของพ่อและแม่

1.4 ปฏิกริยาข่มเกิน (over dominance) คือ ลักษณะที่สายพันธุ์ทาง แสดงลักษณะฟีโนไทป์เหนือกว่าลักษณะพ่อแม่และแม่

1.5 ปฏิกริยาแสดงออกร่วมกัน (co-dominance) เป็นลักษณะที่แสดงออกร่วมกันของยีนแต่ละตัวเมื่ออยู่ในสภาพสายพันธุ์ทาง

2. การทำงานร่วมกันของยีนต่างตำแหน่ง ซึ่งมีปฏิกริยา ดังนี้

2.1 แบบผลบวก (additive effect) เป็นผลบวกระหว่างยีนต่างตำแหน่งที่ควบคุมลักษณะเดียวกัน โดยมียีนหลายคู่ควบคุมลักษณะเดียวกันในแบบบวก และยีนแต่ละคู่จะทำงานเป็นอิสระต่อกัน

2.2 แบบข่มข้ามคู่ (epitasis) เป็นยีนที่สามารถข่มการแสดงออกของยีนตำแหน่งอื่น มักเกิดขึ้นกับลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ และแต่ละคู่ไม่เป็นอิสระต่อกัน พืชที่มีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกันอาจแสดงลักษณะออกมาเหมือนกันขึ้นอยู่กับปฏิกริยาระหว่างกลุ่มยีนที่แสดงลักษณะนั้นๆ และสภาพแวดล้อม กลุ่มของยีนย่อย (minor genes) ที่ควบคุมลักษณะทางปริมาณเหล่านี้ เรียกว่า polygenes สภาพแวดล้อมมีผลอย่างมากต่อการแสดงออกของยีน ทำให้การคัดเลือกลักษณะเหล่านี้ทำได้ยาก หากการแสดงออกของยีนเปลี่ยนแปลง และส่งผลต่อการแสดงออกของยีนตัวอื่นๆ เรียกกลุ่มยีนพวกนี้ว่า ยีนประยุกต์ (modifying gene) ซึ่งมักเป็นกลุ่มของยีนย่อย (กฤษฎา, 2528)

ลักษณะทางสรีรวิทยากับการปรับตัวของพืช และการสร้างผลผลิต

ลักษณะปรากฏของพืชแต่ละต้นที่แสดงออกมาเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ ความผันแปรทางพันธุกรรม ได้แก่ การแสดงออกของยีน ซึ่งสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้ และความแปรปรวนที่เกิดจากสภาพแวดล้อม ซึ่งไม่สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้ และถือเป็นอุปสรรคต่อการคัดเลือกอีกด้วย โดยเฉพาะการคัดเลือกลักษณะทางปริมาณ (quantitative trait) ที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง และการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณเป็นผลจากการแสดงออกของกลุ่มยีนประยุกต์ซึ่งเป็นกลุ่มยีนที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดการแสดงออกของยีนหลัก ประกอบด้วยยีนหลายตัว โดยยีนแต่ละตำแหน่งจะแสดงออกอย่างอิสระ

พืชสามารถสร้างกระบวนการตอบสนองให้อยู่รอดต่อการเข้าทำลายของโรค แมลง และสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ เนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืชกับสภาพแวดล้อมนั้นๆ หรือกับโรค และแมลงแต่ละชนิด โดยมีระบบกลไกป้องกันอันตรายของต้นพืชซึ่งเกิดขึ้นจากการทำงานร่วมกันของสองลักษณะ (Gatehouse *et al.*, 1991) คือ

1. ลักษณะกลไกทางกายภาพ เป็นกลไกที่พืชผลิตขึ้นเพื่อป้องกันตัวเองจากอันตรายต่างๆ เช่น การที่พืชมีเนื้อเยื่อลิกนิน ไซ โหนด ขน และสารเมือกที่ขับออกมาเพื่อป้องกันอันตราย การหมุนหรือม้วนใบหนีแสง การเปลี่ยนรูปของใบ การลดพื้นที่ใบ และจำนวนปากใบ เพื่อลดพื้นที่ในการรับแสง เป็นต้น

กนกอร (2551) ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของถั่วฝักยาว และถั่วพุ่มสายพันธุ์ต่างๆ พบว่า สายพันธุ์คัด มอ. มีความยาวขนใบสั้น ความหนาแน่นของขนต่ำ มีความหนาของชั้นเซลล์ผิวใบ และลำต้นต่ำกว่าสายพันธุ์อื่นๆ จึงถูกเพลี้ยอ่อนเข้าทำลาย และใช้ระยะเวลาในการดูดกินบนต้นนานมากกว่าสายพันธุ์อื่นๆ ส่วนสีของใบถั่วฝักยาว และถั่วพุ่มที่มีสีเขียวอ่อนจะถูกเพลี้ยอ่อนเข้าทำลายมากกว่าพันธุ์ที่มีใบเป็นสีเขียวเข้ม

ลักษณะใบของถั่วเหลือง และถั่วอัลฟาฟาที่มีขนขึ้นหนาแน่นจะขัดขวางการกินอาหารของเพลี้ยกระโดดถั่วเหลืองมากกว่าพันธุ์ที่มีขนบาง เพราะแมลงไม่สามารถนำท่อวางไข่ (ovipositor) ลงวางไข่บนใบที่มีขนหนาทึบได้ และทำให้ตัวหนอนเคลื่อนตัวกัดกินใบได้ลำบาก (Lee, 1983)

ไขมัน (wax) บนผิวพืช เป็นอีกลักษณะที่พืชสร้างขึ้นเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำเมื่อสภาพอากาศมีอุณหภูมิสูง และขัดขวางการเข้าทำลายของแมลง เช่น ต้นหม่อนมีการหลั่งไขมันออกมาปกคลุมเป็นชั้นหนาเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของ raspberry beetle และ rubus aphid แต่ในถั่วปากอ้า (*Vicia faba*) ส่วนของไขมันบนผิวใบกลับเป็นลึงคิงดูดต่อเพลี้ยอ่อน (*Acyrtosiphon pilsum*) (บุญฤทธิ์, มมป.)

ขนาดรูปร่าง และสีของพืชมีส่วนเกี่ยวข้องกับระดับความชอบไม่ชอบของแมลง พบว่า ตัวเต็มวัยของผีเสื้อบางชนิดไม่ชอบวางไข่บนกะหล่ำปลีพันธุ์ red cabbage เมื่อเทียบกับพันธุ์ที่มีสีเขียว (Dickson and Eckenro, 1975) นอกจากนี้ Jones *et al.* (1934) พบว่า การทำลายของเพลี้ยไฟมี

การตอบสนองต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช เช่น ข้าวที่มีใบเล็กมีระดับการทำลายของเพลี้ยไฟได้น้อยกว่าข้าวใบปกติ

การสร้างเปลือกหุ้มลำต้นให้หนาขึ้นในมะเขือเทศสามารถป้องกันการสูญเสียน้ำในเนื้อเยื่อและการเข้าทำลายของเพลี้ย (Norris and Kogan, 1980) หรือการสร้างลำต้นให้มีความแข็งแรงในข้าวสาลีเพื่อป้องกันหนอนเจาะลำต้น (Wallace *et al.*, 1974) การสร้างหนาม และขนของต้น *Bombacopsis* บริเวณลำต้น และใบสามารถป้องกันการเข้าทำลายของแมลง และลดการสูญเสีย

2. ลักษณะกลไกทางเคมี เป็นกลไกที่พืชผลิตสารเคมีขึ้นมาเพื่อปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม โรค และแมลง (กัญชลี, 2541) โดยการผลิตสารเกิดจากกระบวนการชีวเคมี เช่น สารยับยั้งการกินที่ทำให้แมลงไม่ชอบหรือสารบางตัวที่สามารถฆ่าแมลงได้โดยตรง เช่น เทอร์พีนอยด์ สเตรอยด์ สารยับยั้งเอนไซม์ โปรตีนเอส อัลฟาอะไมเลส กรดอะมิโน (ธีระ และ วัชรินทร์, 2543) และกลุ่มโปรตีนที่เรียกว่า Heat Shock Protein (HSPs) หรือ proline ที่สร้างขึ้นเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงได้ นอกจากนี้ พรรณเพ็ญ (2539) และ อรัญ และคณะ (2546) รายงานเพิ่มว่ามีสารเคมีอีกหลายชนิดที่พืชผลิตขึ้นโดยยังไม่ทราบการทำงานที่แน่นอน

การศึกษาปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และโปรตีนภายในต้นถั่วฝักยาว และถั่วพุ่มสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดกินอาหารของเพลี้ยอ่อนถั่ว โดยสายพันธุ์คัด มอ. มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน และโปรตีนมากที่สุดเมื่อเทียบกับสายพันธุ์อื่น ส่งผลให้เพลี้ยอ่อนสามารถดูดกินนาน และมีปริมาณเพลี้ยอ่อนมากกว่าสายพันธุ์อื่นๆ ส่วนปริมาณโพแทสเซียม พบว่ามีปริมาณต่ำกว่าสายพันธุ์อื่น เนื่องจากโพแทสเซียมมีส่วนช่วยให้ต้นพืชและระบบรากแข็งแรง (กนกอร, 2551)

ระดับความเข้มข้นของเกลือมีผลทำให้ปริมาณออกซิน ไซโตไคนิน และจิบเบอเรลลินในเนื้อเยื่อพืชลดลงทำให้ asbscic acid (ABA) เพิ่มขึ้น (Prakash and Prathapasenan, 1990) รวมทั้งทำให้ระดับเอทิลีนเพิ่มขึ้น (Feng and Barker, 1992) มีผลต่อการสะสม sterols ซึ่งมีบทบาทต่อการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ และสมดุลของไอออนอยู่มาก (Wu *et al.*, 1998)

ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (heritability) คือ สัดส่วนความแปรปรวนอันเนื่องมาจากการแสดงออกของยีนหรืออิทธิพลทางพันธุกรรมเทียบกับความแปรปรวนที่เกิดขึ้นทั้งหมด อัตราพันธุกรรมเป็นตัวบ่งบอกถึงลักษณะบางลักษณะเกิดจากผลยีนและสภาพแวดล้อมในอัตราส่วนเท่าใด อีกทั้งบอกถึงลักษณะที่ปรากฏสามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานในอัตราส่วนเท่าใด ลักษณะคุณภาพจะมีค่าอัตราพันธุกรรมสูง ยีนแต่ละตัวแสดงออกได้อย่างชัดเจนสามารถถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมได้สูง สำหรับลักษณะทางปริมาณควบคุมด้วยยีนจำนวนมากจะมีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ (สุทัศน์, 2552) ดังนั้นการวัดความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะทางปริมาณต้องอาศัยอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนทางพันธุกรรมต่อความแปรปรวนทั้งหมด เป็นต้นนี้วัดความสามารถในการถ่ายทอดพันธุกรรม (ยูพา, 2546)

นอกจากนี้ยังอาจหาความแปรปรวน และอัตราพันธุกรรมโดยใช้แผนการผสมพันธุ์ (mating design) ต่างๆ เช่น แผนการผสมพันธุ์โดยวิธีผสมกลับ (Backcross design) โดยใช้พ่อและแม่ ซึ่งเป็นสายพันธุ์บริสุทธิ์หรือสายพันธุ์แท้ (pure line or inbred line) ผสมกันจนได้ลูกผสมชั่วที่ 1 และปล่อยให้ลูกผสมชั่วที่ 1 ผสมตัวเองจนได้ลูกชั่วที่ 2 หลังจากนั้นจึงนำลูกชั่วที่ 2 ผสมกลับไปหาต้นพ่อและต้นแม่ ก็จะได้ลูกที่เกิดจากการผสมกลับครั้งที่ 1 (BC_1) นำพันธุ์พ่อแม่ ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมกลับ ไปวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางพันธุกรรมโดยมีการวางแผนการทดลอง (บุญหงษ์, 2548)

ลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ในการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้น Brittingham (1984) และ วไลลักษณ์ (2522) ทำการผสมระหว่างถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม ได้ลูกผสมที่มีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นเป็นแบบเลื้อย ซึ่งเป็นลักษณะเด่นข้ามลักษณะการเจริญเติบโตแบบพุ่ม มียีนควบคุม 3 คู่ ปฏิกริยาของยีนเป็นแบบ complementary เช่นเดียวกับ Sing and Jindia (1971); จุฑารัตน์ (2529) กล่าวว่า ถั่วฝักยาวมีการเจริญเติบโตแบบเลื้อยเป็นลักษณะเด่นข้ามการเจริญเติบโตแบบพุ่ม Frazier *et al.* (1958); Venugopal and Goud (1997) ทำการศึกษาการควบคุมลักษณะการเกิดสีที่ลำต้นของ

ถั่วพุ่ม โดยผสมข้ามพันธุ์ระหว่างพันธุ์ที่มีลำต้นสีเขียวกับสีม่วง พบว่าการเกิดสีที่ลำต้นถูกควบคุมด้วยยีน 2 คู่ ซึ่งเป็นอิสระต่อกัน โดยลำต้นสีม่วงเป็นลักษณะเด่น

ลักษณะใบพบว่าใบยาวเป็นลักษณะเด่นข้ามใบสั้น (Kolhe, 1970) ลักษณะใบใหญ่เป็นลักษณะเด่นข้ามใบเล็ก (Krishnaswamy, 1945) ลักษณะใบย่อยสามใบเป็นลักษณะเด่นข้ามต่อใบเดี่ยว (Rawal *et al.*, 1976) ลักษณะขอบใบมนแหลมแบบหอกเป็นลักษณะเด่นข้ามลักษณะขอบใบบนแบบสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด (rhomboid leaf) (Jindla and Sing, 1970) และลักษณะไม่มีก้านย่อย (non-petiolate) ถูกควบคุมด้วยยีนด้อย 1 คู่ (Fawole, 1988)

ลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

ลักษณะดอกสีม่วงข้ามดอกสีขาว ถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ (Capinpin, 1935) ลักษณะความเป็นหมันของเกสรตัวผู้ (male sterile) ในถั่วพุ่มพันธุ์ Poona ถูกควบคุมด้วยยีนด้อย 1 คู่ และมีดอกเล็กกว่าปกติ กลีบดอกหดรัด ส่วนของอับเรณู และละอองเกสรตัวผู้ไม่พัฒนา แต่สามารถใช้เป็นต้นแม่ในการผสมได้ (Sen and Bhowal, 1962)

Krurup and Davis (1970) ทำการศึกษาในถั่วลิ้นเตา พบว่า จำนวนฝักต่อต้นถูกควบคุมด้วยยีนแบบบวก มีความสัมพันธ์กับผลผลิตเมล็ดซึ่งใช้เป็นดัชนีในการคัดเลือกผลผลิตได้ดี ลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ 31.92 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยพ่อแม่และแม่ ลูกชั่วที่ 2 มีค่า inbreeding depression 14.42 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราพันธุกรรม 41 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบอิทธิพลเนื่องจากต้นแม่ ส่วนการศึกษาของ Koranne and Singh (1974) ในถั่วลิ้นเตา พบว่า การทำงานของยีนเป็นแบบข้าม มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลูกผสมชั่วที่ 1 ซึ่งเหมาะในการผลิตพันธุ์ลูกผสม และมีค่าอัตราพันธุกรรม 64.59 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Narsinghain and Kanwal (1977) พบว่า มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงถึง 79.86 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคัดลักษณะจำนวนฝักต่อต้นทำให้ผลผลิตเมล็ดสูงขึ้นแต่จำนวนเมล็ดต่อฝักลดลงเล็กน้อย

ลักษณะฝักสีเขียวเป็นลักษณะเด่นข้ามลักษณะฝักสีอ่อนควบคุมด้วยยีน 1 คู่ คือ G, g (Singh and Jindla, 1971) วไลลักษณ์ (2522) ทำการทดลองผสมพันธุ์ระหว่างถั่วฝักยาว และถั่วพุ่มพบว่า ลูกผสมมีฝักสั้นกว่าถั่วฝักยาว แต่ยาวกว่าถั่วพุ่ม ลักษณะความยาวฝักถูกควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง (multiple genes) (Leleji, 1975) ซึ่ง Penalfiorida (1973) พบว่า ความยาวฝักมีความผันแปร

ไปตามพันธุ์ และฤดูกาล Gascon (1973) พบว่า ในฤดูฝนฝักจะยาว และใหญ่ ส่วนในฤดูแล้งฝักจะสั้น และมีเส้นใยมากทำให้ฝักกระด้าง

จำริญ และคณะ (2548) ทำการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะปริมาณและคุณภาพของข้าวโพดหวาน โดยการผสมพันธุ์โดยวิธีผสมกลับ (Backcross design) เพื่อศึกษาการถ่ายทอดลักษณะเชิงปริมาณ ลักษณะเชิงคุณภาพของข้าวโพดหวานสายพันธุ์แท้ No.40 ให้มีคุณภาพความหวาน อ่อนนุ่ม และจำนวนใบที่ฝักเพิ่มขึ้น พบว่า พันธุ์ลูกผสมกลับ [$SgS_3-2-1\#B\#B \times (SgS_3-2-1\#B\#B \times No.40-7-1\#1\#B) F_2 1\#3$] และ [$SgS_3-2-1\#B\#B \times (SgS_3-2-1\#B\#B \times No.40-7-1\#1\#B)) F_2 1\#9$] มีผลผลิตเปลือกดีที่สุดเท่ากับ 2,910 และ 2,482 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่าสายพันธุ์พ่อแม่ 1.6 และ 1.4 เท่า และยังมีใบที่ฝักยาวเฉลี่ย เท่ากับ 10.9 และ 8.2 เซนติเมตร ส่วนความแปรปรวนทางพันธุกรรมพบว่า ลักษณะทางการเกษตร และผลผลิตที่สำคัญ เช่น ความยาวของใบที่ฝัก ความสูงต้น และผลผลิต มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมแบบบวก

จิระศักดิ์ และคณะ (2544) ทำการศึกษากิจกรรมของยีนที่ควบคุมลักษณะผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของยาสูบเบอร์เลย์ โดยใช้ Mating Design II พบว่า ลักษณะจำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของใบถูกควบคุมด้วยยีนแบบบวก ส่วนลักษณะความสูง และอายุวันออกดอก ถูกควบคุมด้วยยีนแบบข่ม

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สายพันธุ์ถั่วฝักยาว

1.1 ถั่วฝักยาวสายพันธุ์บริสุทธิ์ (pure line) จำนวน 9 สายพันธุ์ ได้แก่

สายพันธุ์	รหัส	ลักษณะประจำพันธุ์	ลักษณะสำคัญ
ลำน้ำชี	LNS	ฝักดก สีเขียว ฝักยาว 40-45 เซนติเมตร รสชาติดี ผลผลิตสูง อายุเก็บเกี่ยว 50-55 วัน	ฝักค่อนข้างสั้น จำนวน ฝักต่อต้นน้อย
เขียวดก #5	KD #5	ต้นแข็งแรง ผิวมัน ฝักสีเขียวเข้ม ยาว 55-65 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 55-60 วัน	ฝักยาว ระยะห่างระหว่าง ช่อดอกมาก จำนวนช่อ ดอกและฝักต่อต้นน้อย
สุดสาคร	SSK	ถั่วเนื้อฝักสีเขียว ปลายฝักสีม่วง ฝักยาว 40 เซนติเมตร ฝักดก ผลผลิตสูง	ใบค่อนข้างหนา ช่อดอก ยาว ออกดอกค่อนข้างช้า
แสนขจี	SKG	ฝักสีเขียวเข้ม ฝักดก ผลผลิตสูง ฝักยาวเฉลี่ย 56 เซนติเมตร เนื้อแน่น ทนโรคราสนิม	ฝักยาว ระยะห่างระหว่าง ช่อดอกน้อย
KPS-11	KPS-11	ฝักสีเขียวเข้ม ฝักดก ผลผลิตสูง ฝักยาวฝัก เฉลี่ย 52 เซนติเมตร ทนโรคราสนิม	ฝักยาว ใบใหญ่ และหนา
CO8	CO8	ฝักดก ฝักสีเขียวอ่อน กิ่งแขนงมาก ผิว ค่อนข้างเรียบ อายุเก็บเกี่ยว 50 วัน	จำนวนช่อดอกมาก
Maxigreen	MXG	ฝักดก สีเขียวอ่อน ผิวค่อนข้างเรียบ ทน โรคราสนิม อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน	ฝักดก กิ่งแขนงมาก
KM-6	KM-6	เจริญเติบโตในช่วงฤดูหนาวได้ดี ฝักดก สีเขียวอ่อน อายุการเก็บเกี่ยวสั้น	ออกดอกเร็ว ใบเล็ก จำนวนช่อดอก และ จำนวนฝักต่อต้นน้อย
น่าน 1	NAN 1	ฝักสีแดงม่วง หวาน ผิวฝักเรียบ ฝักตรง ยาว เฉลี่ย 50 เซนติเมตร อายุออกดอก 43 วัน	ใบเล็ก ฝักดก

F_1 คือ ลูกผสมชั่วที่ 1

F_2 คือ ลูกชั่วที่ 2

n คือ จำนวนลูกจากการผสมกลับไปยังพันธุ์แม่ และพันธุ์พ่อ

ฤดูปลูกที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2552)

ปลูกถั่วฝักยาวทั้งหมด 9 สายพันธุ์ โดยทำการผสมพันธุ์ถั่วฝักยาวตามกลุ่มผสมที่วางแผนไว้จำนวน 7 กลุ่ม เพื่อสร้างประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และแบ่งเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 ออกเป็น 2 ส่วน คือ สำหรับผสมตัวเองเพื่อสร้างลูกชั่วที่ 2 และสำหรับปลูกเปรียบเทียบบันทึกข้อมูลในฤดูสุดท้าย

ฤดูปลูกที่ 2 (พฤษภาคม-สิงหาคม 2552)

ผสมตัวเองประชากรพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 เพื่อสร้างประชากรลูกชั่วที่ 2 เมื่อถั่วฝักยาวออกดอกจึงใช้ถุงคลุมดอกที่เตรียมไว้คลุมดอกถั่วฝักยาวเพื่อป้องกันการผสมข้ามจากการผสมข้ามโดยธรรมชาติ และการผสมข้ามโดยแมลง

ฤดูปลูกที่ 3 (กันยายน-ธันวาคม 2552)

ปลูกสายพันธุ์พ่อแม่ และประชากรลูกชั่วที่ 2 เพื่อผสมกลับไปยังสายพันธุ์แม่ (BC_1-F_2/P_1) และพันธุ์พ่อ (BC_1-F_2/P_2) โดยใช้ประชากรลูกชั่วที่ 2 ในการผสมกลับ เนื่องจากลูกชั่วที่ 2 สามารถสร้างความแปรปรวนของลูกผสมกลับซึ่งเกิดจากความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างแต่ละต้นของลูกชั่วที่ 2 ทำให้สามารถประเมินความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นได้

ฤดูปลูกที่ 4 (มกราคม-เมษายน 2553)

ปลูกเปรียบเทียบและบันทึกข้อมูลสายพันธุ์พ่อแม่ (P_1 และ P_2) ประชากรพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1), ประชากรลูกชั่วที่ 2 (F_2), ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับไปยังพันธุ์แม่ คือ (BC_1-F_2/P_1) และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับไปยังพ่อ คือ (BC_1-F_2/P_2) ของแต่ละกลุ่มผสม

การดูแลรักษา

ปลูกเปรียบเทียบ และบันทึกข้อมูลสายพันธุ์พ่อแม่ (P_1 และ P_2) ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1), ประชากรลูกชั่วที่ 2 (F_2), ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับไปยังพันธุ์แม่ คือ (BC_1-F_2/P_1) และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับยังพันธุ์พ่อ คือ (BC_1-F_2/P_2) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ เพาะเมล็ดลงในวัสดุเพาะประมาณ 1 สัปดาห์ ก่อนย้ายลงแปลงปลูกขนาด 1 x 2.5 เมตร โดยใช้ระยะปลูก 50 x 80 เซนติเมตร โดยปลูก 10 ต้นต่อแปลงย่อยเป็นแถวคู่ รองพื้นก่อนปลูกด้วย ปุ๋ยคอก และใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 หลังจากปลูกได้ 20 วัน อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัม หลังปลูก 45 วัน ใช้พลาสติกคลุมแปลงเพื่อควบคุมวัชพืช และป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามความเหมาะสม

วิธีการผสมข้าม

1. กำจัดเกสรตัวผู้ (emasculation) เมื่อถั้วฝักยาวออกดอกจะทำการกำจัดเกสรตัวผู้ในวันก่อนดอกบานในช่วงเวลา 15.00-18.00 น. โดยใช้คีมปลายแหลม กรีดกลีบดอกตรงส่วนที่เรียกว่า standard, wing และ keel โดยไม่ให้ดอกเสียหาย จากนั้นจะพบเกสรตัวผู้ 10 อัน และเกสรตัวเมีย 1 อัน ใช้คีมดึงเฉพาะเกสรตัวผู้อย่างระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกสรตัวเมียได้รับความเสียหาย แล้วจึงคลุมดอกไว้ตามเดิมเพื่อป้องกันการผสมข้าม ใน 1 ช่อดอก จะใช้เพียง 1-2 ดอกเท่านั้น

2. การถ่ายละอองเกสรตัวผู้ (pollination) จะทำในวันรุ่งขึ้นจากวันที่ทำการกำจัดละอองเกสรตัวผู้ ในเวลา 06.00-8.00 น. เนื่องจาก เป็นช่วงที่มีเปอร์เซ็นต์การผสมติดสูง โดยเก็บดอกที่บานแล้วจากต้นพ่อแล้วดึงกลีบดอกออกทุกชั้นเหลือเฉพาะเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย ซึ่งจะมีละอองเกสรตัวผู้ติดอยู่ แล้วนำมาป้ายบนส่วนยอดเกสรตัวเมียของดอกที่ทำการกำจัดละอองเกสรตัวผู้ออก โดยให้ละอองเกสรติดให้มากที่สุด แล้วจึงใช้ถุงคลุมดอกปิดไว้ตามเดิม

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

1.1 ขนาดความกว้างของใบ (เซนติเมตร) โดยวัดความกว้างใบในระยะเวลาที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นเต็มที่ (Vegetative stage; Vn) (Fehr and Caviness, 1977) บริเวณตำแหน่งข้อที่ 3 บนลำต้นหลักโดยใช้ใบที่ 2 (ใบกลาง) วัดบริเวณส่วนที่กว้างที่สุด เมื่อถั่วฝักยาวอายุ 60 วัน

1.2 ขนาดความยาวของใบ (เซนติเมตร) โดยวัดความยาวใบในระยะเวลาที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นเต็มที่ (Vegetative stage; Vn) บริเวณตำแหน่งข้อที่ 3 บนลำต้นหลักโดยใช้ใบที่ 2 (ใบกลาง) วัดบริเวณส่วนที่กว้างที่สุด เมื่อถั่วฝักยาวอายุ 60 วัน

1.3 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) โดยวัดพื้นที่ใบในระยะเวลาที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นเต็มที่ (Vegetative stage; Vn) บริเวณตำแหน่งข้อที่ 3 บนลำต้นหลักโดยใช้ใบที่ 2 (ใบกลาง) เมื่อถั่วฝักยาวอายุ 60 วัน

1.4 ความหนาของใบ (ตารางเซนติเมตรต่อกรัม) วัดความหนาใบในระยะเวลาที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นเต็มที่ (Vegetative stage; Vn) บริเวณตำแหน่งข้อที่ 3 บนลำต้นหลัก โดยใช้ใบที่ 2 (ใบกลาง) เมื่อถั่วฝักยาวอายุ 60 วัน โดยคำนวณจากพื้นที่ใบทั้งหมดหารด้วยน้ำหนักแห้งของใบ

1.5 ความยาวต้น (เมตร) วัดตั้งแต่บริเวณส่วนที่อยู่เหนือดินจนถึงปลายยอด เมื่อถั่วฝักยาวอายุ 90 วัน หลังปลูก

1.6 ความยาวช่อดอก (เซนติเมตร) วัดความยาวช่อดอกในระยะเวลาที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นเต็มที่เข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตทางผลผลิต (Reproductive stage; R6) บริเวณตำแหน่งข้อที่ 3 บนลำต้นหลัก เมื่อถั่วฝักยาวอายุ 80 วัน

1.7 ระยะห่างระหว่างช่อดอก (เซนติเมตร) วัดระยะห่างระหว่างความยาวช่อดอกใน ระยะที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นเต็มที่เข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตทางผลผลิต (Reproductive stage; R6) บริเวณเกิดบนลำต้นหลัก ตั้งแต่ข้อที่ 3 ขึ้นไป เมื่อถั่วฝักยาวอายุ 80 วัน

1.8 จำนวนช่อดอกต่อต้น นับจำนวนช่อดอกทั้งหมดที่เกิดบนลำต้นหลัก ในระยะการ เจริญเติบโตทางผลผลิต (Reproductive stage; R8) เมื่อถั่วฝักยาวอายุ 90 วันหลังปลูก

1.9 วันออกดอก นับจากวันปลูกถึงวันที่ปรากฏดอกแรกในต้น (Reproductive stage; R4)

1.10 น้ำหนักฝัก (กรัม) สุ่มฝักสดที่สมบูรณ์ในระยะบริ โภคสด จำนวน 20 ฝักต่อแปลง
ย่อย

1.11 ความยาวฝัก (เซนติเมตร) สุ่มฝักสดที่สมบูรณ์ในระยะบริ โภคสด จำนวน 20 ฝัก
ต่อแปลงย่อย

1.12 จำนวนฝักต่อช่อดอก สุ่มนับจำนวนฝักที่เกิดในช่อดอก จำนวน 10 ช่อดอกต่อ
แปลงย่อย

1.13 จำนวนฝักต่อต้น คำนวณจาก จำนวนฝักที่เก็บได้ทั้งหมดหารด้วยจำนวนต้นที่
เก็บเกี่ยว

1.14 ผลผลิตต่อต้น เก็บเกี่ยวฝักสดตามในระบะที่ตลาดต้องการ โดยคำนวณจาก
ผลผลิตทั้งหมดหารด้วยจำนวนต้นทั้งหมด

2. การศึกษาการทำงานของยีน (gene action) ที่ควบคุมลักษณะทางการเกษตร ลักษณะ
ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตโดยวิธีการผสมกลับ (Backcross design)

ตารางที่ 2 การศึกษาการทำงานของยีน (gene action) ในลักษณะหลักและลักษณะรองของ
ถั่วฝักยาว 6 คู่ผสม

ลักษณะหลัก	คู่ผสม
ความหนาใบ จำนวนฝักต่อช่อดอก ความยาวช่อดอก อายุออกดอก	SSK x KM-6
พื้นที่ใบ	KPS-11 x KD #5
ระยะห่างระหว่างช่อดอก	SKG x KD #5
จำนวนช่อดอกต่อต้น	CO8 x KD #5
จำนวนฝักต่อต้น	MXG x LNS
ความยาวฝัก	SKG x LNS

ลักษณะรอง
ความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวต้น น้ำหนักฝัก ผลผลิตต่อต้น

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1. วิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองแบบ RCBD ตามวิธีของสุรพล (2536) ดังนี้

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จากแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ภายใน
บล็อก (Randomized complete block design; RCBD)

Source of variation	Degree of freedom
Replication	r-1
Treatment	t-1
Error	(r-1)(t-1)
Total	tr-1

2. วิเคราะห์แพทโคเอฟเฟกต์เพื่อศึกษาอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของลักษณะทาง
การเกษตร และองค์ประกอบผลผลิตที่มีต่อผลผลิตของถั่วฝักยาว (ชูศักดิ์, 2552) จากสมการ

$$b' = \frac{b(S_x)}{S_y}$$

โดย b คือ ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน

S_x คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรปรวน x

S_y คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรปรวน y

3. การวิเคราะห์ความดีเด่นของลูกผสม (สุทัศน์, 2552)

3.1 การวัดโดยใช้ค่าเฉลี่ยลูกผสมชั่วที่ 1 เทียบกับพ่อหรือแม่ที่แสดงลักษณะนั้นๆ ดีที่สุด

$$\text{Heterobeltiosis (\%)} = \frac{F_1 - H_p}{H_p} \times 100$$

3.2 การวัดโดยใช้ค่าเฉลี่ยลูกผสมชั่วที่ 1 เทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่

$$\text{Heterosis (\%)} = \frac{F_1 - M_p}{M_p} \times 100$$

เมื่อ

F_1 = ค่าเฉลี่ยของลูกผสม

M_p = ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่

H_p = ค่าเฉลี่ยของพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด

4. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนการผสมพันธุ์โดยวิธีผสมกลับ (Backcross design) โดยมีโมเดลทางสถิติ ดังนี้ (Comstock and Robinson 1948)

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + F_j + (LF)_{ij} + E_{ijk}$$

$$i=1, 2; j=1, 2, 3, \dots, n; k=1, 2, 3, \dots, r$$

โดย Y_{ijk} = ค่าสังเกตของลูกที่เกิดจากต้นแม่ที่ i ต้นพ่อที่ j ปลูกในซ้ำที่ k

μ = ค่าเฉลี่ยของประชากร

L_i = อิทธิพลของสายพันธุ์แท้ที่ i

F_j = อิทธิพลของ F_2 ต้นที่ j

$(LF)_{ij}$ = ปฏิกริยาระหว่างสายพันธุ์ i กับต้น F_2 ต้นที่ j

E_{ijk} = ความผันแปรเนื่องจากค่าสังเกตในซ้ำที่ k ของลูกที่เกิดจากต้นพ่อ i และต้นแม่ j

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนการผสมพันธุ์ Backcross design

Source	Df	MS	EMS
Replication	$r-1$		
Inbred line	1		
F_2 parents	$n-1$	M_1	$\sigma^2 + 2r \sigma_m^2$
F_2 parents x Inbred	$n-1$	M_2	$\sigma^2 + r \sigma_{ml}^2$
Error	$(2n-1)(r-1)$	M_3	σ^2

โดย σ_m^2 = ความแปรปรวนของลูกที่เกิดเนื่องจากความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่าง F_2 ที่ใช้เป็นต้นพ่อ

σ_{ml}^2 = ความแปรปรวนของลูกอันเนื่องมาจากปฏิกริยาระหว่าง F_2 กับสายพันธุ์แท้ โดยที่ $\sigma_m^2 = \frac{1}{4} \sigma_A^2$ และ $\sigma_{ml}^2 = \frac{1}{2} \sigma_D^2$

ทั้งนี้เพราะความแปรปรวนระหว่าง F_2 parents เกิดจากการรวมค่าสังเกตของลูกผสมกลับ P_1 และ P_2 ซึ่งเป็น half-sib family จึงทำให้ $\sigma_m^2 = \text{Cov HS} = \frac{1}{4} \sigma_A^2$

ตารางที่ 5 การวัดระดับองศาการข้ามของยีน

Class of dominance	Magnitude of $\tilde{a}$
No dominance	$a = 0$
Partial dominance	$0 < a < 1$
Complete dominance	$a = 1$
Over dominance	$a > 1$

ที่มา: Comstock and Robinson (1948)

5. การวิเคราะห์ค่าอัตราพันธุกรรม (ประดิษฐ์, 2550b)

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P} = \frac{V_A}{V_G + V_E}$$

$$= \frac{V_A}{V_A + V_D + V_I + V_E}$$

เมื่อ

h^2 = อัตราพันธุกรรม

V_A = ความแปรปรวนของยีนที่มีการแสดงออกแบบผลบวกสะสม

V_D = ความแปรปรวนของยีนแบบข่ม

V_I = ความแปรปรวนของยีนข่มข้ามตำแหน่ง

V_E = ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม

สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

แปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ดำเนินการทดลอง ระหว่างเดือนมกราคม 2552 ถึง เดือนเมษายน 2553

ผลและวิจารณ์

การศึกษาที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลักษณะต่างๆ ของตัวฝักยาวสายพันธุ์พ่อแม่ ประชากร ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ

การเปรียบเทียบลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ของสายพันธุ์พ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ ไปยังพันธุ์แม่ (P_1) และพันธุ์พ่อ (P_2) ในลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ ลักษณะความกว้างใบ ความยาวใบ พื้นที่ใบ ความหนาใบ ความยาวช่อดอก ระยะห่างระหว่างช่อดอก ความยาวต้น และวันออกดอก ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ ลักษณะน้ำหนักฝัก ความยาวฝัก จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนฝักต่อช่อดอก จำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้น ให้ผลการทดลอง ดังนี้

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของใบ และความยาวต้น

ค่าเฉลี่ยของลักษณะความกว้างใบ พบว่า สายพันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 4.32-10.90 เซนติเมตร ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 7.55-9.70 เซนติเมตร และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 6.32-10.43 เซนติเมตร ความยาวใบ พบว่า พันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 8.05-15.22 เซนติเมตร ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 11.67-14.55 เซนติเมตร และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 10.90-15.12 เซนติเมตร พื้นที่ใบ พบว่า พันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 23.69-104.21 ตารางเซนติเมตร ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 46.99-85.10 ตารางเซนติเมตร และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 40.77-85.58 ตารางเซนติเมตร ความหนาใบ พบว่า พันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.47-1.49 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.89-1.44 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.64-1.29 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม ความยาวต้น พบว่า สายพันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.66-5.60 เมตร ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 3.80-5.56 เมตร และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 3.01-5.69 เมตร (ตารางที่ 6)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในชั่วรุ่นพ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ โดยลักษณะความ

กว้างใบพันธุ์ 'KPS-11' มีความกว้างใบมากที่สุด คือ 10.90 เซนติเมตร รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(KPS-11 x KD #5)/KPS-11' และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SKG x KD #5)/SKG' มีค่าเท่ากับ 10.43 และ 9.84 เซนติเมตร ความยาวใบ พบว่า ชั่วรุ่นพ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน จึงมีความแปรปรวนต่ำ โดยพันธุ์ 'KPS-11' มีความยาวใบมากที่สุด คือ 15.22 เซนติเมตร รองลงมาคือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(KPS-11 x KD)/KD #5' และ '(CO8 x KD #5)/KD #5' มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.12 และ 14.90 เซนติเมตร พื้นที่ใบ มีความสอดคล้องกับขนาดความกว้าง และความยาวของใบ โดยพันธุ์ 'KPS-11' มีพื้นที่ใบมากที่สุด คือ 104.21 ตารางเซนติเมตร รองลงมาคือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(KPS-11 x KD #5)/KPS-11' และ '(KPS-11 x KD #5)/KD #5' มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85.58 และ 83.40 ตารางเซนติเมตร ความหนาใบ พบว่า พันธุ์ 'KPS-11' มีความหนาใบมากที่สุด คือ 1.49 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับ พันธุ์ 'KD #5' และลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x KD #5' มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.47 และ 1.44 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x LNS' และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SKG x KD #5)/SKG' มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.30 และ 1.29 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม อีกทั้ง พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SSK x KM-6)/KM-6' มีค่าเฉลี่ยลักษณะความกว้างใบ 6.32 เซนติเมตร ความยาวใบ 10.90 เซนติเมตร พื้นที่ใบ 40.77 ตารางเซนติเมตร และความหนาใบ 0.64 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม ต่ำที่สุดในกลุ่มลูกผสม เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการถ่ายทอดพันธุกรรมของพันธุ์ 'KM-6' จากการผสมกลับ โดยค่าเฉลี่ยลักษณะความกว้างใบ 4.32 เซนติเมตร ความยาวใบ 8.05 เซนติเมตร พื้นที่ใบ 23.69 ตารางเซนติเมตร และความหนาใบ 0.47 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม ส่วนลักษณะความยาวด้น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละชั่วรุ่น โดยลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(CO8 x KD #5)/CO8' มีมากที่สุด คือ 5.69 เมตร รองลงมาคือ พันธุ์ 'MXG' และลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'MXG x LNS' มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 5.60 และ 5.56 เมตร ส่วนลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SSK x KM-6)/KM-6' มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 3.01 เมตร และพันธุ์พ่อแม่ พบว่า พันธุ์ 'KM-6' มีต่ำที่สุด คือ 1.66 เมตร

ลักษณะวันออกดอก

ค่าเฉลี่ยของลักษณะวันออกดอก พบว่า พันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 31-48 วัน ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 36-48 วัน และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 35-45 วัน (ตารางที่ 7)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในชั่วรุ่นพ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ โดยประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีแนวโน้มออกดอกเร็วกว่าสายพันธุ์พ่อแม่ โดยพันธุ์ 'KM-6' มีวันออกดอกเร็วที่สุด คือ 31 วัน รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SSK x KM-6)/KM-6' และลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SSK x KM-6' มีวันออกดอก เท่ากับ 35 และ 36 วัน ส่วนพันธุ์ 'KPS-11' และประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'CO8 x KD #5' มีจำนวนวันออกดอกนานที่สุด คือ 48 วัน

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับในลักษณะความกว้างใบ ความยาวใบ พื้นที่ใบ ความหนาใบ และความยาวต้น

พันธุ์	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	พื้นที่ใบ (ตร.ซม)	ความหนา ใบ (g/cm ²)	ความยาว ต้น (เมตร)
CO8	9.25c-f	14.35a-d	72.92d-j	0.99cde	4.47fgh
KD #5	9.33b-f	14.32a-d	71.47g-k	1.47a	4.30fgh
SKG	9.40b-e	14.11a-e	72.43f-k	1.12bcd	3.97hij
LNS	8.60d-h	13.83b-f	72.63e-j	1.18bc	4.32g-j
MXG	8.83c-g	13.55def	72.84d-j	1.14bc	5.60ab
KPS-11	10.90a	15.22a	104.21a	1.49a	5.12a-e
NAN 1	8.24fgh	12.90ef	55.02mn	0.81ef	4.06hij
SSK	8.07ghi	13.86b-f	66.02jkl	1.17bc	4.38ghi
KM-6	4.32k	8.05i	23.69p	0.47g	1.66l
Mean	8.55	13.35	67.92	1.09	4.23
CO8 x KD #5	9.70bcd	14.55a-d	75.36c-j	1.17bc	5.17a-d
SKG x LNS	9.60bcd	14.02a-f	81.75b-f	1.30ab	4.88c-g
MXG x LNS	8.33e-h	13.81b-f	60.56lm	0.83ef	5.56ab
NAN 1 x LNS	8.82c-g	13.93a-f	62.57klm	1.14bc	5.10a-e
KPS-11 x KD #5	8.90c-g	13.65c-f	69.69h-l	1.07b-e	4.86c-g
SKG x KD #5	9.64bcd	14.50a-d	85.10bc	1.44a	4.88c-g
SSK x KM-6	7.55hi	11.67gh	46.99no	0.89def	3.80ij
Mean	8.93	13.73	68.83	1.12	4.89
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	9.65bcd	14.13a-e	81.71b-f	1.05b-e	5.69a
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	9.47bcd	14.90abc	82.63b-e	1.16bc	5.03b-f
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	9.55bcd	14.36a-d	79.03b-h	1.19bc	4.43fgh
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	9.39b-f	14.39a-d	77.91b-i	1.07b-e	4.56d-h
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	9.25b-f	13.90b-f	70.96h-k	1.18bc	5.30abc
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	9.41b-e	13.94a-f	70.64h-k	1.18bc	4.62d-h
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	9.02c-g	13.60c-f	68.73i-l	1.08b-e	4.00hij
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	8.76c-g	14.30a-d	70.90h-k	1.15bc	4.23hij

ตารางที่ 6 (ต่อ)

พันธุ์	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	พื้นที่ใบ (ตร.ซม)	ความหนา ใบ (g/cm ²)	ความยาว ต้น (เมตร)
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 KD #5)/KPS-11	10.43ab	14.82a-d	85.58b	1.26abc	5.17a-d
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	9.51bcd	15.12ab	83.40bc	1.27ab	4.51e-h
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	9.84bc	14.20a-d	82.86bcd	1.29ab	4.11hij
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	9.11c-g	14.30a-d	81.42b-g	1.28ab	5.01b-f
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	7.12ij	12.75fg	49.86n	0.87def	3.71j
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	6.32j	10.90h	40.77o	0.64fg	3.01k
Mean	9.06	13.97	73.31	1.12	4.53
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	5.96	4.29	6.64	10.91	6.49

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบ

โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ลักษณะฐานวิทยาของช่อดอก

ค่าเฉลี่ยของลักษณะความยาวช่อดอก พบว่า พันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 17.46-33.56 เซนติเมตร ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 23.03-36.35 เซนติเมตร และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 18.49-29.91 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างช่อดอก พบว่า พันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 16.60-23.50 เซนติเมตร ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 17.65-20.70 เซนติเมตร และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 17.83-21.51 เซนติเมตร จำนวนช่อดอกต่อต้น พบว่า พันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 11-29 ช่อดอกต่อต้น ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 21-27 ช่อดอกต่อต้น และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 14-25 ช่อดอกต่อต้น (ตารางที่ 7)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในชั่วรุ่นพ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ โดยลักษณะความยาวช่อดอก พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x KD #5' มีความยาวช่อดอกมากที่สุด คือ 36.35 เซนติเมตร รองลงมาคือ พันธุ์ 'KD #5' และลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'CO8 x KD #5' มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.56 และ 33.21 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างช่อดอก พบว่า พันธุ์ 'KD #5' มีระยะห่างระหว่างช่อดอกมากที่สุด คือ 23.50 เซนติเมตร รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SKG x KD #5)/KD #5' และ '(SKG x LNS)/LNS' มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.51 และ 21.40 เซนติเมตร จำนวนช่อดอกต่อต้น พบว่า พันธุ์ 'MXG' มีจำนวนช่อดอกต่อต้นมากที่สุด คือ 29 ช่อดอกต่อต้น รองลงมาคือ พันธุ์ 'CO8' ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'MXG x LNS' และ 'NAN 1 x LNS' มีจำนวนช่อดอกต่อต้นเท่ากัน คือ 27 ช่อดอกต่อต้น อีกทั้ง พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SSK x KM-6)/KM-6' มีค่าเฉลี่ยลักษณะความยาวช่อดอก 18.49 เซนติเมตร และจำนวนช่อดอกต่อต้น 14 ช่อดอกต่อต้น ต่ำที่สุดในกลุ่มพันธุ์ลูกผสม เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากพันธุ์ 'KM-6' จากการผสมกลับ มีค่าเฉลี่ยความยาวช่อดอก 17.46 เซนติเมตร และจำนวนช่อดอกต่อต้น 11 ช่อดอกต่อต้น

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับในลักษณะวันออกดอก ความยาวช่อดอก ระยะห่างระหว่างช่อดอก และจำนวนช่อดอกต่อต้น

พันธุ์	วันออกดอก	ความยาวช่อดอก (เซนติเมตร)	ระยะห่างระหว่าง ช่อดอก (เซนติเมตร)	จำนวนช่อ ดอกต่อต้น
CO8	47ab	22.75ijk	20.25b-e	27ab
KD #5	40fgh	33.56ab	23.50a	18ef
SKG	45abcd	28.31b-h	17.37h	20de
LNS	40fgh	30.41b-e	20.10b-e	21cde
MXG	40fgh	26.54d-i	17.33h	29a
KPS-11	48a	33.13ab	19.22def	24a-e
NAN 1	39gh	20.70jkl	19.70cde	18ef
SSK	43c-f	32.46abc	19.70cde	20de
KM-6	31j	17.46l	16.60h	11g
Mean	41	27.27	19.31	21
CO8 x KD #5	48a	33.21ab	19.68cde	22b-e
SKG x LNS	40fgh	32.34abc	20.32b-e	25a-d
MXG x LNS	36i	31.50a-d	19.96b-e	27ab
NAN 1 x LNS	38hi	31.47a-d	20.70b-e	27ab
KPS-11 x KD #5	40fgh	30.25b-f	17.65gh	21b-e
SKG x KD #5	42d-g	36.35a	19.37def	21cde
SSK x KM-6	36i	23.03h-k	19.04efg	23a-e
Mean	40	31.16	19.53	24
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	44bcd	24.13g-j	20.64b-e	25a-d
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	43c-f	29.91b-f	20.24b-e	21cde
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	42d-g	25.12e-j	20.19b-e	20de
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	43c-f	26.40d-i	21.40bc	20de
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	40fgh	24.03g-j	19.36def	25a-d
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	41e-h	24.91f-j	20.21b-e	23a-e
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	40fgh	22.87ijk	19.68cde	21cde
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	40fgh	25.69e-j	20.30b-e	22b-e

ตารางที่ 7 (ต่อ)

พันธุ์	วันออกดอก	ความยาวช่อดอก (เซนติเมตร)	ระยะห่างระหว่าง ช่อดอก (เซนติเมตร)	จำนวนช่อ ดอกต่อน้ำ
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 KD #5)/KPS-11	44bcd	28.39b-h	20.94bcd	22b-e
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	45abc	28.38b-h	20.75b-e	18ef
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	42d-g	27.38c-i	19.31def	21cde
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	43c-f	29.20b-f	21.51b	20de
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	40fgh	23.62hij	19.97b-e	20de
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	35i	18.49kl	17.83fgh	14fg
Mean	42	25.61	20.17	21
F-test	**	**	**	**
CV (%)	3.74	9.10	3.99	12.69

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่ง มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบ
โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักฝัก พบว่า พันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 15.09-21.28 กรัม ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 18.30-21.46 กรัม และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 17.30-21.65 กรัม ความยาวฝัก พบว่า พันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 41.81-54.86 เซนติเมตร ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 48.55-54.93 เซนติเมตร และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 45.07-56.23 เซนติเมตร จำนวนฝักต่อช่อดอก พบว่า พันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.61-2.35 ฝักต่อช่อดอก ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 1.65-2.45 ฝักต่อช่อดอก และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.29-2.15 ฝักต่อช่อดอก จำนวนฝักต่อต้น พบว่า พันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 6-37 ฝักต่อต้น ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 15-55 ฝักต่อต้น และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 8-31 ฝักต่อต้น ผลผลิตต่อต้น พบว่า พันธุ์พ่อแม่ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.07-0.60 กิโลกรัมต่อต้น ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.32-0.77 กิโลกรัมต่อต้น และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.14-0.49 กิโลกรัมต่อต้น (ตารางที่ 8 และตารางที่ 9)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในชั่วรุ่นพ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ โดยลักษณะน้ำหนักฝัก พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(KPS-11 x KD #5)/KD #5' มีน้ำหนักฝักมากที่สุด คือ 21.65 กรัม รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x KD #5' และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SKG x KD #5)/KD #5' มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 21.46 และ 21.29 กรัม ความยาวฝัก พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(CO8 x KD #5)/KD #5' มีความยาวฝักมากที่สุด คือ 56.23 เซนติเมตร รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(KPS-11 x KD #5)/KD #5' และลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ '(SKG x KD #5)' มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 54.94 และ 54.93 เซนติเมตร เนื่องจาก ได้รับพันธุกรรมของพันธุ์ 'KD #5' จากการผสมกลับ แสดงว่าลูกชั่วที่ 2 ส่วนใหญ่มีฝักยาวมากกว่าฝักสั้น จำนวนฝักต่อช่อดอก พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'MXG x LNS' มีจำนวนฝักต่อช่อดอกมากที่สุด คือ 2.45 ฝักต่อช่อดอก รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x LNS' และพันธุ์ 'SSK' มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2.43 และ 2.35 ฝักต่อช่อดอก ส่วนจำนวนฝักต่อต้น พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'NAN 1 x LNS' มีจำนวนฝักต่อต้นมากที่สุด คือ 55 ฝักต่อต้น รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x LNS' มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 47 ฝัก ส่วนพันธุ์ 'MXG' และลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'MXG x LNS' มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน เท่ากับ 37 ช่อดอกต่อต้น ผลผลิตต่อต้น พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 1

พันธุ์ 'SKG x LNS' มีผลผลิตต่อต้นมากที่สุด คือ 0.77 กิโลกรัมต่อต้น รองลงมา คือ 'NAN 1 x LNS' และ 'SKG x KD #5' มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.71 และ 0.60 กิโลกรัมต่อต้น ส่วนลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SSK x KM-6)/KM-6' มีค่าเฉลี่ยลักษณะจำนวนฝักต่อช่อดอก 1.29 ฝักต่อช่อดอก จำนวนฝักต่อต้น 8 ฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้น 0.14 กิโลกรัมต่อต้น ต่ำที่สุดในกลุ่มลูกผสม เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากพันธุ์ 'KM-6' จากการผสมกลับ มีค่าเฉลี่ยลักษณะจำนวนฝักต่อช่อดอก 1.61 ฝักต่อช่อดอก จำนวนฝักต่อต้น 6 ฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้น 0.07 กิโลกรัมต่อต้น



ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับในลักษณะน้ำหนักฝัก ความยาวฝัก และจำนวนฝักต่อช่อดอก

พันธุ์	น้ำหนักฝัก (กรัม)	ความยาวฝัก (เซนติเมตร)	จำนวนฝักต่อช่อดอก
CO8	17.88ijk	49.23f-i	1.74cde
KD #5	21.28ab	54.86ab	1.71c-f
SKG	19.73c-f	53.05a-d	1.70c-f
LNS	18.32g-k	41.81m	2.00a-e
MXG	18.35g-k	50.17d-h	1.90b-e
KPS-11	20.74abc	52.39b-f	1.74cde
NAN 1	17.71jk	48.73g-j	1.91b-e
SSK	18.58f-j	42.34lm	2.35ab
KM-6	15.09l	51.02c-g	1.61def
Mean	18.63	49.29	1.86
CO8 x KD #5	19.42d-h	51.20c-g	1.94b-e
SKG x LNS	20.44a-d	52.40b-f	2.43a
MXG x LNS	19.25d-h	48.91g-j	2.45a
NAN 1 x LNS	18.52f-k	48.55g-j	2.11a-d
KPS-11 x KD #5	20.27b-e	52.22b-f	1.71c-f
SKG x KD #5	21.46ab	54.93ab	1.92b-e
SSK x KM-6	18.30h-k	50.35d-h	1.65def
Mean	19.67	51.23	2.03
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	19.40d-h	52.65b-e	1.85cde
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	21.08ab	56.23a	1.60def
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	19.58cd-g	49.72e-h	1.96b-e
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	18.73f-j	47.39h-k	2.15abc
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	19.14e-h	50.31d-h	1.76c-f
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	18.42g-k	46.42ijk	1.71c-f
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	18.19h-k	48.75g-j	1.82cde
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	19.02f-i	45.75jk	1.82cde

ตารางที่ 8 (ต่อ)

พันธุ์	น้ำหนักฝัก (กรัม)	ความยาวฝัก (เซนติเมตร)	จำนวนฝักต่อช่อดอก
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 KD #5)/KPS-11	21.04ab	53.99abc	1.80cde
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	21.65a	54.94ab	1.59ef
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	20.96ab	54.44ab	1.87cde
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	21.29ab	55.93a	1.79cde
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	17.30k	45.07kl	1.77c-f
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	17.32k	51.73b-g	1.29f
Mean	19.51	50.95	1.77
F-test	**	**	**
CV (%)	3.03	3.00	11.94

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์
 ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวนั้น มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบ
 โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับในลักษณะจำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้น

พันธุ์	จำนวนฝักต่อต้น	ผลผลิตต่อต้น (กิโลกรัม)
CO8	31cde	0.38d-h
KD #5	12mn	0.22jk
SKG	24f-i	0.40d-h
LNS	18i-l	0.32g-j
MXG	37c	0.60b
KPS-11	22hi	0.44cde
NAN 1	30def	0.53bc
SSK	21h-k	0.40d-h
KM-6	6o	0.07l
Mean	22	0.37
CO8 x KD #5	23ghi	0.43c-g
SKG x LNS	47b	0.77a
MXG x LNS	37c	0.59b
NAN 1 x LNS	55a	0.71a
KPS-11 x KD #5	24ghi	0.35e-i
SKG x KD #5	34ca	0.60b
SSK x KM-6	15lm	0.32f-j
Mean	33	0.54
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	29d-g	0.41c-h
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	20i-l	0.30hij
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	27e-h	0.44c-f
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	22hij	0.38d-h
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	31cde	0.49bcd
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	29d-g	0.41c-h
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	27e-h	0.41d-h
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	23ghi	0.40d-h

ตารางที่ 9 (ต่อ)

พันธุ์	จำนวนฝักต่อต้น	ผลผลิตต่อต้น (กิโลกรัม)
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 KD #5)/KPS-11	21h-k	0.44cde
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	15klm	0.26ij
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	31cde	0.47cde
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	21i-l	0.31g-j
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	16j-m	0.23jk
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	8no	0.14kl
Mean	23	0.36
F-test	**	**
CV (%)	11.31	13.48

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่ง มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบ
โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ลักษณะสีของฝักถั่วฝักยาวในชั่วรุ่นต่างๆ

การเปรียบเทียบสีฝักถั่วฝักยาวจำนวน 6 ชั่วรุ่น ได้แก่ ชั่วรุ่นพ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 ประชากรลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมกลับ BC_1-F_2/P_1 และ BC_1-F_2/P_2 โดยเทียบจากแผนเทียบสีมาตรฐานของ The Royal Horticultural Society ให้ผลการทดลอง ดังนี้

กลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' ชั่วรุ่นพ่อแม่ พันธุ์ 'CO8' (P_1) มีฝักสีเขียวอ่อน จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 145A พันธุ์ 'KD #5' (P_2) มีฝักสีเขียวเข้ม จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 144A ลูกผสมชั่วที่ 1 มีฝักสีเขียว จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 144B ลูกชั่วที่ 2 มีสีฝักตั้งแต่สีเขียวอ่อนจนถึงสีเขียวค่อนข้างเข้ม จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 145A, Yellow-Green Group 144A และ Yellow-Green Group 144 B ส่วนลูกผสมกลับ BC_1-F_2/P_1 มีฝักสีเขียวอ่อน จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 145A และลูกผสมกลับ BC_1-F_2/P_2 มีฝักสีเขียว จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 144B (ภาพผนวกที่ 5)

กลุ่มผสม 'SKG x LNS' ชั่วรุ่นพ่อแม่ พันธุ์ 'SKG' มีฝักสีเขียวเข้ม จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 144A พันธุ์ 'LNS' มีฝักสีเขียว จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 144B ลูกผสมชั่วที่ 1 มีฝักสีเขียวเข้ม จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 144A ลูกชั่วที่ 2 มีฝักสีเขียวอ่อนถึงเขียวค่อนข้างเข้ม จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 145A, Yellow-Green Group 144A และ Yellow-Green Group 144 B ส่วนลูกผสมกลับ BC_1-F_2/P_1 และ BC_1-F_2/P_2 มีฝักสีเขียว จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 144B (ภาพผนวกที่ 6)

กลุ่มผสม MXG x LNS ชั่วรุ่นพ่อแม่ พันธุ์ 'MXG' มีฝักสีเขียวอ่อน จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 145B พันธุ์ 'LNS' มีฝักสีเขียว จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 144B ลูกผสมชั่วที่ 1 มีฝักสีเขียวอ่อนแต่ค่อนข้างมาทางพันธุ์ 'LNS' จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 144D ลูกชั่วที่ 2 มีฝักสีเขียวอ่อนถึงสีเขียว จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 145A และ Yellow-Green Group 144B ส่วนลูกผสมกลับ BC_1-F_2/P_1 และ BC_1-F_2/P_2 มีฝักสีเขียวอ่อน จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 145A (ภาพผนวกที่ 7)

กลุ่มผสม 'NAN 1 x LNS' ชั่วรุ่นพ่อแม่ พันธุ์ 'NAN 1' มีฝักสีม่วง จัดอยู่ในกลุ่ม Purple Group N77A พันธุ์ 'LNS' มีฝักสีเขียว จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 144B ลูกผสมชั่วที่ 1 มี

ฝักสีม่วงอ่อน จัดอยู่ในกลุ่ม Red-Purple Group 59A ลูกชั้วที่ 2 มีฝักสีม่วง ม่วงอ่อน และสีเขียว จัดอยู่ในกลุ่ม Purple Group N77A, Red-Purple Group 59A และ Yellow-Green Group 144B ส่วนลูกผสมกลับ BC_1-F_2/P_1 มีฝักสีม่วง และสีม่วงอ่อน จัดอยู่ในกลุ่ม Purple Group N77A และ Red-Purple Group 59A, Red-Purple Group 59B และลูกผสมกลับ BC_1-F_2/P_2 มีฝักสีม่วงอ่อน และสีเขียว จัดอยู่ในกลุ่ม Red-Purple Group 59A และ Yellow-Green Group 144B (ภาพผนวกที่ 8)

กลุ่มผสม 'KPS-11 x KD #5' และ 'SKG x KD #5' ในชั่วรุ่นพ่อแม่พันธุ์ มีฝักมีสีเขียวค่อนข้างเข้ม จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 145A ดังนั้น ในลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั้วที่ 2 และลูกผสมกลับ BC_1-F_2/P_1 และ BC_1-F_2/P_2 จึงมีฝักสีเขียวเข้มทั้งหมด และจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับพันธุ์พ่อแม่ (ภาพผนวกที่ 9 และภาพผนวกที่ 10)

กลุ่มผสม 'SSK x KM-6' ชั่วรุ่นพ่อแม่ พันธุ์ 'SSK' มีฝักสีเขียว จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 144B พันธุ์ 'KM-6' มีฝักสีเขียวอ่อน จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 145C ลูกผสมชั่วที่ 1 มีฝักสี Yellow-Green Group 145A และลูกชั้วที่ 2 ฝักมีทั้งสีเขียวอ่อนและสีเขียวเข้ม จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 145C, Yellow-Green Group 145B, Yellow-Green Group 144A และ Yellow-Green Group 144B ส่วนลูกผสมกลับ BC_1-F_2/P_1 ฝักมีสีเขียว จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 144B และลูกผสมกลับ BC_1-F_2/P_2 ฝักมีสีเขียวอ่อน จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow-Green Group 145B (ภาพผนวกที่ 10)

ในการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่าสายพันธุ์พ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างกันในแต่ละลักษณะ และในแต่ละชั่วรุ่น เนื่องจากพันธุกรรมของพันธุ์พ่อแม่ และความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน บางลักษณะสายพันธุ์พ่อแม่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าประชากรพันธุ์ลูกผสม เช่น พันธุ์ 'KPS-11' สามารถเจริญเติบโต และปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าสายพันธุ์อื่นๆ โดยมีลักษณะความกว้างใบ ความยาวใบ พื้นที่ใบ ความหนาใบ และสามารถให้ผลผลิตค่อนข้างสูงกว่าพันธุ์ลูกผสม ทั้งนี้เกิดจากลักษณะปรากฏของพืชเกิดจากการแสดงออกร่วมระหว่าง พันธุกรรมและสภาพแวดล้อม โดยพันธุ์ 'KPS-11' เป็นพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกภายใต้สภาพแวดล้อมที่ทำการทดลอง จึงสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าสายพันธุ์อื่นๆ อีกทั้ง ค่าเฉลี่ยของพันธุ์ลูกผสมจะผันแปรกับค่าเฉลี่ยพันธุ์พ่อแม่ โดยค่าเฉลี่ยของลูกผสมอาจสูงหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ แต่มักมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่และแม่ สายพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่าเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ สูงอาจไม่ได้

ลูกผสมที่ดีเสมอไป เนื่องจากความใกล้ชิดทางพันธุกรรมทำให้เกิดความเสื่อมถอยทางพันธุกรรม (Inbreeding depression) ทำให้ฐานพันธุกรรมแคบ ค่าเฉลี่ยของพันธุ์ลูกผสมจึงใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ ส่วนลักษณะที่ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์พ่อแม่ และประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 อาจเป็นผลจากประชากรลูกชั่วที่ 2 ที่ใช้ในการผสมกลับมีการกระจายตัวทางพันธุกรรมสูงสุดทำให้ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 จากการผสมกลับมีพันธุกรรมที่หลากหลายกว่าประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 ที่มีพันธุกรรมเป็นเฮเทอโรไซกัส (heterozygous) เพียงแบบเดียวจึงปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่า โดยเฉพาะช่วงการทดลองที่มีอุณหภูมิสูง และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศค่อนข้างแปรปรวน (ภาพผนวกที่ 1 และภาพผนวกที่ 2) จึงทำให้ลูกผสมชั่วผสมที่ 1 ของประชากรผสมกลับสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่า แต่พบว่าลักษณะต่างๆ ค่อนข้างไม่สม่ำเสมอ เช่น ความยาวฝัก สีฝัก วันออกดอก และผลผลิต ซึ่งเป็นลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และมีผลต่อการวางแผนการผลิต ส่วนประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีแนวโน้มผลผลิตสูงกว่าลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ และพันธุ์พ่อแม่ และมีความสม่ำเสมอของลักษณะต่างๆ มากกว่าลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ ดังนั้น การเลือกใช้ลูกผสมชั่วที่ 1 ควรพิจารณาปัจจัยการผลิตต่างๆ ที่ดี และสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตหรือมีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมท้องถิ่นที่ปลูกได้ดี เพื่อให้พันธุกรรมสามารถแสดงออกได้สูงสุด สุนารี (2549) ศึกษาผลของพันธุ์ร่วมกับรูปแบบการไถ่เกี่ยวแขนงของถั่วฝักยาว พบว่า มีผลต่อจำนวนผลผลิตต่อต้น และผลผลิตต่อไร่ โดยการไถ่เกี่ยวหลักร่วมกับเกี่ยวแขนง 4 แขนงจะให้ผลผลิตต่อต้น ผลผลิตต่อไร่ จำนวนฝักต่อต้น มากที่สุด เนื่องจากมีการสร้างอาหารภายในต้นเพียงพอต่อการเจริญเติบโต ส่วนการไถ่เกี่ยวแขนงมากจะทำให้ผลผลิตเสียหายจากการสะสมของโรคบริเวณดินส่งผลให้ฝักเน่า และงอทำให้ต้นถั่วฝักยาวโทรมเร็ว

อย่างไรก็ตาม ลักษณะที่คัดเลือกมักเกี่ยวข้องกับลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ พันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงควรจะเกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์ที่สามารถปรับตัวได้ดีในพื้นที่นั้นๆ ดังนั้น การคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ ลักษณะที่คัดเลือกมีทั้งลักษณะทางคุณภาพ (qualitative genetic) ซึ่งถูกควบคุมด้วยยีนน้อยคู่ เช่น สีดอก ความต้านทานต่อโรคแมลง ส่วนลักษณะปริมาณ (quantitative genetic) ถูกควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง เช่น ลักษณะผลผลิต ความยาวฝัก น้ำหนักฝัก ดังนั้น ควรมีการจัดจำแนกกลุ่มพันธุ์พ่อแม่เพื่อใช้สำหรับการวางแผนปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การใช้ลักษณะทางพันธุกรรมของพันธุ์พ่อแม่ และการใช้ลักษณะทางสรีรวิทยา โดยเฉพาะการใช้ลักษณะทางสรีรวิทยา ปัจจุบันได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เป็นขั้นตอนสำคัญในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อพันธุกรรมพืช

ช่วยให้นักปรับปรุงพันธุ์เลือกใช้เชื้อพันธุกรรมที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ (Peeters and Martinelli, 1989) การคัดเลือกลักษณะทางการเกษตรที่มีความเฉพาะเจาะจงอาจส่งผลต่อการเลือกเข้าทำลายของโรค แมลง และการการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของพืช กนกอร และคณะ (2553) พบว่า ความยาว และความหนาแน่นขนบนใบ และลำต้นถั่วฝักยาวมีความสัมพันธ์ต่อการเพิ่มจำนวนเพลี้ยอ่อนถั่วฝักยาว ส่วน Miskin *et al.* (1972) พบว่า ใบพืชที่มีจำนวนปากใบน้อย มีขนที่บริเวณใบ และมีใบเคลือบที่ใบ สามารถทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี นอกจากนั้น การคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิตสามารถใช้ลักษณะองค์ประกอบผลผลิตเป็นเกณฑ์สำหรับการคัดเลือก เช่น น้ำหนักฝัก ความยาวฝัก จำนวนช่อดอกต่อต้น ดัชนีการเก็บเกี่ยว จำนวนดอกย่อยต่อช่อ จำนวนต้นต่อพื้นที่ เป็นต้น

การศึกษาที่ 2 การวิเคราะห์แพทโคเอฟฟิเชียนท์ของลักษณะฐานวิทยา ลักษณะทาง การเกษตร และองค์ประกอบผลผลิตต่อผลผลิตถั่วฝักยาว

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ถั่วฝักยาวทำให้ทราบแนวทางเบื้องต้นสำหรับการคัดเลือกเชื้อพันธุ์กรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ ในการปรับปรุงพันธุ์การพิจารณาผลผลิตอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอจึงต้องใช้ลักษณะองค์ประกอบ ผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ มาร่วมพิจารณา Wright (1921) ได้เสนอวิธี Path Coefficient เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลทางตรง (direct effect) และอิทธิพล ทางอ้อม (indirect effect) ต่อผลผลิตผ่านลักษณะอื่นๆ ทำให้ทราบอิทธิพลของลักษณะต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์ต่อผลผลิต โดยลักษณะที่คัดเลือกอาจมีความสัมพันธ์ทางบวกหรือทางลบกับลักษณะ อื่นๆ ซึ่งให้ผลการทดลองดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบกับผลผลิต พบว่า มีอิทธิพลทางตรงค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 0.342 เมื่อวิเคราะห์แพทโคเอฟฟิเชียนท์ พบว่า มีอิทธิพลรวมแบบบวกค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.532 โดยมีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกผ่านทางความยาวต้น ความยาวช่อดอก และวันออกดอก เท่ากับ 1.163 0.573 และ 0.067 ตามลำดับ ส่วนความหนาใบมีอิทธิพลแบบลบต่อผลผลิตค่อนข้าง สูง เท่ากับ -1.613 (ตารางที่ 10) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ พบว่า ลักษณะพื้นที่ใบมี ความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะความหนาใบ ความยาวต้น ความยาวช่อดอก และวันออกดอก ค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.888 0.849 0.752 และ 0.872 ตามลำดับ (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์แพทโคเอฟฟิเชียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของลักษณะ พื้นที่ใบและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ	อิทธิพล
อิทธิพลทางตรงของลักษณะพื้นที่ใบ	0.342
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความหนาใบ	-1.613
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความยาวต้น	1.163
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความยาวช่อดอก	0.573
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางวันออกดอก	0.067
อิทธิพลรวม	0.532

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความหนาใบกับผลผลิต พบว่า มีอิทธิพลทางตรงแบบลบค่อนข้างสูง เท่ากับ -1.817 อาจเป็นไปได้ว่าเมื่อความหนาใบถั่วฝักยาวเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะส่งผลให้ผลผลิตถั่วฝักยาวลดลง เมื่อวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเชียนท์ พบว่า มีอิทธิพลรวมแบบบวก เท่ากับ 0.321 โดยมีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกผ่านทางพื้นที่ใบ ความยาวต้น ความยาวช่อดอก และวันออกดอก เท่ากับ 0.303 1.076 0.707 และ 0.052 ตามลำดับ (ตารางที่ 11) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ พบว่า ลักษณะความหนาใบมีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะพื้นที่ใบ ความยาวต้น ความยาวช่อดอก และวันออกดอกค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.888 0.785 0.928 และ 0.680 ตามลำดับ (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเชียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของลักษณะความหนาใบและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ	อิทธิพล
อิทธิพลทางตรงของลักษณะความหนาใบ	-1.817
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางพื้นที่ใบ	0.303
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความยาวต้น	1.076
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความยาวช่อดอก	0.707
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางวันออกดอก	0.052
อิทธิพลรวม	0.321

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความยาวต้นกับผลผลิต พบว่า มีอิทธิพลทางตรงค่อนข้างสูง เท่ากับ 1.371 เมื่อวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเชียนท์ พบว่า มีอิทธิพลรวมแบบบวกค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.788 โดยมีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกผ่านทางพื้นที่ใบ ความยาวช่อดอก และวันออกดอก เท่ากับ 0.291 0.499 และ 0.054 ตามลำดับ ส่วนความหนาใบมีอิทธิพลทางอ้อมแบบลบต่อผลผลิตค่อนข้างสูง เท่ากับ -1.426 (ตารางที่ 12) ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ พบว่า ลักษณะความยาวต้นมีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะพื้นที่ใบ ความหนาใบ ความยาวช่อดอก และวันออกดอกค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.849 0.785 0.656 และ 0.702 ตามลำดับ (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของลักษณะความยาวต้นและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ	อิทธิพล
อิทธิพลทางตรงของลักษณะความยาวต้น	1.371
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางพื้นที่ใบ	0.290
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความหนาใบ	-1.426
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความยาวช่อดอก	0.499
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางวันออกดอก	0.054
อิทธิพลรวม	0.788

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่อดอกกับผลผลิต พบว่า มีอิทธิพลทางตรงค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.762 เมื่อวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ พบว่า มีอิทธิพลรวมแบบบวกค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 0.247 เนื่องจากมีอิทธิพลทางอ้อมแบบลบผ่านทางความหนาใบ เท่ากับ -1.686 ส่วนลักษณะพื้นที่ใบ ความยาวต้น และวันออกดอก มีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกต่อผลผลิต เท่ากับ 0.257 0.899 และ 0.042 ตามลำดับ (ตารางที่ 13) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ พบว่า ลักษณะความยาวช่อดอกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะพื้นที่ใบ ความหนาใบ ความยาวต้น ความยาวช่อดอก และวันออกดอกค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.752 0.928 0.656 และ 0.546 ตามลำดับ (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของลักษณะความยาวช่อดอกและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ	อิทธิพล
อิทธิพลทางตรงของลักษณะความยาวช่อดอก	0.762
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางพื้นที่ใบ	0.257
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความหนาใบ	-1.686
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความยาวต้น	0.899
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางวันออกดอก	0.042
อิทธิพลรวม	0.247

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวันออกดอกกับผลผลิต พบว่า มีอิทธิพลทางตรงค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 0.077 เมื่อวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ พบว่า มีอิทธิพลรวมค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.518 เนื่องจากมีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกผ่านทางพื้นที่ใบ ความยาวต้น และความยาวช่อดอก เท่ากับ 0.298 0.962 และ 0.416 ตามลำดับ ส่วนความหนาใบมีอิทธิพลทางอ้อมแบบลบต่อผลผลิตค่อนข้างสูง เท่ากับ -1.253 (ตารางที่ 14) ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ พบว่า ลักษณะวันออกดอกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะพื้นที่ใบ ความหนาใบ ความยาวต้น และความยาวช่อดอกค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.872 0.680 0.702 และ 0.546 ตามลำดับ (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของลักษณะวันออกดอกและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ	อิทธิพล
อิทธิพลทางตรงของลักษณะวันออกดอก	0.077
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางพื้นที่ใบ	0.298
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความหนาใบ	-1.235
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความยาวต้น	0.962
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความยาวช่อดอก	0.416
อิทธิพลรวม	0.518

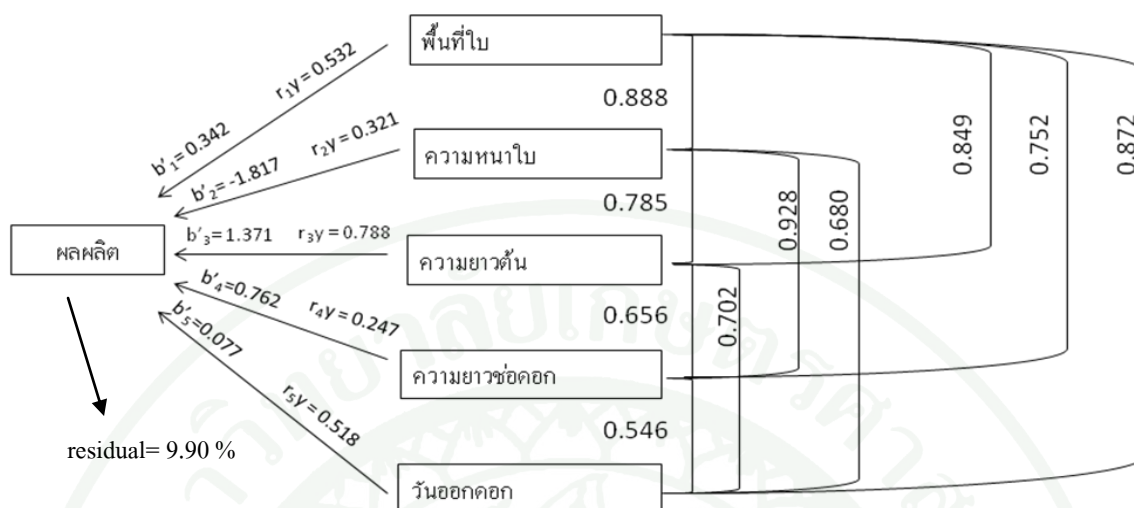
จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของลักษณะทางการเกษตรต่อผลผลิตถั่วฝักยาว พบว่า ลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกต่อผลผลิตถั่วฝักยาว คือ ลักษณะพื้นที่ใบ ความยาวต้น ความยาวช่อดอก และวันออกดอกโดยมีค่าเท่ากับ 0.342 1.371 0.762 และ 0.077 ตามลำดับ (ตารางที่ 15) โดยมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความยาวต้นมากที่สุด รองลงมา คือ ความยาวช่อดอก พื้นที่ใบ และวันออกดอก เท่ากับ 1.094 0.591 0.298 และ 0.058 ตามลำดับ กล่าวคือ เมื่อมีความยาวต้น พื้นที่ใบ ความยาวช่อดอกมากขึ้น และวันออกดอกที่เหมาะสมจะทำให้ผลผลิตถั่วฝักยาวเพิ่มขึ้น ส่วนอิทธิพลรวม พบว่า มีอิทธิพลแบบบวกทุกลักษณะ โดยลักษณะที่มีอิทธิพลรวมมากที่สุด คือ พื้นที่ใบ วันออกดอก ความหนาใบ และความยาวช่อดอก เท่ากับ 0.788 0.532 0.518 0.321 และ 0.247 ตามลำดับ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะมีค่าค่อนข้างสูงอยู่ในช่วง 0.546-0.928 โดยลักษณะความยาวช่อดอก และพื้นที่ใบ มีความสัมพันธ์กับความหนาใบค่อนข้างสูง คือ 0.928 และ 0.888 รองลงมา คือ พื้นที่ใบมีความสัมพันธ์กับลักษณะความยาวต้น ความยาวช่อ

ดอก และวันออกดอก มีค่าเท่ากับ 0.849 0.752 และ 0.872 ตามลำดับ (ภาพที่ 2) ดังนั้น สามารถใช้ ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และลักษณะทางการเกษตร เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิต ถั่วฝักยาวได้ เนื่องจากมีอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกต่อผลผลิตถั่วฝักยาว และยังมีความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะค่อนข้างสูงทำให้การคัดเลือกสามารถทำได้ง่ายยิ่งขึ้น

แม้ว่าลักษณะพื้นที่ใบ และวันออกดอกมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตค่อนข้างต่ำ แต่มีอิทธิพลทางอ้อมผ่านความยาวต้น และความยาวช่อดอกสูง คือ 1.163 และ 0.573 ในลักษณะพื้นที่ใบ และ 0.962 และ 0.416 ในลักษณะวันออกดอก ส่วนลักษณะความหนาใบมีอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมผ่านลักษณะต่างๆ แบบลบต่อผลผลิต (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 อิทธิพลทางตรง (ตัวหนา) และทางอ้อมของสัมประสิทธิ์แพทโคเอฟฟีเซียนท์ของ ลักษณะสัณฐานวิทยา และลักษณะทางการเกษตรต่อผลผลิตถั่วฝักยาว

ลักษณะ	พื้นที่ใบ	ความหนาใบ	ความยาวต้น	ความยาวช่อดอก	วันออกดอก
พื้นที่ใบ	0.342	-1.613	1.163	0.573	0.067
ความหนาใบ	0.303	-1.817	1.076	0.707	0.052
ความยาวต้น	0.290	-1.426	1.371	0.499	0.054
ความยาวช่อดอก	0.257	-1.686	0.899	0.762	0.042
วันออกดอก	0.298	-1.235	0.962	0.416	0.077
เฉลี่ย	0.298	-1.555	1.094	0.591	0.058



ภาพที่ 2 เส้นทางความสัมพันธ์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของลักษณะพื้นฐานวิทยา และลักษณะทางการเกษตรต่อผลผลิตถั่วฝักยาว

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะน้ำหนักรากกับผลผลิต พบว่า มีอิทธิพลทางตรงค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.629 เมื่อวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ พบว่า มีอิทธิพลรวมแบบบวกค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 0.277 เนื่องจากมีอิทธิพลทางอ้อมแบบลบผ่านทางความยาวฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก และจำนวนช่อดอกต่อต้น เท่ากับ -0.128 -0.151 และ -0.219 ตามลำดับ กล่าวคือ ลักษณะน้ำหนักรากจะแปรผันในทางตรงข้ามกับลักษณะความยาวฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก และจำนวนช่อดอกต่อต้น ส่วนจำนวนฝักต่อต้นมีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกต่อผลผลิต เท่ากับ 0.146 (ตารางที่ 16) ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ พบว่า ลักษณะน้ำหนักรากมีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะความยาวฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก จำนวนช่อดอกต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้น เท่ากับ 0.338 0.529 0.374 และ 0.109 ตามลำดับ (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์แพทโคเอฟฟิเชียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของลักษณะ น้ำหนักฝักและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ	อิทธิพล
อิทธิพลทางตรงของลักษณะน้ำหนักฝัก	0.629
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางความยาวฝัก	-0.128
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางเส้นผ่านศูนย์กลางฝัก	-0.151
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางจำนวนช่อดอกต่อต้น	-0.219
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางจำนวนฝักต่อต้น	0.146
อิทธิพลรวม	0.277

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะความยาวฝักกับผลผลิต พบว่า มีอิทธิพลทางตรงแบบลบ เท่ากับ -0.380 เมื่อวิเคราะห์แพทโคเอฟฟิเชียนท์ พบว่า มีอิทธิพลรวมแบบลบ เท่ากับ -0.132 เนื่องจากมีอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมแบบลบผ่านทางความยาวฝัก และจำนวนฝักต่อต้น เท่ากับ -0.380 และ -0.114 ส่วนน้ำหนักฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก จำนวนช่อดอกต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้นมีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกต่อผลผลิตค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 0.212 0.118 และ 0.032 ตามลำดับ (ตารางที่ 17) ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ พบว่า ลักษณะความยาวฝักมีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะน้ำหนักฝัก เท่ากับ 0.338 แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางฝัก จำนวนช่อดอกต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้น เท่ากับ -0.414 -0.055 และ 0.085 ตามลำดับ (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์แพทโคเอฟฟิเชียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของลักษณะ ความยาวฝักและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ	อิทธิพล
อิทธิพลทางตรงของลักษณะความยาวฝัก	-0.380
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางน้ำหนักฝัก	0.212
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางเส้นผ่านศูนย์กลางฝัก	0.118
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางจำนวนช่อดอกต่อต้น	0.032
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางจำนวนฝักต่อต้น	-0.114
อิทธิพลรวม	-0.132

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางฝักกับผลผลิต พบว่า มีอิทธิพลทางตรงแบบลบ เท่ากับ -0.268 เมื่อวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ พบว่า มีอิทธิพลรวมแบบบวก เท่ากับ 0.271 เนื่องจากมีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกผ่านทางน้ำหนักฝัก ความยาวฝัก และจำนวนฝักต่อต้น เท่ากับ 0.332 0.157 และ 0.136 ตามลำดับ ส่วนจำนวนช่อดอกต่อต้นมีอิทธิพลทางอ้อมแบบลบต่อผลผลิต เท่ากับ -0.068 (ตารางที่ 18) ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ พบว่า ลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางฝักมีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักฝัก จำนวนช่อดอกต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้น เท่ากับ 0.529 0.117 และ 0.102 ตามลำดับ แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับลักษณะความยาวฝัก เท่ากับ -0.414 (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางฝักและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ	อิทธิพล
อิทธิพลทางตรงของลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางฝัก	-0.268
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางน้ำหนักฝัก	0.332
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความยาวฝัก	0.157
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางจำนวนช่อดอกต่อต้น	-0.068
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางจำนวนฝักต่อต้น	0.136
อิทธิพลรวม	0.271

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะจำนวนช่อดอกต่อต้นกับผลผลิตมีอิทธิพลทางตรงแบบลบค่อนข้างสูง เท่ากับ -0.588 แสดงว่าเมื่อจำนวนช่อดอกต่อต้นเพิ่มขึ้นจะไม่ทำให้ผลผลิตถั่วฝักยาวเพิ่มมากขึ้น เมื่อวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ พบว่า มีอิทธิพลรวมแบบบวกค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.759 เนื่องจากมีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกผ่านทางน้ำหนักฝัก ความยาวฝัก และจำนวนฝักต่อต้น เท่ากับ 0.235 0.029 และ 1.116 ตามลำดับ ส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางฝักมีอิทธิพลทางอ้อมแบบลบต่อผลผลิต เท่ากับ -0.033 (ตารางที่ 19) ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ พบว่า มีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก และจำนวนฝักต่อต้น เท่ากับ 0.374 0.117 และ 0.832 ตามลำดับ แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับความยาวฝัก เท่ากับ -0.055 (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเชียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของลักษณะ
จำนวนช่อดอกต่อต้นและลักษณะต่างๆ กับผลผลิตถั่วฝักยาว

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ	อิทธิพล
อิทธิพลทางตรงของลักษณะจำนวนช่อดอกต่อต้น	-0.588
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางน้ำหนักฝัก	0.235
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความยาวฝัก	0.029
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางเส้นผ่านศูนย์กลางฝัก	-0.033
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางจำนวนฝักต่อต้น	1.116
อิทธิพลรวม	0.759

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะจำนวนฝักต่อต้นกับผลผลิต พบว่า มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกสูง เท่ากับ 1.342 เมื่อวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเชียนท์ พบว่า มีอิทธิพลรวมแบบบวกค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.942 เนื่องจากมีอิทธิพลทางตรงค่อนข้างสูงจึงสามารถใช้จำนวนฝักต่อต้นเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกผลผลิตถั่วฝักยาวได้โดยตรง และยังมีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกผ่านทางน้ำหนักฝัก และความยาวฝัก เท่ากับ 0.068 และ 0.032 (ตารางที่ 20) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ พบว่า มีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก และจำนวนช่อดอกต่อต้น เท่ากับ 0.109 0.102 และ 0.832 ตามลำดับ แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับความยาวฝัก เท่ากับ -0.085 แสดงว่าเมื่อผลผลิตต่อต้นมากขึ้นอาจจะมีผลให้ความยาวฝักสั้นลง (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเชียนท์ของความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมของลักษณะ
จำนวนฝักต่อต้นและลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิตถั่วฝักยาว

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ	อิทธิพล
อิทธิพลทางตรงของลักษณะจำนวนฝักต่อต้น	1.342
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางน้ำหนักฝัก	0.068
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความยาวฝัก	0.032
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางเส้นผ่านศูนย์กลางฝัก	-0.029
อิทธิพลทางอ้อมผ่านทางจำนวนช่อดอกต่อต้น	-0.489
อิทธิพลรวม	0.924

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ขององค์ประกอบผลผลิตต่อผลผลิต ถั่วฝักยาว พบว่า ลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกต่อผลผลิต คือ ลักษณะน้ำหนักฝัก และจำนวนฝักต่อต้น เท่ากับ 0.629 และ 1.342 โดยมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางน้ำหนักฝัก และจำนวนฝักต่อต้นเท่ากับ 0.295 และ 0.525 (ตารางที่ 21) และอิทธิพลทางอ้อมผ่านลักษณะต่างๆ ดังแสดงว่าสามารถใช้ลักษณะน้ำหนักฝัก และจำนวนฝักต่อต้นเป็นเกณฑ์การคัดเลือกได้ ส่วนอิทธิพลรวมพบว่า มีอิทธิพลรวมแบบบวกในลักษณะน้ำหนักฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก จำนวนช่อดอกต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้นเท่ากับ 0.277 0.271 0.759 และ 0.924 ตามลำดับ สำหรับลักษณะความยาวฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก และจำนวนช่อดอกต่อต้นมีอิทธิพลทางตรงแบบลบต่อผลผลิต แต่มีอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางน้ำหนักฝัก และจำนวนฝักต่อต้นค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.295 และ 0.525 (ตารางที่ 21) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ พบว่า ลักษณะจำนวนช่อดอกต่อต้นมีความสัมพันธ์กับลักษณะจำนวนฝักต่อต้นค่อนข้างสูง คือ 0.832 และลักษณะน้ำหนักฝักมีความสัมพันธ์กับลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางฝัก จำนวนช่อดอกต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้น เท่ากับ 0.529 0.374 และ 0.109 ตามลำดับ (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 21 อิทธิพลทางตรง (ตัวหนา) และทางอ้อมของสัมประสิทธิ์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตต่อผลผลิตถั่วฝักยาว

ลักษณะ	น้ำหนักฝัก	ความยาวฝัก	เส้นผ่าน ศูนย์กลางฝัก	จำนวนช่อ ดอกต่อต้น	จำนวน ฝักต่อต้น
น้ำหนักฝัก	0.629	-0.128	-0.151	-0.219	0.146
ความยาวฝัก	0.212	-0.380	0.118	0.032	-0.114
เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก	0.332	0.157	-0.286	-0.068	0.136
จำนวนช่อดอกต่อต้น	0.235	0.029	-0.033	-0.588	1.116
จำนวนฝักต่อต้น	0.068	0.032	-0.029	-0.489	1.342
เฉลี่ย	0.295	-0.058	-0.076	-0.266	0.525



ภาพที่ 3 เส้นทางความสัมพันธ์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตต่อผลผลิต
ถั่วฝักยาว

การศึกษาที่ 3 ความดีเด่นของลูกผสม

การศึกษาความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (heterosis) และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ (heterobeltiosis) เป็นค่าที่จะแสดงออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ สามารถมีค่าความดีเด่นทั้งค่าบวก และค่าลบ โดยค่าความดีเด่นเป็นบวก หมายถึง ลูกผสมมีความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และค่าลบ หมายถึง ลูกผสมไม่มีความดีเด่นกว่าพ่อแม่ ซึ่งลักษณะที่มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่สูงอาจมีค่าเฉลี่ยของลักษณะต่ำกว่าบางกลุ่มผสมที่มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ต่ำกว่า ซึ่งให้ผลการทดลอง ดังนี้

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของใบ ความยาวต้น และวันออกดอก

ความกว้างใบ พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (heterosis, %H) มีค่าอยู่ในช่วง -12.06 ถึง 21.91 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ในช่วง -6.01 ถึง 14.91 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 22) โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SSK x KM-6' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SSK x KM-6)/SSK' และพันธุ์ '(MXG x LNS)/ LNS' มีค่าเท่ากับ 21.91 14.91 และ 7.94 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความกว้างใบ เท่ากับ 7.55 7.12 และ 9.41 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ (heterobeltiosis, %HB) พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -18.35 ถึง 2.86 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ในช่วง -21.73 ถึง 6.53 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(MXG x LNS)/LNS' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ '(NAN 1 x LNS)/NAN 1' และ พันธุ์ '(MXG x LNS)/MXG' มีค่าเท่ากับ 6.53 4.88 และ 4.76 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.41 9.02 และ 9.25 เซนติเมตร ตามลำดับ

ความยาวใบ พบว่า ให้ผลสอดคล้องกับลักษณะความกว้างใบ โดยประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -1.49 ถึง 6.58 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ในช่วง -1.43 ถึง 16.22 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 23) โดยลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SSK x KM-6)/SSK' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(NAN 1 x LNS)/LNS' และลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SSK x KM-6' มีค่าเท่ากับ 16.22 6.77 และ 6.58 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.73 14.27 และ 11.67 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -15.80 ถึง 6.34 เปอร์เซ็นต์

และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -21.50 ถึง 3.83 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'CO8 x KD #5' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(CO8 x KD #5)/KD #5' และพันธุ์ '(NAN 1 x LNS)/LNS' มีค่าเท่ากับ 6.34 3.83 และ 3.18 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.26 14.90 และ 14.27 เซนติเมตร ตามลำดับ

พื้นที่ใบ พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -19.50 ถึง 18.28 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ในช่วง -9.11 ถึง 16.51 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 24) โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x KD #5' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(CO8 x KD #5)/KD#5' และพันธุ์ '(CO8 x KD #5)/CO8' มีค่าเท่ากับ 18.28 16.51 และ 15.21 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85.10 82.63 และ 81.71 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -33.13 ถึง 17.49 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ในช่วง -38.25 ถึง 14.40 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x KD #5' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SKG x KD #5)/SKG' และพันธุ์ '(CO8 x KD #5)/KD #5' มีค่าเท่ากับ 17.49 14.40 และ 13.32 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85.10 82.86 และ 82.63 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

ความหนาใบ พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -28.48 ถึง 14.57 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ในช่วง -21.24 ถึง 15.08 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 25) โดยลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(NAN 1 x LNS)/LNS' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมาคือลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'NAN 1 x LNS' และพันธุ์ 'SKG x LNS' มีค่าเท่ากับ 15.08 14.57 และ 13.04 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.15 1.14 และ 1.30 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -29.66 ถึง 10.17 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ในช่วง -44.80 ถึง 0.91 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเพียง 3 คู่ผสมที่แสดงความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ ได้แก่ ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x LNS' แสดงความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SKG x LNS)/SKG' และพันธุ์ '(MXG x LNS)/LNS' เท่ากับ 10.17 0.91 และ 0.21 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.30 1.19 และ 1.18 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม ตามลำดับ

ความยาวต้น พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 3.15 ถึง 25.83 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ในช่วง -6.93 ถึง 29.65 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 26) โดยลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(CO8 x KD #5)/CO8' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SSK x KM-6' และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SSK x KM-6)/SSK' มีค่าเท่ากับ 29.65 25.83 และ 22.99 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.69 3.80 และ 3.71 เมตร ตามลำดับ ส่วนความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -13.24 ถึง 18.05 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ในช่วง -31.38 ถึง 27.33 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(CO8 x KD #5)/CO8' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'NAN 1 x LNS' และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SKG x KD #5)/KD #5' มีค่าเท่ากับ 27.33 18.05 และ 16.52 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.96 5.10 และ 5.01 เมตร ตามลำดับ

ในลักษณะวันออกดอก พบว่าประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 ที่มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสมติดลบ แสดงว่าลูกผสมสามารถออกดอกได้เร็วกว่าสายพันธุ์พ่อแม่ โดยประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -10.00 ถึง 10.34 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ในช่วง -5.41 ถึง 8.11 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 27) โดยประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีแนวโน้มออกดอกเร็วกว่าสายพันธุ์พ่อแม่ ยกเว้น ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'CO8 x KD #5' โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'MXG x LNS' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด เท่ากับ -10.00 เปอร์เซ็นต์ มีวันออกดอกเฉลี่ย เท่ากับ 36 วัน รองลงมา คือ พันธุ์ 'KPS-11 x KD #5' และพันธุ์ 'SKG x LNS' มีค่าเท่ากับ -9.09 และ -5.88 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนวันออกดอกเท่ากัน คือ 40 วัน ส่วนความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ พบว่าประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -16.28 ถึง 2.13 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมกลับชั่วที่ 1 ของประชากร BC₁-F₂ มีค่าอยู่ในช่วง -18.60 ถึง 2.50 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SSK x KM-6)/KM-6' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'KPS-11 x KD #5' และพันธุ์ 'SSK x KM-6' มีค่าเท่ากับ -18.60 -16.67 และ 16.28 เปอร์เซ็นต์ จำนวนวันออกดอกเท่ากับ 35 40 และ 36 วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 22 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะความกว้างใบ

กลุ่มผสม	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)				Heterosis	Heterobeltiosis
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	9.25	9.33	9.29	9.70	4.36	2.86
SKG x LNS	9.40	8.60	9.00	9.60	6.67	2.08
MXG x LNS	8.83	8.60	8.72	8.30	-4.76	-6.00
NAN 1 x LNS	8.24	8.60	8.42	8.82	4.75	2.55
KPS-11 x KD #5	10.90	9.33	10.12	8.90	-12.06	-18.35
SKG x KD #5	9.40	8.90	9.15	9.64	5.36	2.55
SSK x KM-6	8.07	4.32	6.19	7.55	21.91	-6.44
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	9.25	9.33	9.29	9.65	3.84	3.39
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	9.25	9.33	9.29	9.47	1.94	1.50
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	9.40	8.60	9.00	9.55	6.11	1.60
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	9.40	8.60	9.00	9.39	4.30	-0.14
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	8.83	8.60	8.72	9.25	6.14	4.76
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	8.83	8.60	8.72	9.41	7.94	6.53
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	8.24	8.60	8.42	9.02	7.13	4.88
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	8.24	8.60	8.42	8.76	4.08	1.90
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	10.90	9.33	10.12	10.43	3.11	-4.31
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	10.90	9.33	10.12	9.51	-6.01	-12.78
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	9.40	8.90	9.15	9.84	7.50	4.65
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	9.40	8.90	9.15	9.11	-0.47	-3.12
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	8.07	4.32	6.19	7.12	14.91	-11.81
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	8.07	4.32	6.19	6.32	1.99	-21.73

ตารางที่ 23 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะความยาวใบ

กลุ่มผสม	ความยาวใบ (เซนติเมตร)				Heterosis	Heterobeltiosis
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	14.35	14.32	14.34	15.26	6.45	6.34
SKG x LNS	14.11	13.83	13.97	14.02	0.36	-0.63
MXG x LNS	13.55	13.83	13.69	13.81	0.88	-0.14
NAN 1 x LNS	12.90	13.83	13.37	13.93	4.23	0.72
KPS-11 x KD #5	15.22	14.32	14.77	14.55	-1.49	-4.40
SKG x KD #5	14.11	14.32	14.22	14.50	2.00	1.26
SSK x KM-6	13.86	8.05	10.95	11.67	6.58	-15.80
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	14.35	14.32	14.34	14.13	-1.43	-1.53
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	14.35	14.32	14.34	14.90	3.94	3.83
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	14.11	13.83	13.97	14.36	2.77	1.75
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	14.11	13.83	13.97	14.39	3.03	2.01
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	13.55	13.83	13.69	13.90	1.51	0.48
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	13.55	13.83	13.69	13.94	1.85	0.82
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	12.90	13.83	13.37	13.62	1.93	-1.49
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	12.90	13.83	13.37	14.27	6.77	3.18
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	15.22	14.32	14.77	14.82	0.32	-2.65
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	15.22	14.32	14.77	15.12	2.37	-0.66
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	14.11	14.32	14.22	14.20	-0.13	-0.86
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	14.11	14.32	14.22	14.32	0.74	0.00
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	13.86	8.05	10.95	12.73	16.22	-8.15
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	13.86	8.05	10.95	10.88	-0.67	-21.50

ตารางที่ 24 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะพื้นที่ใบ

กลุ่มผสม	พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)				Heterosis	Heterobeltiosis
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	72.92	68.92	70.92	75.36	6.26	3.35
SKG x LNS	72.43	72.63	72.53	81.75	12.71	12.56
MXG x LNS	72.84	72.63	72.74	60.56	-16.74	-16.86
NAN 1 x LNS	55.02	72.63	63.83	62.57	-1.97	-13.85
KPS-11 x KD #5	104.21	68.92	86.57	69.69	-19.50	-33.13
SKG x KD #5	72.43	71.47	71.95	85.10	18.28	17.49
SSK x KM-6	66.02	23.69	44.86	46.99	4.76	-28.82
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	72.92	68.92	70.92	81.71	15.21	12.05
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	72.92	68.92	70.92	82.63	16.51	13.32
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	72.43	72.63	72.53	79.03	8.97	8.82
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	72.43	72.63	72.53	77.91	7.42	7.27
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	72.84	72.63	72.74	70.96	7.69	-5.37
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	72.84	72.63	72.74	70.64	11.09	-2.38
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	55.02	72.63	63.83	68.73	7.69	-5.37
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	55.02	72.63	63.83	70.90	11.09	-2.38
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	104.21	68.92	86.57	85.58	-1.14	-17.88
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	104.21	68.92	86.57	83.40	-3.65	-19.97
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	72.43	71.47	71.95	82.86	15.16	14.40
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	72.43	71.47	71.95	81.42	13.16	12.41
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	66.02	23.69	44.86	49.86	11.15	-24.49
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	66.02	23.69	44.86	40.77	-9.11	-38.25

ตารางที่ 25 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะความหนาใบ

คู่ผสม	ความหนาใบ				Heterosis	Heterobeltiosis
	(ตารางเซนติเมตรต่อกรัม)					
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	0.99	1.48	1.24	1.17	-5.36	-20.94
SKG x LNS	1.12	1.18	1.15	1.30	13.04	10.17
MXG x LNS	1.14	1.18	1.16	0.83	-28.48	-29.66
NAN 1 x LNS	0.81	1.18	1.00	1.14	14.57	-3.39
KPS-11 x KD #5	1.49	1.48	1.49	1.07	-28.28	-28.19
SKG x KD #5	1.12	1.47	1.30	1.44	11.20	-2.04
SSK x KM-6	1.17	0.47	0.82	0.89	9.21	-2.04
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	0.99	1.48	1.24	1.17	-15.14	-29.19
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	0.99	1.48	1.24	1.17	-6.15	-21.69
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	1.12	1.18	1.15	1.19	3.54	0.91
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	1.12	1.18	1.15	1.07	-6.96	-9.32
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	1.14	1.18	1.16	1.18	1.59	-0.13
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	1.14	1.18	1.16	1.18	1.94	0.21
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	0.81	1.18	1.00	1.08	8.14	-8.81
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	0.81	1.18	1.00	1.15	15.08	-2.97
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	1.49	1.48	1.49	1.26	-15.44	-15.72
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	1.49	1.48	1.49	1.27	-14.46	-14.75
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	1.12	1.47	1.30	1.29	-0.21	-12.09
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	1.12	1.47	1.30	1.28	-1.35	-13.10
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	1.17	0.47	0.82	0.87	6.52	-25.34
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	1.17	0.47	0.82	0.64	-21.24	-44.80

ตารางที่ 26 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะความยาวต้น

กลุ่มผสม	ความยาวต้น (เมตร)				Heterosis	Heterobeltiosis
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	4.47	4.31	4.39	5.17	17.65	15.66
SKG x LNS	3.97	4.32	4.15	4.88	17.73	12.96
MXG x LNS	5.60	4.32	4.96	5.56	12.10	-0.71
NAN 1 x LNS	4.06	4.32	4.19	5.10	21.72	18.05
KPS-11 x KD #5	5.12	4.31	4.72	4.86	3.15	-5.07
SKG x KD #5	3.97	4.30	4.14	4.88	18.02	13.48
SSK x KM-6	4.38	1.66	3.02	3.80	25.83	-13.24
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	4.47	4.31	4.39	5.69	29.65	27.33
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	4.47	4.31	4.39	5.03	14.45	12.40
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	3.97	4.32	4.15	4.43	6.92	2.59
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	3.97	4.32	4.15	4.56	10.05	14.90
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	5.60	4.32	4.96	5.30	6.93	-5.29
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	5.60	4.32	4.96	4.62	-6.93	-17.57
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	4.06	4.32	4.19	4.00	-4.62	-7.49
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	4.06	4.32	4.19	4.23	0.93	-2.11
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	5.12	4.31	4.72	5.17	9.53	0.88
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	5.12	4.31	4.72	4.51	-4.44	-11.98
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	3.97	4.30	4.14	4.11	-0.68	-4.49
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	3.97	4.30	4.14	5.01	21.17	16.52
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	4.38	1.66	3.02	3.71	22.99	-15.20
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	4.38	1.66	3.02	3.01	-0.48	-31.38

ตารางที่ 27 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อแม่หรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะวันออกดอก

คู่ผสม	วันออกดอก				Heterosis	Heterobeltiosis
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	47.00	40.00	43.50	48.00	10.34	2.13
SKG x LNS	45.00	40.00	42.50	40.00	-5.88	-11.11
MXG x LNS	40.00	40.00	40.00	36.00	-10.00	-10.00
NAN 1 x LNS	39.00	40.00	39.50	38.00	-3.80	-5.00
KPS-11 x KD #5	48.00	40.00	44.00	40.00	-9.09	-16.67
SKG x KD #5	45.00	40.00	42.50	42.00	-1.18	-6.67
SSK x KM-6	43.00	31.00	37.00	36.00	-2.70	-16.28
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	47.00	40.00	43.50	44.00	1.15	-6.38
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	47.00	40.00	43.50	43.00	-1.15	-8.51
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	45.00	40.00	42.50	42.00	-1.18	-6.67
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	45.00	40.00	42.50	43.00	1.18	-4.44
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	40.00	40.00	40.00	40.00	0.00	0.00
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	40.00	40.00	40.00	41.00	2.50	2.50
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	39.00	40.00	39.50	40.00	1.27	0.00
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	39.00	40.00	39.50	40.00	1.27	0.00
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	48.00	40.00	44.00	44.00	0.00	-8.33
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	48.00	40.00	44.00	45.00	2.27	-6.25
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	45.00	40.00	42.50	42.00	-1.18	-6.67
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	45.00	40.00	42.50	43.00	1.18	-4.44
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	43.00	31.00	37.00	40.00	8.11	-6.98
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	43.00	31.00	37.00	35.00	-5.41	-18.60

ลักษณะฐานวิทยาของช่อดอก

ความยาวช่อดอก พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -9.27 ถึง 23.17 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -25.93 ถึง 6.22 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 28) โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'NAN 1 x LNS' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา คือ พันธุ์ 'SKG x KD #5' และพันธุ์ 'CO8 x KD #5' มีค่าเท่ากับ 23.17 18.25 และ 17.95 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.47 36.35 และ 33.21 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ พบว่า มีเพียงประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 แสดงความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ และไม่พบความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ในลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ โดยประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -29.05 ถึง 8.31 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ในช่วง -43.05 ถึง -10.87 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x KD #5' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x LNS' และพันธุ์ 'MXG x LNS' มีค่าเท่ากับ 8.31 6.35 และ 3.58 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.35 32.34 และ 31.50 เซนติเมตร ตามลำดับ

ระยะห่างระหว่างช่อดอก พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -17.37 ถึง 9.19 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ในช่วง -7.49 ถึง 14.97 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 29) โดยลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SKG x LNS)/LNS' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา คือ พันธุ์ '(SSK x KM-6)/SSK' และลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x LNS' มีค่าเท่ากับ 14.97 10.01 และ 9.19 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.40 19.97 และ 20.32 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -24.89 ถึง 2.98 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -17.83 ถึง 6.44 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SKG x LNS)/LNS' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'NAN 1 x LNS' และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SSK x KM-6)/SSK' มีค่าเท่ากับ 6.44 2.98 และ 1.36 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.40 20.70 และ 19.97 เซนติเมตร ตามลำดับ

จำนวนช่อดอกต่อต้น พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 ส่วนใหญ่มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ ยกเว้นพันธุ์ 'CO8 x KD #5' โดยมีค่าอยู่ในช่วง -1.75 ถึง 50.46 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -13.85 ถึง 29.08 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 30) โดยลูกผสมชั่วที่ 1

พันธุ์ 'SSK x KM-6' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา คือ พันธุ์ 'NAN 1 x LNS' และ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SSK x KM-6)/SSK' มีค่าเท่ากับ 50.46 39.70 และ 29.08 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 23 27 และ 20 ช่อดอกต่อต้น ตามลำดับ ส่วนความดีเด่นเหนือ พ่อหรือแม่ พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -16.98 ถึง 29.86 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ มีค่าอยู่ในช่วง -28.11 ถึง 21.01 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'NAN 1 x LNS' แสดงความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของ ประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(MXG x LNS)/MXG' และลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x LNS' มีจำนวน ช่อดอกต่อต้นเท่ากัน มีค่าเท่ากับ 29.86 21.01 และ 19.36 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 27 และ 25 ช่อดอกต่อต้น

ตารางที่ 28 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะความยาวช่อดอก

คู่ผสม	ความยาวช่อดอก (เซนติเมตร)				Heterosis	Heterobeltiosis
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	22.75	33.56	28.16	33.21	17.95	-1.04
SKG x LNS	28.31	30.41	29.17	32.34	10.87	6.35
MXG x LNS	26.54	30.41	28.63	31.50	10.02	3.58
NAN 1 x LNS	20.70	30.41	25.55	31.47	23.17	3.49
KPS-11 x KD #5	33.13	33.56	33.34	30.25	-9.27	-9.86
SKG x KD #5	28.31	33.56	30.74	36.35	18.25	8.31
SSK x KM-6	32.46	17.46	24.96	23.03	-7.73	-29.05
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	22.75	33.56	28.16	24.13	-14.30	-28.09
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	22.75	33.56	28.16	29.91	6.22	-10.87
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	28.31	30.41	29.17	25.12	-13.90	-17.41
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	28.31	30.41	29.17	26.40	-9.49	-13.18
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	26.54	30.41	28.63	24.03	-16.06	-20.98
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	26.54	30.41	28.63	24.91	-13.01	-18.10
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	20.70	30.41	25.55	22.87	-10.49	-24.79
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	20.70	30.41	25.55	25.69	0.54	-15.53
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	33.13	33.56	33.34	28.39	-14.86	-15.41
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	33.13	33.56	33.34	28.38	-14.87	-15.42
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	28.31	33.56	30.74	27.38	-10.92	-18.41
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	28.31	33.56	30.74	29.20	-5.02	-13.00
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	32.46	17.46	24.96	23.62	-5.37	-27.24
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	32.46	17.46	24.96	18.49	-25.93	-43.05

ตารางที่ 29 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะระยะห่างระหว่างข้อดอก

คู่ผสม	ระยะห่างระหว่างข้อดอก				Heterosis	Heterobeltiosis
	(เซนติเมตร)					
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	20.25	23.50	21.88	19.68	-10.04	-16.26
SKG x LNS	17.12	20.10	18.61	20.32	9.19	1.09
MXG x LNS	17.33	20.10	18.72	19.96	6.65	-0.70
NAN 1 x LNS	19.70	20.10	19.90	20.70	4.02	2.98
KPS-11 x KD #5	19.22	23.50	21.36	17.65	-17.37	-24.89
SKG x KD #5	17.12	23.50	20.31	19.37	-4.63	-17.57
SSK x KM-6	19.70	16.60	18.15	19.33	6.50	-1.87
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	20.25	23.50	21.88	20.64	-5.67	-12.19
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	20.25	23.50	21.88	20.24	-7.49	-13.88
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	17.12	20.10	18.61	20.19	8.48	0.44
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	17.12	20.10	18.61	21.40	14.97	6.44
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	17.33	20.10	18.72	19.36	-1.09	-2.08
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	17.33	20.10	18.72	20.21	2.01	1.00
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	19.70	20.10	19.90	19.68	-1.09	-2.08
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	19.70	20.10	19.90	20.30	2.01	1.00
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	19.22	23.50	21.36	20.94	-1.99	-10.91
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	19.22	23.50	21.36	20.75	-2.84	-11.69
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	17.12	23.50	20.31	19.31	-4.92	-17.83
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	17.12	23.50	20.31	21.51	5.91	-8.47
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	19.70	16.60	18.15	19.97	10.01	1.36
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	19.70	16.60	18.15	17.83	-1.78	-9.51

ตารางที่ 30 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะจำนวนช่อดอกต่อต้น

คู่ผสม	จำนวนช่อดอกต่อต้น				Heterosis	Heterobeltiosis
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	27	18	22.50	22	-1.75	-16.98
SKG x LNS	20	21	20.50	25	22.05	19.36
MXG x LNS	29	21	25.00	27	8.64	-6.19
NAN 1 x LNS	18	21	19.50	27	39.70	29.86
KPS-11 x KD #5	24	18	21.00	21	1.31	-9.91
SKG x KD #5	20	18	19.00	21	9.12	5.06
SSK x KM-6	20	11	15.50	23	50.46	5.56
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	27	18	22.50	25	11.59	-5.71
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	27	18	22.50	21	-7.39	-21.75
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	20	21	20.50	20	-1.26	-3.44
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	20	21	20.50	20	0.10	-2.11
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	29	21	25.00	25	1.87	21.01
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	29	21	25.00	23	-5.97	11.69
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	18	21	19.50	21	-1.26	-3.44
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	18	21	19.50	22	0.10	-2.11
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	24	18	21.00	22	4.94	-6.70
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	24	18	21.00	18	-13.85	-23.40
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	20	18	19.00	21	12.94	8.73
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	20	18	19.00	20	2.55	-1.27
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	20	11	15.50	20	29.08	1.22
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	20	11	15.50	14	-8.33	-28.11

ลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

น้ำหนักฝัก พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -3.57 ถึง 8.70 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -1.53 ถึง 7.60 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 31) โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SSK x KM-6' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(CO8 x KD #5)/KD#5' และลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x LNS' มีค่าเท่ากับ 8.70 7.60 และ 7.44 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.30 21.08 และ 20.44 กรัม ตามลำดับ ส่วนความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -8.83 ถึง 4.90 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -8.94 ถึง 4.31 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'MXG x LNS' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(MXG x LNS)/MXG' และ '(NAN 1 x LNS)LNS' มีค่าเท่ากับ 4.90 4.31 และ 3.85 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.25 19.14 และ 19.02 กรัม ตามลำดับ

ความยาวฝัก พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -2.28 ถึง 10.48 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -3.44 ถึง 10.81 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 32) โดยลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(SSK x KM-6)/KM-6' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา คือ ลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x LNS' และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(MXG x LNS)/MXG' มีค่าเท่ากับ 10.81 10.48 และ 9.40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.73 52.40 และ 50.31 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -6.04 ถึง 0.13 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -11.65 ถึง 3.21 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พันธุ์ '(CO8 x KD #5)/KD#5' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา คือ พันธุ์ '(SKG x KD #5)/KD #5' และพันธุ์ '(SSK x KM-6)/KM-6' มีค่าเท่ากับ 3.21 1.96 และ 1.39 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.23 55.93 และ 51.73 เซนติเมตร ตามลำดับ

จำนวนฝักต่อช่อดอก พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -16.67 ถึง 31.35 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -34.86 ถึง 16.39 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 33) โดยประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าความดีเด่นมากกว่าลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของแต่ละคู่ผสม และมีเพียงลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SSK x KM-6' ไม่แสดงค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x LNS' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา

คือ พันธุ์ 'MXG x LNS' และพันธุ์ 'SKG x KD #5' มีค่าเท่ากับ 31.35 25.64 และ 18.52 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2.43 2.45 และ 1.92 ฝักต่อช่อดอก ตามลำดับ ส่วนความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -29.78 ถึง 22.50 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของ ประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -45.12 ถึง 10.01 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'MXG x LNS' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่มากที่สุด รองลงมา คือ พันธุ์ 'SKG x LNS' และพันธุ์ 'SKG x KD #5' มีค่าเท่ากับ 22.50 21.50 และ 12.94 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.45 2.43 และ 1.92 ฝักต่อช่อดอก ตามลำดับ

จำนวนฝักต่อต้น พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 แสดงความดีเด่นเหนือพ่อแม่ทุกกลุ่มผสม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.77 ถึง 125.28 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -39.12 ถึง 70.95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 34) โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'NAN 1 x LNS' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา คือ 'SKG x LNS' และ 'SKG x KD #5' มีค่าเท่ากับ 125.28 118.58 และ 86.30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.54 46.71 และ 33.73 ฝักต่อต้น ตามลำดับ ส่วนความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -28.50 ถึง 91.59 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -60.74 ถึง 26.95 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x LNS' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่มากที่สุด รองลงมา คือ พันธุ์ 'NAN 1 x LNS' และพันธุ์ 'SKG x KD #5' มีค่าเท่ากับ 91.59 81.43 และ 38.35 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 46.71 54.54 และ 33.73 ฝักต่อต้น ตามลำดับ

ผลผลิตต่อต้น พบว่า ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 8.53 ถึง 129.58 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -41.69 ถึง 40.75 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 35) โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x LNS' แสดงความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุด รองลงมา คือ พันธุ์ 'NAN 1 x LNS' และพันธุ์ 'SKG x KD #5' มีค่าเท่ากับ 129.58 79.39 และ 69.01 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.82 0.74 และ 0.60 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ พบว่า ให้ผลสอดคล้องกับความดีเด่นเหนือพ่อแม่ โดยประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -20.45 ถึง 105.00 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับมีค่าอยู่ในช่วง -65.74 ถึง 10.82 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ 'SKG x LNS' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่มากที่สุด รองลงมา คือ พันธุ์ 'SKG x KD #5' และพันธุ์ 'NAN 1 x LNS' มีค่าเท่ากับ 105.00 50.00 และ 45.10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.82 0.60 และ 0.74 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 กับ ลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ พบว่า ลักษณะพื้นฐานวิทยา และลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ ลักษณะใบ ลำต้น และช่อดอก มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ใกล้เคียงกันแต่จะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละผสม ซึ่งตามทฤษฎี ลูกผสมชั่วที่ 1 ควรมีค่าความดีเด่นสูงกว่า เพราะลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ ใช้ลูกชั่วที่ 2 ในการผสมกลับซึ่งจะมีการเสื่อมถอยทางพันธุกรรม (inbreeding depression) เนื่องจาก มีการผสมตัวเองจากลูกผสมชั่วที่ 1 ซึ่งสามารถอธิบายได้โดย ในพืชผสมตัวเองจะมีแสดงความเสื่อมถอยทางพันธุกรรมน้อยกว่าพืชผสมข้าม และตามธรรมชาติพืชผสมตัวเองจะมีการกำจัดยีนด้อยที่มีผลทางลบออกไปโดยธรรมชาติ การผสมตัวเองทำให้ยีนด้อยไม่สามารถซ่อนอยู่ในสภาพยีนคู่ผสม (heterozygous) ยีนด้อยที่เหลือยู่จึงเป็นกลุ่มที่สามารถสร้างสมดุล และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี (กฤษฎา, 2546) แอนนา และ พิระศักดิ์ (2529) ทำศึกษาความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในถั่วเหลืองลูกผสมชั่วที่ 2 พบว่า มีความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด จำนวนฝักต่อต้น และวันออกดอก ซึ่งจะมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ต่ำกว่าพ่อแม่ จนถึงสูงกว่าค่าเฉลี่ยพ่อแม่ ส่วนในลักษณะผลผลิต พบว่า ลักษณะจำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้นของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 จะมีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากกว่าลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับ แสดงว่าในประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีการสะสมจำนวนยีนข่มมากกว่า ซึ่งพบมากในลูกผสมชั่วที่ 1 และมักเกิดขึ้นได้จากการผสมข้ามพันธุ์ โดยยีนแต่ละตัวจะสนับสนุนซึ่งกันและกัน และส่งผลต่อการกระตุ้นกิจกรรมทางสรีรวิทยาของพืช (Allard, 1960) สอดคล้องกับผลการทดลองของ พงษกร (2547) พบความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะความยาวฝัก น้ำหนักฝัก และเส้นผ่านศูนย์กลางฝัก และพบความดีเด่นเหนือพ่อแม่ค่อนข้างสูงในลักษณะจำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อไร่

เนื่องจาก ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ขึ้นอยู่กับค่าความแตกต่างของจำนวนยีนข่ม และวัดเป็นเปอร์เซ็นต์จากฐานค่าเฉลี่ยทางพันธุกรรมของพ่อหรือแม่เฉพาะคู่ผสมนั้นๆ ซึ่งเป็นค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่แท้จริง (true heterosis) ดังนั้น ลูกผสมที่มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่สูงอาจมีค่าเฉลี่ยของลักษณะต่ำกว่าลูกผสมที่มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ต่ำกว่า เช่น ลักษณะความยาวต้นของคู่ผสม 'CO8 x KD #5' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ เท่ากับ 15.66 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 5.17 เมตร ส่วนคู่ผสม 'MXG x LNS' มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ เท่ากับ -0.17 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่าเฉลี่ย 5.56 เมตร เป็นต้น

เมื่อพิจารณาความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในแต่ละลักษณะ จะเห็นว่าลูกผสมที่ใช้ในการศึกษามีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่แตกต่างกัน การใช้สายพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่าเฉลี่ยของลักษณะสูงอาจไม่ได้ลูกผสมที่ดีเสมอไป เนื่องจากอาจมีพันธุกรรมที่คล้ายคลึงกันทำให้ค่าเฉลี่ยของพันธุ์ลูกผสมใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่เห็นได้จากในลักษณะความยาวฝักของกลุ่มผสม 'KPS-11 x KD #5' มีความยาวฝักใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยพันธุ์พ่อแม่ เท่ากับ 52.22 เซนติเมตร และกลุ่มผสม 'SKG x KD #5' มีความยาวฝัก เท่ากับ 54.93 เซนติเมตร โดยพันธุ์ KPS-11, SKG และ KD #5 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 52.39 53.05 และ 54.49 เซนติเมตร ตามลำดับ ทำให้ลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับพันธุ์พ่อแม่ ส่งผลให้มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ต่ำ (ตารางที่ 32)

อย่างไรก็ตาม สิ่งสำคัญคือ การคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่ และการพิจารณาถึงประวัติของสายพันธุ์พ่อแม่ สำหรับสร้างลูกผสมหรือสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรม สำหรับการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ รัชสมัย (2539) กล่าวว่า การคัดเลือกพ่อแม่เพื่อผลิตลูกผสม นอกจากพันธุกรรมของพ่อแม่ที่แตกต่างกันแล้วควรพิจารณาถึงความสามารถในการปรับตัวของของสายพันธุ์พ่อแม่ สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี โดยผสมระหว่างพันธุ์ท้องถิ่นกับพันธุ์ดีเพื่อให้สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีขึ้น ลูกผสมที่มาจากพ่อแม่ต่างกลุ่มกัน มักจะแสดงค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่สูง และสามารถสร้างความแปรปรวนได้สูงกว่าลูกผสมที่มีพันธุกรรมใกล้เคียงกันหรือมาจากประชากรเดียวกัน

ตารางที่ 31 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะน้ำหนักฝัก

กลุ่มผสม	น้ำหนักฝัก (กรัม)				Heterosis	Heterobeltiosis
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	17.88	21.30	19.59	19.42	-0.89	-8.83
SKG x LNS	19.73	18.32	19.03	20.44	7.44	3.60
MXG x LNS	18.35	18.32	18.34	19.25	4.99	4.90
NAN 1 x LNS	17.71	18.32	18.02	18.52	2.80	1.09
KPS-11 x KD #5	20.74	21.30	21.02	20.27	-3.57	-4.84
SKG x KD #5	19.73	21.28	20.51	21.46	4.66	0.84
SSK x KM-6	18.58	15.09	16.83	18.30	8.70	-1.51
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	17.88	21.30	19.59	19.40	-1.00	-8.94
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	17.88	21.30	19.59	21.08	7.60	-1.03
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	19.73	18.32	19.03	19.58	2.94	-0.74
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	19.73	18.32	19.03	18.73	-1.53	-5.05
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	18.35	18.32	18.34	19.14	4.39	4.31
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	18.35	18.32	18.34	18.42	0.49	0.40
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	17.71	18.32	18.02	18.19	0.97	-0.72
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	17.71	18.32	18.02	19.02	5.60	3.85
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	20.74	21.30	21.02	21.04	0.08	-1.24
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	20.74	21.30	21.02	21.65	3.01	1.65
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	19.73	21.28	20.51	20.96	2.23	-1.50
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	19.73	21.28	20.51	21.29	3.85	0.07
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	18.58	15.09	16.83	17.30	2.76	-6.91
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	18.58	15.09	16.83	17.32	2.89	-6.79

ตารางที่ 32 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะความยาวฝัก

คู่ผสม	ความยาวฝัก (เซนติเมตร)				Heterosis	Heterobeltiosis
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	49.23	54.49	51.86	51.20	-1.26	-6.04
SKG x LNS	53.05	41.81	47.43	52.40	10.48	-1.23
MXG x LNS	50.17	41.81	46.49	48.91	6.35	-2.51
NAN 1 x LNS	48.97	41.81	45.39	48.55	6.96	-0.86
KPS-11 x KD #5	52.39	54.49	53.44	52.22	-2.28	-4.17
SKG x KD #5	53.05	54.49	53.96	54.93	1.81	-0.78
SSK x KM-6	42.34	51.02	46.68	50.35	7.86	0.13
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	49.23	54.49	51.86	52.65	1.53	-3.36
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	49.23	54.49	51.86	56.23	8.43	3.21
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	53.05	41.81	47.43	49.72	4.82	-6.28
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	53.05	41.81	47.43	47.39	-0.09	-10.67
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	50.17	41.81	46.49	50.31	9.40	0.29
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	50.17	41.81	46.49	46.42	0.94	-7.47
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	48.97	41.81	45.39	48.75	7.41	-0.45
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	48.97	41.81	45.39	45.75	0.79	-6.58
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	52.39	54.49	53.44	53.99	1.03	-0.92
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	52.39	54.49	53.44	54.94	2.81	0.83
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	53.05	54.86	53.96	54.44	0.89	-0.77
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	53.05	54.86	53.96	55.93	3.67	1.96
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	42.34	51.02	46.68	45.07	-3.44	-11.65
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	42.34	51.02	46.68	51.73	10.81	1.39

ตารางที่ 33 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะจำนวนฝักต่อช่อดอก

คู่ผสม	จำนวนฝักต่อช่อดอก				Heterosis	Heterobeltiosis
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	1.74	1.59	1.67	1.94	16.52	11.49
SKG x LNS	1.70	2.00	1.85	2.43	31.35	21.50
MXG x LNS	1.90	2.00	1.95	2.45	25.64	22.50
NAN 1 x LNS	1.91	2.00	1.96	2.11	7.93	5.50
KPS-11 x KD #5	1.74	1.59	1.67	1.71	2.70	-1.72
SKG x KD #5	1.70	1.54	1.62	1.92	18.52	12.94
SSK x KM-6	2.35	1.61	1.98	1.65	-16.67	-29.78
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	1.74	1.59	1.67	1.85	11.26	6.47
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	1.74	1.59	1.67	1.60	-3.69	-7.84
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	1.70	2.00	1.85	1.96	5.68	-2.25
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	1.70	2.00	1.85	2.15	16.39	7.66
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	1.90	2.00	1.95	1.76	-7.14	-9.22
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	1.90	2.00	1.95	1.71	-6.70	-8.80
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	1.91	2.00	1.96	1.82	-7.14	-9.22
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	1.91	2.00	1.96	1.82	-6.70	-8.80
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	1.74	1.59	1.67	1.80	7.87	3.22
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	1.74	1.59	1.67	1.59	-4.37	-8.49
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	1.70	1.54	1.62	1.87	15.45	10.01
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	1.70	1.54	1.62	1.79	10.19	5.00
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	2.35	1.61	1.98	1.77	-10.82	-24.86
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	2.35	1.61	1.98	1.29	-34.86	-45.12

ตารางที่ 34 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะจำนวนฝักต่อต้น

คู่ผสม	จำนวนฝักต่อต้น				Heterosis	Heterobeltiosis
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	31.30	11.83	21.50	23.24	7.77	-25.70
SKG x LNS	24.38	18.36	21.37	46.71	118.58	91.59
MXG x LNS	36.79	18.36	27.58	36.80	33.45	0.03
NAN 1 x LNS	30.06	18.36	24.21	54.54	125.28	81.43
KPS-11 x KD #5	22.29	11.83	17.06	24.33	42.61	9.15
SKG x KD #5	24.38	11.83	18.11	33.73	86.30	38.35
SSK x KM-6	20.63	5.98	13.31	14.75	10.86	-28.50
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	31.30	11.83	21.50	28.70	33.09	-8.31
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	31.30	11.83	21.50	19.63	-9.00	-37.30
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	24.38	18.36	21.37	27.23	27.40	11.67
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	24.38	18.36	21.37	21.75	1.78	-10.79
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	36.79	18.36	27.58	30.98	12.33	-15.81
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	36.79	18.36	27.58	28.93	4.90	-21.38
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	30.06	18.36	24.21	26.83	10.80	-10.76
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	30.06	18.36	24.21	23.40	-3.35	-22.16
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	22.29	11.83	17.06	21.10	23.68	-5.34
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	22.29	11.83	17.06	15.19	-10.95	-31.84
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	24.38	11.83	18.11	30.95	70.95	26.95
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	24.38	11.83	18.11	20.70	14.33	-15.09
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	20.63	5.98	13.31	16.18	21.57	-21.59
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	20.63	5.98	13.31	8.10	-39.12	-60.74

ตารางที่ 35 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของถั่วฝักยาวในลักษณะผลผลิตต่อต้น

คู่ผสม	ผลผลิตต่อต้น (กิโลกรัม)				Heterosis	Heterobeltiosis
	P ₁	P ₂	MP	F ₁		
CO8 x KD #5	0.38	0.21	0.29	0.43	47.01	13.15
SKG x LNS	0.40	0.32	0.36	0.82	129.58	105.00
MXG x LNS	0.57	0.32	0.44	0.59	32.95	3.50
NAN 1 x LNS	0.51	0.32	0.41	0.74	79.39	45.10
KPS-11 x KD #5	0.44	0.21	0.32	0.35	8.53	-20.45
SKG x KD #5	0.40	0.32	0.36	0.60	69.01	50.00
SSK x KM-6	0.40	0.07	0.24	0.32	36.17	-20.00
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/CO8	0.38	0.21	0.29	0.41	40.75	8.34
BC ₁ -F ₂ (CO8 x KD #5)/KD #5	0.38	0.21	0.29	0.30	3.45	-20.37
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/SKG	0.40	0.32	0.36	0.44	23.31	10.82
BC ₁ -F ₂ (SKG x LNS)/LNS	0.40	0.32	0.36	0.38	7.45	-3.43
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/MXG	0.57	0.32	0.44	0.49	12.14	-12.67
BC ₁ -F ₂ (MXG x LNS)/LNS	0.57	0.32	0.44	0.41	-6.72	-27.36
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/NAN 1	0.51	0.32	0.41	0.41	-1.55	-20.37
BC ₁ -F ₂ (NAN 1 x LNS)/LNS	0.51	0.32	0.41	0.40	-2.54	-21.17
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KPS-11	0.44	0.21	0.32	0.44	36.33	-0.08
BC ₁ -F ₂ (KPS-11 x KD #5)/KD #5	0.44	0.21	0.32	0.26	-19.05	-40.66
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/SKG	0.40	0.32	0.36	0.47	32.06	18.69
BC ₁ -F ₂ (SKG x KD #5)/KD #5	0.40	0.32	0.36	0.31	-13.01	-21.82
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/SSK	0.40	0.07	0.24	0.23	-2.24	-42.57
BC ₁ -F ₂ (SSK x KM-6)/KM-6	0.40	0.07	0.24	0.14	-41.69	-65.74

การศึกษาที่ 4 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยวิธีการผสมกลับ (Backcross design)

แผนการผสมพันธุ์แบบผสมกลับเป็นการผสมพืชเพื่อให้เกิดเป็นตระกูล (family) แล้วจึงหาความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยอาศัย covariance of relative เป็นตัวเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่าง variance components ใน ANOVA กับ genetic parameter ต่างๆ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้ถั่วฝักยาวสายพันธุ์พ่อแม่ทั้งหมด 9 พันธุ์ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกัน สามารถสร้างพันธุ์ลูกผสมได้ทั้งหมด 7 คู่ผสม และลูกผสมที่ได้จากการผสมกลับไปยังพันธุ์พ่อแม่ทั้งหมด 140 คู่ผสม เพื่อศึกษาอิทธิพลการแสดงออกของยีน และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของถั่วฝักยาว จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางพันธุกรรมโดยวิธีการผสมกลับสามารถประเมินค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents (σ^2_A), Inbred line x F_2 parents (σ^2_D), องศาการข่มของยีน ($\bar{a}$) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) ให้ผลการทดลอง ดังนี้

การศึกษาลักษณะหลักของกลุ่มผสม SSK x KM-6

ความหนาใบ พบว่า กลุ่มผสม 'SSK x KM-6' พบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวก เช่นเดียวกับกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' 'SKG x LNS' 'MXG x LNS' และ 'NAN 1 x LNS' ส่วนอิทธิพลของยีนแบบข่มมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มผสม 'KPS-11 x KD #5' และ 'SKG x KD #5' โดยพบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent (M1) และ Inbred line x F_2 parents (M2) มีค่าองศาการข่มของยีน (class of dominance; $\bar{a}$) เท่ากับ 1.21 แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบข่มเกิน (ตารางที่ 36) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากพันธุกรรมของพันธุ์พ่อแม่พบในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจาก F_2 parents พบในพันธุ์ 'MXG x LNS' ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'SKG x KD #5' ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากพันธุ์พ่อแม่และ F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'SKG x LNS' 'NAN 1 x LNS' และ 'SSK x KM-6' ส่วนความแตกต่างที่เกิดขึ้นจาก F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'KPS-11 x KD #5' และไม่พบนัยสำคัญทางสถิติที่เกิดจากความแตกต่างของพันธุกรรมพันธุ์พ่อแม่ F_2 parents และ Inbred line x F_2 parents ทั้ง 7 กลุ่มผสม

ในลักษณะวันออกดอก พบว่า กลุ่มผสม 'SSK x KM-6' มีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลของยีนแบบบวก เช่นเดียวกับกลุ่มผสม 'SKG x LNS' 'MXG x LNS' 'SKG x KD #5' ส่วนอิทธิพลของ

ยีนแบบข่มมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' 'NAN 1 x LNS' และ 'KPS-11 x KD #5' โดยพบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent และ Inbred line x F_2 parents ซึ่งมีค่าองศาการข่มของยีน เท่ากับ 1.40 0.81 และ 0.32 ตามลำดับ แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบข่มไม่สมบูรณ์ ยกเว้น กลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' มีอิทธิพลของยีนแบบข่มเกิน (ตารางที่ 37) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ความแตกต่างที่เกิดจาก F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'SKG x LNS' และ 'MXG x LNS' ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากพันธุกรรมพันธุ์พ่อแม่และ F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'SKG x KD #5' และ 'SSK x KM-6' ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจาก F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'NAN 1 x LNS' และความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากพันธุกรรมพ่อแม่ F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' และ 'KPS-11 x KD #5'

ความยาวช่อดอก พบว่า กลุ่มผสม 'SSK x KM-6' มีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลของยีนแบบบวก เช่นเดียวกับกลุ่มผสม 'SKG x LNS' 'MXG x LNS' 'KPS-11 x KD #5' และ 'SKG x KD #5' ส่วนอิทธิพลของยีนแบบข่มมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' และ 'NAN 1 x LNS' โดยพบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent และ Inbred line x F_2 parents ซึ่งมีค่าองศาการข่มของยีน เท่ากับ 1.05 และ 1.94 แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบข่มเกิน (ตารางที่ 38) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากพันธุกรรมของพันธุ์พ่อแม่พบในพันธุ์ 'MXG x LNS' ความแตกต่างที่เกิดจาก F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'KPS-11 x KD #5' ความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพันธุ์พ่อแม่และ F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'SKG x LNS' 'SKG x KD #5' และ 'SSK x KM-6' และความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากพันธุกรรมพ่อแม่ F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' และ 'NAN 1 x LNS'

จำนวนฝักต่อช่อดอก พบว่า กลุ่มผสม 'SSK x KM-6' มีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลของยีนแบบบวก เช่นเดียวกับกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' 'SKG x LNS' 'MXG x LNS' 'KPS-11 x KD #5' และ 'SKG x KD #5' ส่วนกลุ่มผสม 'NAN 1 x LNS' พบนัยสำคัญของอิทธิพลของยีนแบบข่ม โดยพบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent และ Inbred line x F_2 parents ซึ่งมีค่าองศาการข่มของยีน เท่ากับ 1.04 แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบข่มเกิน (ตารางที่ 39) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ส่วนใหญ่เกิดจากความแตกต่างของพันธุกรรมของพันธุ์พ่อแม่ โดยพบในกลุ่มผสม 'SSK x KM-6' 'CO8 x KD #5' 'SKG x LNS' และ 'KPS-11 x KD #5' ส่วนกลุ่มผสม 'NAN 1 x LNS' พบความแตกต่างเกิดขึ้นจาก F_2 parent และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents

ตารางที่ 36 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะความหนาใบของถั่วฝักยาว 7 คู่ผสม

คู่ผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV (%)
CO8 x KD #5	0.25**	0.04	0.01	0	12.86
SKG x LNS	0.29**	0.07**	> 0.01	0	9.63
MXG x LNS	> 0.01	0.11**	0.01	0.33	7.36
NAN 1 x LNS	0.11**	0.10**	0.01	0.29	8.32
KPS-11 x KD #5	> 0.01	0.10**	0.10**	1.21	9.86
SKG x KD #5	> 0.01	0.03	0.04**	2.25	8.96
SSK x KM-6	1.02**	0.15**	0.03	0.50	17.64

ตารางที่ 37 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะวันออกดอกของถั่วฝักยาว 7 คู่ผสม

คู่ผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV (%)
CO8 x KD #5	26.45**	15.24**	14.95**	1.40	3.97
SKG x LNS	0.31	13.14**	5.06	0.61	4.21
MXG x LNS	0.01	5.87**	0.82	0	3.39
NAN 1 x LNS	1.05	8.83**	3.81**	0.81	2.91
KPS-11 x KD #5	51.20**	64.91**	5.14*	0.32	3.10
SKG x KD #5	37.83**	20.92**	3.17	0.36	3.28
SSK x KM-6	400.51**	63.48**	4.79	0.28	4.10

ตารางที่ 38 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะความยาวช่อดอกของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม

กลุ่มผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV (%)
CO8 x KD #5	256.29**	87.25**	41.71**	1.05	10.21
SKG x LNS	114.67**	18.88*	3.43	0.16	9.07
MXG x LNS	302.99**	6.45	3.56	0	11.43
NAN 1 x LNS	180.54**	2.70*	3.19*	1.94	9.20
KPS-11 x KD #5	18.11	25.76**	7.72	2.93	6.43
SKG x KD #5	44.76*	54.17**	14.16	0.95	11.69
SSK x KM-6	885.31**	28.36**	10.00	4.51	12.25

ตารางที่ 39 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะจำนวนฝักต่อช่อดอกของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม

กลุ่มผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV (%)
CO8 x KD #5	1.24**	0.07	0.05	0	14.71
SKG x LNS	0.79*	0.16	0.09	0	17.57
MXG x LNS	0.05	0.16	0.12	0	22.57
NAN 1 x LNS	>0.01	0.18**	0.12*	1.04	11.21
KPS-11 x KD #5	0.83**	0.07	0.81	1.66	13.70
SKG x KD #5	0.15	0.08	0.04	0	14.53
SSK x KM-6	4.53**	0.09	0.03	0	16.49

การศึกษาลักษณะหลักของกลุ่มผสม KPS-11 x KD #5

พื้นที่ใบ พบว่า ทุกกลุ่มผสมมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลของยีนแบบข่ม เช่นเดียวกับ กลุ่มผสม ‘KPS-11 x KD #5’ และพบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent และ Inbred line x F_2 parents โดยมีค่าองค์การข่มของยีนแบบข่มไม่สมบูรณ์ ยกเว้นกลุ่มผสม ‘SSK x KM-6’ ที่มีองค์การข่มของยีน เท่ากับ 1.44 แสดงว่ามีอิทธิพลการข่มของยีนแบบข่มเกิน โดยไม่พบนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลของยีนแบบบวก (F_2 parent) (ตารางที่ 40) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจาก F_2 parent กับ Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม ‘CO8 x KD #5’ ‘SKG x LNS’ ‘MXG x LNS’ และ ‘KPS-11 x KD #5’ ส่วนความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากพันธุกรรม พ่อแม่ F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม ‘NAN 1 x LNS’ ‘SKG x KD #5’ และ ‘SSK x KM-6’

ตารางที่ 40 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข่มของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะพื้นที่ใบของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม

กลุ่มผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV (%)
CO8 x KD #5	17.10	456.20**	201.40**	0.92	4.32
SKG x LNS	25.10	1356.60**	363.50**	0.72	5.66
MXG x LNS	2.10	708.70**	84.70**	0.44	5.88
NAN 1 x LNS	93.92*	66.39**	31.32*	0.81	5.45
KPS-11 x KD #5	94.50	388.60**	117.50**	0.69	6.66
SKG x KD #5	179.37*	65.29*	72.40**	0.81	5.54
SSK x KM-6	1652.02**	124.80**	128.75**	1.44	11.29

การศึกษาลักษณะหลักของกลุ่มผสม SKG x KD #5

ระยะห่างระหว่างช่อดอก พบว่า ทุกกลุ่มผสมมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลของยีนแบบข้าม เช่นเดียวกับกลุ่มผสม 'SKG x KD #5' โดยพบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent และ Inbred line x F_2 parents ซึ่งมีค่าองศาการข้ามของยีน เท่ากับ 1.19 1.03 1.58 และ 1.01 แสดงว่ามีอิทธิพลการข้ามของยีนแบบข้ามเกิน ส่วนกลุ่มผสม 'MXG x LNS' และ 'SSK x KM-6' มีค่าองศาการข้ามของยีน เท่ากับ 0.76 และ 0.68 แสดงว่ามีอิทธิพลการข้ามของยีนแบบข้ามไม่สมบูรณ์ และกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' พบความแตกต่างทางสถิติของ Inbred line x F_2 parents แสดงว่า มีอิทธิพลของยีนแบบข้ามอย่างสมบูรณ์อย่างน้อย 1 ตำแหน่ง (ตารางที่ 41) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ความแตกต่างเกิดจากปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' ความแตกต่างเกิดจาก F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'NAN 1 x LNS' และ 'KPS-11 x KD #5' และความแตกต่างเกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่ F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'SKG x LNS' 'MXG x LNS' 'SKG x KD #5' และ 'SSK x KM-6'

ตารางที่ 41 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องศาการข้ามของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะระยะห่างระหว่างช่อดอกของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม

กลุ่มผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV (%)
CO8 x KD #5	3.16	7.11	5.05*	1.03	8.00
SKG x LNS	29.16**	12.04**	7.32**	1.03	6.80
MXG x LNS	14.45*	25.48**	9.00**	0.76	7.69
NAN 1 x LNS	7.63	5.88*	6.77**	1.58	7.78
KPS-11 x KD #5	0.67	7.22**	4.54*	1.01	6.45
SKG x KD #5	96.80**	15.04**	11.68**	1.19	8.95
SSK x KM-6	91.59**	12.22**	4.41*	0.68	6.99

การศึกษาลักษณะหลักของพันธุ์ CO8 x KD #5

จำนวนช่อดอกต่อต้น พบว่า กลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' พบนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลของยีนแบบบวก เช่นเดียวกับกลุ่มผสม 'SKG x LNS' 'KPS-11 x KD #5' 'SKG x KD #5' และ 'SSK x KM-6' ส่วนอิทธิพลของยีนแบบข่มมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มผสม 'MXG x LNS' และ 'NAN 1 x LNS' แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบข่มอย่างสมบูรณ์อย่างน้อย 1 ตำแหน่ง (ตารางที่ 42) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ความแตกต่างที่เกิดจาก F_2 parent พบในกลุ่มผสม 'SKG x LNS' ความแตกต่างที่เกิดจากปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'NAN 1 x LNS' ความแตกต่างที่เกิดจากความแตกต่างเกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่และ F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' 'KPS-11 x KD #5' 'SKG x KD #5' และ 'SSK x KM-6' ความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในพันธุ์ 'MXG x LNS'

ตารางที่ 42 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข่มของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะจำนวนช่อดอกต่อต้นของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม

กลุ่มผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV (%)
CO8 x KD #5	361.25**	39.37**	6.06	0	11.52
SKG x LNS	1.51	15.11*	12.29	1.74	12.20
MXG x LNS	74.11**	13.89	60.89**	4.26	11.83
NAN 1 x LNS	25.31	31.78	6.24**	0	12.59
KPS-11 x KD #5	308.11**	21.75**	8.64	0.39	13.76
SKG x KD #5	78.01**	17.51*	4.07	0	12.64
SSK x KM-6	678.61**	43.90**	4.31	0	12.08

การศึกษาลักษณะหลักของกลุ่มผสม MXG x LNS

จำนวนฟีกต่อต้าน พบว่า กลุ่มผสม 'MXG x LNS' พบนัยสำคัญทางสถิติอิทธิพลของยีนแบบข้าม เช่นเดียวกับกลุ่มผสม 'NAN 1 x LNS' 'KPS-11 x KD #5' และ 'SSK x KM-6' โดยพบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent และ Inbred line x F_2 parents มีองศาการข้ามของยีน เท่ากับ 0.91 1.60 1.22 และ 1.48 ตามลำดับ แสดงว่ามีอิทธิพลการข้ามของยีนทั้งแบบข้ามไม่สมบูรณ์ และแบบข้ามเกิน ส่วนกลุ่มผสม 'SKG x KD #5' ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบข้ามอย่างสมบูรณ์อย่างน้อย 1 ตำแหน่ง ส่วนอิทธิพลของยีนแบบบวกมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' และ 'SKG x LNS' (ตารางที่ 43) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่าความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่และ F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' และ 'SKG x LNS' ความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่ และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'SKG x KD #5' ความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่ F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในพันธุ์ 'MXG x LNS' 'NAN 1 x LNS' และ 'KPS-11 x KD #5' และ 'SSK x KM-6'

ตารางที่ 43 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องศาการข้ามของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะจำนวนฟีกต่อต้านของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม

กลุ่มผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV (%)
CO8 x KD #5	1647.11**	70.22**	23.45	0.62	14.46
SKG x LNS	599.51**	117.46**	4.90	0	14.75
MXG x LNS	84.05*	86.59**	43.22**	0.91	11.65
NAN 1 x LNS	234.61**	50.96**	63.22**	1.60	10.57
KPS-11 x KD #5	696.20**	84.38**	64.45**	1.22	15.41
SKG x KD #5	2101.25**	29.26	39.39*	1.92	16.02
SSK x KM-6	1304.11**	13.37*	14.08*	1.48	19.74

การศึกษาลักษณะหลักของกลุ่มผสม SKG x LNS

ความยาวฝัก พบว่า กลุ่มผสม 'SKG x LNS' พบนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลของยีนแบบบวกเช่นเดียวกับกลุ่มผสม 'MXG x LNS' 'KPS-11 x KD #5' 'SKG x KD #5' และ 'SSK x KM-6' ส่วนอิทธิพลของยีนแบบข่มมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' และ 'NAN 1 x LNS' โดยพบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent และ Inbred line x F_2 parents มีองศาการข่มของยีนเท่ากับ 0.91 และ 1.63 แสดงว่ามีอิทธิพลการข่มของยีนแบบข่มไม่สมบูรณ์ และแบบข่มเกิน (ตารางที่ 44) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่พบในกลุ่มผสม 'MXG x LNS' ความแตกต่างที่เกิดจาก F_2 parent พบในกลุ่มผสม 'KPS-11 x KD #5' ความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่และ F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'SKG x LNS' 'SKG x KD #5' และ 'SSK x KM-6' ความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่ F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' และ 'NAN 1 x LNS'

ตารางที่ 44 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องศาการข่มของยีน ($\bar{a}$) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะความยาวฝักของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม

กลุ่มผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV (%)
CO8 x KD #5	256.29**	87.25**	41.71**	0.91	5.72
SKG x LNS	114.67**	18.88*	3.43	0	6.04
MXG x LNS	302.99**	6.45	3.56	0	4.16
NAN 1 x LNS	180.54**	2.70*	3.19*	1.63	2.33
KPS-11 x KD #5	18.11	25.76**	7.72	0.39	4.59
SKG x KD #5	44.76*	54.17**	14.16	0.55	4.78
SSK x KM-6	885.31**	28.36**	10.00	0.32	6.21

การศึกษาลักษณะรองของถั่วฝักยาว

ความกว้างใบ พบว่า อิทธิพลของยีนแบบบวกมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มผสม 'SKG x LNS' 'MXG x LNS' 'KPS-11 x KD #5' และ 'SKG x KD #5' ส่วนอิทธิพลของยีนแบบข่มมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' และ 'NAN 1 x LNS' แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent แสดงว่ามีอิทธิพลของยีนแบบข่มอย่างสมบูรณ์อย่างน้อย 1 ตำแหน่ง ส่วนกลุ่มผสม 'SSK x KM-6' พบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent และ Inbred line x F_2 parents มีองค์การข่มของยีน เท่ากับ 1.61 แสดงว่ามีอิทธิพลการข่มของยีนแบบข่มเกิน (ตารางที่ 45) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ความแตกต่างที่เกิดจาก F_2 parent พบในกลุ่มผสม 'SKG x LNS' 'MXG x LNS' และ 'SKG x KD #5' ความแตกต่างที่เกิดจากปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' และ 'NAN 1 x LNS' ความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่ F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'SSK x KM-6'

ความยาวใบ พบว่า อิทธิพลของยีนแบบบวกมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' 'SKG x LNS' 'MXG x LNS' และ 'NAN 1 x LNS' ส่วนอิทธิพลของยีนแบบข่มมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มผสม 'KPS-11 x KD #5' 'SKG x KD #5' และ 'SSK x KM-6' โดยพบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent และ Inbred line x F_2 parents มีองค์การข่มของยีน เท่ากับ 0.70 0.95 และ 0.71 ตามลำดับ แสดงว่ามีอิทธิพลการข่มของยีนแบบข่มไม่สมบูรณ์ (ตารางที่ 46) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่พบในพันธุ์ 'NAN 1 x LNS' ความแตกต่างที่เกิดจาก F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'SKG x LNS' และ 'MXG x LNS' ความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่และ F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'CO8 x KD #5' ความแตกต่างที่เกิดจาก F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'KPS-11 x KD #5' และ 'SKG x KD #5' และความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่ F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในกลุ่มผสม 'SSK x KM-6'

ความยาวต้น พบว่า อิทธิพลของยีนแบบข่มมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่มผสม และพบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent และ Inbred line x F_2 parents โดยมีอิทธิพลการข่มของยีนแบบข่มไม่สมบูรณ์ ยกเว้นพันธุ์ 'KPS-11 x เขียวดอก #5' ที่มีอิทธิพลการข่มของยีนแบบข่มเกิน (ตารางที่ 47) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ทุกพันธุ์มีความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่ F_2

parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents ยกเว้นพันธุ์ 'NAN 1 x LNS' ที่มีความแตกต่างที่เกิดจาก F_2 parent และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents

น้ำนักฝึก พบว่า อิทธิพลของยีนแบบบวกมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 7 กลุ่มผสม (ตารางที่ 48) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่พบในกลุ่มผสม 'SKG x LNS' 'NAN 1 x LNS' และ 'KPS-11 x KD #5' ความแตกต่างที่เกิดจาก F_2 parent พบในกลุ่มผสม 'SKG x KD #5' ความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่ และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents พบในพันธุ์ 'CO8 x KD #5' และ 'MXG x LNS'

ผลผลิตต่อต้น พบว่า อิทธิพลของยีนแบบข่มมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่มผสม และพบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parent และ Inbred line x F_2 parents โดยมีอิทธิพลการข่มของยีนแบบข่มไม่สมบูรณ์ ยกเว้นกลุ่มผสม 'SKG x KD #5' และ SSK x KM-6 มีอิทธิพลการข่มของยีนแบบข่มเกิน (ตารางที่ 49) เมื่อพิจารณาความแตกต่างที่เกิดขึ้น พบว่า ทุกกลุ่มผสมมีความแตกต่างที่เกิดจากพันธุกรรมพ่อแม่ F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents ยกเว้นกลุ่มผสม 'NAN 1 x LNS' ที่มีความแตกต่างที่เกิดจาก F_2 parent และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents

ตารางที่ 45 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข่มของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะความกว้างใบของถั่วฝักยาว 7 กลุ่มผสม

กลุ่มผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV (%)
CO8 x KD #5	0.92	1.04	1.63*	2.59	10.99
SKG x LNS	0.03	5.84**	0.49	0	9.82
MXG x LNS	0.80	6.10**	0.34	0	12.06
NAN 1 x LNS	0.24	1.10	2.06*	2.83	11.64
KPS-11 x KD #5	7.44**	3.50**	1.67	0.75	11.61
SKG x KD #5	4.32	4.83**	1.41	0.35	13.60
SSK x KM-6	5.36*	3.62**	4.36**	1.61	18.31

ตารางที่ 46 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะความยาวใบของถั่วฝักยาว 7 คู่ผสม

คู่ผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV (%)
CO8 x KD #5	4.90*	26.66**	13.46	0.80	7.63
SKG x LNS	0.24	3.41**	1.65	0.74	8.51
MXG x LNS	0.28	9.37**	0.79	0	9.73
NAN 1 x LNS	6.44*	1.59	1.90	1.86	9.47
KPS-11 x KD #5	1.86	6.20**	2.25**	0.70	5.31
SKG x KD #5	0.30	6.35**	3.08**	0.95	4.28
SSK x KM-6	68.64**	13.65**	3.72**	0.71	5.60

ตารางที่ 47 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะความยาวต้นของถั่วฝักยาว 7 คู่ผสม

คู่ผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV
CO8 x KD #5	8.91**	0.85**	0.28**	0.72	5.37
SKG x LNS	0.34*	0.26**	0.13*	0.86	5.30
MXG x LNS	9.45**	1.61**	0.13*	0.32	4.38
NAN 1 x LNS	1.08	0.10**	0.07**	0.24	4.89
KPS-11 x KD #5	8.68**	1.70**	0.93**	1.03	5.73
SKG x KD #5	16.32**	0.66**	0.27**	0.83	5.14
SSK x KM-6	10.04**	0.75**	0.14**	0.52	6.54

ตารางที่ 48 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะน้ำหนักรากของถั่วฝักยาว 7 คู่ผสม

คู่ผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV (%)
CO8 x KD #5	56.87**	7.92*	5.89	0.91	5.72
SKG x LNS	14.48**	1.74	0.99	0	6.04
MXG x LNS	10.27**	2.75*	0.46	0	4.16
NAN 1 x LNS	13.96**	1.17	0.97	1.63	2.33
KPS-11 x KD #5	7.57**	1.03	1.17	0.39	4.59
SKG x KD #5	2.21	6.89*	4.14	0.55	4.78
SSK x KM-6	0.01	2.28	2.55	0.32	6.21

ตารางที่ 49 ค่า Mean Square Error ของ Inbred line, F_2 parents, Inbred line x F_2 parents, องค์การข้ามของยีน (a) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในการทดลอง (CV) ในลักษณะผลผลิตต่อต้นของถั่วฝักยาว 7 คู่ผสม

คู่ผสม	Inbred line	F_2 parents	Inbred line x F_2 parents	Class of dominance	CV (%)
CO8 x KD #5	0.24**	0.02**	> 0.01**	0.57	8.53
SKG x LNS	0.06**	0.11**	> 0.01**	0	35.05
MXG x LNS	0.14**	0.19**	0.04**	0.38	34.99
NAN 1 x LNS	> 0.01	0.02**	0.01*	0.79	16.65
KPS-11 x KD #5	0.64**	0.04**	0.01**	0.74	9.59
SKG x KD #5	0.51**	0.04**	0.04**	1.44	15.02
SSK x KM-6	0.17**	0.01**	0.01**	1.37	18.07

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และประชากรลูกผสมกลับ แสดงว่ามีการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมไปยังชั่วรุ่นต่างๆ โดยลูกผสมกลับจะมีค่าอยู่ระหว่างพ่อแม่ แต่จะค่อนข้างไปทางพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ใช้ผสมกลับในแต่ละพันธุ์ ความแตกต่างของลูกผสมกลับในแต่ละกลุ่มสมเกิดจากพันธุกรรมของพ่อแม่ และละอองเกสรที่ใช้ในการผสมกลับเป็นประชากรลูกชั่วที่ 2 (ต้นตัวผู้) ซึ่งมีการกระจายตัวทางพันธุกรรมสูงสุดหรือมีฐานพันธุกรรมกว้าง ลักษณะการกระจายตัวมีการกระจายตัวตั้งแต่สูงกว่าลูกผสมชั่วที่ 1 อยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ จนถึงต่ำกว่าพันธุ์พ่อแม่ (กฤษฎา, 2546; ประดิษฐ์, 2550b) ประกอบกับลักษณะที่ศึกษาหลายๆ ลักษณะเป็นลักษณะทางปริมาณ เช่น ขนาดใบ ความยาวฝัก และลักษณะผลผลิต ทำให้มีการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในช่วงทำการทดลองมีสภาพแวดล้อมค่อนข้างแตกต่างกัน โดยปลูกในช่วงเดือนมกราคมซึ่งมีอุณหภูมิค่อนข้างเย็น เฉลี่ย 25.6 องศาเซลเซียส ทำให้ต้นถั่วฝักยาวชะงักการเจริญเติบโต และเริ่มเก็บบันทึกข้อมูลในช่วงเดือนเมษายนซึ่งมีอากาศค่อนข้างร้อนเฉลี่ย 30.2 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อการพัฒนา การเจริญเติบโต และการติดฝัก ถั่วฝักยาวแตกต่างกัน เนื่องจากความสามารถในการปรับตัว และพันธุกรรมของถั่วฝักยาวแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน (ตารางผนวกที่ 1 และ 2)

ลักษณะพื้นที่ใบ ความยาวต้น ระยะห่างระหว่างช่อดอก จำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้น ถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของยีนแบบข่มมากกว่าแบบผลบวก โดยเฉพาะลักษณะจำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้น ซึ่งเป็นลักษณะทางเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ แม้ว่าการผสมกลับจะใช้ลูกชั่วที่ 2 ในการผสมกลับจะมีการเสื่อมถอยทางพันธุกรรม (inbreeding) 50 เปอร์เซ็นต์ ในลูกชั่วที่ 2 เนื่องจากมีการผสมตัวเองจากลูกผสมชั่วที่ 1 แต่ในลูกชั่วที่ 2 ยังมียีนจำนวนคู่ผสม (heterozygous) อยู่ค่อนข้างมากเนื่องจากยังไม่เข้าสู่สายพันธุ์แท้ที่มีลักษณะพันธุกรรมเป็น (homozygous) ส่วนลักษณะความกว้างใบ ความหนาใบ ความยาวช่อดอก น้ำหนักฝัก ความยาวฝัก จำนวนช่อดอกต่อต้น และจำนวนฝักต่อช่อดอก มีอิทธิพลของยีนแบบบวก แสดงให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวเหมาะสมที่จะสกัดให้เข้าสู่ homozygous โดยการคัดเลือกเพื่อสกัดสายพันธุ์บริสุทธิ์ต่อไป อย่างไรก็ตาม การใช้พ่อแม่ที่มีลักษณะดีเข้ามาผสมกลับซ้ำๆ เพื่อพัฒนาเป็นสายพันธุ์ใหม่ยังคงเป็นวิธีที่ใช้กันมากในพืชหลายชนิด การคัดเลือกกลับไปกลับมาระหว่างสายพันธุ์บริสุทธิ์กับลูกผสมจะทำให้สายพันธุ์บริสุทธิ์มีค่าเฉลี่ยของลักษณะนั้นๆ เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่จะลดลง แต่ลูกผสม และสายพันธุ์บริสุทธิ์ที่ได้จากการคัดเลือกรอบหลังๆ จะมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น (Fasoulas, 1973) แต่ควรมีการรักษาความหลากหลายของเชื้อพันธุกรรมสำหรับใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ควบคู่กันไป (Jong *et al.*, 2006)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบความแตกต่างทางสถิติของสายพันธุ์พ่อแม่ (Inbred line) ลูกชั่วที่ 2 (F_2 parents) และปฏิกริยาร่วมระหว่าง inbred line x F_2 parents (ตารางที่ 36-49) ทำให้ลูกผสมมีการแสดงออกแตกต่างกัน คู่ผสมที่พบความแตกต่างทางสถิติของพันธุ์พ่อแม่แสดงว่าในลักษณะนั้นๆ มีพันธุกรรมพ่อแม่แตกต่างกัน ลูกชั่วที่ 2 จึงมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูงกว่าสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีพันธุกรรมใกล้เคียงกัน (Messmer *et al.*, 1993) และมีโอกาสที่จะคัดเลือกพันธุ์ที่ดีในลูกชั่วที่ 2 มากขึ้น ส่วนลักษณะที่พบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parents แสดงว่าลูกชั่วที่ 2 มีการกระจายตัวทางพันธุกรรมค่อนข้างมากทำให้ลูกผสมกลับมีพันธุกรรมแตกต่างกัน ในงานปรับปรุงพันธุ์ การสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรม และการทราบความสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์มีความจำเป็นสำหรับการคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่ และการตัดสินใจของนักปรับปรุงพันธุ์ (Smith *et al.*, 1991) ส่วนลักษณะที่พบความแตกต่างทางสถิติของ F_2 parents และปฏิกริยาร่วมระหว่าง Inbred line x F_2 parents แสดงว่าพันธุ์พ่อแม่ และลูกชั่วที่ 2 มีปฏิสัมพันธ์การแสดงออกร่วมกันจึงเหมาะสำหรับนำไปผลิตเป็นพันธุ์ลูกผสม โดยเฉพาะลักษณะผลผลิต เนื่องจากการแสดงออกของยีนแบบข่ม แต่ควรมีการพิจารณาถึงต้นทุนในการผลิต และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ดังนั้น การใช้ลูกชั่วที่ 2 ในการผสมกลับเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรมได้ค่อนข้างมาก และยังคงพันธุกรรมของลักษณะที่ต้องการไว้ได้จากการผสมกลับเพื่อใช้เป็นเชื้อพันธุกรรมสำหรับปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต (สนธิชัย, 2548) การใช้พ่อแม่ที่ดีผสมกลับไปมาระหว่างลูกผสมจะทำให้สายพันธุ์แท้มีค่าเฉลี่ยของลักษณะนั้นๆ สูงขึ้น (Fasoulas, 1973) กฤษณ์ และคณะ (2007) ผสมถั่วฝักยาวพันธุ์พื้นเมือง 2 พันธุ์ และคัดเลือกจนถึงชั่วที่ 4 จึงผสมกับถั่วพุ่ม เพื่อสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรมและเพื่อให้เกิดการรวมตัวทางพันธุกรรม

การศึกษาที่ 5 ค่าอัตราพันธุกรรม

จากการประเมินองค์ประกอบความแปรปรวน (variance component) โดยวิธีการผสมกลับ (Backcross design) สามารถแยกองค์ประกอบความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของยีนแบบบวก (additive variance, σ^2_A) ความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของยีนแบบข่ม (dominance variance, σ^2_D) ความแปรปรวนที่เกิดจากพันธุกรรม (genotypic variance, σ^2_g) ความแปรปรวนที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (environment variance, σ^2_e) และความแปรปรวนที่เกิดจากพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม (phenotypic variance, σ^2_p) สามารถประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ (narrow sense heritability, h^2) ของถั่วฝักยาวทั้ง 7 กลุ่มผสม โดยแบ่งค่าอัตราพันธุกรรมเป็น 3 ช่วง คือ ค่าอัตราพันธุกรรมสูง ($h^2 \geq 0.70$) ค่าอัตราพันธุกรรมปานกลาง ($0.40 \leq h^2 \leq 0.70$) และค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ ($h^2 < 0.40$) พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละลักษณะ และแต่ละกลุ่มผสม ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความกว้างใบอยู่ในช่วง 0.09-0.81 ความยาวใบ 0.12-0.77 พื้นที่ใบ 0.39-0.87 ความหนาใบ 0.17-0.83 และความยาวต้นมีค่าอัตราพันธุกรรมสูงอยู่ในช่วง 0.52-0.90 ลักษณะวันออกดอกมีค่าอัตราพันธุกรรม 0.40-0.90 ส่วนค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะช่อดอก พบว่า ความยาวช่อดอกมีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.03-0.59 ระยะห่างระหว่างช่อดอก 0.27-0.67 และจำนวนช่อดอกต่อต้น 0.08-0.82 ส่วนลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต พบว่า น้ำหนักฝัก 0.02-0.39 ความยาวฝัก 0.23-0.69 จำนวนฝักต่อช่อดอกส่วนใหญ่มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างต่ำ 0.01-0.45 ลักษณะจำนวนฝักต่อต้น 0.18-0.80 และผลผลิตต่อต้น 0.44-0.78 (ตารางที่ 50-52)

การศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณ สามารถทำได้โดยประเมินจากค่าอัตราพันธุกรรม เนื่องจากค่าอัตราพันธุกรรมแสดงถึงสัดส่วนความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของพันธุกรรมเมื่อเปรียบเทียบกับความแปรปรวนทั้งหมด (Falconer and Mackay, 1996) ในพืชผสมตัวเองจะให้ความสำคัญกับการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบซึ่งจะให้ความสนใจกับความแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลแบบผลบวกหรือคุณค่าการผสมพันธุ์ (breeding value) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการตอบสนองต่อการคัดเลือก (พีระศักดิ์, 2525) โดยลักษณะที่ค่าอัตราพันธุกรรมสูงแสดงว่าการแสดงออกของลักษณะปรากฏนั้นเป็นผลมาจากพันธุกรรมมากกว่าจากสภาพแวดล้อม

ตารางที่ 50 ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความกว้างใบ ความยาวใบ พื้นที่ใบ ความหนาใบ และ ความยาวต้น

คู่ผสม	ค่าอัตราพันธุกรรม (h^2_u)				
	ความกว้างใบ	ความยาวใบ	พื้นที่ใบ	ความหนาใบ	ความยาวต้น
CO8 x KD #5	0.09	0.48	0.67	0.30	0.68
SKG x LNS	0.81	0.48	0.78	0.71	0.52
MXG x LNS	0.74	0.77	0.87	0.83	0.90
NAN 1 x LNS	0.10	0.12	0.53	0.70	0.90
KPS-11 x KD #5	0.49	0.66	0.71	0.43	0.62
SKG x KD #5	0.58	0.63	0.67	0.17	0.65
SSK x KM-6	0.31	0.76	0.39	0.72	0.79

จากการทดลองลักษณะผลผลิตต่อต้นมีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างสูง เกิดจากได้รับอิทธิพลทางตรง ได้แก่ ลักษณะความยาวต้น ความยาวช่อดอก น้ำหนักฝัก จำนวนฝักต่อต้น และอิทธิพลทางอ้อมที่ส่งเสริมการแสดงออกต่อผลผลิตร่วมกัน ประกอบกับการเขตกรรมที่เหมาะสม นอกจากนั้นลักษณะทางการเกษตรบางลักษณะยังมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิต และสิ่งไม่มีชีวิตบางอย่าง เช่น พืชที่มีลำต้นเลื้อยมักเป็นพืชที่ขึ้นในเขตอาศัยน้ำฝนเพราะลำต้นที่เลื้อยคลุมดินจะช่วยเก็บกักความชื้นในดิน พืชที่มีใบเป็นรูปหอกหรือมีขนใบปกคลุมบริเวณใบ และลำต้น สามารถทนแล้ง และป้องกันการเข้าทำลายของแมลงบางชนิดได้ดี ส่วนลักษณะจำนวนฝักต่อช่อดอก และน้ำหนักฝักมีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างต่ำ อยู่ในช่วง 0.01-0.45 และ 0.02-0.39 ดังนั้น การคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิตจึงสามารถคาดหวังในลักษณะจำนวนฝักต่อช่อดอก และน้ำหนักฝักได้ยาก เนื่องจากมีความแปรปรวนที่เกิดจากสภาพแวดล้อมสูง และสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้น้อย เป็นอุปสรรคต่อการปรับปรุงพันธุ์ (กฤษฎา, 2528) ส่วนลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงแสดงว่าลักษณะนั้นสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้สูงกว่าลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ ดังนั้น ลักษณะความยาวใบ พื้นที่ใบ ความหนาใบ จำนวนช่อดอกต่อต้น วันออกดอก สามารถประสบความสำเร็จได้มากกว่าลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ เช่น ลักษณะน้ำหนักฝัก และจำนวนฝักต่อช่อดอก เป็นต้น อย่างไรก็ตามในการเลือกวิธีการปรับปรุงพันธุ์ควรเลือกวิธีที่ง่ายที่สุด เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด และให้ความก้าวหน้าในการคัดเลือกสูงที่สุด ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงอาจใช้วิธีการ

คัดเลือกแบบง่าย ๆ ส่วนลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำอาจต้องใช้วิธีการทดสอบรุ่นลูก (พีระศักดิ์ และ ประเสริฐ, 2548)

อย่างไรก็ตาม ค่าอัตราพันธุกรรมที่ประเมินได้ เป็นคุณสมบัติเฉพาะประชากร และภายใต้สภาพแวดล้อมใดสภาพแวดล้อมหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นการนำค่าอัตราพันธุกรรมที่ได้ไปใช้กับประชากรอื่นควรต้องพิจารณาความคล้ายคลึงของประชากร สภาพแวดล้อม และเพื่อให้เกิดความแม่นยำควรมีการทดสอบในหลายๆ สภาพแวดล้อม (สมชัย และ พีระศักดิ์, 2527; ประดิษฐ์, 2550b)

ตารางที่ 51 ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะวันออกดอก ความยาวช่อดอก ระยะห่างระหว่างช่อดอก และจำนวนช่อดอกต่อต้น

คู่ผสม	ค่าอัตราพันธุกรรม (h^2_n)			
	วันออกดอก	ความยาวช่อดอก	ระยะห่างระหว่างช่อดอก	จำนวนช่อดอกต่อต้น
CO8 x KD #5	0.40	0.37	0.36	0.70
SKG x LNS	0.55	0.59	0.52	0.33
MXG x LNS	0.51	0.56	0.67	0.08
NAN 1 x LNS	0.59	0.17	0.27	0.64
KPS-11 x KD #5	0.90	0.16	0.46	0.47
SKG x KD #5	0.79	0.42	0.44	0.45
SSK x KM-6	0.90	0.03	0.63	0.82

ตารางที่ 52 ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักฝัก ความยาวฝัก จำนวนฝักต่อช่อดอก จำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้น

คู่ผสม	ค่าอัตราพันธุกรรม (h^2_u)				
	น้ำหนักฝัก	ความยาวฝัก	จำนวนฝักต่อช่อดอก	จำนวนฝักต่อต้น	ผลผลิตต่อต้น
CO8 x KD #5	0.30	0.60	0.05	0.62	0.78
SKG x LNS	0.13	0.37	0.10	0.80	0.68
MXG x LNS	0.39	0.23	0.01	0.57	0.73
NAN 1 x LNS	0.13	0.25	0.45	0.38	0.56
KPS-11 x KD #5	0.02	0.58	0.13	0.51	0.75
SKG x KD #5	0.35	0.69	0.03	0.18	0.45
SSK x KM-6	0.03	0.50	0.20	0.28	0.44

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต พบว่า พันธุกรรมของพันธุ์พ่อแม่ที่แตกต่างกันส่งผลให้การแสดงออกของลูกผสมแต่ละกลุ่มมีค่าเฉลี่ย และการแสดงออกทางพันธุกรรมแตกต่างกัน การแสดงออกของพันธุ์ลูกผสมจะแปรผันกับค่าเฉลี่ย และพันธุกรรมของพ่อแม่ ส่วนพันธุ์ลูกผสมกลับทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างค่าเฉลี่ยพันธุ์พ่อแม่แต่มีแนวโน้มใกล้เคียงกับพันธุ์พ่อหรือพันธุ์แม่ที่ใช้ในการผสมกลับ

2. การวิเคราะห์แพทโคแอฟฟิเซียนท์ พบว่า ลักษณะพื้นที่ใบ ความยาวต้น ความยาวช่อดอก วันออกดอก น้ำหนักฝัก และจำนวนฝักต่อต้นมีอิทธิพลทางตรงแบบบวกต่อผลผลิต โดยมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางพื้นที่ใบ ความยาวต้น ความยาวช่อดอก วันออกดอก น้ำหนักฝัก และจำนวนฝักต่อต้น และมีอิทธิพลรวมแบบบวกทุกลักษณะ ยกเว้นลักษณะความยาวฝัก ส่วนลักษณะพื้นที่ใบมีความสัมพันธ์ทางบวกสูงกับลักษณะความหนาใบ ความยาวต้น ความยาวช่อดอก และวันออกดอก

3. ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ พบว่า ในแต่ละลักษณะ และแต่ละกลุ่มผสมมีความแตกต่างกัน เนื่องจากพันธุกรรมพันธุ์พ่อแม่แตกต่างกัน โดยประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่สูงกว่าลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรลูกผสมกลับในลักษณะจำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้น และมีความสม่ำเสมอในลักษณะต่างๆ มากกว่า ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มีค่ามากกว่าค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ เนื่องจาก พันธุกรรมของพันธุ์พ่อแม่มีความแตกต่างกันมาก ค่าเฉลี่ยของลักษณะจึงมีค่าต่ำ ส่วนค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ใช้ค่าเฉลี่ยจากพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดจึงมีค่าความดีเด่นต่ำ

4. การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรม พบว่า ลักษณะทางการเกษตรที่มีอิทธิพลของยีนแบบบวก คือ ลักษณะความหนาใบ ความกว้างใบ ความยาวช่อดอก และวันออกดอก ในลักษณะผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตที่มีอิทธิพลของยีนแบบบวก คือ ลักษณะความยาวฝัก น้ำหนักฝัก จำนวนฝักต่อช่อดอก และจำนวนช่อดอกต่อต้น ส่วนลักษณะพื้นที่ใบ ความยาวต้น ระยะห่างระหว่างช่อดอก และผลผลิตต่อต้น มีการแสดงออกของยีนแบบข้าม

5. การประเมินค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมแบบแคบ พบว่าแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มผสม โดยลักษณะพื้นที่ใบ ความหนาใบ วันออกดอก และผลผลิตต่อต้น มีค่า

อัตราพันธุกรรมค่อนข้างสูง ลักษณะความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวช่อดอก ระยะห่างระหว่างช่อดอก จำนวนช่อดอกต่อต้น ความยาวฝัก จำนวนฝักต่อต้น มีค่าอัตราพันธุกรรมปานกลาง ส่วนลักษณะน้ำหนักฝัก และจำนวนฝักต่อช่อดอก มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างต่ำ



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กนกอร วุฒิวงศ์. 2551. **Antixenosis** กับการต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่ว (*Aphis craccivora* Kock.) ถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata*). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กนกอร วุฒิวงศ์ สุรไกร เพิ่มคำ อรัญ งามผ่องใส และจรัสศรี นวลศรี. 2553. การเพิ่มจำนวนเพลี้ยอ่อนถั่ว (*Aphis craccivora* Koch) กับความยาวและความหนาแน่นของขนใต้ใบถั่วฝักยาว และถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). วารสารวิชาการเกษตร. 1: 13-26
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2550. เอกสารรายงานสถิติการผลิตการเกษตรตามชนิดพืชเลือกตามกลุ่มพืชผัก ปีเพาะปลูก 2548/2549 ทั้งประเทศ. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กฤษณ์ ลินวัฒนา, เอนก บางข้า และอาพร คงอิสโร. 2007. การสร้างพันธุ์ถั่วฝักยาวนาน 1. วารสารวิชาการเกษตร. 2 : 143-156
- กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2528. หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.
- กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2544. ปรับปรุงพันธุ์พืช: ความหลากหลายของความคิด. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กัญชวลี เจตยานนท์. 2541. เชื่อหรือไม่ว่าพืชสร้างภูมิต้านทานโรค. วารสารเกษตรนเรศวร 4: 20-25.
- เกษม พิธิ์ และชัยฤกษ์ สงวนทรัพย์ากร. 2537. โครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาว. ใน การประชุมสรุปงานวิจัยฝักและถั่ว ครั้งที่2. น. 37-47
- กรง สีตะธนี. 2519. การเปรียบเทียบลักษณะประจำพันธุ์และผลผลิตถั่วฝักยาว 3 พันธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกรียงไกร จำเริญมา. 2544. บริโภคผักและผลไม้อย่างไรให้ปลอดภัย. วารสารกัญและสัตว
วิทยา 23: 182-184.

ขวัญจิตร สันติประชา และ วัลลภ สันติประชา. 2538. ผลของช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวและขนาดของ
เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ และผลผลิตถั่วฝักยาว, น. 47-65. ใน รายงานการ
ประชุมวิชาการพืชผักแห่งชาติ.

จานุลักษณ์ ขนบดี และ อัจฉรา บุญสวัสดิ์. 2536. การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาว, น. 1-17. ใน
โครงการผลิตเมล็ดพันธุ์ผักภายใต้ความช่วยเหลือจาก FAO/คานิด้า. การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก.
กองขยายพันธุ์พืช. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

จานุลักษณ์ ขนบดี. 2541. การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก. สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

จุฑารัตน์ ธนาไชยสกุล. 2529. ผลของระยะเวลาปลูกต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์
ถั่วฝักยาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิรศักดิ์ อภิสิทธิ์สันติกุล ประวิตร พุทธานนท์ เรืองชัย จูวัฒนสำราญ และ คำเกิง ชำนาญคำ. 2544.
การศึกษาปฏิกิริยาของยีนควบคุมลักษณะผลผลิตและคุณภาพของยาสูบเบอร์เลย์ตามวิธี
Mating Design 2. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39. 5-7
กุมภาพันธ์, กรุงเทพฯ.

จำเริญ พุทธราช ประวิตร พุทธานนท์ เศรษฐา ศิริพิณฑุ์ และ วราภรณ์ แสงทอง. 2548. การถ่ายทอด
ลักษณะปริมาณและคุณภาพของข้าวโพดหวานโดยแผนการผสมพันธุ์ Backcross. รายงาน
การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 6.

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2552. สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย
R. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ถนอม ดาวงาม. 2532. งาม ละหุ่ง ถั่วพุ่ม. ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการ
เกษตร, กรุงเทพฯ.

ทศพร แจ่มจรัส. 2531. ผักฤดูร้อน. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, มหาสารคาม. 206 น.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และวัชรินทร์ ชื่นสุวรรณ. 2543. เอกสารประกอบการสอนหลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิทัช เสริมพงศ์สุวรรณ. 2530. ลักษณะความแปรปรวนของถั่วฝักยาวสายพันธุ์ต่างๆ. ปัญหาพิเศษ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญหงษ์ จงคิด. 2548. หลักและเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญฤทธิ์ สายัมพล. มมป. แผลงนำโรคสู่พืช. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม. 139 น.

ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ. 2550b. พันธุศาสตร์ประชากรและปริมาณ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พงษ์กร ทิศนะพงษ์. (2547). การเปรียบเทียบพันธุ์ถั่วฝักยาว 9 พันธุ์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรรณเพ็ญ ชโยภาส. 2539. การตรวจความต้านทานสารฆ่าแมลงของแมลงด้วยวิธีการต่างๆวารสารกีฏและสัตววิทยา 18: 115-123.

พนิดา ไชยยนต์บุรณ์ ธีรพล อุ่นจิตต์วรรณะ และ จินตนา ภูมังกัญชัย. 2545. การหาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพืชผักชนิดต่างๆ. หน้า 264-270. ในรายงานการประชุมวิชาการ กองวัตถุมีพิษการเกษตร ครั้งที่ 4 ณ จังหวัดกระบี่ ระหว่างวันที่ 22-25 กรกฎาคม 2545.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2525. พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และ ประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. 2548. พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยุพา พลโกด ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ สุมิตรา คงชื่นสิน และบุษบา ฤกษ์อำนาจโชค. 2546. หลักพันธุศาสตร์. สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ร่วมจิต นกเขา. 2551. การผลิตเมล็ดพันธุ์และฝักสดถั่วฝักยาวภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ. 2539. การปรับปรุงพันธุ์พืชขึ้นสูง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รัตนา สันหัตพานิช. 2526. การศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของถั่วฝักยาว. ปัญหาพิเศษ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วไลลักษณ์ เลิศอนันต์ตระกูล. 2522. การศึกษาทางไซโตเจเนติกของถั่วฝักยาว (*Vigna sesquipedalis. Flow*) และถั่วลิสง (*Vigna sinensis. savi*). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาพฤกษศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สนธิชัย จันทรเปรม. 2548. สรุปผลการศึกษาความสัมพันธ์ระดับดีเอ็นเอของสนุ่นดำโดยใช้เทคนิค AFLP. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน.

สมชัย จันทรสว่าง และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2527. พันธุศาสตร์ประชากร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สาคร สมจิตร. 2540. การศึกษาปัจจัยทางเขตรกรรมที่สำคัญต่อการปรับตัวและผลผลิตของสารยพันธุ์ถั่วเหลืองจากประเทศบราซิลในฤดูแล้งในภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์. 2552. การปรับปรุงพันธุ์พืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนารี การสมศักดิ์. (2549). ผลของพันธุ์ร่วมกับรูปแบบการไว้กิ่งแขนงต่อการสร้างผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของถั่วฝักยาว. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

สุรพล อุปติสสกุล. 2536. สถิติ การวางแผนการทดลอง 1. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรนุช เพิ่มสัจย์. 2521. การศึกษาการเจริญเติบโตของถั่วฝักยาว. ปัญหาพิเศษ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อริญ งามพ่องไส สุนทร พิพิธ แสงจันทร์ และ วิภาวดี ชำนาญ. 2546. การใช้สารฆ่าแมลงและสารสกัดจากพืชบางชนิดควบคุมแมลงศัตรูถั่วฝักยาว. วารสารสงขลานครินทร์ 25: 307-316.

แอนนา สายมนิรัตน์ และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2529. ความดีเด่นในถั่วเหลืองลูกผสมชั่วที่ 2. วารสารเกษตรศาสตร์. 20: 134-143.

Acosta, J.C. and L.M. Petrache. 1960. The transfer of the bushy character from cowpea (*Vigna sinensis*. Linn. Savi) to sitao (*Vigna sesquipedalis*. Frow). **Phil. Agr.** 43(9): 535-547

Allard, R.W. 1960. **Principles of plant breeding**. New york: John Wiley and Sons, Inc.

Brittinghma, W.H. 1984. Inheritance of data of pod maturity, pod length, seed shape and size in the southern pea. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.** 56: 381-388

Calub, A.D. 1991. **Cowpea Feedgrain Production and Utilization Bureau of Agricultural Research**. Department of Agriculture and College of Agriculture, U.P. at Los Banos, Laguna, Philippine

Capinpin, J.M. 1935. A genetic study of certain characters in varietal hybrids of Cowpea. **Phi. J. Sci.** 57(2): 149-165

Chikkadyavaiah. 1985. Genetic divergence in cowpea *Vigna unguiculata*. L. Walp. **Mysore J. Agr. Sci** 19(2): 131-132.

Comstock, R.E. and H.F. Robinson. 1948. **The components of genetic variance in population of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance.** Biometrics.

Coulibaly, S., R.S. Pasquet and P. Gepts. 2002. AFLP analysis of the phenetic organization and genetic diversity of *Vigna unguiculata* L. Walp. Reveals extensive gene flow between wild and domesticated types. **Theor. Appl. Genet.** 104: 358-366.

Davies, O.L. (editor). 1968. **The Design and Analysis of Industrial Experiment.** 2nd ed., reprinted with correction Longman Group Limited, New York. 636 p.

Dickson, M.K. and C.J. Eckenrode., 1975. Variation in Brassica oleracea resistance to cabbage looper and imported cabbageworm in the greenhouse and field. **J. Economic Ento.** 68: 757-760.

Duke, J.A. 1981. **Handbook of Legumes of World Economic Importance.** New York: Plenum Press.

Falconer, D.S. and T.F.C. Mackay. 1996. **Introduction to Quantitative Genetic.** 4th ed. Longman Group, England.

Fasoulas, A.C. (1973). **A new approach to breeding superior yielding varieties.** Alistotelian University., Thessaloniki, Greece. Pub. No.3.

Fawole, I. 1988. A non petiolate leaf mutant in Cowpea *Vigna unguiculata* (L.) walp. **J. of Heredity.** 79(6): 484-487

- Fehr, W.R., and C.E. Caviness. 1977. **Stages of soybean development**. Iowa Coop. Ext. Serv. Spec. Rep. 80.
- Feng, J. and A.V. Barker. 1992. Ethylene evolution and ammonium accumulation by nutrient stressed tomato planta. **J. Plant Nutri.** 15: 137-154.
- Floresca, E.T. 1960. A cytogenetic study of bush sitao and its parental types. **Phil. Agr.** 44: 290-298
- Frazier, W.A., J.R. Baggett and W.A. Sistruck. 1958. Transfer "Blue Lake" Pole bean pod characters to bush beans. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.** 71: 416-421
- Gascon, G.S. 1973. Monthly planting of sitao to determine the best season for the crop in the Los Banos area and immediate vicinity. **Hort. Abstr.** 12(2): 1-2
- Gatehouse, J.A., V.A. Hilder and A.M.R., Gatehouse. 1991. Genetic engineering of plants for insect resistance, pp. 105-135. *In Plant Genetic Engineering* Vol. 1 (ed.D.Grierson). Suffolk : St Edmundsdury Press.
- Hancock, J.F. 1992. **Plant Evolution and the Origin of Crop Species**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Herklots, G.A.C. 1972. **Vegetable in South-East Asia**. London: George Allen and Unwin Ltd.
- Islam, M.S. and S. Khan. 1996. Inter-relationship and path coefficient analysis in vegetable soybean. **Thai J. Agric Sci.** 29: 65-74.

- Islam, M.S., S. Khan, S.K. Saha and S.M.M. Hossain 1991. Variability, genetic parameters and correlation in vegetable soybean (*Glycine max* L. Merr.). Bangladesh **J. Plant Breed. Genetics** 4 (12): 41-44.
- Janoria, M.P. and M.A. Ali. 1970. Correlation and regression studies in cowpea. JNKVV. **Research J.** 4 : 15-19.
- Jindla, L.N. and K.B. Sing. 1970. Inheritance of flower color, leaf shape and pod length in Cowpea *Vigna sinensis* L. **Indian. J. Hered.** 2: 45-49
- Jong, S.K., S.H. Kim, S.H. Woo, and H.S. Kim. 2006. Comparison of pedigree and DNA based genetic similarity among Korcan soybean. **Korean J. Breed.** 38(1): 19-25.
- Kareem, K.T. and Taiwo, M.A. 2007. Interaction of viruses in cowpea: effects on growth and yield parameters. **Virol. J.** 4: page number not for citation purposes.
- Karungi, J., E. Adipala, M.W. Ogenga-Latigo, S. Kyamanywa and N. Oyobo. 2000. Pest management in cowpea. Part 1. Influence of planting time and pest density on cowpea field pests infestation in eastern Uganda. **Crop Produc.** 19: 231-236.
- Knott, J.E. and I.R. Deanon. 1967. **Vegetable Production in Southeast Asia Collage of Agriculture, Los Banos.** 366 p.
- Kolhe, A.K. 1970. Genetic Studies in *Vigna sp.* **Poona Agr. Coll. Mag.** 59: 126-137
- Koranne, K.D. and H.B. Sing. 1974. Genetic analysis of yield and yield contributory characters in pae. **Indian J. Agr. Sci.** 44(5) : 294-298
- Krarpup, A. and D.W. Davis. 1970. Inheritance of seed yield and its componts in a six parent diallel cross in peas. **Amer. Soc. Hort. Sci.** 95(6): 795-797

- Krishnaswami, N., K.K. Nembier and A., Mariakulondai. 1945. Studies in Cowpea *Vigna unguiculata* (L.) walp. **Madres Agr. J.** 33: 145-160
- Lee, Y.I. 1983. The potato leafhopper, *Empoasca fabae*, soybean pubescence, and hoppreburn resistance. Ph.D. Thesis, University of Illinois. In Panda,
- Leleji, O.I. 1975. Inheritance of three agronomic characters in cowpea *Vigna unguiculata* (L.). **Euphytica**. 24:371-378
- Messmer, M.M. A.E. Melehinger, R.G. Herrmann, and J. Boppenmaier. 1993. Relationships among early European maize inbreds II. Comparison of pedigree and RFLP data. **Crop Sci.** 26: 672-676.
- Miskin, K.E., Rasmusson, D.C. and D.N. Moss. 1972. Inheritance and physiological effects stomatal frequency in barley, **Crop Sci.** 12: 780-783.
- Narsinghani, V.G. and K.S. Kanwal. 1977. Note on yield component analysis in pea crosses. **Indian J. Agr. Sci.** 47(1): 60-62
- Norris, D.M. and M. Kogan. 1980. Biochemical and morphological bases of resistance, pp. 23-62. In (F.G. Maxwell and P.R. Jennings eds.) **Breeding Plant Resistance to Insects**. New York: A Wiley-Interscience Publication.
- Omongo, C.A., E. Adipala, M.W. Ogenga-Latigo and S. Kyamanywa. 1998. Insecticide application to reduce pest infestation and damage on cowpea in Uganda. **African Plant Protect** 4: 91-100.
- Penaflorida, G.D. 1973. A study of the agronomic characters of the pole sitao. **Hort. Abstr.** 1: 460-461

- Peeters, J.P. and J.A. Martinelli. 1989. Hierarchical cluster analysis as a tool to manage variation in germplasm collections. **Theor. Appl. Genet.** 78: 42-48.
- Prakash, L. and G. Prathapasanen. 1990. NaCl and gibberellic acid-induced changes in the content of auxin and the activities of cellulase and pectin lyase during leaf growth in rice (*Oryza sativa*). **Annu. Bot.** 65: 251-257.
- Rachie, K.O. and L.M. Roberts. 1974. Grain legumes of the lowland tropics. Reprinted from. **Adv in Agron.**
- Rawal. K.M., W.M. Porter, J.D., Franckowiak, I. Fawale. and K.O., Rachie. 1976. Unifoliate leaf. A mutant in Cowpea. **J. Hered.** 67: 193-194
- Rubatzky, V.E. and M. Yamaguchi. 1997. **World Vegetables: Principles, Production, and Nutritive Values.** New York: Chapman and Hall.
- Sen, N.K. and J.G. Browal. 1960. Cytotaxonomic studies on Vigna. **Cytologia.** 25: 195-207
- Sen, N.K. and J.G. Browal. 1962. A male-sterile mutant Cowpea. **J.Hered.** 53: 44
- Sing, K.B. and L.N. Jindla. 1971. Inheritance of bud and pod color, pod attachment and growth habit in Cowpea. **Crop Sci.** 11: 928-929
- Smith, S.E., A.Al. Doss and M. Warburton. 1991. Morphological and agronomic variation in North African and Arabian alfalfas. **Crop Sci.** 31: 1159-1163.
- Splitsoesser, W.E. 1979. **Vegetable growing handbook.** Connecticut. AVI Pub.
- Tindall, H.D. 1983. **Vegetables in the tropic.** Macmillan Education Ltd. Hong Kong. 533 p.

Tyagi, I.D., B.P.S. Parihar, R.K. Dixit and H.G. Singh. 1978. Component analysis for green fodder yield in cowpea. **Indian. J. Agr. Sci.** 48: 646-649

Venugopal, R. and J.V. Gound. 1977. Inheritance of pigmentation of cowpea. **Current. Sci.** 46 46(8) : 277.

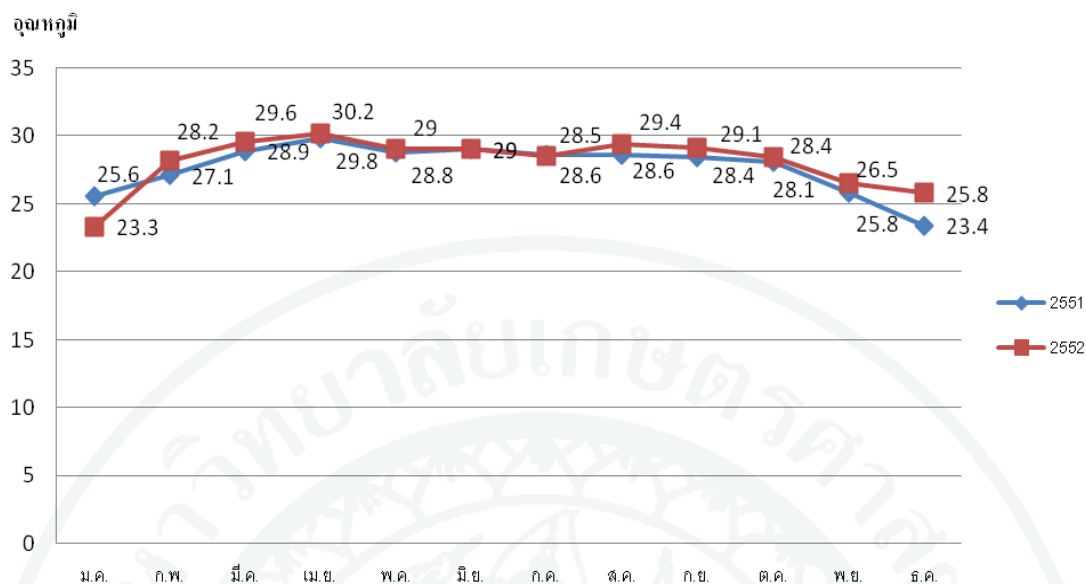
Wallace, L.E., F.H. MaNeal. and M.A. Berg. 1974. Resistance to both *Oulema melanopus* and *Cephus cinctus* in pubescent-leave and solid stemmed wheat selections. **J. Econ. Entomol.** 67: 105-107.

Wright, S., 1921. Correlation and causation, **J. of Agr. Res.** 20: 557-585.

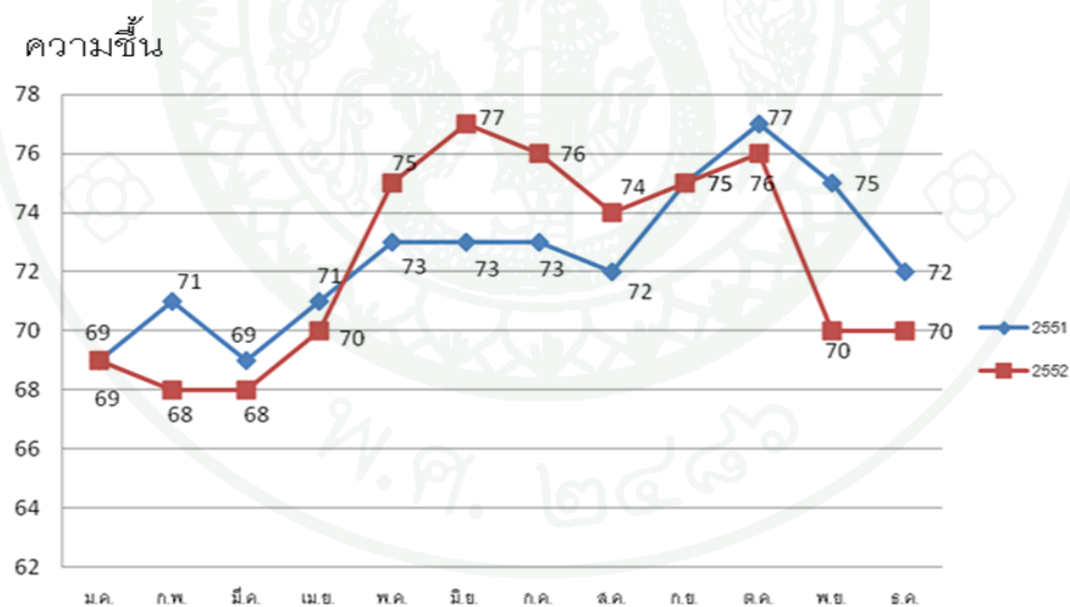
Wu, J., D.M. Seliskar and J.L. Gallagher. 1998. Stress tolerance in the marsh plant *Spartina patens*: impact of NaCl on growth and root plasmamembrane lipid composition. **Physiol. Plant** 102: 307-317.

Zubair, M. and P. Srinives. 1986. Path coefficients analysis in mungbean (*Vigna radiate* (Linn) Wilczek). **Thai J. Agric Sci.** 19: 181-188.





ภาพผนวกที่ 1 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2552



ภาพผนวกที่ 2 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ของอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2552

ที่มา : สถานีตรวจอากาศเกษตรกำแพงแสน



ภาพผนวกที่ 3 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวสายพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 9 พันธุ์



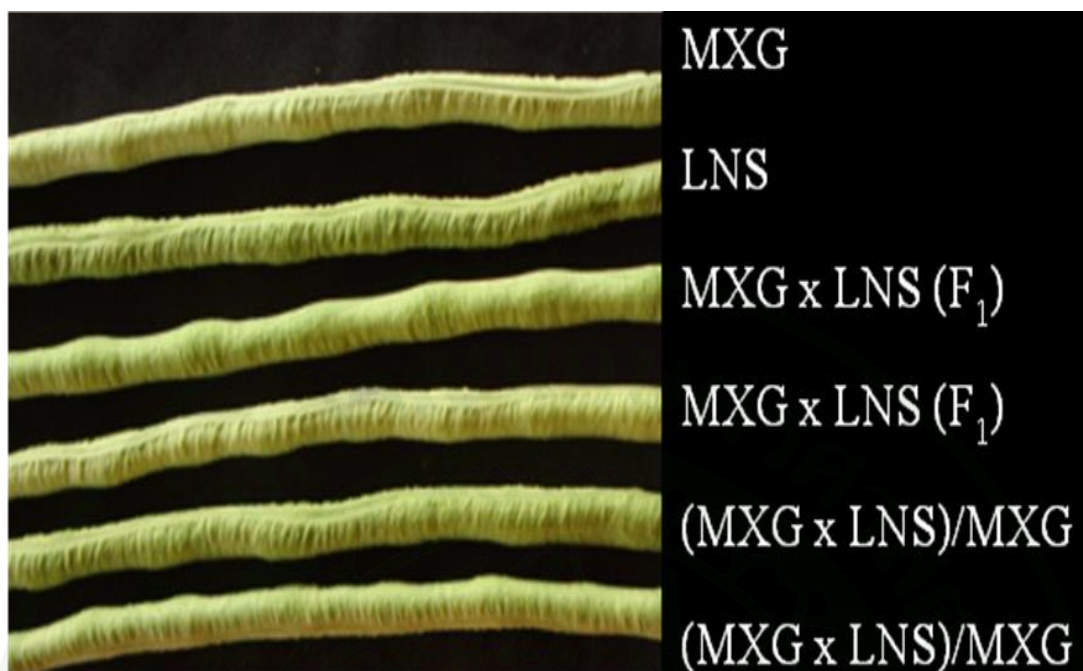
ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 7 คู่ผสม



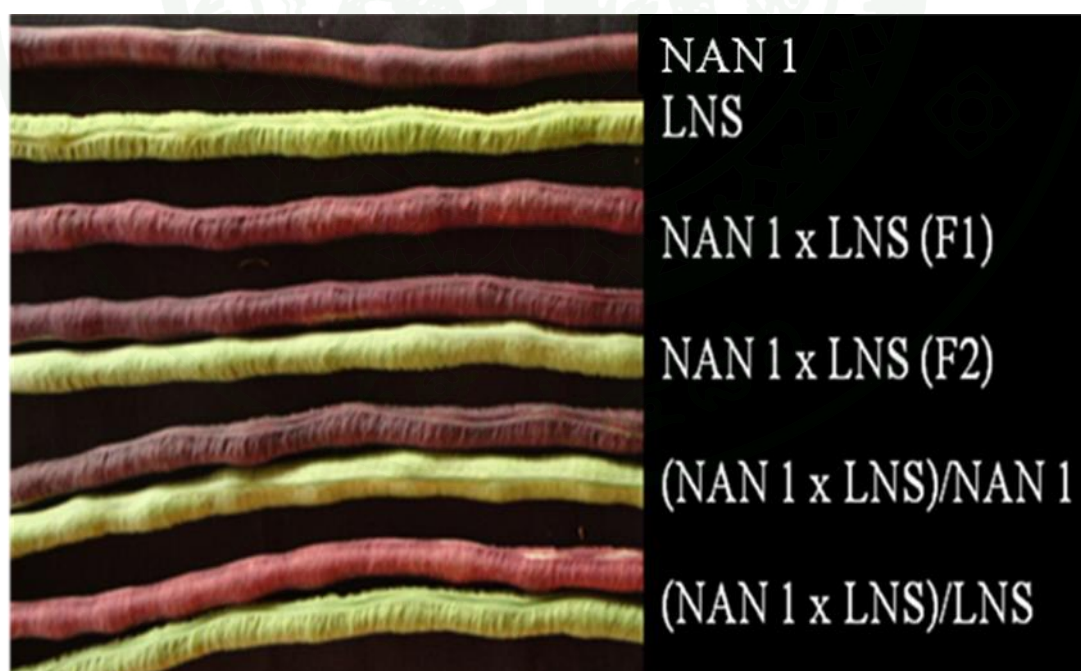
ภาพผนวกที่ 5 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม CO8 x KD #5



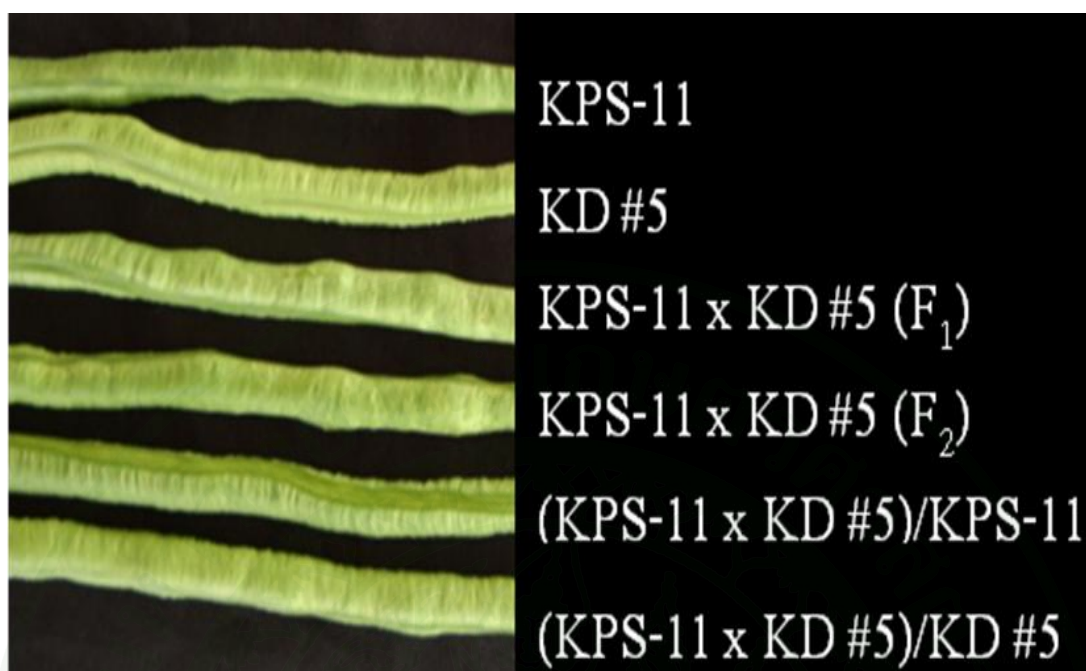
ภาพผนวกที่ 6 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม SKG x KD #5



ภาพผนวกที่ 7 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม MXG x LNS



ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม NAN 1 x LNS



ภาพผนวกที่ 9 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม KPS-11 x KD #5



ภาพผนวกที่ 10 ลักษณะสีฝักถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม SKG x KD #5



ภาพผนวกที่ 11 ลักษณะสีผิวถั่วฝักยาวชั่วรุ่นพ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของประชากรผสมกลับของกลุ่มผสม SSK x KM-6



ภาพผนวกที่ 12 สภาพแปลงทดลอง

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายชนพัฒน์ ศิริสัตย์ลักษณ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 14 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน
ประวัติการศึกษา	วท.บ. สาขาวิชาพืชศาสตร์ เอกพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (พ.ศ. 2549)
ประวัติการทำงาน และผลงานวิชาการ	1. นิสิตผู้ช่วยสอน บัณฑิตวิทยาลัย ระดับปริญญาโท วิชาหลักการปรับปรุงพันธุ์พืชสวน (พ.ศ. 2552-54) 2. ผู้ช่วยนักวิจัย 3. การตีพิมพ์ผลงานวิชาการ จำนวน 2 เรื่อง 3.1 เรื่อง " อัตราพันธุกรรมและความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของสัณฐานวิทยา ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญบางประการในถั่วฝักยาว " ในงานประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 10 3.2 เรื่อง " การวิเคราะห์เส้นทางและการประเมินลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตบางประการของถั่วฝักยาว (<i>Vigna unguiculata</i> ssp. <i>sesquipedalis</i>) " ในงานประชุมวิชาการ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 4. การนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ จำนวน 2 เรื่อง 4.1 เรื่อง " อัตราพันธุกรรมและความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของสัณฐานวิทยา ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญบางประการในถั่วฝักยาว " ในงานประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 10 4.2 เรื่อง " การวิเคราะห์เส้นทางและการประเมินลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตบางประการของถั่วฝักยาว (<i>Vigna unguiculata</i> ssp. <i>sesquipedalis</i>) " ในงานประชุมวิชาการ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน