พันธุกรรมของลักษณะบางลักษณะของถั่วเขียวและการปรับปรุงพันธุ์ให้ต้านทานต่อโรคใบจุด

Inheritance of Certain Characters of Mungbean and Breeding for Resistance to Cercospora Leafspot

สมใจ นุ้ยสีรุ้ง

Somchai Nuysrirung

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science (Agriculture) Thesis in Plant Science

Prince of Songkla University

2537

2.
เลขหมู่ SB319.N85 ส๒๑ ๒๕๓๗ ฉ. ๒
Bib Key 5886
/ /

ชื่อวิทยานิพนธ์ พันธุกรรมของลักษณะบางลักษณะของถั่วเขียวและการปรับปรุงพันธุ์ให้ต้านทานต่อโรคใบจุด

ผู้เขียน นางสาวสมใจ นุ้ยสีรุ้ง

สาขาวิชา พืชศาสตร์

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล เหล่าสุวรรณ)

.....กรรมการ
(ดร. วินิจ เสรีประเสริฐ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสมอใจ ชื่นจิตต์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล เหล่าสุวรรณ)

.....กรรมการ
(ดร. วินิจ เสรีประเสริฐ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสมอใจ ชื่นจิตต์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เอกสมทราเมษฐ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วัลลภ สันติประชา)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชศาสตร์

.....

(ดร. ไพรัตน์ สงวนไทร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ พันธุกรรมของลักษณะบางลักษณะของถั่วเขียวและการปรับปรุงพันธุ์ให้ต้านทานต่อโรคใบจุด

ผู้เขียน นางสาวสมใจ นุ้ยสีรุ้ง

สาขาวิชา พืชศาสตร์

ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

การศึกษาพันธุกรรมของลักษณะบางลักษณะของถั่วเขียวและการปรับปรุงพันธุ์ให้ต้านทานต่อโรคใบจุด ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลอง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ระหว่างเดือนมกราคม 2535 ถึงเดือนมีนาคม 2537 การทดลองที่ 1 มี 2 คู่ผสม คือระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718 และระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A ในคู่ผสมแรกประกอบด้วยพันธุ์ มอ-1 และ V 4718 ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) และชั่วที่ 2 (F_2) ซึ่งได้ศึกษาทั้งลักษณะทางปริมาณและคุณภาพ ได้แก่ ความสูงของต้น อายุออกดอก จำนวนฝักต่อต้น ความยาวของฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก ขนาดเมล็ด (น.น. 100 เมล็ด) และการต้านทานโรคใบจุด พบว่าเกิด heterosis ในลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก จำนวนฝักต่อต้น ความยาวของฝัก และจำนวนเมล็ดต่อฝัก จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของชั่วรุ่นทั้ง 4 ประชากร พบว่าการแสดงออกของยีนแบบบวกและแบบข่มมีความสำคัญในการถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ การใช้โมเดลเพียง 3 พารามิเตอร์ไม่มีความเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์การแสดงออกของยีนในลักษณะอายุออกดอก จำนวนฝักต่อต้น ความยาวของฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และการต้านทานโรคใบจุด การต้านทานโรคใบจุดให้ค่าพันธุกรรมสูงสุด และมีจำนวนยีนในพันธุ์พ่อแม่แตกต่างกันมากกว่า 1 คู่ ในลักษณะอายุออกดอก ความยาวของฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด สหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์และฟีโนไทพ์มีค่าสูงในลักษณะจำนวนฝักต่อต้นกับความยาวของฝัก และความยาวของฝักกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก

ในคู่ผสมที่ 2 (กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A) เกิด heterosis ในลักษณะความสูงของต้นและอายุออกดอก ค่าเฉลี่ยของชั่วรุ่น 6 ประชากร P_1 (กำแพงแสน 2), P_2 (VC 3689A) F_1, F_2, BC_1P_1 (ผสมกลับไปยัง P_1) และ BC_1P_2 (ผสมกลับไปยัง P_2) แสดงผลของยีนแบบบวก และแบบข่ม และแบบข่มข้ามคู่ในลักษณะความสูงของต้น และการต้านทานต่อโรคใบจุด ส่วนอายุออกดอกมีการแสดงออกของยีนแบบบวกและแบบข่มข้ามคู่

การทดลองที่ 2 เป็นการถ่ายทอดยีนที่ต้านทานโรคใบจุดจากสายพันธุ์ VC 3689A (พันธุ์ให้) โดยทำการผสมกลับ 3 ครั้งไปยังพันธุ์ กำแพงแสน 1 กำแพงแสน 2 และมอ-1 (พันธุ์รับ) ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอ ปลูกเปรียบเทียบระหว่างพ่อแม่และลูกผสมตัวเองครั้งที่ 1 ของลูกผสมกลับครั้งที่ 3 (BC_3F_1) พบว่าลูกผสมมีระดับการต้านทานต่อโรคใบจุดดีขึ้นและมีลักษณะอื่น ๆ บางลักษณะมีค่าใกล้เคียงกับพันธุ์รับ

Thesis Title	Inheritance of Certain Characters of Mungbean and Breeding for Resistance to Cercospora Leafspot
Author	Miss Somchai Nuysrirung
Major Program	Plant Science
Academic Year	1994

Abstract

A study on the inheritance of certain characters of mungbean and breeding for resistance to Cercospora leafspot was carried out concurrently at the Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University during January 1992 and March 1994. In the first experiment, two crosses were made between mungbean variety PSU-1 x line V 4718 and Kamphaeng Saen 2 x VC 3689A. Mungbean populations namely, P_1 (PSU-1), P_2 (V 4718), F_1 (PSU-1 x V 4718) and F_2 were produced from the first cross. The inheritance of both quantitative and qualitative characters, plant height, days to first flower, pods per plant, pod length, seeds per pod, seed size (100 seed weight) and resistance to Cercospora leafspot, were studied. Heterosis was found in plant height, days to first flower, pods per plant, pod length, seeds per pod and 100 seed weight. Generation mean analysis of P_1, P_2, F_1 and F_2 showed both additive and dominance gene actions were the important for all characters. The model with three parameters was not adequate to evaluate the gene action for days to first flower, pods per plant, pod length, 100 seed weight and

resistance to Cercospora leafspot. Heritability for resistance to Cercospora leafspot was highest. It was found that days to first flower, pod length and 100 seed weight were controlled by more than one pair of gene. Correlation analysis indicated that both phenotypic and genotypic correlations were high between pods per plant and pod length and between pod length and seeds per pod were high.

Heterosis for plant height and days to first flower were found in the second cross between Kamphaeng Saen 2 and VC 3689A. Generation mean analysis of six populations including P_1 (Kamphaeng Saen 2), P_2 (VC 3689A), F_1, F_2, BC_1P_1 (backcross to P_1) and BC_1P_2 (backcross to P_2) showed significantly important gene action as follows : additive and dominant gene action and epistasis for plant height and Cercospora leafspot resistance; additive gene action and epistasis for days to first flower.

The second experiment was conducted to transfer the resistant gene (s) for Cercospora leafspot from VC 3689A (donor parents) to three recommended varieties namely Kamphaeng Saen 1, Kamphaeng Saen 2 and PSU-1 (recurrent parents) through successive backcrossing. A systematic design was used to compare between both parents and their respective backcrosses at the BC_3F_1 generation. Results showed that these backcross progenies were highly resistant to Cercospora leafspot. The BC_3F_1 were similar to their respective recurrent parents regarding other characteristics.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล เหล่าสุวรรณ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ดร. วินิจ เสรีประเสริฐ และผู้ช่วยศาสตราจารย์เสมอใจ ชื่นจิตต์ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการศึกษาวิจัย การเขียน และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. วัลลภ สันติประชา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์แปลงทดลอง สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ขอขอบคุณ คุณคิดชนก นุ้ยสีรุ้ง น้องและเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้การช่วยเหลือและกำลังใจด้วยดีมาโดยตลอด

สมใจ นุ้ยสีรุ้ง

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบาญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการรูป	(11)
บทที่	
1 บทนำ	1
ตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์	10
2 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ	11
วัสดุอุปกรณ์	11
วิธีดำเนินการ	12
3 ผล	26
ผลการทดลองที่ 1	26
คู่ผสม มอ-1 กับ V 4718	26
คู่ผสม กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A	35
ผลการทดลองที่ 2	40
การเปรียบเทียบลูกผสมกลับกับพันธุ์พ่อแม่ (BC_3F_1)	40
4 วิจารณ์	51
5 สรุป	57
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก	69
ประวัติผู้เขียน	80

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยและวาเรียนซ์ ขององค์ประกอบผลผลิตและลักษณะอื่น ๆ ของถั่วเขียวในคู่ผสม ระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718	28
2	การแสดงออกของยีนแบบต่าง ๆ ที่ควบคุมองค์ประกอบของผลผลิต และลักษณะอื่น ๆ ของถั่วเขียว จากประชากรต่าง ๆ ที่ได้จากคู่ผสม ระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718	30
3	อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง ของลักษณะต่าง ๆ ของถั่วเขียวในคู่ผสม ระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718	31
4	จำนวนคู่ของยีนที่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์พ่อแม่ในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718	33
5	ดรรชนีสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์ และทางฟีโนไทพ์ ระหว่างองค์ประกอบของผลผลิต ของถั่วเขียวในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718	34
6	ค่าเฉลี่ย และวาเรียนซ์ของลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก และการต้านทานโรคใบจุด ของถั่วเขียวในประชากรต่าง ๆ ของคู่ผสมระหว่างพันธุ์กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A	36
7	การแสดงออกของยีนแบบต่าง ๆ ที่ควบคุมลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก และการต้านทานโรคใบจุด จากคู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A	37
8	อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง และอย่างแคบ ของลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก และการต้านทานโรคใบจุด ของถั่วเขียวในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A	39
9	จำนวนคู่ของยีน ที่ควบคุมลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก และการต้านทานโรคใบจุด ในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A	39

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
10	ลักษณะต่าง ๆ ของลูกผสม BC_3F_1 ของถั่วเขียวในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 1 กับ VC 3689A	42
11	ลักษณะต่าง ๆ ของลูกผสม BC_3F_1 ของถั่วเขียวในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A	43
12	ลักษณะต่าง ๆ ของลูกผสม BC_3F_1 ของถั่วเขียวในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ VC 3689A	44

รายการรูป

รายการรูปที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ และลูกผสมแบบต่าง ๆ รวม 6 ประชากร	13
2	แสดงแผนผังการถ่ายทอดยีนต้านทานโรค (R) จากพันธุ์ให้ไปยังพันธุ์รับ โดยวิธีการผสมกลับ	15
3	การเปรียบเทียบความยาวของฝักระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 1 สายพันธุ์ VC 3689A และลูกผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 1 (BC_3F_1)	45
4	การเปรียบเทียบความยาวของฝักระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 สายพันธุ์ VC 3689A และลูกผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 1 (BC_3F_1)	46
5	การเปรียบเทียบความยาวของฝักระหว่างพันธุ์ มอ-1 สายพันธุ์ VC 3689A และลูกผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 1 (BC_3F_1)	47
6	การเปรียบเทียบขนาดเมล็ดระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 1 สายพันธุ์ VC 3689A ลูกผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 1 (BC_3F_1)	48
7	การเปรียบเทียบขนาดเมล็ดระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 สายพันธุ์ VC 3689A ลูกผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 1 (BC_3F_1)	49
8	การเปรียบเทียบขนาดเมล็ดระหว่างพันธุ์ มอ-1 สายพันธุ์ VC 3689A และลูกผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 1 (BC_3F_1)	50

บทที่ 1

บทนำ

ถั่วเขียว [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] มีถิ่นกำเนิดในตอนเหนือของประเทศอินเดีย (Sen and Ghosh, 1959) สามารถเจริญเติบโตได้ดี ในเขตร้อนและเขตอบอุ่น เป็นพืชที่ปลูกได้ในทุกภาคของประเทศไทย และจัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากพืชหนึ่ง นอกจากใช้ผลผลิตเพื่อบริโภคในประเทศแล้ว ยังเป็นสินค้าออกทำรายได้ปีละมากกว่าหนึ่งพันล้านบาท (เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม, 2531) ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา ประเทศไทยส่งถั่วเขียวผิวมันเป็นสินค้าออกมากที่สุดในโลกมาโดยตลอด และมีแนวโน้มการส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2534) ถั่วเขียวเป็นพืชที่มีคุณสมบัติดีเด่นหลายประการ เช่น สามารถปลูกในฤดูปกติ หรือปลูกในฤดูแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าวก็ได้ เป็นพืชทนแล้งและมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับเป็นพืชที่ใช้ปลูกร่วม ปลูกก่อน หรือปลูกหลังพืชหลัก และสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกประเภท นอกจากนั้น ถั่วเขียวยังจัดเป็นพืชบำรุงดินอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากที่รากของถั่วเขียว มักมีปมซึ่งเป็นที่อาศัยของแบคทีเรียซึ่งช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศ เมล็ดถั่วเขียวมีคุณค่าทางอาหารสูงคือ พบว่ามีโปรตีน 21-23 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 50-58 เปอร์เซ็นต์ และยังมีวิตามินเอ, บี1, บี2, ไนอาซีน และวิตามินซี ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ร่างกาย (เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม, 2531) อาจใช้ปรุงเป็นอาหารรับประทานโดยตรง หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ ได้หลายประเภท

ถึงแม้มีการปลูกถั่วเขียวทั่วไปในประเทศไทย แต่ปัจจุบันพันธุ์ถั่วเขียวที่กสิกรปลูกมักให้ผลผลิตที่ต่ำและไม่ต้านทานต่อโรคสำคัญบางชนิด เช่น โรคใบจุด โรคราแป้ง การระบาดของโรคเหล่านี้ นับว่าเป็นปัญหาสำหรับกสิกรที่ปลูกถั่วเขียวอย่างมาก คือทำให้ผลผลิตลด และเมล็ดมีคุณภาพต่ำ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น และมีความต้านทานโรค โดยเฉพาะโรคใบจุด ซึ่งโรคนี้จะระบาดแทบทุกแห่งที่มีการปลูกถั่วเขียวตลอดถึงปรับปรุงให้มีลักษณะต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของแต่ละท้องถิ่นมากยิ่งขึ้น

ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำพันธุ์และสายพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ใหม่ ๆ ที่มีลักษณะบางอย่างที่ต้องการเข้ามาจากต่างประเทศ อย่างไรก็ดีพันธุ์เหล่านั้นยังไม่เหมาะสมต่อการปลูกในประเทศไทย ทั้งนี้เพราะไม่อาจปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม หรือมีลักษณะบางอย่างที่ไม่ตรงกับความต้องการ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องนำพันธุ์เหล่านั้นมาคัดเลือกหรือผสมกับพันธุ์ที่ปลูกกันอยู่แล้วในประเทศไทย เพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่ดี และมีลักษณะส่วนใหญ่ตรงตามความต้องการ อย่างไรก็ดีในการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีการผสมพันธุ์นั้น การที่นักปรับปรุงพันธุ์จะประสบความสำเร็จได้นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงพันธุกรรมของลักษณะนั้น ๆ

ตรวจเอกสาร

ถั่วเขียวเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Leguminosae และอยู่ในตระกูลย่อย Papilionoideae ถั่วเขียวมีอยู่ 2 ชนิด ด้วยกันคือ ถั่วเขียวผิวมันและถั่วเขียวผิวดำ สำหรับถั่วเขียวผิวมันที่นิยมปลูกกันโดยทั่วไปจะมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna radiata* (L.) Wilczek (Rachie and Roberts, 1974) ส่วนถั่วเขียวผิวดำมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna mungo* (L.) Hepper (Egawa, 1990)

ลักษณะทางพันธุกรรมของพืช แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ลักษณะคุณภาพ (qualitative character) เป็นลักษณะที่ควบคุมโดยยีน 1 คู่หรือน้อยคู่ ไม่ปรวนแปรตามสภาพแวดล้อม และลักษณะปริมาณ (quantitative character) เป็นลักษณะที่มียีนควบคุมมากคู่และมีความปรวนแปรตามสภาพแวดล้อม (Allard, 1960) ซึ่งบางครั้งไม่สามารถแยกลักษณะทั้ง 2 ชนิดนี้ออกจากกันได้อย่างชัดเจน ยีนที่ควบคุม ลักษณะปริมาณที่มีเป็นจำนวนมากนั้นมีการแสดงผล 2 รูปแบบ คือ การแสดงออกของยีนแบบบวก (additive geneaction) และการแสดงออกของยีนแบบข่ม (dominance gene action) นอกจากนั้นอาจมีปฏิกิริยาระหว่างคู่ของยีน (epistasis) (Allard, 1960) และเมื่อนำพืชที่มีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกันมาผสมกัน อาจให้ลูกผสมที่มีลักษณะดีเด่นกว่าพันธุ์พ่อแม่ ความดีเด่นของลูกผสมวัดได้ 2 แบบคือ ลูกผสมที่ดีเด่นกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ (heterosis) และลูกผสมที่ดีเด่นกว่าค่าของพ่อหรือแม่ข้างที่มีค่าสูง (higher parent)(heterobeltiosis) (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2527) และความก้าวหน้าในการปรับปรุงลักษณะปริมาณจะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับอัตรา

พันธุกรรม (heritability) ของลักษณะนั้น ๆ (Allard, 1960; Falconer, 1981) ซึ่งสามารถวัดได้ 2 แบบเช่นกันคือ อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (broad sense heritability) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของความปรวนแปรเนื่องมาจากผลของยีนในทุกรูปแบบคือ แบบบวก แบบข่ม และปฏิกิริยาระหว่างคู่ของยีนต่อความปรวนแปรทั้งหมด และอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ (narrow sense heritability) เป็นอัตราส่วนของความปรวนแปรทางพันธุกรรมอันเนื่องมาจากผลของยีนในแบบบวก ต่อความปรวนแปรทั้งหมด (Warner, 1952)

พันธุกรรมของลักษณะบางลักษณะ ของถั่วเขียว ความดีเด่นของลูกผสมและการแสดงออกของยีน ที่มีการศึกษากันมา สามารถกล่าวสรุปแต่ละลักษณะได้ดังต่อไปนี้ :

1. **ความสูงของต้น** เมื่อทำการผสมระหว่างถั่วเขียวต้นสูงและต้นเตี้ย ผู้วิจัยส่วนใหญ่ พบว่าจะปรากฏความดีเด่นของลูกผสมหรือ heterosis ในทิศทางที่ลูกผสมดีกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ (Bhatnagar and Singh, 1964; Singh *et al.*, 1978; Sagar and Lal, 1979) เช่น Singh และ Jain (1970) ได้ทำการผสมระหว่างถั่วเขียวจากพ่อแม่ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีความสูงต่างกันจำนวนหลายคู่ผสมพบว่า เกิด heterosis ประมาณ 13.5 ถึง 56.9 เปอร์เซ็นต์ และเกิด heterobeltiosis ประมาณ 16.6 ถึง 43.8 เปอร์เซ็นต์

Empig และคณะ (1970) ได้ทำการศึกษาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของความสูงของต้นถั่วเขียว 5 คู่ผสม พบว่าความสูงของต้นมีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างต่ำ คือ มีอัตราพันธุกรรมเพียง 27 เปอร์เซ็นต์ และมีความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ต่ำ แต่ Veeraswamy และคณะ (1973) พบในทางตรงกันข้ามว่า ความสูงของต้นมีค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างและมีความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์สูง และในการศึกษาในลักษณะเดียวกันนี้ Jules (1980) และ Ramana และ Singh (1987) พบว่า มีค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง 68.0 และ 97.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การศึกษาการแสดงออกของยีน (gene effects) ที่ควบคุมความสูงของต้นถั่วเขียว มีหลายคนที่พบการแสดงออกของยีนเป็นแบบบวกมากกว่าแบบข่ม (Dahiya and Waldia, 1982; Waldia *et al.*, 1987; Patel *et al.*, 1989) แต่ Pushpendra และ Ram (1987) พบในทางตรงกันข้ามว่าความสูงของต้นมีการแสดงออกของยีนแบบข่มมากกว่าแบบบวก และในการศึกษาเกี่ยวกับการแสดงออกของยีนที่ควบคุมลักษณะนี้ Wilson และคณะ

(1985) พบว่ามีการแสดงออกของยีนทั้งที่เป็นแบบบวก และไม่เป็นแบบบวก (non-additive gene action) ควบคุมลักษณะนี้อยู่

ในการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับความสูงของต้น พบว่า ลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับความสูงของต้นได้แก่ลักษณะอายุออกดอก และผลผลิต (Malhotra *et al.*, 1974; Yohe and Poehlman, 1975; Sandhu *et al.*, 1980; Ramana and Singh, 1987)

2. อายุออกดอก การศึกษาเกี่ยวกับพันธุกรรมของอายุออกดอกของถั่วเขียว มีรายงานที่ผลแตกต่างกัน เช่น Misra และคณะ (1970), Singh และ Singh (1972) และ Singh และ Jain (1970) พบว่า พันธุ์หนักแสดงอาการข่มต่อพันธุ์เบา ซึ่ง Singh และ Singh (1972) รายงานว่า อายุออกดอกเป็นลักษณะที่ควบคุมโดยยีน 1 คู่ แต่ Ramana และ Singh (1987) พบว่า เป็นลักษณะปริมาณที่ควบคุมโดยยีนหลายคู่ และอายุออกดอกให้ค่าความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์ต่ำ ทั้ง ๆ ที่มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่ลักษณะนี้ควบคุมโดยยีนแสดงอาการข่มหรือปฏิกิริยาระหว่างคู่ของยีนนั่นเอง

Empig และคณะ (1970) ทำการทดลองโดยผสมถั่วเขียว 5 คู่ เมื่อเฉลี่ยอัตราพันธุกรรมในลักษณะอายุออกดอกมีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง 62.0 เปอร์เซ็นต์ Yohe และ Poehlman (1975) ศึกษาอัตราพันธุกรรมของถั่วเขียวโดยวิธีรีเกรสชัน ซึ่งพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของรีเกรสชันมากกว่า 1 ซึ่งแสดงว่า ลักษณะดังกล่าวมีอัตราพันธุกรรมสูง แต่ Gupta และ Singh (1969) กลับพบว่า ลักษณะนี้มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างต่ำคือพบว่ามีอัตราพันธุกรรมเพียง 39.5 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น

ในการศึกษาเกี่ยวกับการแสดงออกของยีนพบว่า ยีนควบคุมอายุออกดอก มีการแสดงออกในแบบบวก (Singh and Singh, 1974) หรือมีทั้ง แบบบวก และไม่เป็นแบบบวก (Ramanujam, 1978; Wilson *et al.*, 1985)

ในการศึกษาลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะอายุออกดอก พบว่า ลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับอายุออกดอกในทางบวกได้แก่ ความสูงของต้น (Wanjari, 1988) และผลผลิต (Malhotra *et al.*, 1974) และสัมพันธ์ในทางลบกับ ผลผลิต (Yohe and Poehlman 1975; Sandhu *et al.*, 1980; Ramana and Singh, 1987; Reddy *et al.*, 1990)

3. ขนาดเมล็ด ขนาดเมล็ดของถั่วเขียวนิยมประเมินกันโดยใช้น้ำหนักเป็นกรัมต่อ 100 เมล็ด หรือ 1,000 เมล็ด ผู้ทดลองบางกลุ่มพบว่า ขนาดเมล็ดเล็กเป็นลักษณะข่มต่อขนาดเมล็ดโต (Singh and Jain, 1970; Singh, 1982) แต่มีการพบในทางตรงกันข้ามเช่นกันว่า ขนาดเมล็ดโตข่มขนาดเมล็ดเล็ก (Bhatnagar and Singh, 1964) อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของขนาดเมล็ดอาจสูงถึง 88-89 เปอร์เซ็นต์ (Singh and Singh, 1972) 98 เปอร์เซ็นต์ (วินัย ตั้งบุญนิธิวงศ์, 2530) และเมื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้รีเกรสชัน ระหว่างชั่วของลูกผสมพบว่า มีสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน 0.98 (Malik and Singh, 1987) ส่วนอัตราพันธุกรรมอย่างแคบนั้นมีการศึกษากันน้อย เช่น Murty และคณะ (1976) อ้างโดย Jules (1980) พบว่าขนาดเมล็ดของถั่วเขียวมีอัตราพันธุกรรมอย่างแคบเพียง 10.00 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น อัตราพันธุกรรมอย่างแคบจะมีผลสืบเนื่องถึงความก้าวหน้าในการคัดเลือก (genetic advance) ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ พบว่า ความก้าวหน้าในการคัดเลือกขนาดเมล็ดมีค่าทั้งสูง และต่ำแตกต่างกันไปตามคู่ผสม (Empig *et al.*, 1970; Jules, 1980; Ramana and Singh, 1987)

ในการศึกษาการแสดงออกของยีนที่ควบคุมขนาดเมล็ด มีแนวโน้มที่แสดงให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวนี้ ควบคุมโดยยีนปริมาณซึ่งแสดงผลในหลายแบบ เช่นแบบบวก (Singh and Singh, 1972) หรือทั้งแบบบวกและแบบข่ม (Singh and Jain, 1970)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเมล็ดกับผลผลิตพบว่า ลักษณะดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์กันในทางบวก (Gupta and Singh, 1969; Yohe and Poehlman, 1975; Sandhu *et al.*, 1980; Ramana and Singh, 1987) และทางลบ (Malhotra *et al.*, 1974)

4. จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝักจัดเป็นลักษณะปริมาณที่มีความสลับซับซ้อน และมีการแสดงออกของยีนหลายรูปแบบ Singh และ Jain (1970) ทำการผสมระหว่างถั่วเขียวที่มีจำนวนเมล็ดต่อฝักแตกต่างกันหลายคู่ผสม พบว่า ความดีเด่นของลูกผสมมีทั้งแบบ heterosis และ heterobeltiosis คือ มีค่า 36.80 และ 20.20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องเดียวกันนี้ Bhatnagar และ Singh (1964) และ Misra และคณะ (1970) ก็พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 1 มีความดีเด่นในแบบ heterosis และ heterobeltiosis เช่นเดียวกัน

ในการศึกษาถึงอัตราพันธุกรรมของจำนวนเมล็ดต่อฝัก พบว่า มีความปรวนแปรตามคู่ผสม เช่น Singh และ Jain (1970) พบว่าจำนวนเมล็ดต่อฝักมีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างค่อนข้างสูงคือมีถึง 83.0 เปอร์เซ็นต์ แต่ Empig และคณะ (1970) พบว่ามีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างเพียง 10.0 เปอร์เซ็นต์ และมีผู้พบต่ำกว่านั้นคือ 3.03 เปอร์เซ็นต์ (Sharma and Rao, 1988) ในการศึกษาของ Jules (1980) พบว่า ลักษณะนี้มีอัตราพันธุกรรมตั้งแต่ 6.00 ถึง 83.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังไม่สามารถกำหนดได้ แน่นอนถึงขอบเขตของอัตราพันธุกรรมของลักษณะดังกล่าวนี้ จากข้อสรุปของ Jules (1980) ที่ว่าจำนวนเมล็ดต่อฝักขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมมากกว่าการแสดงออกของยีน ก็น่าจะอธิบายถึงสาเหตุที่ทำให้อัตราพันธุกรรมของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝักว่ามีปรวนแปรค่อนข้างสูง

ในการศึกษาเกี่ยวกับการแสดงออกของยีนพบว่า ยีนควบคุมลักษณะนี้มีทั้งแบบบวก (Bhatnagar and Singh, 1964; Misra *et al.*, 1970) หรือแบบบวกร่วมกับแบบที่มีปฏิกิริยาระหว่างคู่ของยีน (Yohe and Poehlman, 1975)

ในการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดต่อฝักกับลักษณะอื่น ๆ Malhotra และคณะ (1974) พบว่า จำนวนเมล็ดต่อฝักมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับลักษณะผลผลิตต่อต้นค่อนข้างสูง นอกจากนั้นยังมีผู้พบว่าลักษณะนี้ยังมีความสัมพันธ์กับความยาวของฝัก และจำนวนฝักต่อต้นอีกด้วย (Tomar *et al.*, 1973; Ramana and Singh, 1987)

5. **ความยาวของฝัก** จากการศึกษาพันธุกรรมลักษณะความยาวของฝักของถั่วเขียว พบว่ามีความดีเด่นในลูกผสมชั่วที่ 1 แบบ heterobeltiosis (Bhatnagar and Singh, 1964; Sagar and Lal, 1979) หรือเกิดความดีเด่นทั้งแบบ heterosis และ heterobeltiosis (Misra *et al.*, 1970; Singh and Jain, 1970) ตัวอย่างเช่น Singh และ Jain (1970) พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 1 ของถั่วเขียวเกิดความดีเด่นแบบ heterosis และ heterobeltiosis เป็น 40.0 และ 0.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในการศึกษาเกี่ยวกับอัตราพันธุกรรมของลักษณะความยาวของฝักพบว่า ผู้ทดลองแต่ละท่านให้ข้อสรุปที่แตกต่างกัน ซึ่งน่าจะเกิดจากความปรวนแปรของลักษณะปริมาณที่มีในแต่ละสายพันธุ์หรือพันธุ์ที่นำมาใช้ทดลองนั่นเอง เช่น มีผู้พบความยาวของฝักมีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูงถึง 95.0 เปอร์เซ็นต์ (Pokle and Nomulwar (1975) อ้างโดย Jules

(1980)) และต่ำเพียง 6.0 เปอร์เซ็นต์ (Tomar *et al.* (1972) อ้างโดย Jules (1980))

การศึกษาการแสดงออกของยีนที่ควบคุมลักษณะความยาวของฝักยังทำกันน้อย เช่น Singh และ Singh (1974) พบว่าความยาวของฝักมีการแสดงออกของยีนควบคุมในแบบข่ม และ Dasgupta และ Das (1987) พบว่า ความยาวของฝักมีการแสดงออกของยีนแบบข่มมากกว่าแบบบวก

ในการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของฝักกับลักษณะต่าง ๆ พบว่า ความยาวของฝักมีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะผลผลิตต่อต้นค่อนข้างสูง (Tomar *et al.*, 1973; Malhotra *et al.*, 1974; Wanjari, 1988) แต่ก็ยังมีการทดลองที่ให้ผลตรงกันข้าม มีการพบว่าความยาวของฝักมีความสัมพันธ์ในทางลบกับผลผลิต (Chandel *et al.*, 1973; Rani and Rao, 1981) ในการศึกษาเรื่องเดียวกันนี้ Malhotra และคณะ (1974) ยังพบว่า ความยาวของฝักมีความสัมพันธ์กับลักษณะอื่น ๆ อีกเช่น สัมพันธ์ในทางบวกกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก และสัมพันธ์ในทางลบกับจำนวนฝักต่อต้น แต่พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะความสูงของต้น และเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด

6. **จำนวนฝักต่อต้น** จำนวนฝักต่อต้นจัดเป็นลักษณะองค์ประกอบของผลผลิตที่สำคัญของถั่วเขียวในการผสมระหว่างพันธุ์ที่มีจำนวนฝักต่อต้นต่างกัน เมื่อศึกษาเกี่ยวกับความดีเด่นของลูกผสม พบว่า ลูกผสมมีจำนวนฝักต่อต้นสูงกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่ (Bhatnagar and Singh, 1964; Misra *et al.*, 1970) Singh และ Jain (1970, 1971) รายงานว่าจำนวนฝักต่อต้นของลูกผสมมีค่า heterosis และ heterobeltiosis 55.9 และ 21.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในการศึกษาเรื่องเดียวกันนี้ Singh และคณะ (1978) พบว่าเกิด heterosis ในลักษณะนี้ 44.49 ถึง 88.45 เปอร์เซ็นต์

ในการศึกษาเกี่ยวกับอัตราพันธุกรรมของจำนวนฝักต่อต้นพบว่า ลักษณะนี้มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง 47.8 เปอร์เซ็นต์ (Gupta and Singh, 1969) 74.3 เปอร์เซ็นต์ (Ramana and Singh, 1987) และ 61.0 เปอร์เซ็นต์ (วินัย ตั้งบุญนิธิวงศ์, 2530)

การศึกษาเกี่ยวกับการแสดงออกของยีน พบว่า ยีนควบคุมลักษณะนี้มีการแสดงออกของยีนทั้งในแบบข่ม (Singh and Singh, 1972; Dahiya and Waldia, 1982) หรือมีแบบบวกและไม่เป็นแบบบวก (Wilson *et al.*, 1985)

ในการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนฝักต่อต้นกับลักษณะอื่น ๆ พบว่า มีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงระหว่างลักษณะนี้กับผลผลิตต่อต้น (Chandel *et al.*, 1973; Tomar *et al.*, 1973; Malhotra *et al.*, 1974; Ramana and Singh, 1987; Wanjari, 1988) ในการปรับปรุงพันธุ์จึงอาจทำการคัดเลือกลักษณะนี้เพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตก็ได้

7. ผลผลิต ผลผลิตนับเป็นลักษณะที่สำคัญที่สุด ในการปรับปรุงพันธุ์พืช ลักษณะต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นแทบทุกลักษณะ ถ้าหากพบว่าลักษณะใดให้ผลดีก็จะส่งเสริมให้ถั่วเขียวมีผลผลิตเพิ่มขึ้น การปรับปรุงพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้ย่อมส่งผลถึงผลผลิตทั้งสิ้น

ผลผลิตของถั่วเขียวมีการแสดงความดีเด่นในลูกผสม ที่ปรวนแปรสูง เช่น Singh และ Jain (1970) พบว่าลูกผสมระหว่างพันธุ์ต่าง ๆ ให้อัตรา heterosis 11.5 ถึง 295.1 เปอร์เซ็นต์ และเกิด heterobeltiosis ประมาณ 43 ถึง 173.9 เปอร์เซ็นต์

ในการศึกษาเกี่ยวกับอัตราพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตพบว่า ส่วนใหญ่แล้วมีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างต่ำ โดยพบว่าในลูกผสมชั่วที่ 2, 3 มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง เท่ากับ 8.6 เปอร์เซ็นต์และ 47.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Empig *et al.*, 1970) แต่การทดลองของ Jules (1980) ให้ผลการทดลองที่แตกต่างออกไป คือมีทั้งการทดลองที่ให้อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างที่สูงสุด 90.4 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุด 6.0 เปอร์เซ็นต์ การที่ให้ผลการทดลองแบบนี้ก็อาจเนื่องจากอัตราพันธุกรรมของผลผลิตมีความปรวนแปรสูง คือมีความปรวนแปรไปตามสภาพแวดล้อมที่ปลูก และปรวนแปรไปตามชนิดของคู่ผสม

ในการศึกษาเกี่ยวกับการแสดงออกของยีน พบว่า ยีนที่ควบคุมผลผลิตของถั่วเขียวมีการแสดงในทุกแบบ ส่วนใหญ่เป็นแบบข่ม (Singh and Singh, 1972; Dahiya and Waldia, 1982) นอกจากนั้นยังมีแบบบวก (Pushpendra and Ram, 1987) และมีทั้งแบบบวก ไม่เป็นแบบบวก (Wilson *et al.*, 1985)

ในการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับองค์ประกอบผลผลิต ผู้ทดลองส่วนใหญ่พบว่า ผลผลิตมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับลักษณะองค์ประกอบของผลผลิตทุกลักษณะ (Gupta and Singh, 1969; Malhotra *et al.*, 1974; Yohe and Poehlman, 1975; Sandhu *et al.*, 1980; Ramana and Singh, 1987) ส่วนลักษณะที่มีความสัมพันธ์กันในทางลบกับผลผลิตได้แก่ อายุออกดอก (Wanjari, 1988) ขนาดเมล็ด เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด (Mathotra *et al.*, 1974) และความยาวของฝัก (Chandel *et al.*, 1973)

8. **การต้านทานโรคใบจุด** โรคใบจุด (Cercospora leafspot) เกิดจากเชื้อราชื่อ *Cercospora canescens* Ellis & Hartin (Grewal, 1978) โรคนี้ระบาดทั่วไปแทบทุกแห่งที่มีการปลูกถั่วเขียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพที่มีอากาศร้อนชื้น หากเชื้อรานี้เข้าทำลายถั่วเขียวในระยะออกดอก ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะมีมากกว่าในระยะที่ถั่วเขียวเริ่มติดฝักแล้วหรือระยะที่ฝักเริ่มแก่ ซึ่งถ้าหากโรคนี้ระบาดรุนแรงจะไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เลย จึงอาจกล่าวได้ว่าโรคใบจุดนี้เป็นโรคที่สำคัญที่สุดสำหรับถั่วเขียวที่ปลูกในช่วงหน้าฝน อาจทำให้ผลผลิตลดลงได้ถึง 47 เปอร์เซ็นต์ (Duangploy, 1978; Legaspi *et al.*, 1978) การทดลองในประเทศฟิลิปปินส์ ถ้าปลูกถั่วเขียวในเดือนมิถุนายน-ตุลาคม พบว่าเมื่อโรคนี้เข้าทำลาย 23 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลผลิตลดลงและถ้าเข้าทำลายถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ใบถั่วเขียวแห้งตายหมดได้ (Quebral, 1978) ถั่วเขียวที่เป็นโรคนี้มีฝักลีบ แต่ละฝักมีเมล็ดน้อยกว่าปกติ และเมล็ดมีขนาดเล็ก ส่งผลให้ผลผลิตลดลง ลักษณะอาการของโรคปรากฏเป็นจุดค่อนข้างกลมมีสีน้ำตาล ตรงกลางแผลมีสีเทาขนาดไม่แน่นอน อาจมีขอบสีเหลืองเป็นวงล้อมรอบ ต่อมารอยแผลสีน้ำตาลจะเชื่อมติดกัน (ศักดา นิธิภัทรารัตน์, 2521) ทำให้เห็นรอยแผลสีน้ำตาลขนาดใหญ่ขึ้น ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสมเชื้อราจะระบาดได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ใบเป็นสีน้ำตาลและแห้งร่วงหล่นไป

การวิจัยเพื่อหาพันธุ์ซึ่งมีความต้านทานโรคดังกล่าวนับว่ามีความจำเป็นในการปรับปรุงพันธุ์ จากการทดลองของศูนย์วิจัยพืชผักแห่งเอเชีย (Asian Vegetable Research and Development Center, AVRDC) พบพันธุ์ที่ต้านทานโรคใบจุดดังนี้คือ พันธุ์ VC 2273, VC 2773 (AVRDC, 1975) พันธุ์ ML-5, ML-157 (AVRDC, 1976) และพันธุ์ PLM 944 และ PLM 945 (AVRDC, 1977) New และคณะ (1975) พบพันธุ์ที่ต้านทานโรคใบจุดจากการทดลองใน 3 ฤดู โดยมีคะแนน 0 หรือ 1 ถือว่าเป็นพันธุ์ที่มีความต้านทานได้แก่พันธุ์ ML-3, ML-5 และ ML-15 และจากการศึกษาที่ศูนย์วิจัยพืชผักแห่งเอเชีย (AVRDC, 1979) พบว่าการต้านทานต่อโรคใบจุดในพันธุ์ V 4718 ถูกควบคุมโดยยีน 1 คู่ และความต้านทานเป็นลักษณะข่ม เมื่อมีการผสมระหว่างพันธุ์ต้านทาน (V 4718) กับพันธุ์อ่อนแอ (VC 1400) พบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 แสดงอาการที่ต้านทานหมดทุกต้น ในลูกผสมชั่วที่ 2 มีการกระจายในอัตราส่วนต้านทาน : อ่อนแอ เป็น 3 : 1 Laosuwan (1985) และ Srinives (1990) พบพันธุ์ต้านทานโรคใบจุดในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์ VC 1560 D จาก AVRDC, พันธุ์ ML-3,

ML-5, ML-15, PLM 448, และ CESID-21 ความต้านทานโรคใบจุด มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง ประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ (Srinives, 1990) การทดสอบที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ในปี 2533 จากจำนวนถั่วเขียว 20 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ V 4718 และ VC 3689A มีความต้านทานต่อโรคใบจุด (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, ติดต่อส่วนตัว)

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาพันธุกรรม (inheritance) และการแสดงออกของยีน (gene effects) ซึ่งควบคุมลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก จำนวนฝักต่อต้น ความยาวของฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และการต้านทานโรคใบจุดของถั่วเขียว เพื่อนำผลการศึกษามาวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป
2. ปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวให้ต้านทานต่อโรคใบจุดโดยวิธีการผสมกลับเพื่อถ่ายทอดลักษณะความต้านทานโรคไปยังพันธุ์ส่งเสริม

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์

1. พันธุ์ และสายพันธุ์ถั่วเขียว

- พันธุ์ มอ-1 เป็นพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และแนะนำให้ปลูกในภาคใต้ โดยปลูกในนาตามหลังฤดูปลูกข้าว และปลูกแซมระหว่างแถวยางพารา
- พันธุ์ กำแพงแสน 1 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม
- พันธุ์ กำแพงแสน 2 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม
- สายพันธุ์ V 4718 และ VC 3689A เป็นสายพันธุ์ที่นำเข้ามาจากศูนย์วิจัยพืชผักแห่งเอเชีย ซึ่งทดสอบที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบว่า มีความต้านทานต่อโรคใบจุด

2. วัสดุอุปกรณ์อื่น ๆ

- ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ N-P-K สูตร 15-15-15
- ปูนขาว
- ปากคีบขนาดเล็ก ใช้ในการผสมพันธุ์
- สำลี ใช้คลุมดอกที่ทำการทำหมันแล้ว หรือดอกที่รับการผสมแล้ว
- ป้ายชื่อ บอกรายละเอียดของดอกที่ทำการทำหมันแล้ว หรือดอกที่ได้รับการผสมแล้ว

วิธีดำเนินการ

การทดลองเพื่อศึกษาพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ และการปรับปรุงพันธุ์ให้ต้านทานต่อโรคใบจุดของถั่วเขียวในครั้งนี้ มีดังนี้คือ

1. การทดลองที่ 1 การศึกษาพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ บางลักษณะของถั่วเขียว

1.1 คู่ผสมชุดที่ 1 (ระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718)

- ฤดูปลูกที่ 1 (เดือนมกราคม 2535 - เดือนพฤษภาคม 2535) การผลิตลูกผสมโดยปลูกพันธุ์พ่อแม่ คือพันธุ์ มอ-1 (P_1) กับ V 4718 (P_2) แล้วทำการผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718 เพื่อผลิตลูกผสมชั่วที่ 1 ซึ่งชุดนี้ทำการศึกษา 4 ประชากร คือ P_1, P_2, F_1 และ F_2

การผสมพันธุ์ถั่วเขียวกระทำโดยการตอนดอกตัวผู้ (emasculate) ในตอนเย็นเวลา 16.00-18.00 น.และทำการผสมเกสรในตอนเช้าของวันรุ่งขึ้นเวลา 8.00-11.00 น. ดอกที่ทำการตอนควรเลือกดอกที่จะบานในวันรุ่งขึ้น หรือวันต่อไป แล้วดึงกลีบดอกและดอกตัวผู้ออกให้หมด หลังจากนั้นคลุมดอกที่ตอนด้วยสำลี และจากนั้นในตอนเช้านำละอองเกสรตัวผู้จากสายพันธุ์ที่กำหนดมาผสมบนยอดเกสรตัวเมีย แล้วปิดด้วยสำลี หรือคลุมด้วยถุงกระดาษ บันทึกรายละเอียด ชื่อพันธุ์แม่ พันธุ์พ่อ และวันที่ทำการผสม

- ฤดูปลูกที่ 2 (เดือนธันวาคม 2535 - เดือนมีนาคม 2536) ทำการผลิตลูกผสมชั่วที่ 2 โดยปลูกเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 ปล่อยให้มีการผสมตัวเอง นำเมล็ดที่ได้เก็บไว้ ปลูกเปรียบเทียบกับพ่อแม่ในฤดูปลูกที่ 3

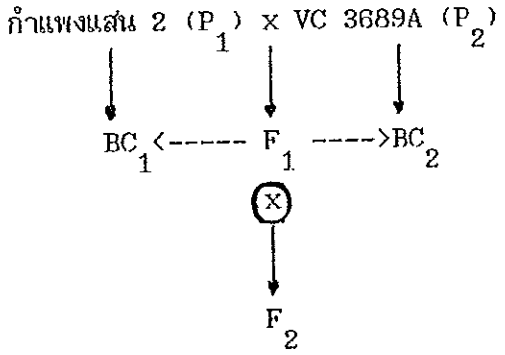
- ฤดูปลูกที่ 3 (เดือนเมษายน 2536 - เดือนมิถุนายน 2536) นำเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์พ่อ พันธุ์แม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 2 รวมทั้งสิ้น 4 ประชากร มาปลูกเปรียบเทียบกัน ใช้ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร และระยะระหว่างต้น 10 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้นต่อ 1 หลุม ทำการบันทึกข้อมูลทุกลักษณะเป็นรายต้น

1.2 คู่ผสมชุดที่ 2 (ระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A)

- ฤดูปลูกที่ 1 (เดือนมกราคม 2535 - เดือนพฤษภาคม 2535) ทำการผลิตลูกผสมชั่วที่ 1 โดยปลูก พันธุ์พ่อแม่ คือพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A ทำการผสมระหว่าง

พันธุ์ทั้งสองโดยวิธีการที่กล่าวมาแล้ว ชุดนี้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล 6 ประชากร

- ฤดูปลูกที่ 2 (เดือนธันวาคม 2535 - เดือนมีนาคม 2536) ปลูกลูกผสมชั่วที่ 1 ทำการผลิตลูกผสมชั่วที่ 2 โดยปล่อยให้ผสมตัวเอง ผลิตลูกผสมกลับไปยังพันธุ์แม่ครั้งที่ 1 (BC_1) และผลิตลูกผสมกลับไปยังพันธุ์พ่อครั้งที่ 1 (BC_2) ดังรูปที่ 1 ซึ่งแสดงการผลิต 6 ประชากร คือ P_1, P_2, F_1, F_2, BC_1 และ BC_2



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ และลูกผสมแบบต่าง ๆ รวม 6 ประชากร

- ฤดูปลูกที่ 3 (เดือนเมษายน 2536 - เดือนมิถุนายน 2536) นำเอาเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์แม่ พันธุ์พ่อ ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกผสมชั่วที่ 2 ลูกผสมกลับไปยังพันธุ์แม่ครั้งที่ 1 (BC_1) และลูกผสมกลับไปยังพันธุ์พ่อครั้งที่ 1 (BC_2) มาทำการปลูกเปรียบเทียบ ใช้ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร และระยะระหว่างต้น 10 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้นต่อ 1 หลุม ทำการบันทึกในทุกลักษณะเป็นรายต้น

2. การทดลองที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวให้ต้านทานต่อโรคใบจุดโดยวิธีการผสมกลับ (backcross)

- ฤดูปลูกที่ 1 (เดือนมกราคม 2535 - เดือนมีนาคม 2535) การผลิตถั่วเขียวลูกผสมโดยปลูกพันธุ์พ่อแม่ ให้พันธุ์แม่ซึ่งเป็นพันธุ์ส่งเสริมเป็นพันธุ์รับ (recurrent parent) พันธุ์แม่เหล่านี้ได้แก่ พันธุ์ มอ-1 กำแพงแสน 1 และ กำแพงแสน 2 ซึ่งมีลักษณะต่าง ๆ ดีเกือบครบ แต่ไม่ค่อยต้านทานโรคใบจุด ใช้พันธุ์ทั้ง 3 นี้ผสมกลับทุกครั้ง

สำหรับพันธุ์พ่อซึ่งใช้เป็นพันธุ์ให้ (donor parent) ในที่นี้ได้แก่สายพันธุ์ VC 3689A ซึ่งนำเข้าผสมกับ 3 พันธุ์ข้างต้น ลักษณะที่ต้องการจากพันธุ์นี้คือ ความต้านทานต่อโรคใบจุด ซึ่งต้องการถ่ายทอดไปยังพันธุ์รับทั้ง 3 พันธุ์ จากพันธุ์และสายพันธุ์เหล่านี้ทำการผลิตลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 3 ชุด คือ พันธุ์ กำแพงแสน 1 กับ VC 3689A กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A และมอ-1 กับ VC 3689A

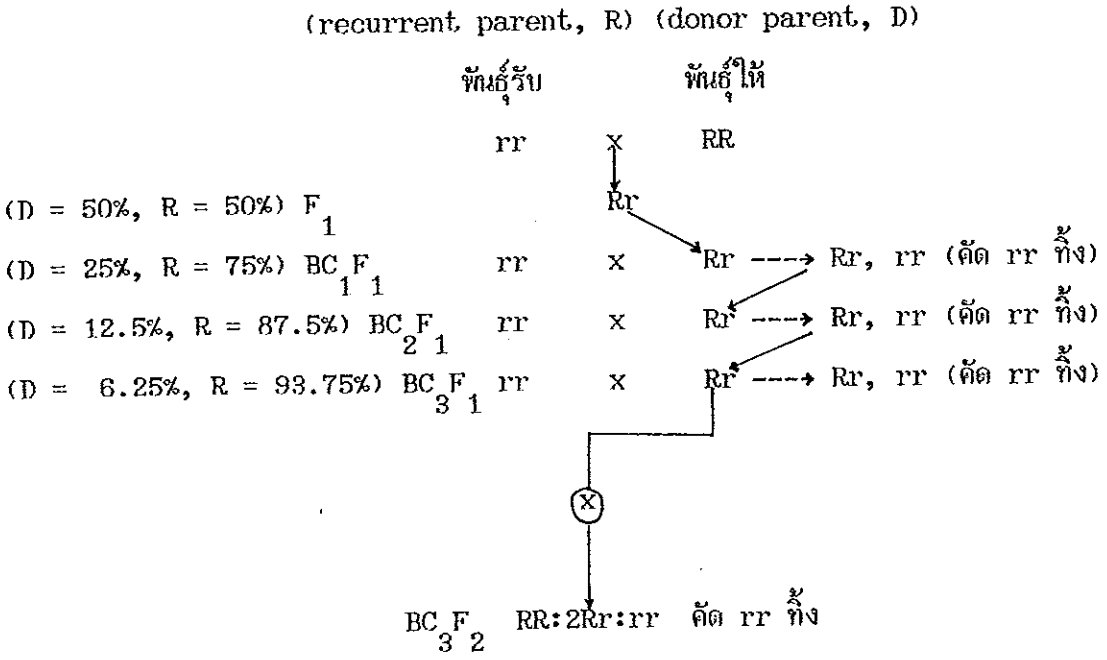
- ฤดูปลูกที่ 2 (เดือนมีนาคม 2535 - เดือนพฤษภาคม 2535) การสร้างลูกผสมกลับครั้งที่ 1 (BC_1) ของถั่วเขียวโดยการปลูกเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 ในทั้ง 3 คู่ผสม และปลูกเมล็ดของสายพันธุ์รับ (กำแพงแสน 1 กำแพงแสน 2 และมอ-1) ทำการผสมระหว่างพันธุ์รับทั้ง 3 พันธุ์ และลูกผสมชั่วที่ 1

- ฤดูปลูกที่ 3 (เดือนมกราคม 2536 - เดือนมีนาคม 2536) ทำการสร้างลูกผสมกลับครั้งที่ 2 (BC_2) ในทั้ง 3 ชุด โดยปลูกลูกผสมกลับครั้งที่ 1 (BC_1) และปลูกพันธุ์รับ ทั้ง 3 พันธุ์ ทำการผสมระหว่างพันธุ์รับกับลูก BC_1 เฉพาะต้นที่ต้านทานโรคใบจุด

- ฤดูปลูกที่ 4 (เดือนมีนาคม 2536 - เดือนพฤษภาคม 2536) ทำการสร้างลูกผสมกลับครั้งที่ 3 (BC_3) ในทั้ง 3 ชุด โดยปลูกลูกผสมกลับครั้งที่ 2 (BC_2) และพันธุ์รับทั้ง 3 พันธุ์ ทำเช่นเดียวกับฤดูปลูกที่ 3 ลูกผสมที่ได้เป็นลูกผสมกลับครั้งที่ 3 (BC_3) โดยเลือกผสมเฉพาะต้นที่ต้านทานโรคใบจุด

- ฤดูปลูกที่ 5 (เดือนมกราคม 2537 - เดือนมีนาคม 2537) ทำการปลูกเปรียบเทียบระหว่างลูกผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 1 (BC_3F_1) ของทั้ง 3 คู่ผสม และพันธุ์พ่อแม่ ทำการศึกษาความแตกต่างในทุกลักษณะ โดยเฉพาะลักษณะการต้านทานโรคใบจุด

ปลูกทดสอบและบันทึกลักษณะของลูกผสมในระดับ BC_3F_1 เพื่อทดสอบดูว่าลูกผสมกลับมีลักษณะใกล้เคียงพันธุ์รับมากน้อยเพียงใด โดยปลูกพันธุ์รับเป็นพันธุ์เปรียบเทียบดังรูปที่ 2 แสดงแผนผังการถ่ายทอดยีนต้านทานโรค (R) จากพันธุ์ให้ไปยังพันธุ์รับ โดยวิธีการผสมกลับ เปอร์เซ็นต์ในวงเล็บเป็นสัดส่วนของพันธุกรรม จากพันธุ์ให้ และพันธุ์รับ ตามลำดับ



รูปที่ 2 แสดงแผนผังการถ่ายทอดยีนต้านทานโรค (R) จากพันธุ์ให้ไปยังพันธุ์รับ โดยวิธีการผสมกลับ

ลักษณะที่ศึกษา

1. การทดลองที่ 1

1.1 คู่ผสมชุดที่ 1 พันธุ์ มอ-1 x V 4718 ทำการศึกษา 4 ประชากร (P_1, P_2, F_1 และ F_2) เพื่อศึกษาถึงการแสดงออกของยีน ข้อมูลที่มีการบันทึกได้แก่

1.1.1 **ความสูงของต้น** (ซม.) วัดก่อนเก็บเกี่ยว วัดจากข้อใบเลี้ยงถึงยอดลำต้น

1.1.2 **อายุออกดอก** (วัน) บันทึกเมื่อต้นแรกมีดอกบาน นับเป็นจำนวนวันจากวันปลูกถึงวันออกดอก

1.1.3 **จำนวนฝักต่อต้น** นับทุกต้นและทุกฝักที่ทำการเก็บเกี่ยว

1.1.4 **ความยาวของฝัก** (ซม.)

1.1.5 **จำนวนเมล็ดต่อฝัก** นับทุกฝักและทุกต้นที่ทำการเก็บเกี่ยว

1.1.6 น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) นับเมล็ดสุ่มมาจาก แต่ละต้นจำนวน 100 เมล็ด แล้วชั่งหาน้ำหนัก

1.1.7 **การต้านทานโรคใบจุด** บันทึกโดยใช้คะแนน 1 - 5 ให้ 1 = ไม่เป็นโรคเลย, 5 = เป็นโรคมากที่สุด โดยมีรายละเอียดการบันทึกโรคดังต่อไปนี้ (Laosuwan *et al.*, 1985)

ระดับ 1 = ไม่เป็นโรคเลยซึ่งจัดว่ามีความต้านทานโรคใบจุดสูงมาก

ระดับ 2 = ค่อนข้างต้านทานโรค

ระดับ 3 = ค่อนข้างอ่อนแอ

ระดับ 4 = อ่อนแอ

ระดับ 5 = อ่อนแอมาก

1.2 คู่ผสมชุดที่ 2 พันธุ์ กำแพงแสน 2 x VC 3689A ทำการศึกษา 6 ประชากร (P_1, P_2, F_1, F_2, BC_1 และ BC_2) เพื่อวิเคราะห์การแสดงออกของยีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ สำหรับข้อมูลที่มีการบันทึกเช่น

1.2.1 **ความสูงของต้น**

1.2.2 **อายุออกดอก**

1.2.3 **การต้านทานโรคใบจุด**

2. **การทดลองที่ 2**

ทำการศึกษาเป็นรายต้นเพื่อหาความแตกต่างระหว่างลูกผสมกลับครั้งที่ 3 (BC_3F_1) กับพันธุ์พ่อแม่ บันทึกข้อมูลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 สำหรับลักษณะที่ทำการบันทึกได้แก่

2.1 อายุออกดอก

2.2 จำนวนฝักต่อต้น

2.3 ความยาวของฝัก

2.4 น้ำหนัก 100 เมล็ด

2.5 การต้านทานโรคใบจุด

2.6 ผลผลิตต่อต้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่บันทึก ไปทำการวิเคราะห์หาค่าดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย ตามวิธีการที่แสดงโดย ไพศาล เหล่าสุวรรณ (2535)

2. ค่าวาเรียนซ์ ตามวิธีการที่แสดงโดย ไพศาล เหล่าสุวรรณ (2535)

3. การแสดงออกของยีน ซึ่งใช้วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของประชากร (generation mean analysis) จากการศึกษา ในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718 นี้มีค่าเฉลี่ยเพียง 4 ประชากร (population) คือ P_1, P_2, F_1 และ F_2 เท่านั้น ซึ่งวิเคราะห์ตามวิธีของ Hayman (1958) โดยค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรจะประกอบด้วยพารามิเตอร์ (parameters) ดังนี้

$$\bar{P}_1 = m + (d)$$
$$\bar{P}_2 = m - (d)$$
$$\bar{F}_1 = m + (h)$$
$$\bar{F}_2 = m + 0.5(h)$$

เมื่อ $\bar{P}_1$, $\bar{P}_2$, $\bar{F}_1$, $\bar{F}_2$ = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ (มอ-1) พันธุ์พ่อ (V 4718) และลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 2 ตามลำดับ

m = ค่าเฉลี่ยระหว่างพ่อและแม่ของคู่ผสม

(d) = ผลรวมของการแสดงออกของยีนแบบบวก (additive gene effect)

(h) = ผลรวมของการแสดงออกของยีนแบบข่ม (dominance gene effect)

ในการวิเคราะห์หาการแสดงออกของยีนแบบต่าง ๆ (m, (d) และ (h)) มีวิธีการโดยการแก้สมการหาพารามิเตอร์จาก 4 สมการข้างต้นโดยการถ่วงดุลย์ (weighted)

ค่าเฉลี่ยของชั่วรุ่นต่าง ๆ ด้วยส่วนกลับของวาเรียนซ์ของประชากรนั้น ๆ วิธีการแก้อาจสรุปโดยใช้สัญลักษณ์ของแมตริกซ์ (matrix) ดังต่อไปนี้

$$C'.W.C = J \quad \text{----------(1)}$$

เมื่อ C คือ แมตริกซ์ของค่าสัมประสิทธิ์มีขนาด 4 x 3

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1/2 \end{bmatrix}$$

W = แมตริกซ์ของค่าส่วนกลับของวาเรียนซ์ (weighted matrix) ซึ่งมีขนาด 4 x 4

$$W = \begin{bmatrix} 1/V_{\bar{P}_1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/V_{\bar{P}_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/V_{\bar{F}_1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/V_{\bar{F}_2} \end{bmatrix}$$

C′ คือ transpose matrix ของ C

J คือ information matrix ซึ่ง J จะเป็นแมตริกซ์ขนาด 3 x 3

$$C'.W.O = S \text{ ----------(2)}$$

เมื่อ O คือ เวคเตอร์ (column vector) ของค่าเฉลี่ยของประชากรมีขนาด 4 x 1

$$O = \begin{bmatrix} \bar{P}_1 \\ \bar{P}_2 \\ \bar{F}_1 \\ \bar{F}_2 \end{bmatrix}$$

S คือ เวคเตอร์ (column vector) ของ scores มีขนาด 3 x 1

$$J\ M = S \text{ ----------(3)}$$

เมื่อ M คือ เวคเตอร์ (column vector) ของพารามิเตอร์ที่จะคำนวณหาและมีขนาด 3 x 1

$$M = \begin{bmatrix} m \\ (d) \\ (h) \end{bmatrix}$$

จากนั้นแก้สมการหาค่า M โดย

$$M = J^{-1}\ S \text{ ----------(4)}$$

โดย J^{-1} คือ inverse matrix ของแมตริกซ์ J

ค่า standard error (S.E.) ของพารามิเตอร์สามารถประมาณได้จากการถอดกรณฑ์ที่ 2 ของตัวเลขที่อยู่บนเส้นทะแยง (diagonal elements) ของ matrix J^{-1}

ฝ่ายหอสมุด
คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

กล่าวคือ

$$S.E._{(m)} = \sqrt{j_{11}}$$

$$S.E._{(d)} = \sqrt{j_{22}}$$

$$S.E._{(h)} = \sqrt{j_{33}}$$

เมื่อ $\sqrt{j_{11}}$, $\sqrt{j_{22}}$ และ $\sqrt{j_{33}}$ คือ ค่าตัวเลขที่อยู่บนเส้นทะแยงของ matrix J^{-1}

การทดสอบการแสดงออกของยีนแบบต่าง ๆ ว่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ใช้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของค่าประเมินนั้น ๆ ซึ่งทดสอบโดยใช้ค่า t (t-test), ซึ่ง $t = M_1/S.E._{(M1)}$ เมื่อ M_1 คือการแสดงออกของยีนที่จะทำการทดสอบและ $S.E._{(M1)}$ คือความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าประเมินนั้น (Mather and Jinks, 1977)

ในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A มี 6 ประชากร สามารถแก้สมการเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ แต่ละตัวออกมาในรูปของค่าเฉลี่ยของชั่วดังนี้

$$m = (1/2)\bar{P}_1 + (1/2)\bar{P}_2 + 4\bar{F}_2 - 2\bar{BC}_1 - 2\bar{BC}_2$$
$$d = (1/2)\bar{P}_1 - (1/2)\bar{P}_2$$
$$h = 6\bar{BC}_1 + 6\bar{BC}_2 - 8\bar{F}_2 - \bar{F}_1 - (3/2)\bar{P}_1 - (3/2)\bar{P}_2$$
$$i = 2\bar{BC}_1 + 2\bar{BC}_2 - 4\bar{F}_2$$
$$j = 2\bar{BC}_1 - \bar{P}_1 - 2\bar{BC}_2 + \bar{P}_2$$
$$l = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + 2\bar{F}_1 + 4\bar{F}_2 - 4\bar{BC}_1 - 4\bar{BC}_2$$

โดย $\bar{P}_1$ = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่

$\bar{P}_2$ = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ

$\bar{F}_1$ = ค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1

$\bar{F}_2$ = ค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 2

$\bar{BC}_1$ = ค่าเฉลี่ยของลูกผสมกลับไปยังพันธุ์แม่

$\bar{BC}_2$ = ค่าเฉลี่ยของลูกผสมกลับไปยังพันธุ์พ่อ

i = ผลรวมของการแสดงออกของยีนแบบบวก x บวก

j = ผลรวมของการแสดงออกของยีนแบบบวก x ข่ม

l = ผลรวมของการแสดงออกของยีนแบบข่ม x ข่ม

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ของค่าพารามิเตอร์ที่ประเมินได้ คำนวณจากสูตร การหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของฟังก์ชันเส้นตรง (Cochran and Cox, 1957)

กล่าวคือ ถ้า $z = l_1\bar{y}_1 + l_2\bar{y}_2 + \ldots + l_k\bar{y}_k$

แล้ว $\sigma_z^2 = l_1^2\sigma_1^2 + l_2^2\sigma_2^2 + \ldots + l_k^2\sigma_k^2$

และ $\sigma_z = \sqrt{\sigma_z^2}$

เมื่อ $l_1, l_2 \ldots l_k$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ในฟังก์ชันเส้นตรงและ

$\sigma_1^2, \sigma_2^2 \ldots \sigma_k^2$ เป็นค่าวาเรียนซ์ของ $\bar{y}_1, \bar{y}_2 \ldots \bar{y}_k$ ตามลำดับ

ตัวอย่างเช่น : $d = (1/2)\bar{P}_1 - (1/2)\bar{P}_2$

$$\sigma_d^2 = (1/4)\,\sigma^2_{\bar{P}_1} + (1/4)\,\sigma^2_{\bar{P}_2}$$

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ $d = \sigma_d = \sqrt{\sigma_d^2}$

4. การทดสอบไคสแควร์ (Chi-square, χ^2) การทดสอบความเหมาะสมของโมเดลในการคำนวณค่า χ^2 นี้ ค่าที่วัดได้จริง (observed value) คือค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากร ส่วนค่าคาดหมาย (expected value) คือค่าเฉลี่ย ของประชากรที่ได้จากการคำนวณโดยความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ที่กำหนดโดย 3 พารามิเตอร์ นำความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดได้จริงกับค่าคาดหมาย มายกกำลังสอง แล้วนำไปคูณด้วยส่วนกลับของวาเรียนซ์ของค่าเฉลี่ย โดยมี degree of freedom ในการทดสอบของแต่ละลักษณะเท่ากับ 1 (Mather and Jinks, 1977; Singh and Chaudhary, 1979)

5. การประมาณอัตราพันธุกรรม (heritability)

5.1 อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง h^2 (broad sense heritability) อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างคือ อัตราส่วนระหว่างวาเรียนซ์ของยีโนไทพ์ต่อ วาเรียนซ์ฟีโนไทพ์ (Allard, 1960; Falconer, 1981) หาได้โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$h^2 = \frac{VG}{VP}$$

$$= \frac{VF_2 - VE}{VF_2}$$

$$VE = (VP_1 + VP_2 + VF_1)/3$$

เมื่อ VG = วาเรียนซ์ของยีโนไทพ์

VP = วาเรียนซ์ของฟีโนไทพ์

VE = วาเรียนซ์เนื่องจากสภาพแวดล้อม

VP_1 = วาเรียนซ์ของพันธุ์แม่

VF_1 = วาเรียนซ์ของลูกผสมชั่วที่ 1

VP_2 = วาเรียนซ์ของพันธุ์พ่อ

VF_2 = วาเรียนซ์ของลูกผสมชั่วที่ 2

5.2 อัตราพันธุกรรมอย่างแคบ (narrow sense heritability) อัตราพันธุกรรมอย่างแคบคือ อัตราส่วนระหว่างความปรวนแปรที่เกิดจากยีนที่แสดงผลในแบบบวก ต่อความปรวนแปรทั้งหมด (Allard, 1960; Falconer, 1981) ซึ่งคำนวณหาได้จากสูตรที่เสนอโดย Warner (1952)

$$h^2 = \frac{2VF_2 - (VBC_1 + VBC_2)}{VF_2}$$

เมื่อ VF_2 = วาเรียนซ์ของลูกผสมชั่วที่ 2

VBC_1 = วาเรียนซ์ของลูกผสมกลับไปยังพันธุ์แม่ครั้งที่ 1

VBC_2 = วาเรียนซ์ของลูกผสมกลับไปยังพันธุ์พ่อครั้งที่ 1

6. การประมาณจำนวนคู่ของยีนที่พันธุ์พ่อแม่แตกต่างกัน (effective factor) หาได้ 2 วิธีคือ (Burton, 1951; Angus, 1983)

วิธีที่ 1
$$n = \frac{(\bar{P}_1 - \bar{P}_2)^2}{8(VF_2 - VF_1)}$$

วิธีที่ 2
$$n = \frac{.25(.75 - h + h^2)\, D^2}{VF_2 - VF_1}$$

$$h = \frac{\bar{F}_1 - \bar{P}_1}{\bar{P}_2 - \bar{P}_1}$$

$$D = \bar{P}_2 - \bar{P}_1$$

n = จำนวนคู่ของยีน

$\bar{P}_1$ = ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ที่มีค่าต่ำ

$\bar{P}_2$ = ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ที่มีค่าสูง

$\bar{F}_1$ = ค่าเฉลี่ยของประชากรลูกผสมชั่วที่ 1

$\bar{F}_2$ = ค่าเฉลี่ยของประชากรลูกผสมชั่วที่ 2

ในการประมาณค่าจำนวนคู่ของยีนค่าที่ประมาณเป็นจำนวนยีนที่พ่อแม่มีต่างกัน (effective gene) และถือเป็นจำนวนคู่ของยีนที่มีต่ำที่สุด โดยในการประมาณค่านี้มีข้อกำหนด (assumption) ว่า

- ไม่มี linkage ระหว่างยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะที่ศึกษา
- พ่อและแม่ มียีนส่งผลไปในทิศทางตรงกันข้ามกับอีกฝ่าย เช่น P_1 มียีนที่ส่งผลในทางเพิ่มค่า แต่ P_2 มียีนที่ให้ผลในทางลดลักษณะ
- ยีนแต่ละตัวแสดงผลได้เท่า ๆ กัน
- อัตราข่มของยีนแต่ละตัวเท่ากัน
- ไม่มี epistasis

7. **ดรรชนีสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ** ได้ทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์ (genotypic correlation coefficient, r_g) และสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์ (phenotypic correlation coefficient, r_p)

ค่าดรรชนีสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์ระหว่างลักษณะเป็นคู่ ๆ โดยใช้สมการดังนี้ (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2527)

$$r_g = \frac{Cov(x,y)F_2 - Cov(x,y)E}{\sqrt{(VxF_2 - VxE)(VyF_2 - VyE)}}$$

r_g = ดรรชนีสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์

$Cov(x,y)F_2$ = โควาเรียนซ์ของฟีโนไทพ์ระหว่างลักษณะ x และ y ในลูกผสมชั่วที่ 2

$Cov(x,y)E$ = โควาเรียนซ์ของสภาพแวดล้อมระหว่างลักษณะ x และ y โดยหาค่าเฉลี่ยดังนี้

$= (Cov(x,y)P_1 + Cov(x,y)F_1 + Cov(x,y)P_2)/3$

VxF_2, VyF_2 = วาเรียนซ์ของลักษณะ x และ y ในลูกผสมชั่วที่ 2

VxE, VyE = วาเรียนซ์เนื่องจากสภาพแวดล้อมของลักษณะ x และ y โดยหาได้ จากค่าเฉลี่ย เช่น $VxE = (VxP_1 + VxF_1 + VxP_2)/3$

และจำนวนค่าสังเกตที่ใช้คำนวณค่าโควาเรียนซ์ในแต่ละประชากรเท่ากับ 15 ตัวอย่าง

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์คำนวณโดยสูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั่ว ๆ ไป คือ

$$r_p = \frac{Cov\ x\ .\ y}{\sqrt{Vx.Vy}}$$

เมื่อ r_p = ดรรชนีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์

Cov x.y = โควาเรียนซ์ระหว่างลักษณะ x และ y

Vx = วาเรียนซ์ของลักษณะ x

Vy = วาเรียนซ์ของลักษณะ y

และค่าสังเกตที่ใช้ในการคำนวณ r_p จะเป็นค่าสังเกตของชั่วที่ 2 ที่สุ่มมา 15 ตัวอย่าง

บทที่ 3

ผล

การทดลองที่ 1

1. ในคู่ผสมชุดที่ 1 พันธุ์ มอ-1 กับ V 4718

1.1 การกระจายและค่าเฉลี่ยของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตและลักษณะอื่น ๆ ของถั่วเขียวในประชากรต่าง ๆ ของคู่ผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718

การกระจายของประชากรแต่ละประชากร ในลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความสูงของต้น อายุออกดอก จำนวนฝักต่อต้น ความยาวของฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และการต้านทานโรคใบจุด แสดงไว้ในตารางผนวก 1 - 7

ค่าเฉลี่ย วาเรียนซ์ และค่าคาดหมายของลักษณะองค์ประกอบของผลผลิตและลักษณะอื่น ๆ ของถั่วเขียว 7 ลักษณะ ใน 4 ประชากรคือ แม่ พ่อ ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมชั่วที่ 2 แสดงไว้ในตารางที่ 1

เมื่อสังเกตลูกผสมชั่วที่ 1 พบว่าลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก จำนวนฝักต่อต้น ความยาวของฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด แสดง heterosis ในลักษณะเหล่านี้ทุกลักษณะ และการแสดง heterosis ของลูกผสมชั่วที่ 2 มีในความสูงของต้น จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝัก นอกจากนั้นพบว่า ลูกผสมชั่วที่ 2 มีวาเรียนซ์และการกระจายตัวกว้างกว่าประชากรอื่น ๆ ในทุกลักษณะ (ตารางที่ 1 และตารางภาคผนวก 1-7)

การต้านทานโรคใบจุดซึ่งเป็นลักษณะที่ควบคุมโดยยีน 1 คู่นั้น พบว่า การต้านทานโรคแสดงอาการข่มต่อลักษณะไม่ต้านทาน

1.2 การแสดงออกของยีน (gene effects) การแสดงออกของยีนประมาณค่าโดยใช้ 3 พารามิเตอร์ คือ ค่าเฉลี่ย (m) ยีนแบบบวก (d) และยีนแบบข่ม (h) ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยของประชากร 4 ประชากร คือ P_1, P_2, F_1 และ F_2 สำหรับ 7 ลักษณะ ดังผลแสดงในตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์ พบว่า การแสดงออกของยีนทั้งในแบบบวก และ

แบบข่ม มีอิทธิพลต่อลักษณะทั้ง 7 ลักษณะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ทั้งนี้ยกเว้นน้ำหนัก 100 เมล็ด ซึ่งพบว่าการแสดงออกของยีนในแบบข่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

1.3 **ความเพียงพอของ 3 พารามิเตอร์ (Joint scaling test.)** ในการวิเคราะห์การแสดงออกของยีนโดยใช้ 4 ประชากร ซึ่งสามารถกำหนดการแสดงออกของยีนได้ 3 พารามิเตอร์คือ m, d และ h นั้น เมื่อทดสอบต่อไป โดยใช้วิธี joint scaling test โดยใช้ χ^2 ถ้า χ^2 ที่คำนวณได้มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่า การอธิบายความแตกต่างระหว่างชั่วรุ่นโดยใช้ 3 พารามิเตอร์ไม่เพียงพอ ค่า χ^2 จากการคำนวณได้แสดงในตารางที่ 2

จากการทดสอบค่า χ^2 ของทั้ง 7 ลักษณะ พบว่า ลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก จำนวนฝักต่อต้น ความยาวของฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และการต้านทานโรคใบจุด มีค่าไคสแควร์ เท่ากับ 0.04, 34.73, 7.81, 16.23, 0.16, 74.46 และ 25.72 ตามลำดับ ซึ่งถ้าค่าที่คำนวณได้สูงกว่าค่า χ^2 จากตาราง $P = 0.01$ ที่ $df = 1$ (6.63) แสดงว่าการใช้เพียง 3 พารามิเตอร์ เพื่ออธิบายความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชั่วรุ่นไม่เพียงพอซึ่งพบในลักษณะอายุออกดอก จำนวนฝักต่อต้น ความยาวของฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และการต้านทานโรคใบจุด แสดงว่าปฏิกิริยาระหว่างคู่ของยีนก็มีความสำคัญอยู่มาก

1.4 **อัตราพันธุกรรม (heritability)** อัตราพันธุกรรมที่ประมาณได้ในการศึกษานี้เป็นอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง อัตราพันธุกรรมดังกล่าวของทั้ง 7 ลักษณะได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 ความสูงของต้น อายุออกดอก จำนวนฝักต่อต้น ความยาวของฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และการต้านทานโรคใบจุด มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างในระดับสูง คือ 73.35, 68.52, 83.71, 72.92, 87.87, 71.89 และ 92.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและวาเรียนซ์ ขององค์ประกอบผลผลิต และลักษณะอื่น ๆ ของถั่วเขียว ในคู่ผสม ระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718

ลักษณะ	ประชากร(1)				
	มอ-1	V 4718	F_1	F_2	M.P.
ความสูงของต้น (ซม.)					
จำนวนต้นที่ศึกษา (n)	50	50	50	50	
ค่าเฉลี่ย (ซม.)	57	70	70	67	63.55
วาเรียนซ์	22.59	11.74	15.40	62.21	
อายุออกดอก (วัน)					
จำนวนต้นที่ศึกษา (n)	50	50	50	50	
ค่าเฉลี่ย (วัน)	31	36	36	33	33.5
วาเรียนซ์	1.69	0.40	2.27	4.62	
จำนวนฝักต่อต้น					
จำนวนต้นที่ศึกษา (n)	50	18	50	50	
ค่าเฉลี่ย	20	17	26	20	18.5
วาเรียนซ์	7.40	5.90	1.46	30.21	
ความยาวของฝัก (ซม.)					
จำนวนต้นที่ศึกษา (n)	50	18	50	50	
ค่าเฉลี่ย (ซม.)	8.43	5.80	8.17	7.12	7.12
วาเรียนซ์	0.3496	0.1494	0.1409	0.7867	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลักษณะ	ประชากร[1]				
	มอ-1	V 4718	F_1	F_2	M.P.
จำนวนเมล็ดต่อฝัก					
จำนวนต้นที่ศึกษา (n)	50	18	50	50	
ค่าเฉลี่ย	9	10	11	10	9.5
วาเรียนซ์	0.4090	0.2571	0.2482	2.5149	
น้ำหนัก 100 เมล็ด					
จำนวนต้นที่ศึกษา (n)	50	18	50	50	
ค่าเฉลี่ย (กรัม)	7.12	3.78	5.68	4.57	5.45
วาเรียนซ์	0.1495	0.11185	0.2920	0.6563	
การต้านทานโรคใบจุด					
จำนวนต้นที่ศึกษา (n)	50	18	50	50	
ค่าเฉลี่ย (คะแนน)	2.82	1.37	1.21	2.10	2.09
วาเรียนซ์	0.0658	0.0059	0.0113	0.3835	

[1] F_1 = พันธุ์ มอ-1 x V 4718

F_2 = ลูกที่ได้จาก F_1 ผสมตัวเอง

M.P. = (พันธุ์ มอ-1 + V 4718)/2

ตารางที่ 2 การแสดงออกของยีนแบบต่าง ๆ ที่ควบคุมองค์ประกอบของผลผลิต และลักษณะอื่น ๆ ของถั่วเขียว จากประชากรต่าง ๆ ที่ได้จากคู่ผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718

ลักษณะ	การแสดงออกของยีน (gene effects)			
	m	d	h	χ^2 Value
ความสูงของต้น	63.56** (0.41)[1]	-6.78** (0.41)	6.76** (0.69)	0.04[ns 2]
อายุออกดอก	33.61** (0.10)	2.44** (0.10)	1.81** (0.23)	34.73**
จำนวนฝักต่อต้น	18.21** (0.34)	1.88** (0.34)	8.00** (0.38)	7.81**
ความยาวของฝัก	7.06** (0.06)	1.32** (0.06)	1.07** (0.08)	16.23**
จำนวนเมล็ดต่อฝัก	9.58** (0.74)	-0.54** (0.07)	0.93** (0.10)	0.16ns
น้ำหนัก 100 เมล็ด	5.41** (0.04)	1.66** (0.04)	0.08(0.08)	74.46**
การต้านทานโรคใบจุด	2.11** (0.02)	0.73** (0.02)	-0.89** (0.02)	25.72**

** มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ns ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

[1] ค่าในวงเล็บคือความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

[2] ค่า χ^2 0.01 df = 1, มีค่าเท่ากับ 6.63

ตารางที่ 3 อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง ของลักษณะต่าง ๆ ของถั่วเขียวในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718

ลักษณะ	อัตราพันธุกรรม (เปอร์เซ็นต์)
ความสูงของต้น	73.35
อายุออกดอก	68.52
จำนวนฝักต่อต้น	83.71
ความยาวของฝัก	72.92
จำนวนเมล็ดต่อฝัก	87.87
น้ำหนัก 100 เมล็ด	71.89
การต้านทานโรคใบจุด	92.55

1.5 **การประมาณจำนวนคู่ของยีน** จากการประมาณจำนวนคู่ของยีนที่แตกต่างกันในพันธุ์พ่อแม่ทั้ง 2 วิธีการพบว่า ความสูงของต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และการต้านทานโรคใบจุด จากการประมาณโดยวิธีการที่ 1 มีจำนวนคู่ของยีน 0.49, 0.06, 0.06 และ 0.70 คู่ ตามลำดับ และโดยวิธีการที่ 2 มีจำนวนคู่ของยีน 0.55, 0.40, 0.19 และ 0.62 คู่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งอาจแสดงว่าพันธุ์พ่อแม่ของลักษณะดังกล่าวมียีนแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ สำหรับลักษณะอายุออกดอก ความยาวของฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด ในวิธีการที่ 1 คือ 1.21, 1.34 และ 3.83 คู่ ตามลำดับ และในวิธีการที่ 2 คือ 1.68, 1.17 และ 1.95 คู่ ตามลำดับ ซึ่งพบว่าลักษณะทั้ง 3 นี้อาจถูกควบคุมด้วยยีนมากกว่า 1 คู่

1.6 **สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ** ดรรชนีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์และทางยีโนไทพ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ จำนวน 4 ลักษณะ คือ จำนวนฝักต่อต้น ความยาวของฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด ของคู่ผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718 ได้แสดงในตารางที่ 5

พบว่า ความสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์ระหว่าง ความยาวของฝักกับจำนวนเมล็ดต่อฝักมีนัยสำคัญทางสถิติ (r_p = 0.659, $P < 0.01$) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของผลผลิตอื่น ๆ มีค่าต่ำ ไม่ถึงระดับมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) และระหว่างบางลักษณะเช่น จำนวนเมล็ดต่อฝักกับน้ำหนัก 100 เมล็ด มีแนวโน้มความสัมพันธ์ไปในทางลบ

สำหรับค่าดรรชนีสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์ระหว่างลักษณะ จากการศึกษาพบว่าลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ค่อนข้างสูงคือ จำนวนฝักต่อต้นกับความยาวของฝักและลักษณะความยาวของฝักกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก มีค่าเท่ากับ -0.726 และ 0.941 ตามลำดับ ในขณะที่ดรรชนีสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์ระหว่างลักษณะอื่น ๆ มีค่าค่อนข้างต่ำคือ ระหว่างจำนวนฝักต่อต้นกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนฝักต่อต้นกับน้ำหนัก 100 เมล็ด ความยาวของฝักกับน้ำหนัก 100 เมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อฝักกับน้ำหนัก 100 เมล็ด

ตารางที่ 4 จำนวนคู่ของยีนที่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์พ่อแม่ในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718

ลักษณะ	จำนวนคู่ของยีน	
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2
ความสูงของต้น	0.49	0.55
อายุออกดอก	1.21	1.68
จำนวนฝักต่อต้น	0.06	0.40
ความยาวของฝัก	1.34	1.17
จำนวนเมล็ดต่อฝัก	0.06	0.19
น้ำหนัก 100 เมล็ด	3.83	1.95
การต้านทานโรคใบจุด	0.70	0.62

ตารางที่ 5 ดรรชนีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์ และทางยีโนไทพ์ ระหว่างองค์ประกอบของผลผลิต ของถั่วเขียวในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718

ลักษณะ	n	r_p	r_g
จำนวนฝักต่อต้นกับความยาวของฝัก	15	-0.302	-0.726
จำนวนฝักต่อต้นกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก	15	-0.001	-0.019
จำนวนฝักต่อต้นกับน้ำหนัก 100 เมล็ด	15	-0.144	-0.078
ความยาวของฝักกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก	15	0.659**	0.941
ความยาวของฝักกับน้ำหนัก 100 เมล็ด	15	0.304	0.482
จำนวนเมล็ดต่อฝักกับน้ำหนัก 100 เมล็ด	15	-0.436	0.212

n = จำนวนต้นลูกผสมชั่วที่ 2 ที่นำมาศึกษา

** = มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

2. ในคู่ผสมชุดที่ 2 คือ พันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A

2.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยของความสูงของต้น อายุออกดอก และการต้านทานโรคใบจุดของถั่วเขียว 6 ประชากร คือพันธุ์ กำแพงแสน 2 (P_1) VC 3689A (P_2) ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) ลูกผสมกลับไปยังพันธุ์แม่ครั้งที่ 1 (BC_1) และลูกผสมกลับไปยังพันธุ์พ่อครั้งที่ 1 (BC_2) พร้อมวาเรียนซ์ ได้แสดงในตารางที่ 6 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสูงของต้น พบว่า ค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1 (66 เซนติเมตร) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่ากึ่งกลางระหว่างพ่อและแม่ (54.73 เซนติเมตร) ซึ่งแสดงว่า มี heterosis ในลักษณะความสูงของต้น ส่วนลักษณะอายุออกดอกนั้น พบว่า ค่าเฉลี่ยลูกผสมชั่วที่ 1 (36 วัน) มีค่าใกล้เคียงค่าเฉลี่ยระหว่างพ่อและแม่ (35.75 วัน) แต่สูงกว่าลูกผสมชั่วที่ 2 (34 วัน) ในการสังเกตค่าเฉลี่ยของการต้านทานโรคใบจุด ลูกผสมชั่วที่ 1 มีระดับคะแนน 1.13 ซึ่งใกล้เคียงพันธุ์ต้านทานโรค (VC 3689A) (1.29) และต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระหว่างพ่อแม่ (2.80)

2.2 การแสดงออกของยีน การแสดงออกของยีนสำหรับในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A โดยประมาณค่า 6 พารามิเตอร์ ((m), (d), (h), (i), (j), (l)) ของ 3 ลักษณะคือ ความสูงของต้น อายุออกดอก และการต้านทานโรคใบจุด ให้ผลดังแสดงในตารางที่ 7

การแสดงออกของยีนแบบบวกมีความสำคัญในการควบคุม ทั้ง 3 ลักษณะ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) ในทำนองเดียวกันพบว่า การแสดงออกของยีนแบบข่ม มีความสำคัญในการควบคุมลักษณะความสูงของต้น ($P < 0.01$) และการต้านทานโรคใบจุด ($P < 0.05$) แต่พบว่า การแสดงออกของยีนแบบข่ม ไม่มีความสำคัญต่ออายุออกดอกแต่อย่างใด

ในการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยพบว่าการแสดงออกของยีน แบบบวก x บวก มีความสำคัญต่อลักษณะอายุออกดอก และความสูงของต้น ในระดับต่ำและสูง ตามลำดับ ($P < 0.05$ และ $P < 0.01$) ส่วนการแสดงออกของยีน แบบข่ม x ข่ม มีความสำคัญต่อความสูงของต้นและการต้านทานโรคใบจุด ($P < 0.01$ และ $P < 0.05$) แต่การแสดงออกของยีนแบบบวก x ข่ม ไม่มีความสำคัญต่อลักษณะใด ๆ เลย ($P > 0.05$)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย และวาเรียนซ์ของลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก และการต้านทานโรคใบจุด ของถั่วเขียวในประชากรต่าง ๆ ของคู่ผสมระหว่างพันธุ์กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A

ประชากร	ลักษณะ		
	ความสูงของต้น (ซม.)	อายุออกดอก (วัน)	การต้านทานโรค
P_1	53 (61.11)[1]	34 (4.81)	3.11 (0.164)
P_2	56 (94.40)	38 (6.62)	1.29 (0.029)
M.P.	54.73	35.75	2.20
F_1	66 (50.94)	36 (3.76)	1.13 (0.118)
F_2	62 (89.01)	34 (17.94)	2.44 (0.576)
BC_1	52 (98.21)	34 (19.97)	3.16 (0.314)
BC_2	54 (169.23)	37 (7.72)	2.69 (0.507)

[1] ค่าในวงเล็บคือค่าวาเรียนซ์

ตารางที่ 7 การแสดงออกของยีนแบบต่าง ๆ ที่ควบคุมลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก และการต้านทานโรคใบจุด จากคู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A

การแสดงออกของยีน	ลักษณะ		
	ความสูงของต้น (ซม.)	อายุออกดอก (วัน)	การต้านทานโรค (คะแนน)
m	88.83**(6.64)[1]	30.17**(4.15)	1.01(3.26)
d	1.57**(0.67)	2.11**(0.35)	0.91**(0.09)
h	85.93**(17.42)	10.09(10.68)	6.36*(6.25)
i	34.10**(6.24)	5.58*(4.13)	1.19(3.26)
j	0.43(5.16)	1.89(3.06)	0.89(1.19)
l	63.23**(11.11)	4.35(6.72)	6.24*(3.86)

*,** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

1 ค่าในวงเล็บคือความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

พันธุกรรม อัตราพันธุกรรมที่ประมาณในคู่ผสมชุดที่ 2 ระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน มี 2 แบบคือ อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างและอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ ในงต้น อายุออกดอก และการต้านทานโรคใบจุด แสดงในตารางที่ 9 พบว่า นธุกรรมอย่างกว้างสูงกว่าอย่างแคบ ซึ่งลักษณะความสูงของต้น มีอัตราพันธุ- 73.16 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราพันธุกรรมอย่างแคบต่ำสุด คือ 42.44 ณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างต่ำสุด คือลักษณะอายุออกดอก (71.77 ะมีอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ 45.62 เปอร์เซ็นต์ อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง ารต้านทานโรคใบจุด (90.86 เปอร์เซ็นต์) และยังให้ค่าอัตราพันธุกรรม ลักษณะอื่น ๆ (57.36 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 8)

ประมาณจำนวนคู่ของยีน จากการประมาณจำนวนคู่ของยีนที่แตกต่างกันระหว่าง ษณะ คือ ลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก และการต้านทานโรคใบจุด ในวิธีการที่ 1 มีจำนวนคู่ของยีนแตกต่างกันเท่ากับ 0.032, 0.156 และ ำดับ (ตารางที่ 9) แสดงให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวในพ่อแม่มีจำนวนคู่ของยีน น้อย 1 คู่ และการประมาณจำนวนคู่ในวิธีการที่ 2 ทั้ง 3 ลักษณะมีค่าเท่ากับ 56, และ0.810 คู่ ตามลำดับ จำนวนคู่ของยีนในวิธีการที่ 2 ทั้ง 3 ลักษณะมี 040, 0.156 และ 0.810 คู่ ตามลำดับ

ตารางที่ 8 อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง และอย่างแคบ ของลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก และการต้านทานโรคใบจุด ของถั่วเขียวในคู่ผสมระหว่างพันธุ์กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A

ลักษณะ	อัตราพันธุกรรม (เปอร์เซ็นต์)	
	อย่างกว้าง	อย่างแคบ
ความสูงของต้น	73.16	42.44
อายุออกดอก	71.77	45.62
การต้านทานโรคใบจุด	90.86	57.36

ตารางที่ 9 จำนวนคู่ของยีน ที่ควบคุมลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก และการต้านทานโรคใบจุด ในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A

ลักษณะ	จำนวนคู่ของยีน	
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2
ความสูงของต้น	0.032	12.040
อายุออกดอก	0.156	0.156
การต้านทานโรคใบจุด	0.480	0.810

การทดลองที่ 2

จากการปลูกเปรียบเทียบ ลูกผสมกลับครั้งที่ 3 (BC_3F_1) กับพันธุ์พ่อแม่ที่ใช้พันธุ์แม่เป็นพันธุ์รับ ซึ่งมี 3 พันธุ์ด้วยกันคือ พันธุ์ กำแพงแสน 1 กำแพงแสน 2 และพันธุ์ มอ-1 สำหรับพันธุ์พ่อซึ่งเป็นพันธุ์ให้ คือสายพันธุ์ VC 3689A

1. **ในคู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 1 กับ VC 3689A** ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ในตารางที่ 10 จากการเปรียบเทียบพบว่า ลักษณะส่วนมากของลูกผสมกลับจะด้อยกว่าพันธุ์รับ ตัวอย่างเช่น ในลักษณะอายุออกดอก ลูกผสมกลับมีอายุออกดอก 33 วัน พันธุ์ กำแพงแสน 1 มีอายุออกดอก 31 วัน ในขณะที่พันธุ์ให้มีอายุออกดอก 35 วัน จำนวนฝักต่อต้น ลูกผสมกลับ มีจำนวนฝักต่อต้น 24 ฝักต่อต้น และพันธุ์ กำแพงแสน 1 มีจำนวนฝัก 28 ฝักต่อต้น ส่วนลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ด ลูกผสมกลับมีน้ำหนัก 6.2 กรัมต่อ 100 เมล็ด พันธุ์ กำแพงแสน 1 มี 6.8 กรัมต่อ 100 เมล็ด นอกจากนั้นยังพบว่า ลูกผสมกลับมีลักษณะบางลักษณะดีกว่าพันธุ์รับหรือพันธุ์ กำแพงแสน 1 ได้แก่ ความยาวของฝัก และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การต้านทานโรคใบจุด ซึ่งลูกผสมกลับมีระดับคะแนนของการต้านทานโรค (1.9) สูงกว่าพันธุ์ กำแพงแสน 1 (3.7)

2. **คู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A** ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ในตารางที่ 11 จากการเปรียบเทียบพบว่า ลูกผสมกลับส่วนใหญ่มีลักษณะต่าง ๆ ใกล้เคียงกับพันธุ์รับ (กำแพงแสน 2) ในลักษณะอายุออกดอก ลูกผสมกลับมีอายุออกดอก 31 วัน เท่ากับพันธุ์ กำแพงแสน 2 ในขณะที่สายพันธุ์ VC 3689A มีอายุออกดอก 35 วัน จำนวนฝักต่อต้นลูกผสมกลับให้ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับพันธุ์ กำแพงแสน 2 ลักษณะความยาวของฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตต่อต้น ของลูกผสมกลับมีความใกล้เคียงกับพันธุ์รับมาก ส่วนลักษณะการต้านทานโรคใบจุด ลูกผสมกลับมีคะแนนการต้านทานโรคใบจุด 1.8 ซึ่งมีความต้านทานโรคสูงกว่าพันธุ์ กำแพงแสน 2 (4.0) ซึ่งเป็นพันธุ์รับ

3. **คู่ผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ VC 3689A** ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ในตารางที่ 12 จากการเปรียบเทียบ พบว่า ลูกผสมกลับกับพันธุ์รับ (มอ-1) มีอายุออกดอกเท่ากันคือ 32 วัน แต่ลูกผสมกลับยังมีจำนวนฝักต่อต้น ขนาดเมล็ด และผลผลิตต่อต้นต่ำกว่าพันธุ์รับ ส่วนลักษณะการต้านทานโรคใบจุด ลูกผสมกลับมีระดับคะแนนการต้านทานโรค 1.9 ซึ่งเป็นระดับของการต้านทานที่สูงกว่าพันธุ์ มอ-1 (3.6)

การเปรียบเทียบรูปร่างและขนาดของฝัก ระหว่างลูกผสมกลับ BC_3F_1 ของคู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 1 พันธุ์ กำแพงแสน 2 และพันธุ์ มอ-1 กับสายพันธุ์ VC 3689A แสดงไว้ในรูปที่ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ และการเปรียบเทียบระหว่างขนาดเมล็ดของลูกผสมกลับเหล่านี้แสดงไว้ในรูปที่ 6, 7 และ 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ลักษณะต่าง ๆ ของลูกผสม BC_3F_1 ของถั่วเขียวคู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 1 กับ VC 3689A

ลักษณะที่ศึกษา	กพส.1	BC_3F_1	VC 3689A
อายุออกดอก (วัน)	31(0.662)[1]	33(2.769)	35(0.919)
จำนวนฝักต่อต้น	28(14.011)	24(81.69)	16(6.981)
ความยาวของฝัก (ซม.)	7.1(0.646)	8.5(0.804)	7.1(0.403)
น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	6.8(0.877)	6.2(0.687)	5.8(0.379)
ระดับการต้านทานโรค	3.7(0.030)	1.9(0.022)	1.5(0.024)
ผลผลิตต่อต้น (กรัม)	15.6(0.049)	14.2(15.114)	12.2(2.283)

BC_3F_1 ลูกผสมกลับไปยังพันธุ์ กำแพงแสน 1 ครั้งที่ 3 ในลูกผสมชั่วที่ 1

[1] ตัวเลขในวงเล็บคือค่าวาเรียนซ์

ตารางที่ 11 ลักษณะต่าง ๆ ของลูกผสม BC_3F_1 ของถั่วเขียวคู่ผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A

ลักษณะที่ศึกษา	กพส.2	BC_3F_1	VC 3689A
อายุออกดอก (วัน)	31(1.213)[1]	31(0.799)	35(0.919)
จำนวนฝักต่อต้น	17(30.709)	16(24.308)	16(6.981)
ความยาวของฝัก (ซม.)	7.3(0.967)	7.7(21.145)	7.1(0.403)
น้ำหนัก 100 เมล็ด	7.0(0.831)	6.5(0.852)	5.8(0.379)
ระดับการต้านทานโรค	4.0(0.015)	1.8(0.051)	1.5(0.024)
ผลผลิตต่อต้น (กรัม)	13.7(0.831)	12.7(4.239)	12.2(2.283)

BC_3F_1 ลูกผสมกลับไปยังพันธุ์ กำแพงแสน 2 ครั้งที่ 3 ในลูกผสมชั่วที่ 1

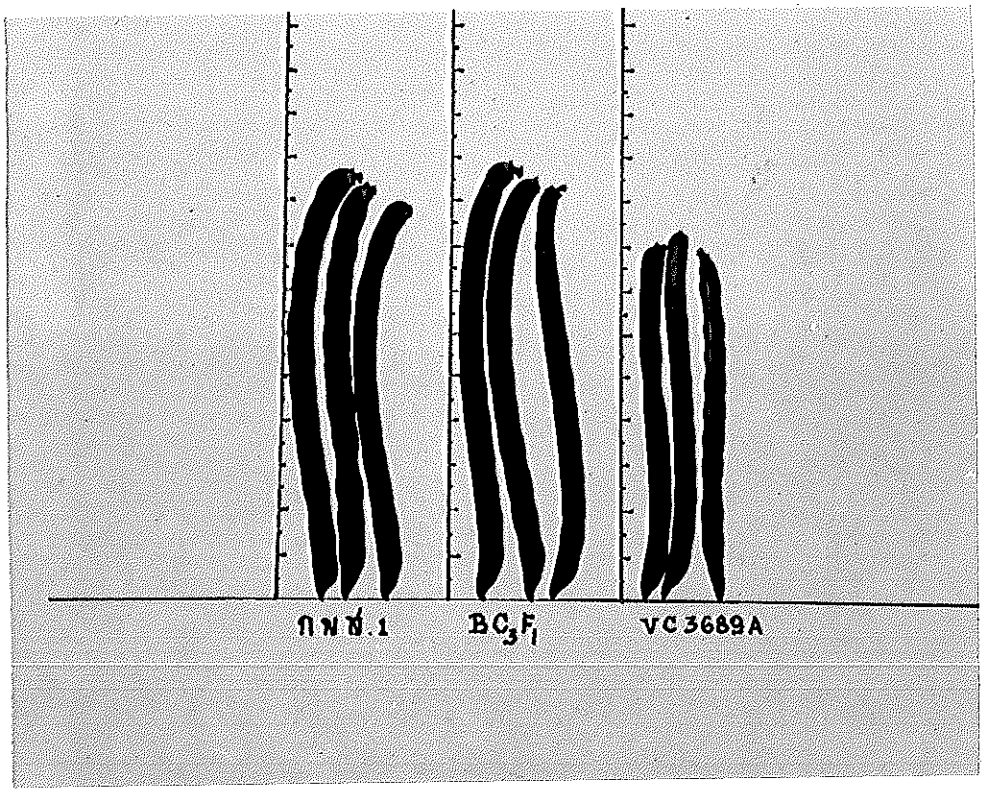
[1] ตัวเลขในวงเล็บคือค่าวาเรียนซ์

ตารางที่ 12 ลักษณะต่าง ๆ ของลูกผสม BC_3F_1 ของถั่วเขียวคู่ผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ VC 3689A

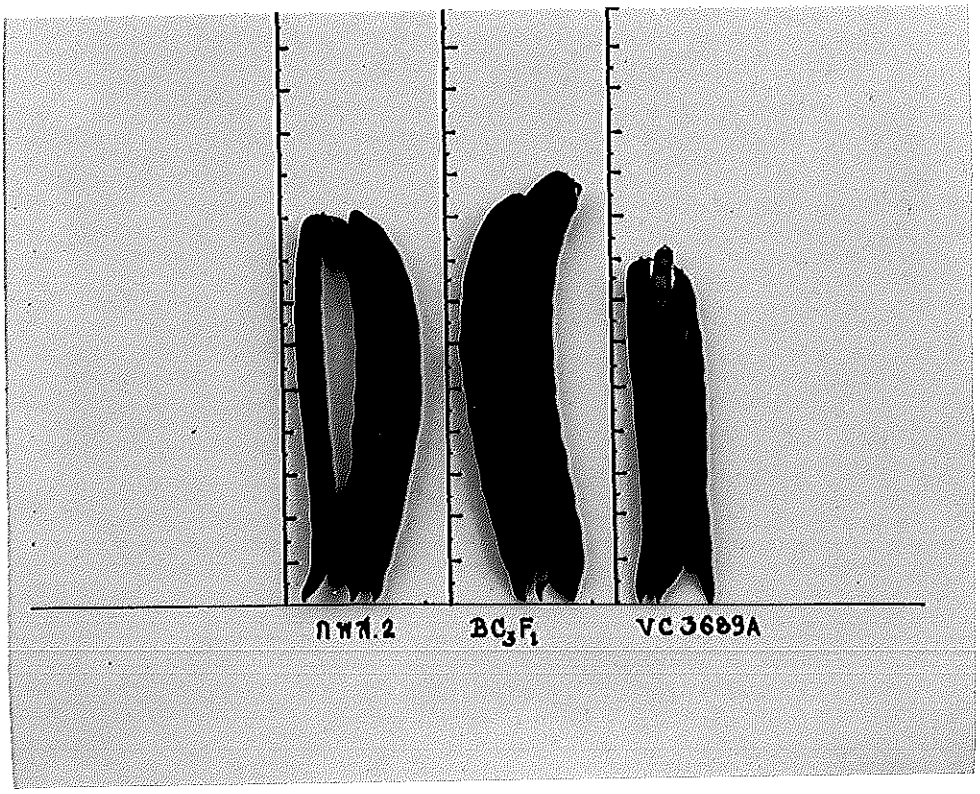
ลักษณะที่ศึกษา	มอ-1	BC_3F_1	VC 3689A
อายุออกดอก (วัน)	32(0.919)[1]	32(0.961)	35(0.919)
จำนวนฝักต่อต้น	21(20.982)	16(21.896)	16(6.981)
ความยาวของฝัก (ซม.)	8.0(0.459)	7.9(0.762)	7.1(0.403)
น้ำหนัก 100 เมล็ด	6.9(0.670)	7.4(0.589)	5.8(0.379)
ระดับการต้านทานโรค	3.6(0.040)	1.9(0.059)	1.5(0.024)
ผลผลิตต่อต้น (กรัม)	13.9(3.956)	13.2(4.014)	12.2(2.283)

BC_3F_1 ลูกผสมกลับไปยังพันธุ์ มอ-1 ครั้งที่ 3 ในลูกผสมชั่วที่ 1

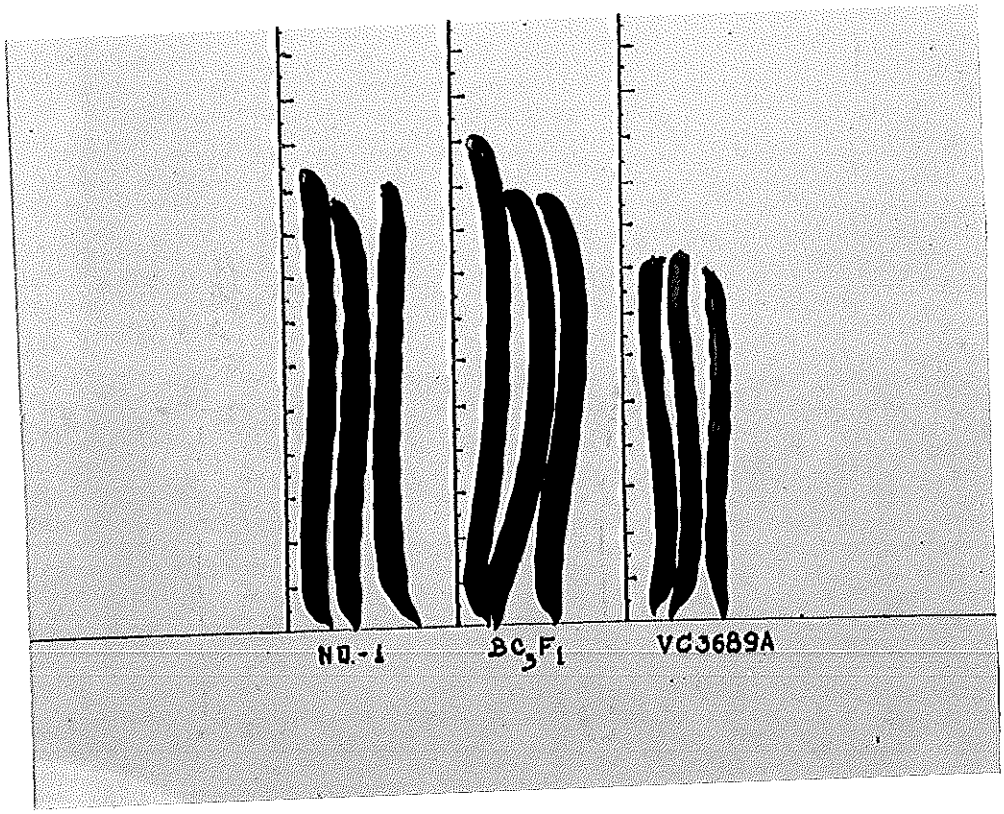
[1] ตัวเลขในวงเล็บคือค่าวาเรียนซ์



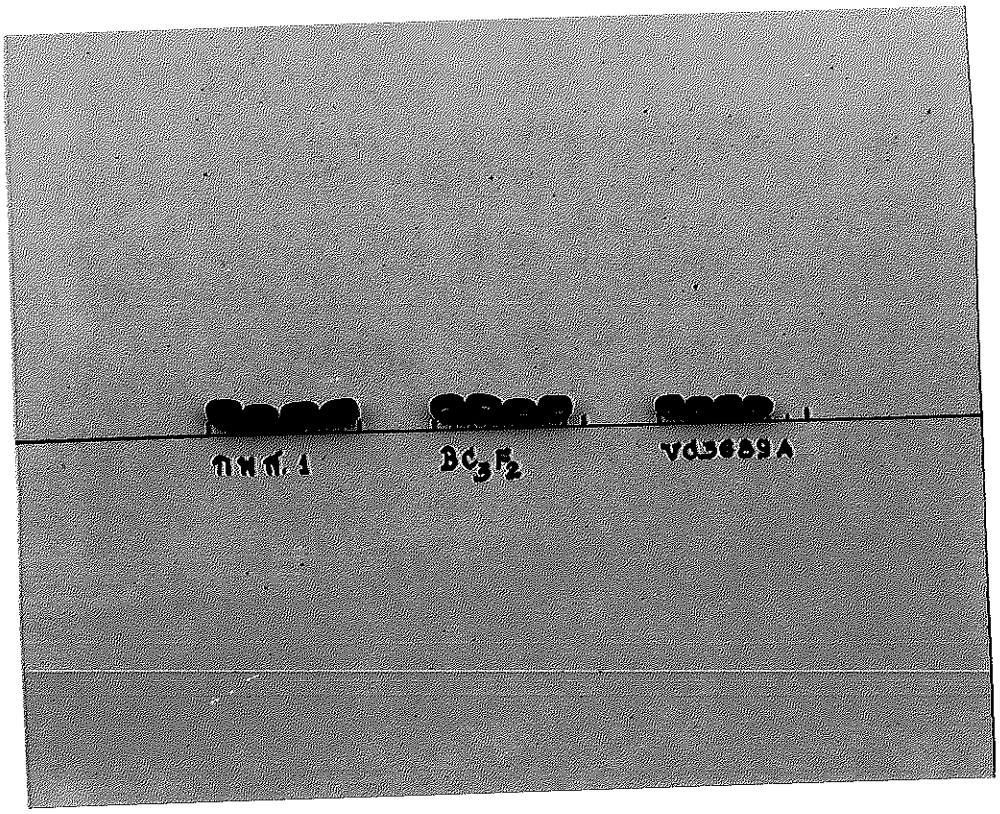
รูปที่ 3 การเปรียบเทียบความยาวของฝักระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 1 สายพันธุ์ VC 3689A และลูกผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 1 (BC_3F_1)



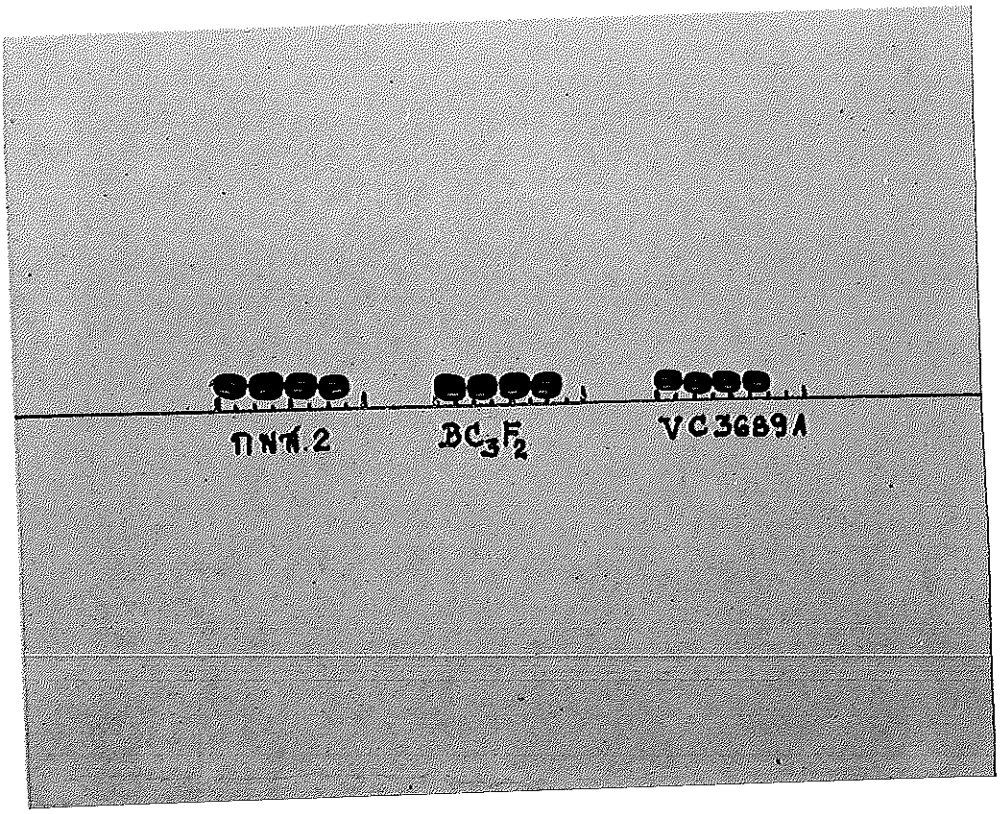
รูปที่ 4 การเปรียบเทียบความยาวของฝักระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 สายพันธุ์ VC 3689A และลูกผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 1 (BC_3F_1)



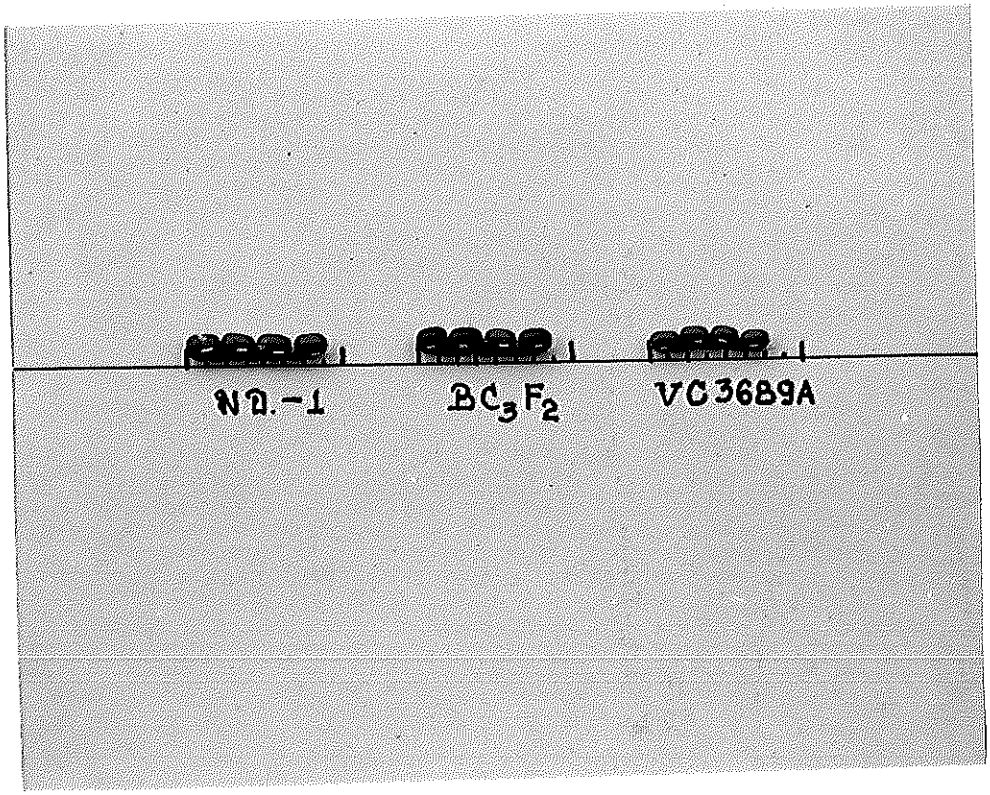
รูปที่ 5 การเปรียบเทียบความยาวของฝักระหว่างพันธุ์ มอ-1 สายพันธุ์ VC 3689A และลูกผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 1 (BC_3F_1)



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบขนาดเมล็ดระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 1 สายพันธุ์ VC 3689A และลูกผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 1 (BC_3F_1)



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบขนาดเมล็ดระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 สายพันธุ์ VC 3689A และลูกผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 1 (BC_3F_1)



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบขนาดเมล็ดระหว่างพันธุ์ มอ-1 สายพันธุ์ VC 3689A และลูกผสมกลับครั้งที่ 3 ชั่วที่ 1 (BC_3F_1)

บทที่ 4

วิจารณ์

การทดลองที่ 1

1. คู่ผสมชุดที่ 1 ระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718

1.1 **การกระจายของลักษณะต่าง ๆ** จากการแจกแจงความถี่ในตารางภาคผนวก 1 - 7 พบว่า ทุกลักษณะที่ทำการศึกษาคือ ความสูงของต้น อายุออกดอก จำนวนฝักต่อต้น ความยาวของฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และการต้านทานโรคใบจุด มีการกระจายแบบต่อเนื่อง โดยที่พันธุ์พ่อ แม่และลูกผสมชั่วที่ 1 มีช่วงการกระจายที่แคบกว่า ลูกผสมชั่วที่ 2 ทั้งนี้เพราะว่าพันธุ์พ่อแม่และลูกผสมชั่วที่ 1 นั้นต่างก็มีเพียง 1 ยีโนไทพ์คือพ่อแม่ต่างก็เป็นพันธุ์แท้ และลูกผสมชั่วที่ 1 เป็นพันธุ์ทางที่มีเพียง 1 ยีโนไทพ์ ตามลำดับ ดังนั้นความปรวนแปรที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

ลูกผสมชั่วที่ 2 ของทุกลักษณะมีช่วงการกระจายที่กว้างกว่าประชากรอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะความปรวนแปรในชั่วนี้มีสาเหตุมาจาก 2 แหล่งคือ ความแตกต่างเนื่องจากยีนและสภาพแวดล้อมนั่นเอง ความแตกต่างของความปรวนแปรในประชากรต่าง ๆ เหล่านี้อาจสังเกต ได้จากขนาดของวาเรียนซ์ (ตารางที่ 1) จะเห็นได้ว่าวาเรียนซ์ของลูกผสมชั่วที่ 2 มักสูงกว่าวาเรียนซ์ของประชากรอื่น ๆ

ในการสังเกตช่วงกระจายจากลูกผสมชั่วที่ 2 ของทุกลักษณะ ไม่ปรากฏว่ามีลักษณะใดที่ลูกผสมชั่วที่ 2 จะมีช่วงกระจายเกินขอบเขตของพันธุ์พ่อและแม่ ซึ่งแสดงว่าไม่มี transgressive variation เกิดขึ้น จึงอาจกล่าวได้ว่ายีนที่ให้ลักษณะมาจากพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่งเพียงพันธุ์เดียว

1.2 **การแสดงอาการข่ม และ heterosis** การแสดงอาการข่มในระดับต่าง ๆ ปรากฏให้เห็นแทบทุกลักษณะ (ตารางที่ 1) ผลการแสดงอาการข่มของลักษณะที่ควบคุมโดยยีน

หลายคู่ เรียกว่า heterosis ในลักษณะความสูงของต้น ลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าเฉลี่ย (70 เซนติเมตร) สูงกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ (64 เซนติเมตร) แสดงว่า ลักษณะดังกล่าวแสดง heterosis หรือยีนบางส่วนที่ควบคุมลักษณะ เป็นยีนแบบข่ม ซึ่งมีผู้วิจัยเกี่ยวกับความสูงของต้นของถั่วเขียว พบว่า ลักษณะนี้ควบคุมโดยยีนแบบข่ม (Bhatnagar and Singh, 1964; Singh and Jain, 1970; Singh *et al.*, 1978)

อายุออกดอกของลูกผสมชั่วที่ 1 มีแนวโน้มว่ามีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยระหว่างพ่อและแม่ และลูกผสมชั่วที่ 2 แสดงว่าพันธุ์หนักแสดงอาการข่มต่อพันธุ์เบา ในการทดลองโดยผู้วิจัยอื่น ๆ ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน (Misra *et al.*, 1970; Singh and Singh, 1972) ในทำนองเดียวกันเมื่อพิจารณาถึงจำนวนฝักต่อต้นและความยาวของฝัก ก็พบว่าลักษณะจำนวนฝักมากและฝักยาวแสดง heterosis คือ มียีนแสดงผลแบบข่ม เกี่ยวข้องกับลักษณะนี้เช่นกัน

เมื่อพิจารณาลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝัก พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 1 มีจำนวนเมล็ดต่อฝักสูงกว่าพันธุ์พ่อแม่ข้างที่มีค่าสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการแสดงผลแบบ heterobeltiosis ในลักษณะดังกล่าว ซึ่ง Singh และ Jain (1970) และ Misra และคณะ (1970) ศึกษาพันธุกรรมของลักษณะดังกล่าวนี้ในถั่วเขียวก็ให้ผลเช่นเดียวกัน

พันธุกรรมของยีนที่ควบคุมขนาดเมล็ด มีความแตกต่างจากลักษณะอื่น ๆ ลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ ซึ่งแสดงว่ายีนแสดงผลเป็นแบบบวก ในบางการทดลองพบว่าขนาดเมล็ดเล็กมีแนวโน้มข่มขนาดเมล็ดโต (Singh and Jain, 1970) ความแตกต่างเช่นนี้สืบเนื่องมาจากการใช้คู่ผสมที่มีฐานพันธุกรรมต่างกันนั่นเอง

1.3 การแสดงออกของยีน จากการวิเคราะห์หาความสำคัญของการแสดงออกของยีน (gene effects) ที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ทั้ง 7 ลักษณะ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ของ Hayman (1958) ดังแสดงผลในตารางที่ 2 พบว่าการแสดงออกของยีน ในทั้งแบบข่มและแบบบวกมีบทบาทต่อการควบคุมลักษณะต่าง ๆ แทบทุกลักษณะเช่น ในลักษณะความสูงของต้น อายุออกดอก จำนวนฝักต่อต้น ความยาวของฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และการต้านทานโรคใบจุด ยกเว้นน้ำหนัก 100 เมล็ดเท่านั้น ที่การแสดงออกของยีนแบบบวกเพียงอย่างเดียวมีความสำคัญ และบางลักษณะ เช่น ความสูงของต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และการต้านทานโรคใบจุด การแสดงออกของยีนมีค่าเป็นลบ ทั้งนี้เนื่องจากในบางลักษณะ พันธุ์แม่มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของ

พันธุ์พ่อ และเมื่อทำการวิเคราะห์จะใช้พันธุ์แม่เป็น P_1 ตลอด ซึ่งบางครั้งมีค่าต่ำกว่า P_2 ทำให้การแสดงออกของยีนมีค่าเป็นลบได้

จากผลการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลที่มี 3 พารามิเตอร์ พบว่ายังมีบางลักษณะที่ความปรวนแปรไม่สามารถอธิบายโดยใช้เพียง 3 พารามิเตอร์ นั่นคือยังมีปฏิกิริยาระหว่างคู่ของยีนแบบต่าง ๆ ร่วมอยู่ด้วย ลักษณะเหล่านี้ได้แก่ อายุออกดอก จำนวนฝักต่อต้น ความยาวของฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และการต้านทานโรคใบจุด ซึ่งแสดงให้ว่าปฏิกิริยาระหว่างคู่ของยีน ชนิดต่าง ๆ คือแบบบวก x บวก, บวก x ข่ม และ ข่ม x ข่ม แบบใดแบบหนึ่งหรือทั้ง 3 แบบ มีอิทธิพลต่อลักษณะเหล่านี้ จากการทดลองของนักวิจัยคนอื่น ๆ พบว่า การแสดงออกของยีนทั้งแบบบวก และแบบข่มมีความสำคัญต่อความสูงของต้น (Dahiya and Waldia, 1982; Waldia *et al.*, 1987; Patel *et al.*, 1989) อายุออกดอก (Ramanujam, 1978; Wilson *et al.*, 1985) และจำนวนฝักต่อต้น (Wilson *et al.*, 1985) และมีผู้พบว่าน้ำหนัก 100 เมล็ด นั้นควบคุมโดยยีนที่แสดงผลแบบบวก และแบบที่มีปฏิกิริยาระหว่างคู่ของยีนด้วย (Singh and Jain, 1970)

1.4 **อัตราพันธุกรรม** ผลจากการวิเคราะห์อัตราพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ (ตารางที่ 3) พบว่า ลักษณะส่วนมากให้อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง หรือค่อนข้างสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความแตกต่างทางยีโนไทพ์ หรือความปรวนแปรทางฟีโนไทพ์ที่วัดได้นั้นควบคุมโดยยีน ทั้งนี้ไม่ว่ายีนแสดงผลในแบบบวก แบบข่ม และปฏิกิริยาระหว่างคู่ของยีน ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าการต้านทานโรคใบจุด มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูงมาก คือ 92.55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง แสดงให้เห็นว่า ผลของยีนมีความสำคัญต่อลักษณะดังกล่าวนี้ในระดับสูง Veeraswamy และคณะ (1973) และ Ramana และ Singh (1987) รายงานว่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะเหล่านี้มีค่าสูง เช่น ความสูงของต้น มีค่าสูง 97.4 เปอร์เซ็นต์ ขนาดเมล็ด 88-89 เปอร์เซ็นต์ ความยาวของฝัก 95.0 เปอร์เซ็นต์ จำนวนเมล็ดต่อฝัก 74.3 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตต่อต้น 90.4 เปอร์เซ็นต์ และการต้านทานโรคใบจุด 70-80 เปอร์เซ็นต์

1.5 **จำนวนคู่ของยีน** การประมาณจำนวนคู่ของยีน ในการศึกษาครั้งนี้ (ตารางที่ 4) เป็นการแสดงความแตกต่างของยีนที่มีอยู่ในพันธุ์พ่อแม่ที่นำมาใช้ในการผสม จากการศึกษาทั้ง 2 วิธีการ แสดงให้เห็นว่าลักษณะของยีนที่มีในพันธุ์พ่อแม่มีความแตกต่างกันโดยยีนอย่างน้อย 1 คู่ เป็นส่วนมาก อย่างไรก็ตาม ในทดลองครั้งนี้สภาพแวดล้อมในการทดลองโดยเฉพาะอย่างยิ่ง

พื้นที่ปลูก มีส่วนทำให้ลักษณะบางลักษณะของถั่วเขียวมีความแปรผันแปรสูง ซึ่งยังผลให้การคำนวนจำนวนคู่ของยีนตลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

1.6 **สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ** ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะองค์ประกอบผลผลิตโดยใช้ดรรชนีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์ และยีโนไทพ์ พบว่า ดรรชนีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ มีค่าต่ำกว่า ดรรชนีสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์ และจากดรรชนีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์ระหว่างลักษณะเหล่านี้จำนวน 6 ชุด (ตารางที่ 5) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของฝักกับจำนวนเมล็ดต่อฝักเท่านั้น ที่มีความสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะชุดอื่น ๆ มีค่าต่ำหรือไม่ถึงระดับความแตกต่างทางสถิติ Malhotra และคณะ (1974) และ Yohe และ Poehlman (1975) ก็พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์ระหว่างลักษณะเหล่านี้ เช่น ระหว่างจำนวนฝักต่อต้นกับความยาวของฝัก จำนวนฝักต่อต้นกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนฝักต่อต้นกับน้ำหนัก 100 เมล็ด ความยาวของฝักกับน้ำหนัก 100 เมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อฝักกับน้ำหนัก 100 เมล็ด

ดรรชนีสหสัมพันธ์ทางยีโนไทพ์ที่มีค่าสูงได้แก่ ระหว่างจำนวนฝักต่อต้นกับความยาวของฝัก ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในทางลบ (-0.726) และระหว่างความยาวของฝักกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก (0.941) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในทางบวก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกเพื่อเพิ่มความยาวของฝัก ทำให้จำนวนฝักต่อต้นลดลง และทำให้จำนวนเมล็ดต่อฝักเพิ่มขึ้น ตามลำดับ Tomar และคณะ (1973) และ Malthotra และคณะ (1974) พบว่าในการคัดเลือกเพื่อเพิ่มจำนวนฝักต่อต้นนั้น ทำให้ความยาวของฝักลดลง

2. **คู่ผสมชุดที่ 2 ระหว่างพันธุ์กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A**

จากการสังเกตการกระจายของประชากรต่าง ๆ ในคู่ผสมระหว่างถั่วเขียวพันธุ์ กำแพง-แสน 2 กับ VC 3689A ในตารางผนวก 8-10 พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 2 ในทุกลักษณะ เช่น ความสูงของต้น และการต้านทานโรคใบจุด มีการกระจายกว้างกว่าพันธุ์พ่อแม่และลูกผสมชั่วรุ่นลื่น ๆ ซึ่งแสดงถึงระดับความสำคัญของยีน และสภาพแวดล้อมที่เข้ามาเกี่ยวข้อง แต่ลูกผสมกับ BC_1 และ BC_2 มีการกระจายแคบกว่าพันธุ์พ่อแม่ ทั้งที่มีจำนวนยีโนไทพ์มากกว่า ทั้งนี้เพราะมีจำนวนต้นให้ศึกษาและเก็บข้อมูลน้อยนั่นเอง

ในการสังเกตค่าเฉลี่ยของลูกผสม (ตารางที่ 6) พบว่า มีปรากฏการณ์ heterosis ในลักษณะความสูงของต้น และการต้านทานโรคใบจุด แต่ไม่พบ heterosis ในอายุออกดอก

ซึ่งให้ผลคล้ายคลึงกับการทดลองที่ 1 (การผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718) ซึ่งแสดงเบื้องต้นว่าการที่ยีนควบคุมความสูงของต้น และการต้านทานโรคใบจุด มีการแสดงออกของยีนในแบบข่ม ส่วนลายุออกดอกมีการแสดงออกของยีนในแบบบวก

ในการวิเคราะห์หาความสำคัญของ 6 พารามิเตอร์ ใน 3 ลักษณะ ดังผลแสดงในตารางที่ 7 พบว่า การแสดงออกของยีนทั้งแบบบวกและแบบข่ม มีความสำคัญในระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$ หรือ $P < 0.01$) ต่อลักษณะความสูงของต้นและการต้านทานโรค แต่มีเฉพาะการแสดงออกของยีนในแบบบวกเท่านั้นที่มีความสำคัญต่อ อายุออกดอก เมื่อศึกษาขนาดหรือความสำคัญของปฏิกิริยาระหว่างคู่ของยีนที่เกี่ยวข้อง กับทั้ง 3 ลักษณะ นี้ปรากฏว่า การแสดงออกของยีนแบบบวก x บวก มีความสำคัญต่อลักษณะความสูงของต้น และอายุออกดอก แบบข่ม x ข่ม มีความสำคัญต่อลักษณะความสูงของต้น และการต้านทานโรคใบจุด ส่วนการแสดงออกของยีนแบบ บวก x ข่ม ไม่มีความสำคัญต่อลักษณะใด ๆ เลย

อัตราพันธุกรรมที่ประมาณในคู่ผสมชุดนี้มี 2 แบบ คือ อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างและอย่างแคบ (ตารางที่ 8) ในทุกลักษณะพบว่า อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูงกว่าอย่างแคบ ทั้งนี้เพราะอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง แสดงถึงอัตราส่วนของลักษณะที่เกิดจากยีนทุกรูปแบบ ไม่ว่าเป็นแบบบวก แบบข่ม หรือปฏิกิริยาระหว่างคู่ของยีน แต่อัตราพันธุกรรมอย่างแคบแสดงถึงอัตราส่วนของลักษณะที่เกิดจากยีนที่แสดงผลในแบบบวกเท่านั้น อัตราพันธุกรรมอย่างแคบแสดงถึงอัตราของความสำเร็จในการปรับปรุงลักษณะนั้น ๆ ในการทดลองนี้ พบว่า การต้านทานโรคใบจุด ให้อัตราพันธุกรรมอย่างแคบสูง และ ความสูงของต้น ให้อัตราพันธุกรรมอย่างแคบต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นถึง ศักยภาพในการถ่ายทอดของลักษณะเหล่านั้นไปยังรุ่นลูกชั่วหลังนั่นเอง

การทดลองที่ 2

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของพันธุ์ให้ (VC 3689A) พันธุ์รับ (กำแพงแสน 1 กำแพงแสน 2 และ มอ-1) และลูกผสม BC_3 ของแต่ละชุด พบว่าลักษณะต่าง ๆ ในลูกผสม BC_3 มีความใกล้เคียงพันธุ์รับค่อนข้างสูง คือ แต่ละลักษณะมีความใกล้เคียงพันธุ์รับประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นไปตามอัตราคาดหมายที่กำหนดไว้ (Allard, 1960) เมื่อพิจารณาลักษณะรูปร่างของฝัก (รูปที่ 3, 4 และ 5) พบว่ารูปร่างของฝักซึ่งเหมือนกับฝัก

ของพันธุ์รับมาก ส่วนขนาดเมล็ด พบว่า เมล็ดโตและมีขนาดรูปร่างใกล้เคียงกับพันธุ์รับ (รูปที่ 6, 7 และ 8) อย่างไรก็ดี ลักษณะที่เหมือนพันธุ์ให้ก็คือ การต้านทานโรคใบจุด ในการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการผสมกลับเพียง 3 ครั้งอาจไม่เพียงพอ ที่ทำให้ลูกผสมกลับเหมือนพันธุ์รับ แต่ในกรณีที่ไม่ต้องการได้พันธุ์ที่เหมือนกับพันธุ์รับเสียทีเดียว คือมีลักษณะพันธุ์ให้อยู่บ้างก็นับว่า เป็นการผสมกลับที่เหมาะสมแล้ว

บทที่ 5

สรุป

การทดลองที่ 1

จากการศึกษาถึงพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ จากคู่ผสมระหว่างพันธุ์ มอ-1 กับ V 4718 และพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A อาจสรุปได้ดังนี้

1. การกระจายอย่างต่อเนื่องของลูกผสมชั่วที่ 2 ของลักษณะต่าง ๆ ที่สังเกตในลูกผสมทั้ง2 ชุด แสดงว่าลักษณะเหล่านั้นเป็นลักษณะปริมาณ

2. การแสดง heterosis พบในลักษณะต่าง ๆ ในลูกผสมทั้ง 2 คู่ ยกเว้นอายุออกดอกของลูกผสมระหว่างพันธุ์ กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A ซึ่งค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าใกล้เคียงค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อและแม่

3. จากการวิเคราะห์การแสดงออกของยีน พบว่า แทบทุกลักษณะที่ทำการศึกษามีการแสดงออกของยีนในแบบบวกและแบบข่ม ยกเว้นน้ำหนัก 100 เมล็ด ในคู่ผสมชุดที่ 1 (มอ-1 กับ V 4718) และอายุออกดอก ในคู่ผสมชุดที่ 2 (กำแพงแสน 2 กับ VC 3689A) ที่มีการแสดงออกของยีนแบบบวกเท่านั้นที่มีความสำคัญ

4. ทุกลักษณะให้อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง แสดงให้เห็นว่า ลักษณะเหล่านี้เกิดจากผลของยีนมากกว่าสภาพแวดล้อม จากคู่ผสมชุดที่ 2 พบว่า ลักษณะต่าง ๆ มีอัตราพันธุกรรมอย่างแคบมีค่าต่ำกว่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างแสดงว่า มีผลของยีนเพียงบางส่วนเท่านั้น ที่แสดงออกในแบบบวก

5. จากการประมาณจำนวนคู่ของยีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ พบว่า ลักษณะส่วนมากพันธุ์พ่อแม่มีความแตกต่างกันโดยยีนเพียง 1 คู่ และมีบางลักษณะเช่น อายุออกดอก ความยาวของฝักและน้ำหนัก 100 เมล็ด ที่มียีนแตกต่างกันมากกว่า 1 คู่

6. จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางฟีโนไทพ์และยีโนไทพ์ ระหว่างลักษณะองค์-ประกอบ ผลผลิตของถั่วเขียว พบว่า ความยาวของฝักกับจำนวนฝักต่อต้น มีความสัมพันธ์กันในทางลบ ส่วนความยาวของฝักกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก มีความสัมพันธ์กันในทางบวก แสดงว่าการคัดเลือกเพื่อเพิ่มจำนวนฝักต่อต้น จะทำให้ความยาวของฝักลดลง แต่ไปเพิ่มจำนวนเมล็ดต่อฝัก

การทดลองที่ 2

ในการเปรียบเทียบระหว่างลูกผสมกลับ BC_3F_1 กับพันธุ์รับคือพันธุ์ กำแพงแสน 1 กำแพงแสน 2 และ มอ-1 ซึ่งให้ข้อสรุปได้ว่า สามารถปรับปรุงให้พันธุ์รับทั้ง 3 พันธุ์ มีความต้านทานต่อโรคใบจุดในระดับที่น่าพอใจ แต่การผสมกลับเพียง 3 ครั้ง ยังไม่เพียงพอที่ทำให้ลักษณะต่าง ๆ มีคุณภาพหรือ อัตราเหมือนพันธุ์รับ เช่น พบว่า มีอายุออกดอกช้ากว่าพันธุ์รับ ส่วนจำนวนฝักต่อต้น ขนาดเมล็ด และผลผลิตต่อต้น ต่ำกว่าพันธุ์รับ ดังนั้นควรจะทำการผสมกลับอีก 2-3 ครั้ง เพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีคุณสมบัติเหมือนพันธุ์รับ

เอกสารอ้างอิง

เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม. 2531. ถั่วเขียว. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร. 72 หน้า.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2527. หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. สงขลา : ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 320 หน้า.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2533. การทดสอบถั่วเขียวเพื่อคัดพันธุ์ต้านทานโรค. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ติดต่อส่วนตัว)

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2535. สถิติสำหรับการวิจัยการเกษตร. สงขลา : ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 278 หน้า.

วินัย ตั้งบุญนิธิวงศ์. 2530. การศึกษาสมรรถนะการผสมในลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเขียว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 72 หน้า.

ศักดา นิธิภัทรารัตน์. 2521. โรคพืชและการป้องกันกำจัด. กรุงเทพฯ : ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 425 หน้า.

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. 2534. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2533/34 ศูนย์สถิติการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 270 หน้า.

Allard, R.W. 1960. Principles of Plant Breeding. New York. John Wiley and Sons, Inc. 485 p.

Angus, R.A. 1983. A program in basic for estimating the number of genes contributing to quantitative character variation. Heredity 74 : 386.

AVRDC (Asian Vegetable Research and Development Center). 1975. Annual Report for 1974. AVRDC. Tainan, Republic of China. p 60.

AVRDC (Asian Vegetable Research and Development Center). 1976. Progress Report for 1975. AVRDC. Tainan, Republic of China. p 142.

AVRDC (Asian Vegetable Research and Development Center). 1977. Progress Report for 1977. AVRDC. Tainan, Republic of China. p 90.

AVRDC (Asian Vegetable Research and Development Center). 1979. Progress Report for 1978. AVRDC. Tainan, Republic of China. p 107.

Bhathagar, P.S. and Singh, B. 1964. Heterosis in mungbean. Indian J. Genet. Plant Breed. 24 : 89-91.

Burton, G.W. 1951. Quantitative inheritance in pearl millet (*Pennisetum glaucum*). Agron. J. 43 : 409-417.

Chandel, K.P.S., Joshi, B.S. and Pant, K.C. 1973. Yield in mungbean and its components. Indian. J. Genet. Plant Breed. 33 : 271-276.

Cochran, W.G. and Cox, G.M. 1957. Experimental designs. 2nd edition. New York. John Wiley & Sons, Inc. 611 p.

Dahiya, B.S. and Waldia, R.S. 1982. Inheritance of some quantitative characters in blackgram. Indian J. Genet. Plant Breed. 43 : 261-264.

Dasgupta, T. and Das, P.K. 1987. Inheritance of pod length and cluster number in blackgram. Indian J. Agr. Sci. 57 : 50-52.

Duangploy, S. 1978. Breeding mungbean for Thailand condition. Proceedings of the 1st International Mungbean Symposium. AVRDC, Tainan, R.O.C. p 228-229.

Egawa, Y. 1990. Phylogenetic relationship in Asian vigna species. Proceeding of The Mungbean Meeting' 90. TARC, Thailand. p 87-94

Empig, L.T., Lantican, R.M. and Escuro, P.B. 1970. Heritability estimates of quantitative characters in mungbean (*Phaseolus aureus*. Roxb.). Crop Sci. 10 : 240-241.

Falconer, D.S. 1981. Introduction to Quantitative Genetic. New York. Longman Inc. 340 p.

Grewal, J.S. 1978. Diseases of mungbean in Indian. Proceedings the 1st International Mungbean Symposium. AVRDC, Tainan, R.O.C. p 165-168.

Gupta, M.P. and Singh, R.B. 1969. Variability and correlation studies in green gram (*Phaseolus aureus* Roxb.). Indian J. Agr. Sci. 39 : 482-493.

Hayman, B.I. 1958. The separation of epistasis from additive and dominance variation in generation means. Heredity 12 : 371-390.

Jules, J. 1980. Genetic of Vigna. *In*. Horticultural Reviews. V. 2, pp. 544, San Francisco : United States of America

Laosuwan, P. 1985. Genetics studies in mungbean. Songklanakarin J. Sci. Tech. 7 : 99-105.

Laosuwan, P. and Sripana, P. 1985. Yield trial of mungbean lines from breeding program. Research Report 1985. Songkhla. Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University Hat Yai. p 19-22.

Laosuwan, P., Sripana, P. and Chittarom, P. 1985. Yield trial of mungbean form AVRDC. Research Report 1985. Songkhla. Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University. Hat Yai. p 9-14.

Legaspi, B.M., Catipon, E.M. and Hubbell, J.N. 1978. AVRDC Philippine outreach program mungbean studies. Proceedings of the lst International Mungbean Symposium. AVRDC, Tainan, R.O.C. p 220-224.

Malhotra, V.V., Singh, S. and Singh, K.B. 1974. Yield components in green gram (*Phaseolus aureus* Roxb.). Indian J. Agr. Sci. 44 : 136-141.

Malik, S.S. and Singh, B.B. 1987. Genetic variability and heritability in interspecifis crosses of soybean. Indian J. Agr. Sci. 57 : 122-124.

Mather, K. and Jinks, J.L. 1977. Introduction to Biometrical Genetic. London. Chapman and Hall. Inc. 231 p.

Mew, I.C., Wang, T.C. and Mew, T.W. 1975. Inoculum production and evaluation of mungbean varities for resistance to *Cercospora canescens*. Plant Disease Reports 59 : 379-401.

Misra, R.C., Sahu, R.C. and Tripathy, D. 1970. A note on heterosis in greengram (*Phaseolus aureus*. Roxb.). Current Sci. 8 : 190-191.

Patel, A.J., Patel, S.A., Zaveri, P.P. and Pathak, A.R. 1989. Genetic analysis of developmental characters in greengram (*Vigna radiata*). Indian J. Agr. Sci. 59 : 66-67.

Pushpendra and Ram, H. 1987. Genetic components of variation for certain yield-contributing traits in soybean. Indian J. Agr. Sci. 57 : 221-224.

Quebral, F.C. 1978. Powdery mildew and Cercospora leaf spot of mungbean in the Philippines. Proceedings of the 1st International Mungbean Symposium. AVRDC, Tainan, R.O.C. p 147-148.

Rachie, K.O. and Roberts, L.M. 1974. Grain legumes of the lowland tropics. Advance in Agronomy. 26 : 62-77.

Ramana, M.V. and Singh, D.P. 1987. Genetics parameters and character associations in greengram. Indian J. Agr. Sci. 57 : 661-663.

Ramanujam, S. 1978. Biometrical basis for yield improvement in mungbean. Proceedings of the lst International Mungbean Symposium. AVRDC, Tainan, R.O.C. p 210-213.

Rani, Y.U. and Rao, J.S. 1981. Path analysis of yield components in blackgram. Indian J. Agr. Sci. 51 : 378-381.

Reddy, P.N., Kumar, M.H. and Setty, B.K. 1990. Stability analysis of yield and Component characters and correlation of stability parameters in greengram (*Phaseolus radiatus*). Indian J. Agri. Sci. 60 : 755-757.

Sagar, P. and Lal, S. 1979. Heterosis and character association in blackgram. Indian J. Agr. Sci. 49 : 769-775.

Sandhu, T.B., Bhullar, B.S., Cheema, H.S. and Brar, J.S. 1980. Path coefficient analysis for grain yield and it contributes in greengram. Indian J. Agr. Sci. 50 : 541-544.

Sen, N.K. and Ghosh, A.K. 1959. Genetic studies in greengram. Indian J. Genet. Plant Breed. 19 : 210-227.

Sharma, R.N. and Rao, S.K. 1988. Heritability and genetic advance for yield and its components in diverse crosses of blackgram (*Vigna mungo*). Indian J. Agr. Sci. 58 : 795-797.

Singh, D.P. 1982. Genetics and Breeding of Blackgram and Greengram. Department of Plant Breeding. College of Agricultural Govind Ballabh Pant.. 69 p.

Singh, K.B. and Jain, R.P. 1970. Heterosis in mungbean. Indian J. Genet.. Plant Breed. 30 : 251-260.

Singh, K.B. and Jain, R.P. 1971. Combining ability for pod length and seed size in mungbean. Indian J. Genet. Plant Breed. 31 : 145-148.

Singh, R.K., and Chaudhary, B.D. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. New Delhi, Kalyani Publishers. 300 p.

Singh, S.P., Singh, H.N., Singh, N.D. and Srivastava, T.P. 1978. Heterosis in pea. Indian J. Agr. Sci. 48 : 705-710.

Singh, T.P. and Singh, K.B. 1972. Mode of inheritance and gene action for yield and its components in *Phaseolus aureus*. Can. J. Genet. Cytol. 14 : 517-525.

Singh, T.P. and Singh, K.B. 1974. Components of genetic variance and dominance pattern for some quantitative traits in mungbean (*Phaseolus aureus*. Roxb.). Z. Pflanzenzuchtg. 71 : 233-242.

Srinives, P. 1990. Mungbean breeding and genetic resource in Thailand. Proceeding of the Mungbean Meeting' 90. TARC, Thailand p 31-42.

Tomar, G.S., Singh, L. and Mishra, P.K. 1973. Correlation and path coefficient analysis of yield characters in mungbean. SABRAO News. 5 : 125-127.

Veeraswamy, R., Rathnaswamy, R. and Palanisamy, G.A. 1973. Genetic variability in some quantitative character of *Phaseolus aureus* Roxb. Madras Agric. J. 60 : 1320-1322.

Waldia, R.S., Kharb, R.P.S. and Hooda, J.S. 1987. Inheritance of growth and yield attributes in blackgram. Indian J. Agr. Sci. 57 : 843-845.

Wanjari, K.B. 1988. Variability and character association in blackgram (*Vigna mungo*). Indian J. Agr. Sci. 58 : 48-51.

Warner, J.N. 1952. A method for estimating heritability. Agron. J. 44 : 427-430.

Wilson, D., Mercy, S.T. and Hayar, N.K. 1985. Combining ability in greengram. Indian J. Agr. Sci. 55 : 665-670.

Yohe, J.M. and Poehlman, J.M. 1975. Regression, correlations and combining ability in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). Trop. Agri. 52 : 343-352.

ภาคผนวก

ตารางผนวก 1 การกระจายของลักษณะความสูง ของต้นของถั่วเขียว มอ-1 (P_1) V 4718 (P_2) ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) และลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2)

ความสูงของต้น (ซม.)	จำนวนต้นของแต่ละประชากร			
	P_1	P_2	F_1	F_2
45-50				
50-55	18			
55-60	24	1		14
60-65	8	4	11	15
65-70		34	24	4
70-75		7	11	6
75-80		4	4	11
80-85				

ตารางผนวก 2 การกระจายของลักษณะอายุออกดอก ของถั่วเขียว มอ-1 (P_1) V 4718 (P_2) ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) และลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2)

อายุออกดอก (วัน)	จำนวนต้นของแต่ละประชากร			
	P_1	P_2	F_1	F_2
28-30	18			7
30-32	24		2	16
32-34	8		8	20
34-36		32	27	4
36-38		12	12	1
38-40			1	2

ตารางผนวก 3 การกระจายของลักษณะจำนวนฝักต่อต้น ของถั่วเขียว มอ-1 (P_1) V 4718 (P_2) ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) และลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2)

จำนวนฝักต่อต้น	จำนวนต้นของแต่ละประชากร			
	P_1	P_2	F_1	F_2
10-15		7		13
15-20	31	11		22
20-25	18		16	6
25-30	1		34	5
30-35				4
35-40				

ตารางผนวก 4 การกระจายของลักษณะความยาวของฝัก ของถั่วเขียว มอ-1 (P_1) V 4718 (P_2) ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) และลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2)

ความยาวของฝัก (ซม.)	จำนวนต้นของแต่ละประชากร			
	P_1	P_2	F_1	F_2
4.5-5.5		4		4
5.5-6.5		13		6
6.5-7.5	2	1	1	24
7.5-8.5	30		39	13
8.5-9.5	18		10	3

ตารางผนวก 5 การกระจายของลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝัก ของถั่วเขียว มอ-1 (P_1) V 4718 (P_2) ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) และลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2)

จำนวนเมล็ดต่อฝัก	จำนวนต้นของแต่ละประชากร			
	P_1	P_2	F_1	F_2
4-6				
6-8	3			8
8-10	44	10	8	13
10-12	3	8	42	23
12-14				6
14-16				

ตารางผนวก 6 การกระจายของลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ด ของถั่วเขียว มอ-1 (P_1) V 4718 (P_2) ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) และลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2)

น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	จำนวนต้นของแต่ละประชากร			
	P_1	P_2	F_1	F_2
2-3				
3-4		17		13
4-5		1	6	21
5-6			31	15
6-7	22		13	1
7-8	28			
8-9				

ตารางผนวก 7 การกระจายของลักษณะการต้านทานโรคใบจุด ของถั่วเขียว มอ-1 (P_1) V 4718 (P_2) ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) และลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2)

ระดับการต้านทานโรค (คะแนน)	จำนวนต้นของแต่ละประชากร			
	P_1	P_2	F_1	F_2
1.0-1.5		18	49	10
1.5-2.0			1	16
2.0-2.5				12
2.5-3.0	10			8
3.0-3.5	40			4

ตารางผนวก 8 การกระจายของลักษณะความสูงของต้น ของถั่วเขียว กำแพงแสน 2 VC 3689A ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกผสมชั่วที่ 2 และลูกผสมกลับไปยังพันธุ์แม่พันธุ์พ่อครั้งที่ 1 (BC_1 และ BC_2 ตามลำดับ)

ความสูงของต้น (ซม.)	จำนวนต้นของแต่ละประชากร					
	P_1	P_2	F_1	F_2	BC_1	BC_2
35-40	5	7				
40-45	13	13	1	3	4	
45-50	11	10	1	2	4	4
50-55	33	16	4	2	4	5
55-60	16	14	15	9	10	
60-65	9	22	15	14		
65-70	8	8	16	10		
70-75		8	9	12		
75-80			4	16		
80-85			2	5		
85-90			1	3		
90-95			1	2		

ตารางผนวก 9 การกระจายของลักษณะอายุออกดอก ของถั่วเขียวพันธุ์ กำแพงแสน 2 VC 3689A ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกผสมชั่วที่ 2 และลูกผสมกลับไปยังพันธุ์แม่พันธุ์พ่อครั้งที่ 1 (BC_1 และ BC_2 ตามลำดับ)

อายุออกดอก (วัน)	จำนวนต้นของแต่ละประชากร					
	P_1	P_2	F_1	F_2	BC_1	BC_2
26-28					1	
28-30	4			6	1	
30-32	28			15		
32-34	38	4	17	22	2	2
34-36	16	29	24	35	1	6
36-38	8	20	18	15	5	5
38-40	3	17	8	8	6	6
40-42		8				
42-44		7				

ตารางผนวก 10 การกระจายของลักษณะการต้านทานโรคใบจุด ของถั่วเขียว กำแพงแสน 2 VC 3689A ลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกผสมชั่วที่ 2 และลูกผสมกลับไปยังพันธุ์แม่ พันธุ์พ่อครั้งที่ 1 (BC_1 และ BC_2 ตามลำดับ)

ระดับการต้านทานโรค (คะแนน)	จำนวนต้นของแต่ละประชากร					
	P_1	P_2	F_1	F_2	BC_1	BC_2
1.0-1.5		81	81	12		1
1.5-2.0				12		3
2.0-2.5				26	3	8
2.5-3.0	32			11	1	9
3.0-3.5	46			10	4	1
3.5-4.0				9		1
4.0-4.5						

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวสมใจ นุ้ยสีรุ้ง

วัน เดือน ปีเกิด 11 กุมภาพันธ์ 2511

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ)	วิทยาลัยครูนครศรีธรรมราช	2534